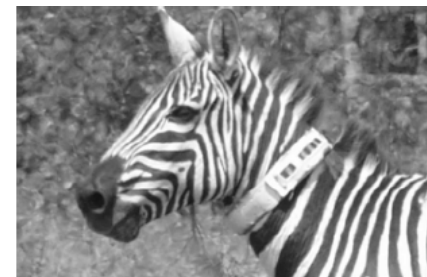


Envoltats de sensors?



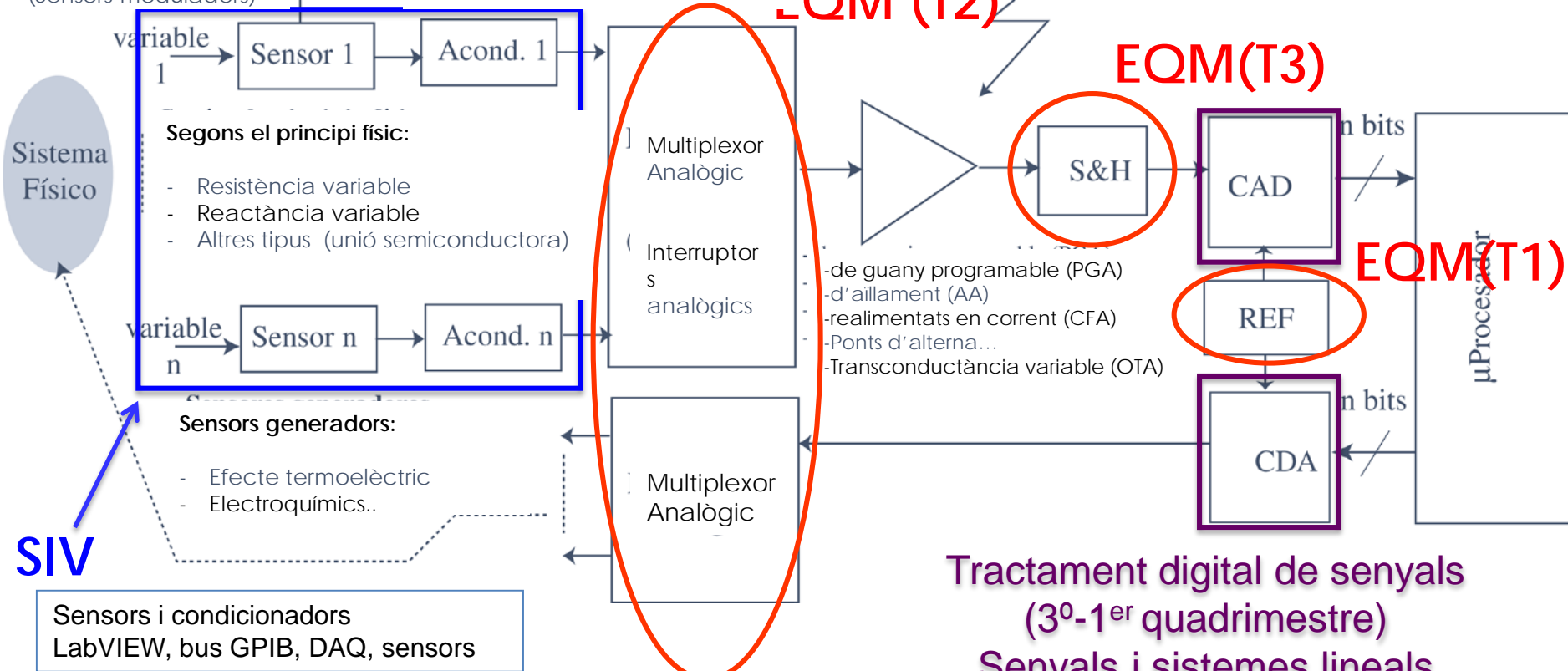
Sistemes i equips de mesura (Teoria)

Multímetres, generadors de funció, oscil·loscopi... Sensors i condicionadors

INS

- Pont de Wheatstone
- Ampli. Diferencia
- Amplif. Instrumentació
- Ponts d'alterna...

Alimentació (Sensors moduladors)



SIV

Sensors i condicionadors
LabVIEW, bus GPIB, DAQ, sensors

Tractament digital de senyals
(3^o-1^{er} quadrimestre)
Senyals i sistemes lineals
(2^o-1^{er} quadrimestre)



Sistemes i equips de mesura (Laboratori)



Per què aprendre LabVIEW?

Exemples d'aplicacions del LabVIEW

- Desenvolupament d'un sistema per al monitoratge dels paràmetres d'operació de bicicletes elèctriques tant en ruta com en banc d'assajos
- Banc d'assajos per a la caracterització de cables d'ascensor
- Programa de parametrització, control i monitoratge de sistema operador de portes automàtiques per als vianants
- Plataforma òptica de detecció precoç de càncer en mostres sanguínies
- Caracterització remota de panells solars amb compactRIO
-



Siemens, un líder mundial en la generació d'energia no contaminant, necessitava un **sistema de proves que automatitzara els procediments de proves per al sistema de control de les seues turbines eòliques**. La companyia va optar per programari LabVIEW i maquinari PXI. El sistema és fàcil de millorar, adaptar i desenvolupar per a instal·lacions futures.

Sony Electronics necessitava un **sistema de proves altament fiable i rendible per a la seua línia de reproductors Blu-ray**. La companyia va utilitzar LabVIEW i instruments modulars PXI per aconseguir el seu millor cost, acomplir els requeriments de rendiment establerts per l'Associació de Discs Blu-ray i per millorar-ne el rendiment en un 33%.



Microsoft Corporation va desenvolupar un **sistema versàtil de proves de validació i producció de finalització de línia** per als controls de Xbox i Xbox 360 utilitzant programari de desenvolupament de sistemes NI LabVIEW i instrumentació modular PXI. Amb el nou sistema de proves, Microsoft va implementar una estratègia de proves que va resultar en un increment del 100% en el rendiment per a cada estació de proves.



SISTEMES I EQUIPS DE MESURA

Nom de l'assignatura:	Sistemes i equips de mesura
Nombre de crèdits ECTS:	6
Unitat temporal:	2º quadrimestre en 3r curs.
Matèria:	Instrumentació, equips i productes electrònics.
Caràcter:	Obligatòria.
Titulació:	Grau en Enginyeria Electrónica de Telecomunicació.
Centre:	Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Departament:	Enginyeria Electrònica
Professorat responsable:	S. Casans Berga. A. E. Navarro Antón.

Silvia Casans Berga

scasans@uv.es

Despatx 3.3.28

Tutories: Dijous 8:30-14:30

A. Edith Navarro Antón

enavarro@uv.es

Despatx 3.3.18

Tutories: concertar per correu electrònic

La **nota global de l'assignatura**, sempre que la nota per separat de la part de teoria i de laboratori siga **superior a 4**, s'obtindrà d'acord amb l'expressió següent:

$$\text{Nota}_{\text{assignatura}} = 0,6 \text{ Nota}_{\text{teoria}} + 0,4 \text{ Nota}_{\text{lab}}$$



CONTINGUTS: TEORIA/LABORATORI

TEORIA

Tema 1. Referències de tensió.

Tema 2. Interruptors i multiplexors.

Tema 3. Amplificadors de mostreig i retenció.

Tema 4. Sistemes d'adquisició i distribució de senyals.

Tema 5. Sistemes d'instrumentació.

Tema 6. Equips de mesura de baix nivell.

LABORATORI

Pràctica 1. Introducció a l'entorn de programació gràfica LABVIEW.

Pràctica 2. Programació avançada en LABVIEW.

Pràctica 3. Sistema d'adquisició de dades analògic via USB:
termòmetre.

Pràctica 4. Sistema d'adquisició de dades analògic i digital via USB:
Control d'un *array* de leds, guany i freqüència de tall en
filtres.



Obtenció del programari LabVIEW

* [web dels estudiants](#)

ni.com/academic/esa/download

En aquesta pàgina busqueu:

Instal·ladors Recomanats per a Estudiants i Professors

myDAQ Programari Suite i descarregueu la versió 2017.

Aquest programari és un instal·lador, una vegada descarregat executeu-lo.

Mentre es descarrega el programari, aneu a www.ni.com per crear-vos un compte en National Instruments (us farà falta per instal·lar el LV). Per a això, premeu **en El meu compte, inicia una sessió** que està en la part superior dreta i seguïu totes les instruccions.

Quan executeu l'instal·lador, premeu totes les opcions per defecte i seguïu TOTES les instruccions. Arribarà un moment que us demanarà el vostre compte de NI (el que acabeu de crear en el paràgraf de dalt) i un codi d'activació. Introduïu M82X98459. En la finestra següent, desactiveu en multisim abans d'acceptar la instal·lació, no l'utilitzarem. A partir d'ací seguïu totes les instruccions per defecte.

En acabar us demanarà reinicialitzeu l'ordinador. Després us dirà que hi ha actualitzacions disponibles. Instal·leu-les.



TEORIA (Avaluació)

1ª CONVOCATÒRIA

1. La realització, en les dates indicades al calendari oficial, d'un **examen escrit**. L'examen constarà de quatre o cinc qüestions de caràcter pràctic relacionades amb els continguts del temari i amb una dificultat similar a les qüestions i problemes realitzats a classe, així com els proposats en les proves d'avaluació contínua.

2. Com a avaluació formativa, l'alumne tindrà la possibilitat de lliurar, en la data indicada pel professor, unes **proves d'avaluació contínua** (PEC). Aquestes proves podran resoldre's de forma individual o bé en grup amb un màxim de 3 alumnes per grup.

Es realitzaran al llarg del curs i tindran caràcter voluntari i no presencial. Aquestes inclouran qüestions de caràcter pràctic relacionades amb els continguts del temari. Les proves han de ser enviades **exclusivament en format PDF** a la professora abans de la data indicada -en cas contrari no seran avaluades-, o bé lliurar les resolucions manuscrites.

Perquè aquestes proves puguin puntuar en la nota final de teoria, és requisit indispensable que del total de les PEC que es proposen, la seua nota mitjana ($PEC_{Mitjana}$) tinga un valor superior a 4 sobre 10 i s'hagen lliurat almenys el 50% de les PEC proposades. En aquest cas, aquest valor mitjà sumarà un 15% a la nota total obtinguda en l'examen escrit de teoria.

3. Durant el quadrimestre, es realitzaran **3 proves d'avaluació contínua presencials** (PG) amb una durada aproximada entre 30-60 minuts. Aquestes proves es resoldran en grups formats per un màxim de 3 alumnes. Els alumnes hauran d'agrupar-se durant les dues primeres setmanes del quadrimestre i no podran intercanviar-se amb altres grups durant la resta del quadrimestre. Si per algun motiu algun alumne és expulsat del grup pels companys, aquest haurà de resoldre les proves d'avaluació contínua de forma independent. La seua contribució a la nota final serà d'un 15%.

$$NotaTeoria=0,7Examen+0,15PG+0,15PECMitjana$$

2ª CONVOCATÒRIA

1. La realització, en les dates indicades al calendari oficial, d'un **examen escrit**. L'examen constarà de quatre o cinc qüestions de caràcter pràctic relacionades amb els continguts del temari i amb una dificultat similar a les qüestions i problemes realitzats a classe, així com els proposats en les proves d'avaluació contínua.

$$NotaTeoría=Examen$$





LABORATORI

Nota: En funció de les característiques pròpies de la pràctica, es requerirà per part del professorat de laboratori la presentació prèvia de certs càlculs i dissenys necessaris per a la realització de l'experiència. No s'entrarà a realitzar la pràctica si no s'han realitzat aquests càlculs i dissenys prèviament.

LABORATORI

Pràctica 1. Introducció a l'entorn de programació gràfica LABVIEW.

Pràctica 2. Programació avançada en LABVIEW.

Pràctica 3. Sistema d'adquisició de dades analògic via USB:
Termòmetre.

Pràctica 4. Sistema d'adquisició de dades analògic i digital via USB:
Control d'un *array* de leds, guany i freqüència de tall en
filtres.

Els alumnes han d'assistir exclusivament a un grup de laboratori (dimarts, dimecres, dijous o divendres). **A partir del 19 de febrer no s'admetrà cap canvi de grup** tret que existisca una raó justificada i sempre que les condicions del laboratori ho permeten. Aquells alumnes que desitgen canviar de grup de laboratori han d'indicar-li-ho a la professora Silvia Casans per correu electrònic (scasans@uv.es) i en cas que siga possible se'ls confirmarà el canvi de grup que s'assignarà per ordre de recepció de correus.

En les sessions de laboratori, si la professora ho creu convenient, el grup de treball podrà ser separat perquè cada membre trebal·le de manera individual.



LABORATORI (AVALUACIÓ)

1ª CONVOCATÒRIA

1. Nota del Guió de Pràctiques-Experimental (GPE), que puntua un **20%** de la nota de laboratori. S'hi 'avaluarà la destresa demostrada, l'interès en el muntatge, el domini en l'ús dels equips de laboratori, del programari utilitzat en el desenvolupament de la instrumentació virtual i el desenvolupament de la pràctica al llarg de la sessió.
2. Nota del programari desenvolupat (S) que la professora haja demanat a cadascun dels grups. El programari desenvolupat **pot demanar-se en qualsevol moment al llarg del quadrimestre**. Per això es recomana que cada alumne dispose en cada sessió de tot el programari desenvolupat fins a aquest moment, ja que **els alumnes han de lliurar el programari desenvolupat en la mateixa sessió que la professora ho requerisca**. Es valorarà principalment l'organització i capacitat de treball en grup de l'alumne, la claredat en la presentació i els dissenys realitzats. Aquesta nota puntuarà un **30%** de la nota de laboratori.
3. La nota (I) obtinguda en la realització de l'última sessió pràctica. Aquesta nota puntuarà un **50%** de la nota de laboratori.

$$Nota_{Lab} = 0,2 \cdot GPE + 0,3 \cdot S + 0,5 \cdot E$$

Sempre que cadascuna de les parts tinga assignada una nota superior a 4 sobre 10.

2ª CONVOCATÒRIA

1. Lliurar resultats tots els Guions de Pràctiques (GP). Aquests puntuaran un **40%** de la nota de laboratori.
2. En la data oficial de l'examen l'alumne disposarà de 3 h per realitzar experimentalment una pràctica relacionada amb els continguts exposats en l'assignatura (EM). Aquesta part suposarà un **60%** de la nota de laboratori.

$$Nota_{Lab} = 0,4 \cdot GP + 0,6 \cdot E$$

Sempre que cadascuna de les parts tinga assignada una nota superior a 4 sobre 10.



LABORATORI: Pla de treball i avaluació

Pràctica 1.- Dues sessions

▪ Primera sessió:

Per obtenirre **GPE** cal fer fins a A5. Tot el treball realitzat durant la sessió ha d'enviar-se per correu electrònic a la professora responsable de la sessió.

Per obtenirre **S** cal entregar per correu electrònic les activitats solucionaA5.vi en aquesta sessió o fins a un màxim de 7 dies després d'acabar la sessió. La màxima nota s'aconsegueix enviant-ho en aquesta sessió, a partir d'ací cada dia que passe es reduirà la nota obtinguda un 5% fins a un màxim de 7 dies després d'acabar la sessió.

▪ Segona sessió:

Per obtenirre **GPE** s'han de fer totes les qüestions i programes (inclosos els addicionals A6_1.vi, soluciona8.vi, soluciona10.vi i soluciona10-1.vi). Tot el treball realitzat durant la sessió ha d'enviar-se per correu electrònic a la professora responsable de la sessió.

Per obtenirre **S** cal entregar per correu electrònic les activitats soluciona8.vi, soluciona10.vi, soluciona10-1.vi, i A6_1.vi en aquesta sessió. El programa A11.vi es pot enviar en aquesta sessió o fins a un màxim de 7 dies després d'acabar la sessió. La màxima nota s'aconsegueix enviant-ho en aquesta sessió, a partir d'ací cada dia que passe es reduirà la nota obtinguda un 5% fins a un màxim de 7 dies després d'acabar la sessió.



Pràctica 2.- Una sessió

Per obtindre **GPE** cal acabar totes les qüestions i programari desenvolupat incloent-hi els programes addicionals. Tot el treball realitzat durant la sessió ha d'enviar-se per correu electrònic a la professora responsable de la sessió.

Per obtindre **S** s'han d'enviar per correu electrònic les activitats A1sinarray.vi, Soluciona2.vi, , Soluciona10-2.vi, A6.vi, A7.vi en aquesta sessió. Propia7.vi s'enviarà en aquesta sessió o fins a un màxim de 7 dies després d'acabar la sessió. La màxima nota s'aconsegueix lliurant-ho en aquesta sessió, a partir d'ací cada dia que passe es reduirà la nota obtinguda un 5% fins a un màxim de 7 dies després d'acabar la sessió.



LABORATORI: AVALUACIÓ CONTÍNUA, pla de treball

Pràctica 3.- Dues sessions

▪ Primera sessió:

Per obtindre **GPE** cal fer fins a A2. Tot el treball realitzat durant la sessió ha d'enviar-se per correu electrònic a la professora responsable de la sessió.

Per obtindre **S** s'han d'enviar per correu electrònic A1solucion.vi, A2 solucion.vi i A2_1solucion.vi en finalitzar la sessió.

▪ Segona sessió:

Porteu totes les activitats ja programades, per dedicar la sessió a entendre el funcionament de la DAQ.

Per obtindre **GPE** s'han d'acabar la pràctica tant de programari com de muntatge del circuit. La professora ha de comprovar el funcionament del termòmetre (circuit) abans d'acabar la sessió.

Per obtindre **S** cal enviar per correu electrònic A3solucion.vi en aquesta sessió.



Pràctica 4.- Dues sessions (I).

▪ Primera sessió:

Porteu totes les activitats ja programades, per dedicar la sessió a entendre el funcionament de la DAQ i els circuits.

Per obtindre **GPE** cal fer totes les activitats i qüestions del guió fins al circuit de control de leds a través d'interruptors analògics. Abans de finalitzar la sessió la professora ha de verificar el funcionament del programari desenvolupat per controlar els leds. Tot el treball realitzat durant la sessió ha d'enviar-se per correu electrònic a la professora responsable de la sessió.

Per obtindre **S** cal enviar per correu electrònic les activitats A1sincoerce.vi. A2stop.vi en aquesta sessió o fins a un màxim de 7 dies després d'acabar la sessió. La màxima nota s'aconsegueix lliurant-ho en aquesta sessió, a partir d'ací cada dia que passe es reduirà la nota obtinguda un 5% fins a un màxim de 7 dies després d'acabar la sessió.



Pràctica 4.- Dues sessions (II).

▪Segona sessió:

Per obtindre **GPE** la professora ha de verificar el muntatge del circuit i que l'alumne ha entès el funcionament dels circuits de control de leds i filtres.

Controlar amb el programari de l'activitat A1.vi i/o A2.vi el funcionament dels leds de la pcb i el control digital del filtre analògic.

Pràctica 5.- Tres sessions, en l'última sessió es realitzarà l'examen.

Es proposarà desenvolupar una aplicació en LabVIEW que combine l'ús dels circuits utilitzats en les pràctiques 3 i 4 i es disposarà de dues sessions per dur-ho a terme. La tercera sessió es dedicarà a la posada a punt del programari desenvolupat per a la presentació davant els companys. Per tant, **cal lliurar, presentar i provar el programa sense pròrroga possible en aquesta última sessió.**



LABORATORI: AVALUACIÓ CONTÍNUA, pla de treball

		Sessió pràctica									
Grup	Laboratori	P1		P2	P3		P4		P5		
L3 Dimarts	3.1.4	19/2	26/2	5/3	12/3	26/3	2/4	9/4	16/4	7/5	14/5
L1 Dimecres	3.1.3	13/2	20/2	27/3	6/3	13/3	3/4	10/4	17/4	8/5	15/5
L4 Dijous	3.1.3	14/2	22/3	1/3	8/3	22/4	29/4	5/4	12/5	3/5	10/5
L2 Divendres	3.1.3	15/2	21/3	28/2	7/3	14/4	28/4	4/4	11/4	18/4	2/5

Calendari de sessions



Tema 1: Referències de tensió

1. Referències de tensió (REF)

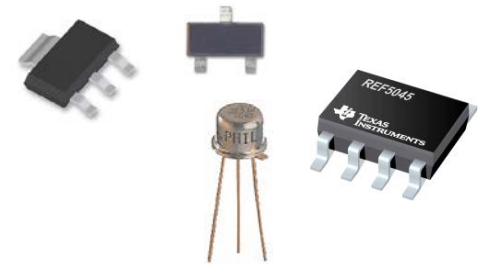
1.1. Especificacions tècniques

1.2. Tecnologies

- Comportament tèrmic de la unió pn.
- Díode zener compensat tèrmicament.
- Referència de tensió bang-gap.

1.3.- Aplicacions.

1.4.- Referències de corrent.

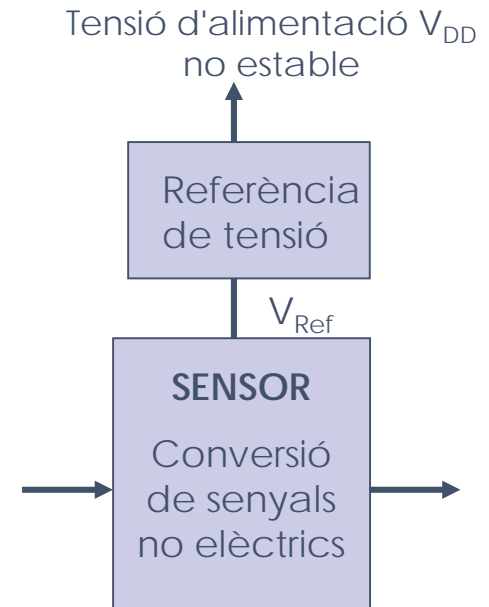
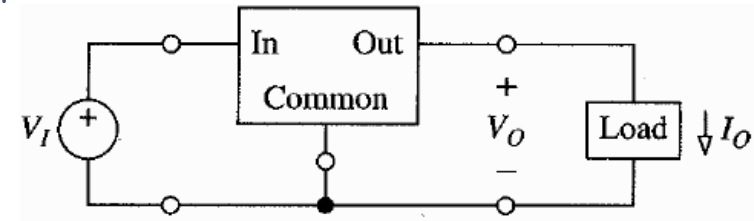


Referències:

Franco, S.; "Disseny amb amplificadors operacionals i circuits integrats analògics", McGraw-Hill 2 . Ed., New York, 2005.

1. Referències de tensió (REF)

- Necessitat de disposar d'una referència de tensió regulada i estable (CAD, CDA, C. V/f i f/V, sensors, sistemes de test, etc.)
- Reguladors:
 - Proporcionen tensions i intensitats molt estables a càrregues baixes.
 - Fonts d'alimentació per a altres circuits
- Una **referència de tensió** permet generar una tensió de contínua, molt **precisa i estable** amb la temperatura i amb el temps ($\leq 100 \text{ ppm}/^\circ \text{C}$ ← Corrents baixos: $I_o \sim 2 - 3 \text{ dt.}$).
 - Les tècniques de compensació aplicades a les referències semiconductores permeten aconseguir coeficients de temperatura d'1 $\text{ppm}/^\circ \text{C}$ o menors.



1.1.- Especificacions tècniques

QUALITAT

- Regulació de línia
- Regulació de càrrega
- Coeficient tèrmic
- Derives temporals

- **Regulació de línia:** Indica la capacitat del dispositiu per a mantenir la V_o constant enfront de variacions de V_{in} .

$$RL = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_{in}} \quad (mV/V, \mu V/V)$$

$$RL(\%) = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta V_{in}} \cdot 100 \quad (\% / V)$$

$$RRR = 20 \log_{10} \frac{V_{ri}}{V_{ro}} \quad (dB)$$

Raó d'eliminació de rínxol

- **Regulació de càrrega:** capacitat del dispositiu per mantenir V_o constant enfront de variacions de càrrega.
 - Conseqüència directa de l'existència d'una impedància de sortida

$$RC = \frac{\Delta V_o}{\Delta I_o} \quad (mV/mA, mV/A)$$

$$RC(\%) = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta I_o} \cdot 100 \quad (\% / mA, \% / A)$$



1.1.- Especificacions tècniques

- **Coeficient tèrmic:** Capacitat del dispositiu per a mantenir la V_o constant enfront de variacions de T^a

$$TC(V_o) = \frac{\Delta V_o}{\Delta T}$$

(mV / °C; μV / °C)

$$TC(V_o)(\%) = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta T} \cdot 100 \quad (\% / ^\circ C)$$

$$TC(V_o)(ppm) = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta T} \cdot 10^6 \quad (ppm / ^\circ C)$$

- **Deriva temporal:** capacitat del dispositiu per mantenir la V_o constant durant llargs períodes de temps

$$lts = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta t} \cdot 10^6 \quad (ppm / 1000h)$$

Long-term stability

Exercici 1

REF101KM (10V)
0,001%/V
0,001%/dt.
1ppm/°C
50ppm/1000h

a) V_1 [13.5, 35]V
b) I_0 ±10mA
c) T [0, 70]°C
d) 42 dies

$$\left\{ \begin{array}{l} 0.001\%/V = 100 \frac{(\Delta V_o / 10)}{(35 - 13.5)} \\ 0.001\%/mA = 100 \frac{(\Delta V_o / 10)}{(\pm 10mA)} \\ 1ppm/^\circ C = 10^6 \frac{(\Delta V_o / 10)}{(70^\circ C)} \end{array} \right.$$

$$\Delta V_o = 2.15 \text{ mV}$$

$$\Delta V_o = 1 \text{ mV}$$

$$\Delta V_o = 0.7 \text{ mV}$$

En 42 dies



$$\Delta V_o = 0,5 \text{ mV}$$

$$\text{Total: } \Delta V_o = 4,35 \text{ mV}$$

1.2.- Tecnologies

Tipus

- Referències de tensió basades en díode Zener
- Referències de tensió de "salt de banda" (Tecnologia Bandgap)

■ Comportament tèrmic de la unió pn

$$V_T = \frac{KT}{q}$$

$$V_D = V_T \ln\left(\frac{I_D}{I_S}\right)$$

$$I_S = BT^3 \exp\left(-\frac{V_{GO}}{V_T}\right)$$

K: Constant de Boltzman ($1.381 \cdot 10^{-23}$ Js)

Q: Carrega de l'electró ($1.602 \cdot 10^{-19}$ C)

V_D : Tensió directa de la unió

I_D : Corrent de la unió

V_T : Tensió tèrmica

I_S : Corrent de saturació

T: Temperatura (K)

B: Constant de proporcionalitat

V_{GO} : Tensió de *bandgap* (Si: 1.205 V)

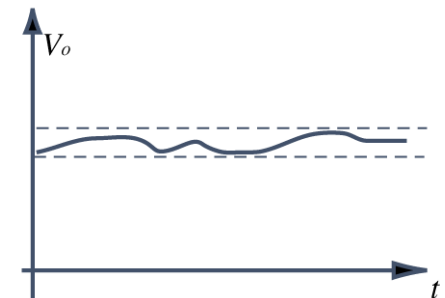
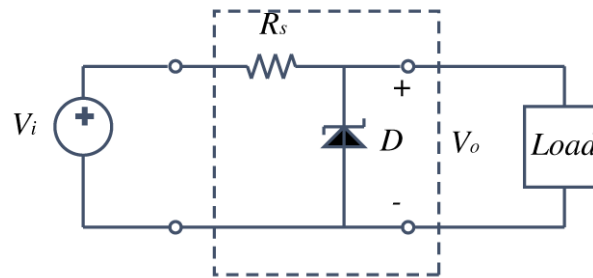
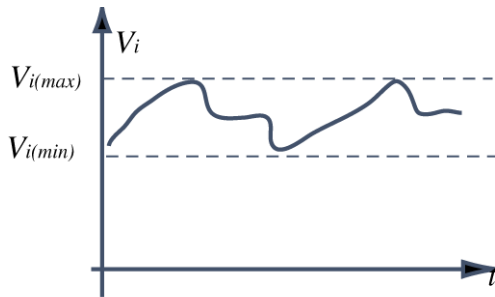
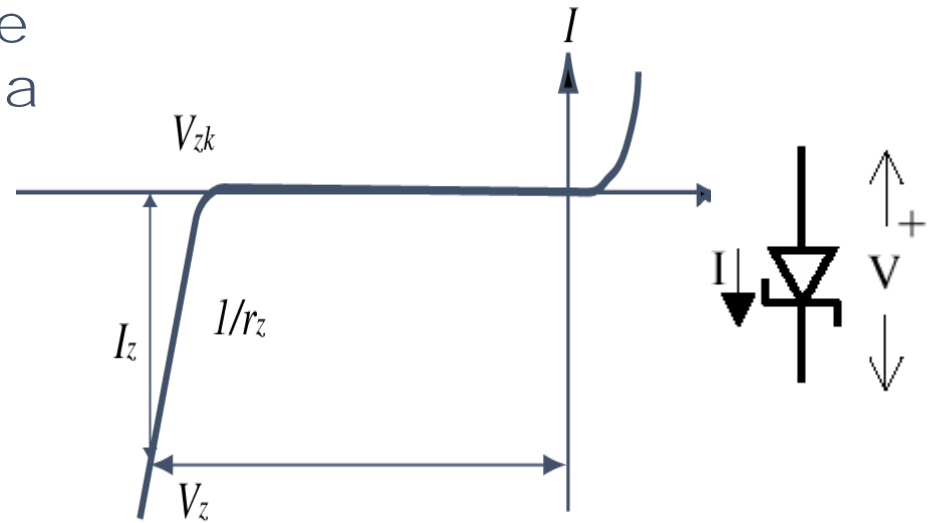
$$TC(V_D) = -\left(\frac{V_{GO} - V_D}{T} + \frac{3K}{q}\right) < 0!!$$

$$TC(V_T) = \frac{K}{q} = 0,0862 \text{ mV/}^\circ\text{C}$$



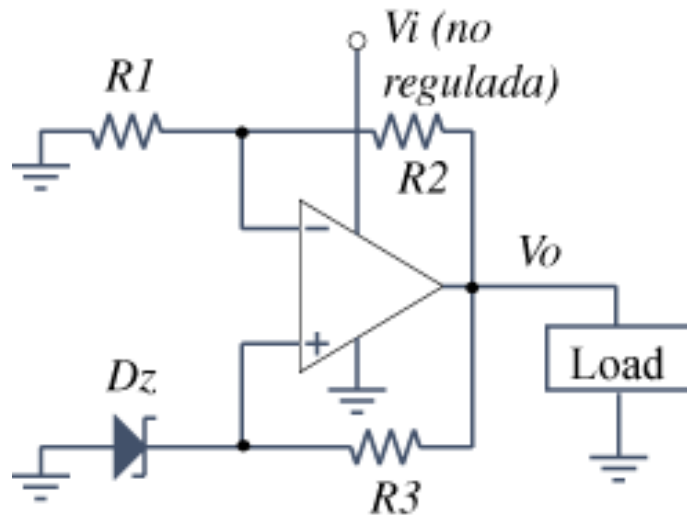
A. Referències de tensió basades en díode Zener

- **Díode Zener:** Díode bipolar que presenta una abrupta ruptura a la seua regió de polarització inversa.
- Referència de tensió basada en díode Zener: polarització inversa del díode Zener amb font no regulada V_i i R_s .



A. Referències de tensió basades en díode Zener

- Una modificació de V_i o R_L poden canviar la $I_z \rightarrow$ canvia V_o
- Millorar la regulació de línia i de càrrega: circuit realimentat (alimentació del díode Zener amb $V_o \rightarrow V_z$ més estable).



$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot V_z$$

Exercici 4: Referència de tensió MOTOROLA de la sèrie 1N82- ($V_o=10V$ @ $7,5$ mA). Es calcula l'error a causa de V_{us} i es proposa circuit que permet modificar V_o sense afectar la polarització.

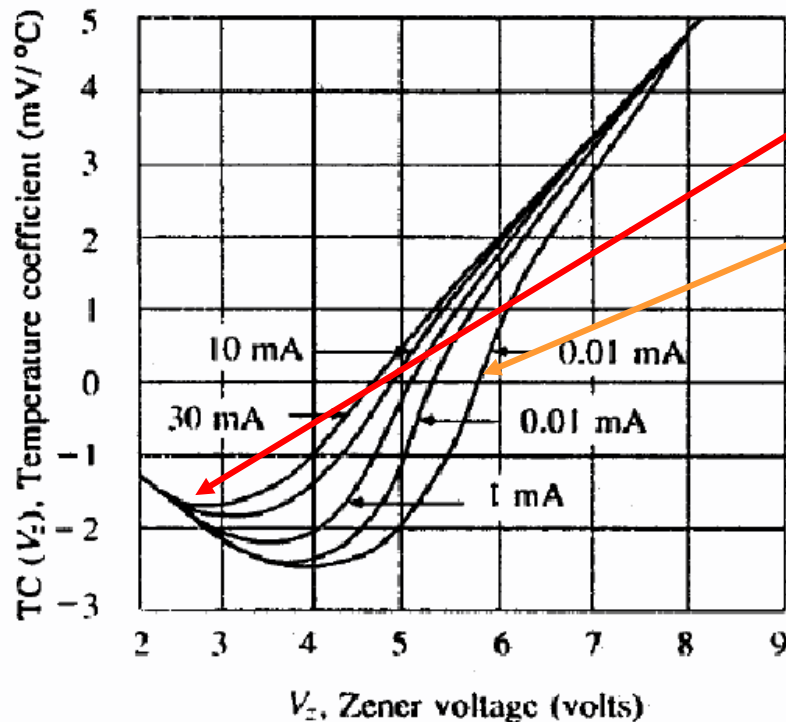
Referència de tensió autoregulada



A. Díodes Zener compensats tèrmicament

- El coeficient tèrmic depèn d' I_z i V_z

$$TC(V_z) = \frac{\partial V_z}{\partial T} = f(V_z, I_z)$$

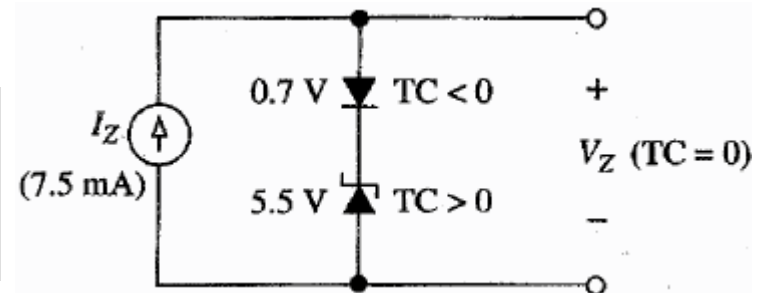


- Dues maneres de funcionament a la regió de ruptura:

- 1^a ruptura per emissió de camp (TC < 0, V_z < 5)
- 2^a ruptura per allau (TC > 0, V_z > 5)

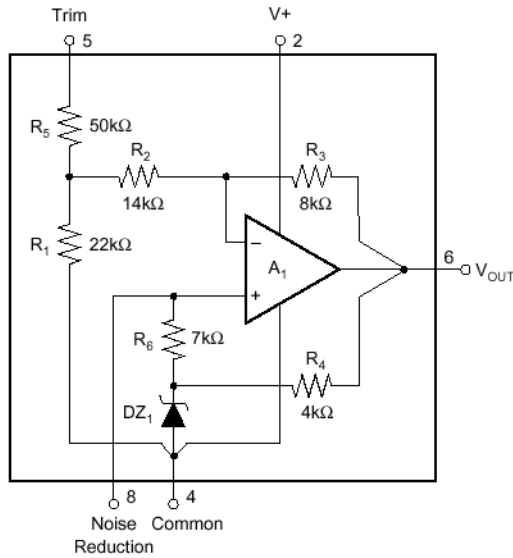
- Solució compensació tèrmica: Connectar una unió pn polaritzada directament per compensar el TC > 0 que pot tindre el Zener amb **V_z > 5**.

Exemple: 1N821...9 (Motorola) amb V_z = 5,5 + 0,7 = 6,2 V @ I_z = 7,5 mA. TC: 100 - 1 ppm/°C



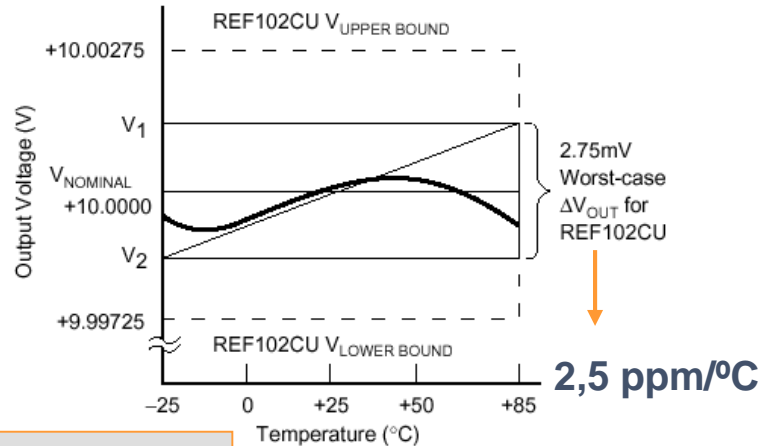
Tipus de referències de tensió: REF102 (TU)

- Els circuits de referència de tensió basats en díode Zener poden millorar-se utilitzant la pròpia tensió regulada per polaritzar al díode Zener.



FEATURES

- **+10V ±0.0025V OUTPUT**
- **VERY LOW DRIFT: 2.5ppm/°C max**
- **EXCELLENT STABILITY: 5ppm/1000hr typ**
- **EXCELLENT LINE REGULATION: 1ppm/V max**
- **EXCELLENT LOAD REGULATION: 10ppm/mA max**
- **LOW NOISE: 5μV_{pp} typ, 0.1Hz to 10Hz**
- **WIDE SUPPLY RANGE: 11.4VDC to 36VDC**
- **LOW QUIESCENT CURRENT: 1.4mA max**
- **PACKAGE OPTIONS: PLASTIC DIP, SO-8**



$$V_o = \left(1 + \frac{R_3}{R_1 + R_2}\right) V_Z = \left(1 + \frac{8k\Omega}{14k\Omega + 22k\Omega}\right) 8.2V = 10V$$

Referència de tensió autoregulada + díode Zener compensat tèrmicament

Si s'alimenta la referència de tensió entre ±15 V, quin valor pren Vo?

Tipus de referència de tensió: LM399 (National S.)

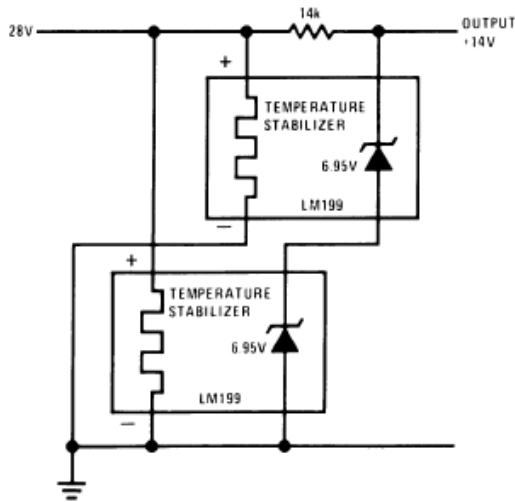
Features

- Guaranteed 0.0001%/°C temperature coefficient
- Low dynamic impedance — 0.5Ω
- Initial tolerance on breakdown voltage — 2%
- Sharp breakdown at 400 μA
- Wide operating current — 500 μA to 10 mA
- Wide supply range for temperature stabilizer

TC: 100 ppm/°C → 6 ppm/°C

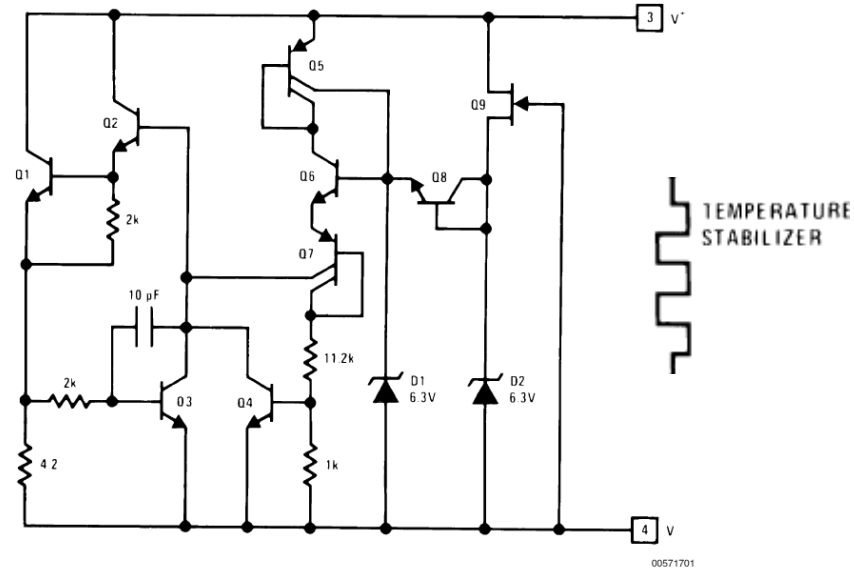
Aplicacions:

14V Reference

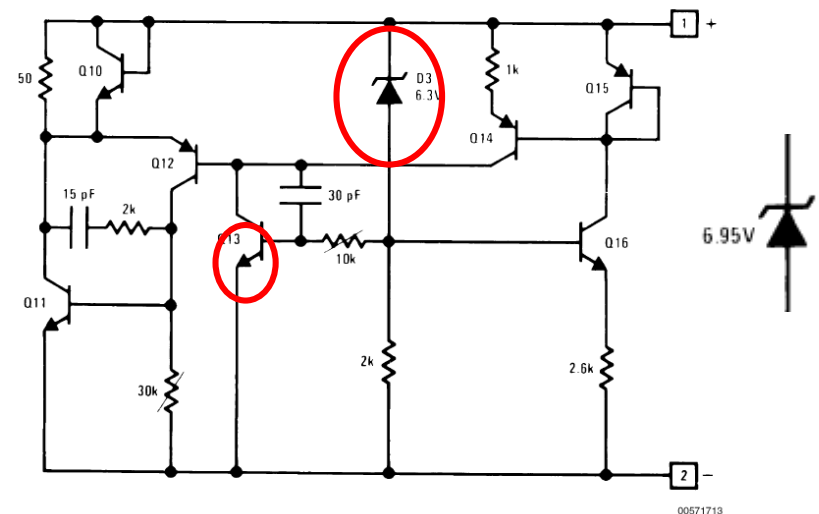


Exercici 9 (Anàlisi del TC(V_{out}) a causa de TC(V_{us}))

Temperature Stabilizer

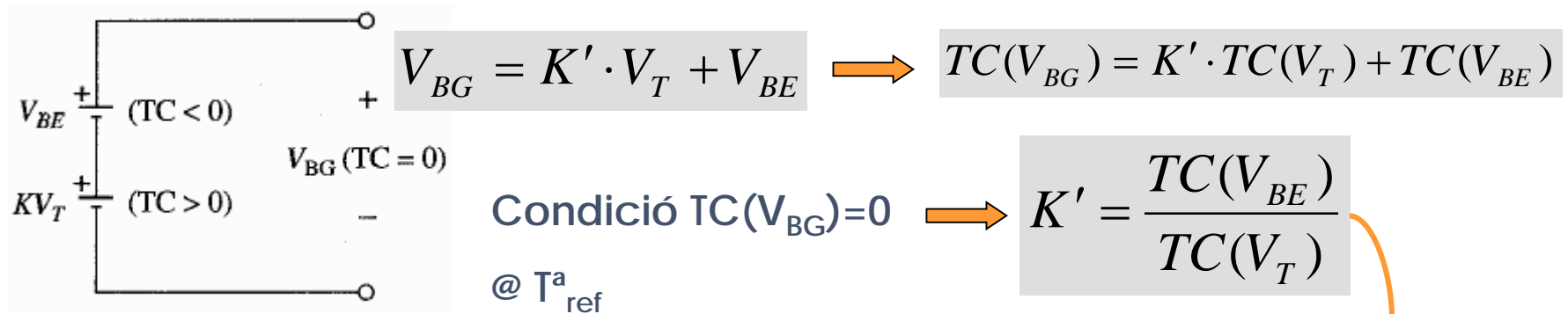


Reference



B. Referències de tensió de salt de banda (*Bandgap*)

- **Aplicació:** Si es treballa amb tensions baixes i es vol disposar de tensions de referència compatibles amb elles ($V_z < 3.3V$)
- **Fonament:** Es basen en la compensació del coeficient de temperatura negatiu de la tensió V_{BE} d'un transistor bipolar amb una tensió $K'V_T$ ($TC > 0$).



$$V_{BG} = K' \cdot V_T + V_{BE} = V_{GO} + 3V_T \iff K' = \frac{V_{GO} - V_{BE}}{V_T} + 3$$

Exemple: @ $25^\circ C \rightarrow V_{BG} = 1,205 + 3 \times 0,0257 = 1,282 V$



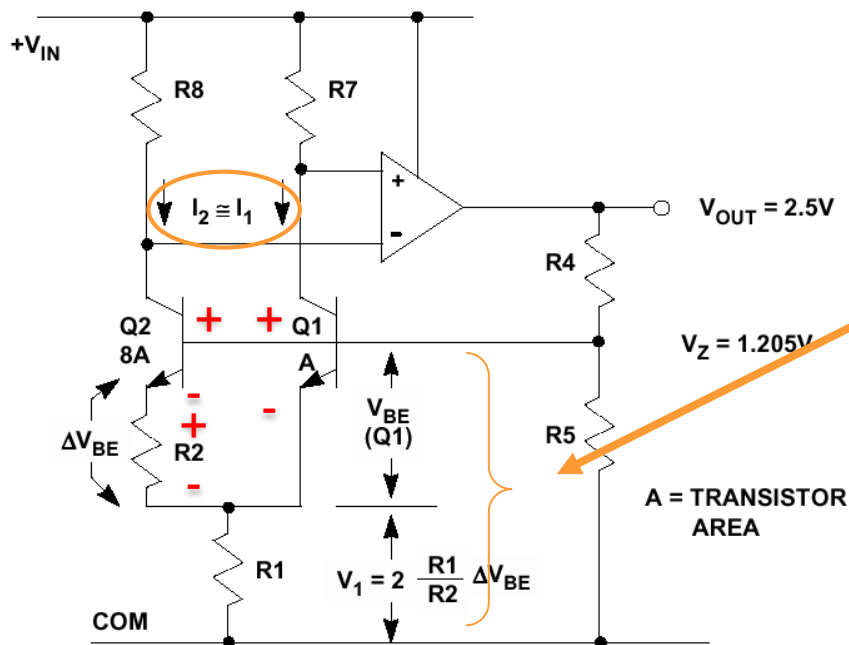
Referència Band-gap: AD580

■ Fonament:

- la diferència de corrents per a Q1-Q2 produeix ΔV_{BE} a través de R2.
- Se suma V_{BE} (TC<0) i ΔV_{BE} (TC>0)

$$V_{BE} = V_T \ln\left(\frac{I_C}{I_S}\right) \quad \frac{I_{S2}}{I_{S1}} = 8$$

AD580 PRECISION BANDGAP REFERENCE USES BROKAW CELL



$$V_z = V_{BE}(Q1) + 2I_1 \cdot R_1 = V_{BE}(Q1) + 2 \frac{\Delta V_{BE}}{R_2} \cdot R_1$$

$$\Delta V_{BE} = V_{BE}(Q1) - V_{BE}(Q2) = \frac{kT}{q} \cdot \ln \frac{I_{c1} \cdot I_{s2}}{I_{c2} \cdot I_{s1}} = \frac{kT}{q} \cdot \ln 8$$

TC < 0

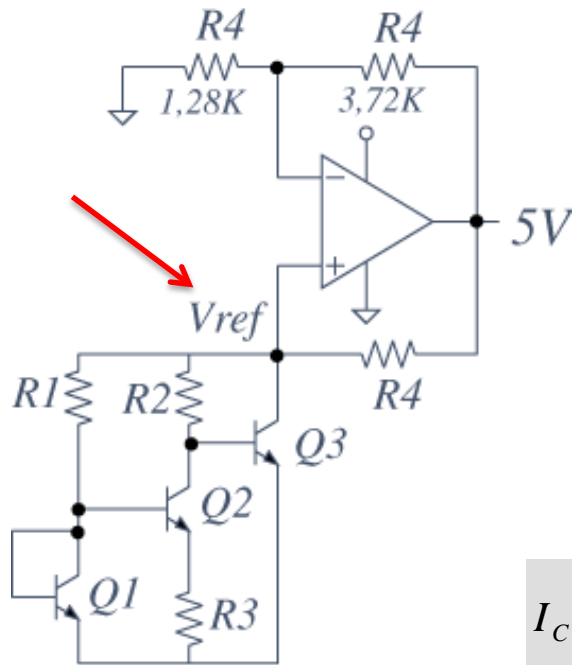
TC > 0



Exemple representatiu

Objectiu: Realitzar el disseny de cèl·lules *bandgap* per a obtenir compensació tèrmica a una determinada temperatura.

- Dissenyar el circuit per a $TC(V_{ref}) = 0 @ 25^\circ C$. Dades: $I_s(25^\circ C) = 5 \text{ fa}$, $I_{C1} = I_{C3} = 0,2 \text{ dt.}$, $I_{C2} = I_{C1}/5$



Cèl·lula *bandgap* de Widlar

$$V_{ref} = V_{be3} + I_{R2} \cdot R_2 = V_{be3} + \frac{V_{be1} - V_{be2}}{R_3} \cdot R_2 =$$

$$= V_{be3} + \frac{R_2}{R_3} \cdot \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}}\right) \cdot V_T = V_{be3} + K \cdot V_T$$

$$TC(V_{ref}) = 0 @ 25^\circ C \Rightarrow K = \frac{-TC(V_{be3})}{TC(V_T)} = 24,6$$

$$TC(V_{be3}) = -\left(\frac{V_{GO} - V_{be3}}{T} + \frac{3k}{q}\right) = -2,12 \text{ mV}/^\circ C$$

$$I_{C2} = \frac{I_{C1}}{5} = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{K \cdot V_T}{R_2}$$

$$K = \frac{R_2}{R_3} \cdot \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}}\right) = \frac{R_2}{R_3} \cdot \ln(5)$$

$$R_2 = 15,75 \text{ k}\Omega$$

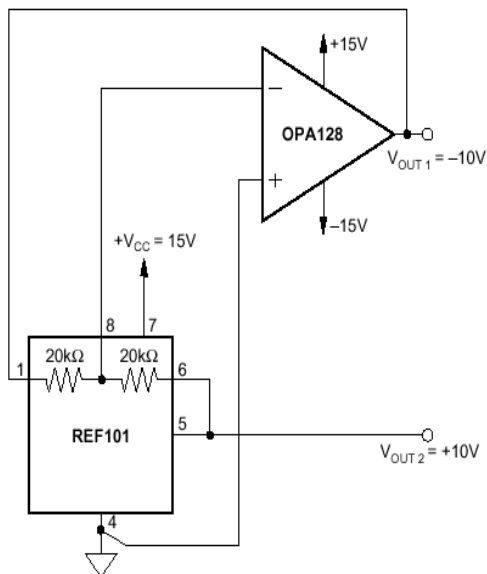
$$R_3 = 1033,6 \Omega$$



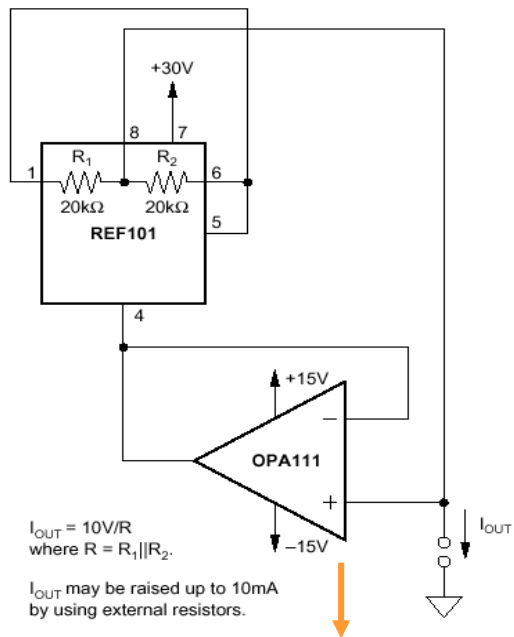
1.3.- Aplicacions

Objectiu: Diferents aplicacions de les referències de tensió utilitzant AO.

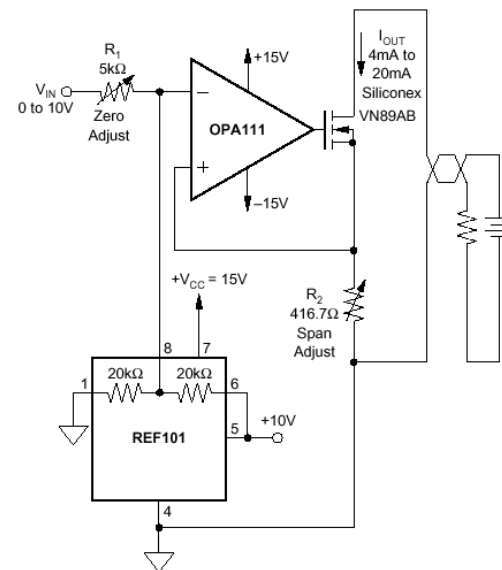
Referència de tensió $\pm 10V$



Font de corrent de precisió positiva



Font de corrent de precisió 4 – 20 dt.



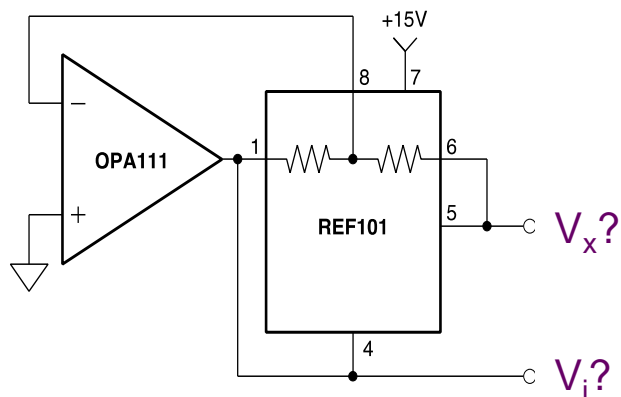
Exercici 2 (Anàlisi del $TC(I_{out})$ a causa de $TC(V_{US})$)



Aplicacions (exercicis proposats)

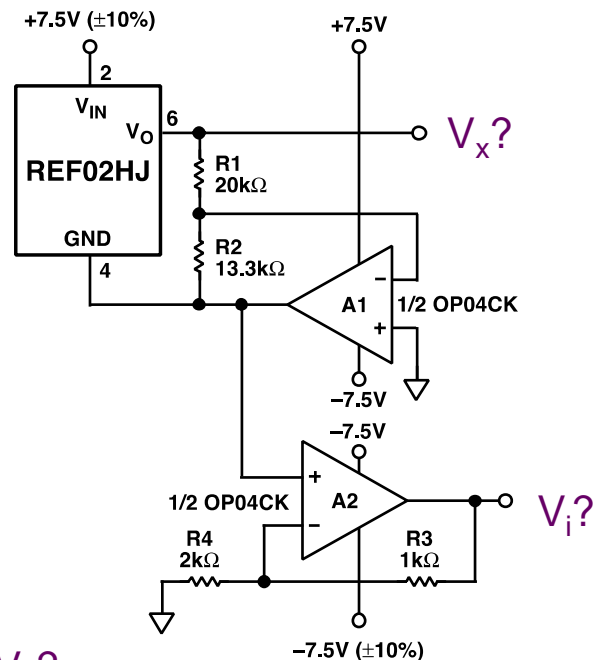
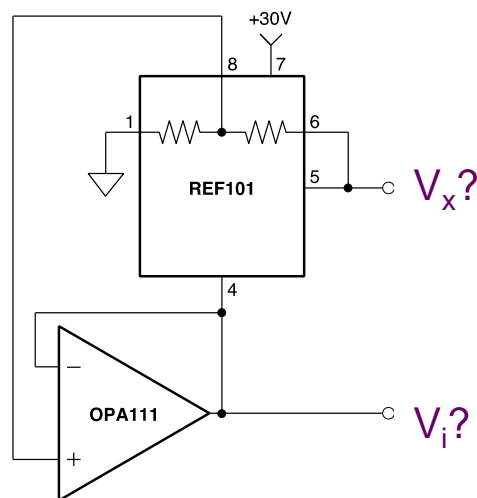
■ Exercicis proposats:

- Calcular les tensions de sortida V_x i V_i en cadascun dels circuits.



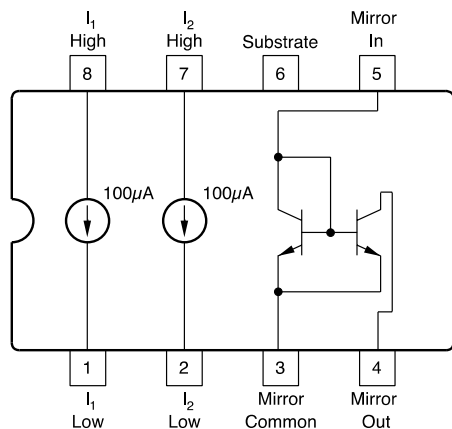
Referència REF101 (10V)

Referència REF02 (5V)



1.4.- Referències de corrent

REF200: Inclou dues referències de corrent i un mirall de corrent de gran precisió.



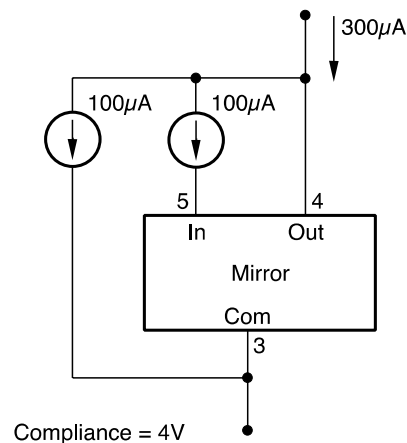
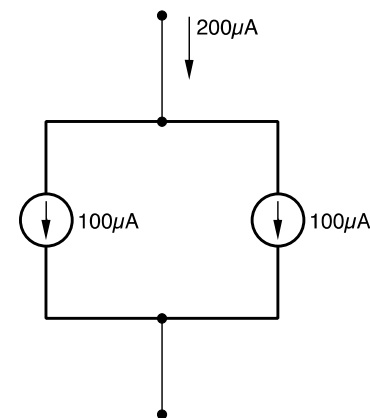
Font de corrent de precisió

APPLICATIONS

- SENSOR EXCITATION
- BIASING CIRCUITRY
- OFFSETTING CURRENT LOOPS
- LOW VOLTAGE REFERENCES
- CHARGE-PUMP CIRCUITRY
- HYBRID MICROCIRCUITS

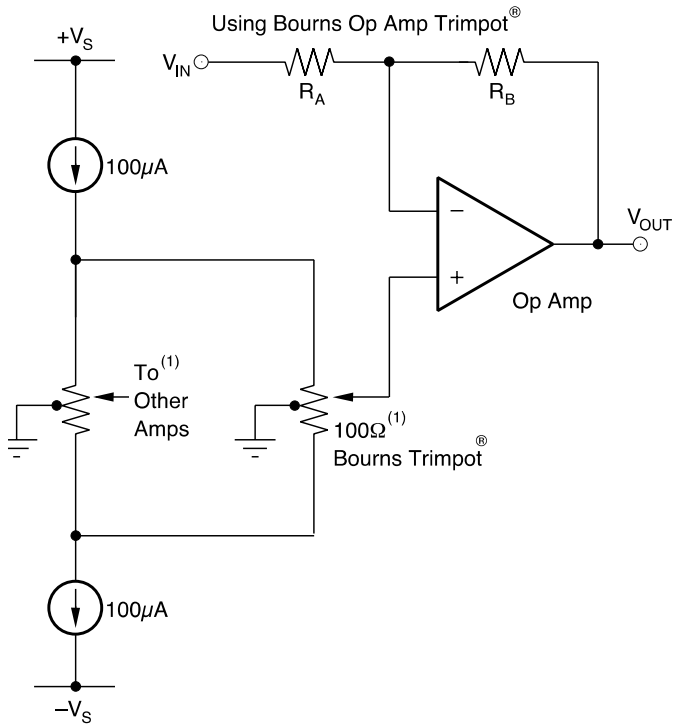
FEATURES

- COMPLETELY FLOATING:
No Power Supply or Ground Connections
- HIGH ACCURACY: $100\mu\text{A} \pm 0.5\%$
- LOW TEMPERATURE COEFFICIENT:
 $\pm 25\text{ppm}/^\circ\text{C}$
- WIDE VOLTAGE COMPLIANCE:
2.5V to 40V
- ALSO INCLUDES CURRENT MIRROR

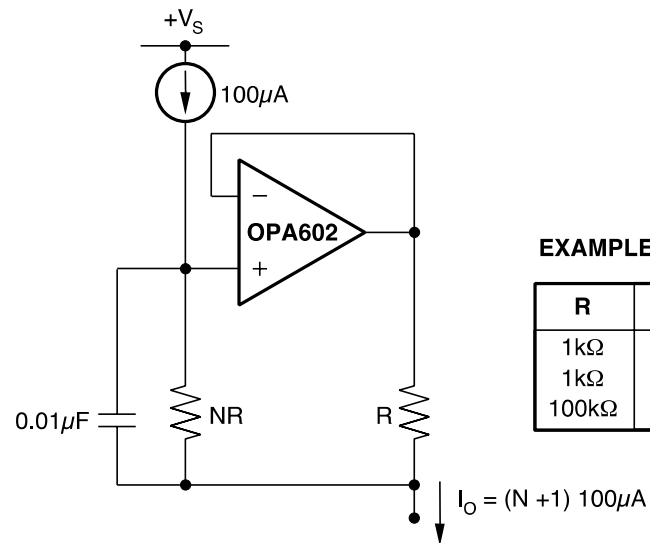
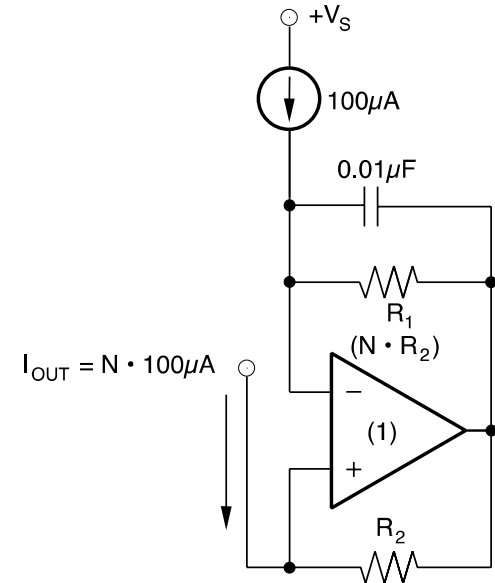


1.4.- Referències de corrent

Ajust d'offset



Fonts de corrent



EXAMPLES

R	NR	I_{OUT}
1k Ω	4k Ω	500 μA
1k Ω	9k Ω	1mA
100k Ω	9.9k Ω	10mA



- La referència de tensió de 10 V REF101KM del fabricant Burr-Brown té una regulació de línia de valor típic $0,001\%/V$, una regulació de càrrega de $0,001\%/dt$, tots dos en valor típic, i un coeficient de temperatura $TC=1 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Obteniu la variació que experimenta la tensió de sortida V_o en produir-se a) un canvi en la tensió d'entrada V_i de 13,5 V a 35 V, b) un canvi de $\pm 10 \text{ mA}$ en el corrent de càrrega I_o i c) un canvi de temperatura de 0°C a 70°C .
- El circuit de la figura 1 utilitza una referència de 5 V amb una deriva tèrmica de $20 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, i un amplificador operacional d'entrades JFET. a) Obteniu el valor de R per a un corrent de sortida $I_o=10 \text{ mA}$; b) Si l'amplificador operacional té una deriva tèrmica en la seua tensió de desequilibri de $5 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ determineu la deriva tèrmica d' I_o en el cas més desfavorable.

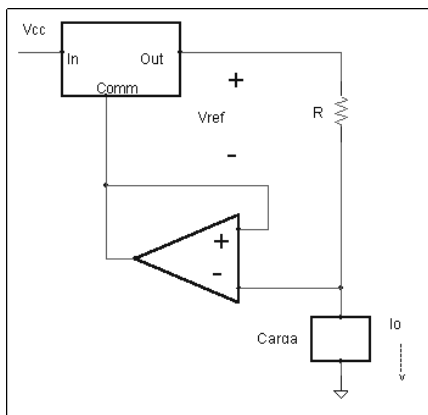


Figura 1

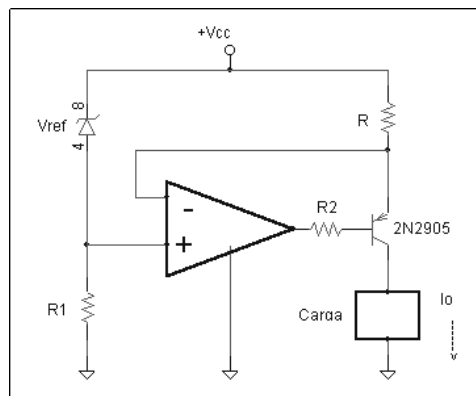


Figura 2

- El circuit de la figura 2 utilitza com a amplificador operacional el model 741 amb $V_{cc}=15 \text{ V}$ i el díode de referència LM385 de 2,5 V, el qual té un corrent de polarització de 0,5 mA. El transistor utilitzat és el model 2N2905 amb $R_2=1 \text{ k}\Omega$. a) Obteniu els valors de R i R1 per a un corrent $I_o=100 \text{ mA}$, b) Suposant per al transistor bipolar una $\beta=100$, $V_{ce,sat}=0,2 \text{ V}$ i per a un corrent de base $I_B=1 \text{ mA}$, obteniu el marge de tensió en la càrrega i esbrineu si el 741 està funcionant dins de les seues especificacions ($V_{OH}=13 \text{ V}$, $I_{SC}=25 \text{ mA}$).
- El díode Zener compensat tèrmicament, model 1N827, subministra una tensió $V_Z=6,2 \text{ V}$ amb un coeficient de temperatura $TC(V_Z)=10 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ quan passa un corrent de Zener $I_Z=7,5 \text{ mA}$.
 - Utilitzant aquest díode i un amplificador operacional, dissenyeu una referència de tensió autoregulada de 10,0 V, (figura 3a).
 - Si l'amplificador operacional té una deriva tèrmica en la seua tensió de desequilibri $\Delta v_{is}/\Delta t^a = 5 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, estimeu el canvi de V_o per a una variació de la temperatura de 0°C a 70°C en el pitjor cas.
 - R1 i D_z es desconnecten de gnd i s'uneixen cap a massa a través d'una resistència ajustable R (figura 3b). Demostreu que aquest canvi permet variar la referència de tensió V_o sense que afecte el corrent de polarització del díode Zener.
 - Obteniu l'expressió que relaciona V_o amb V_Z i les resistències del circuit en la situació de la figura 3b.

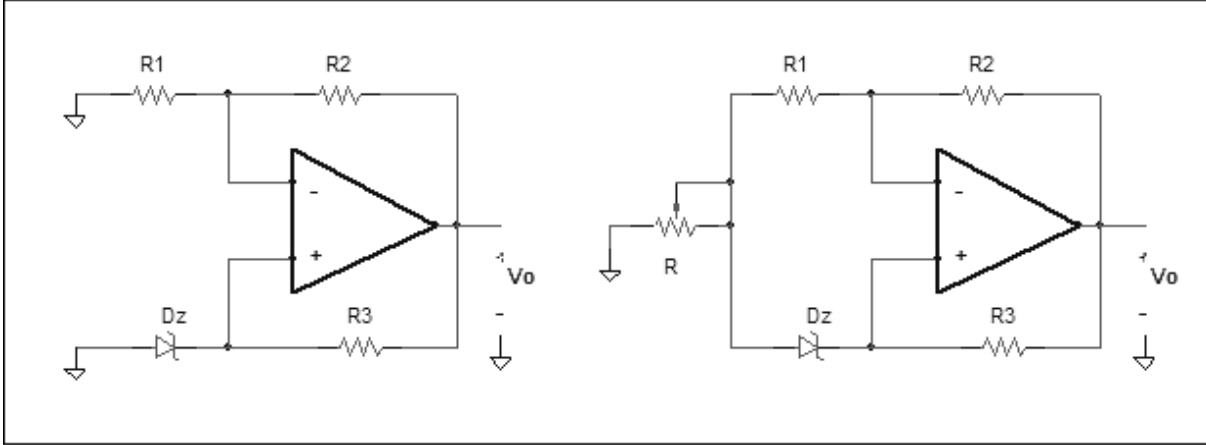


Figura 3 a)

Figura 3 b)

5.- El circuit de la figura 4 permet ajustar el nivell de referència de l'amplificador d'instrumentació INA118. Per a això utilitza un amplificador operacional (OPA177) juntament amb dues fonts de corrent flotants de precisió el corrent de les quals és de 100 μ A. Obteniu l'interval d'ajust de la tensió de referència V_{ref} associada a l'amplificador d'instrumentació.

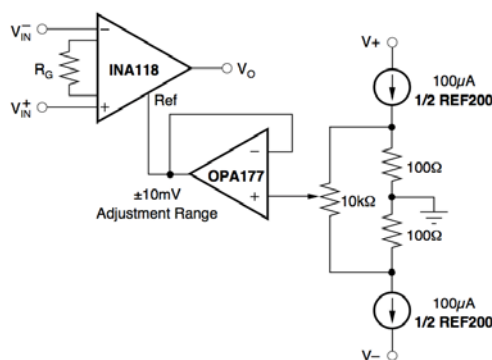


Figura 4

6.- En el circuit de la figura 5 la referència de tensió MAX6325 proporciona 2,5 V i és utilitzada per a alimentar certa càrrega R_L de 47 Ω . L'amplificador operacional MAX4165 pot considerar-se ideal. Suposant els valors $R_f = 3,0$ k Ω , $R_n = 30$ Ω i $R_i = 4,7$ k Ω obteniu el corrent que està lliurant o absorbint la referència de tensió en els casos: a) resistències perfectes (sense tolerància), b) resistències amb tolerància $\alpha = 1\%$ (en el pitjor cas). Nota : Per a investigar l'efecte del desajustament de les resistències suposem que $\frac{R_i}{R_f} = \frac{R_L}{R_n} \cdot (1 - \epsilon)$.

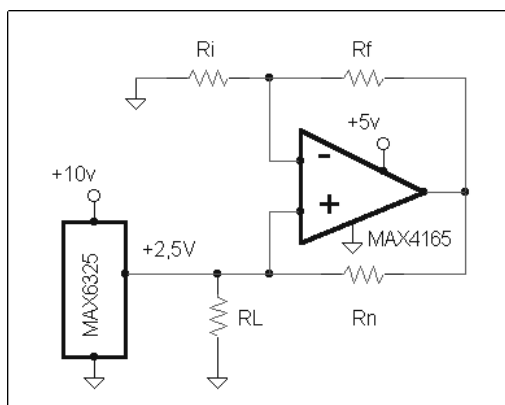


Figura 5

REF02 SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

$T_A = +25^\circ\text{C}$ and $V_{IN} = +15\text{V}$ power supply unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	REF02A, R			UNITS
		MIN	TYP	MAX	
OUTPUT VOLTAGE DRIFT -40°C to +85°C (TCV ₀)			4	15	\pm ppm/°C
LINE REGULATION -40°C to +85°C	$V_{IN} = 8\text{V to } 33\text{V}$ $V_{IN} = 8.5\text{V to } 33\text{V}$		0.006 0.008	0.010 0.012	%/V
LOAD REGULATION -40°C to +85°C	$I_L = 0\text{mA to } +10\text{mA}$ $I_L = 0\text{mA to } +10\text{mA}$		0.005 0.007	0.010 0.012	%/mA

7.- Obteniu, en el pitjor cas, el canvi de la tensió de sortida de la referència REF02A per als casos $t^a \sim [0^\circ\text{C}..100^\circ\text{C}]$; $V_{inp} \sim [10\text{ V}..30\text{ V}]$; $I_L \sim [0\text{ dt}..10\text{ dt}]$. Vegeu les dades que s'hi adjunten.

8.- El circuit de la figura 6 serveix per a proporcionar una referència de tensió simètrica de $\pm 2,5 \text{ V}$ a partir d'una referència de tensió Zener de $+ 5 \text{ V}$. Obteniu el coeficient de temperatura TC ($+2,5\text{V}$) sabent que en la referència de tensió TC ($+5\text{V}$) = $20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ i en l'amplificador operacional TC (v_{us}) = $6 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

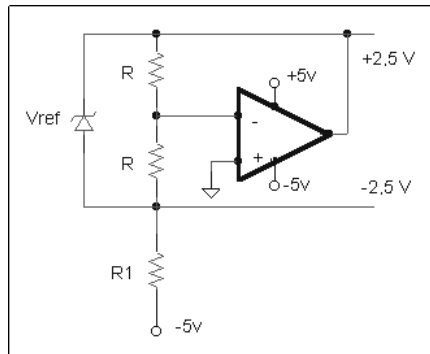


Figura 6

9. Obteniu el valor de V_o considerant que les resistències no tenen tolerància. Obteniu el possible marge de variació de V_o degut a la tolerància de les resistències. Suposant que el circuit de la figura 7 haja de funcionar en l'interval de temperatura $[-10, 50] ^\circ\text{C}$, obteniu: a) l'interval de variació de la referència de tensió LM399, b) l'interval de tensió V_o a causa del funcionament real dels components. Dades a $25 ^\circ\text{C}$: coeficient tèrmic de la referència de tensió LM399 $\text{TC}=2 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$, coeficient tèrmic de la tensió d'òfset del LT1001 $\text{TC}_{\text{max}}=1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, tensió d'òfset $V_{os(\text{max})}= 60 \mu\text{V}$, corrent de polarització $I_n= 4 \text{ nA}$ i coeficient tèrmic $\text{TC}(I_n)=4\text{pA}/^\circ\text{C}$.

que el rango de V_o depende directamente de estas diferencias de las caídas de voltaje. La resistencia parásita de este circuito es menos crítica debido a que involucra corrientes mucho n

e voltaje

ias de voltaje se pueden usar fácilmente como la base para un voltaje de precisión. El circuito de la figura 11.13 utiliza el parámetro de la referencia REF101 de 10 V mostrada en la figura 11.6.

Figura 7

10. Sabent que la referència de tensió REF01 proporciona 10 V , obteniu l'interval de variació possible que es pot obtenir en V_o en el circuit de la figura 8.



Figura 11.12
 modo remoto para eliminar el efecto de las caídas de voltaje no deseadas, detenciones parásitas r_s de los alambres.

Figura 8

11. Analitzeu els circuits de la figura 9 i obteniu l'expressió d' I_o . Quina funció hi exerceix la resistència R_1 ?

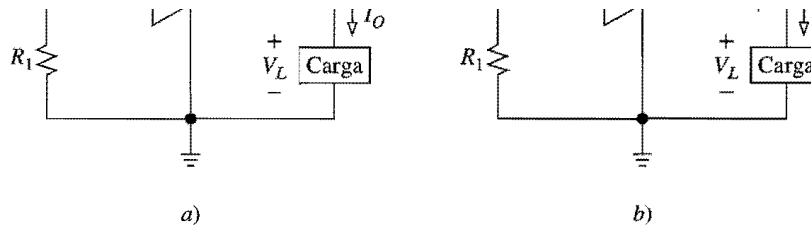


FIGURA 11.16
Fuentes de corriente con transistores de reforzamiento de corriente.

Figura 9

12. Suposant que en el circuit de la figura 10 es compleix que $V_{REF}=1,282\text{ V}$, $R_B=510\ \Omega$ i $R_I=3.3\text{ K}\Omega$, obteniu: a) la relació R_2/R_1 perquè $V_o=5\text{ V}$, b) suposant que els paràmetres associats als transistors siguen $\beta_1=20$ i $\beta_2=100$, obteniu el valor del corrent de sortida i de la tensió de sortida de l'amplificador operacional quan $I_o=1\text{ A}$. Suposeu, en aquest últim cas, que $R_1=25\text{K}64$ i $R_2=74\text{K}36$.

su lugar se utiliza un par Darlington, cuya ganancia observa que para que un BJT *npn* funcione en la región de las condiciones $v_{BE} = V_{BE(enc)}$ y $v_{CE} \geq V_{CE(sat)}$ tiene $\beta \approx 100$, $V_{BE(enc)} \approx 0.7\text{ V}$, y $V_{CE(sat)} \approx 0.1\text{ V}$. Para un par Darlington, $V_{BE(enc)} \approx 1\text{ V}$, y $V_{CE(sat)} \approx 0.5\text{ V}$. En algunos reguladores de voltaje son menos estrictas que aquellas en un regulador general, la fuente V_{REF} es del tipo de banda prohibida y V_o deseado mediante la selección apropiada de la relación

Figura 10

13. Obteniu l'interval de tensió de sortida del circuit de la figura 11 tenint en compte la tolerància associada a les resistències.

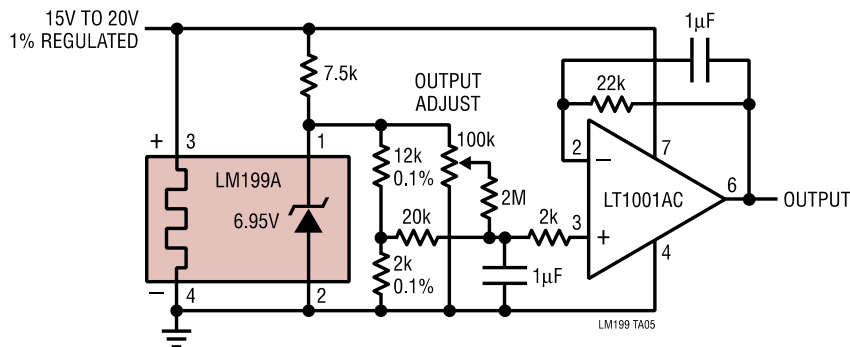


Figura 11

14. El circuit de la figura 12 implementa un termòmetre Fahrenheit utilitzant una referència de tensió (LM385), la tensió de sortida de la qual és $1,235\text{ V}$, i un sensor de temperatura (LM35) la sensibilitat de la qual és de $10\text{ mV}/^\circ\text{C}$ i sortida nul·la a 0°C . Demostreu que aquest circuit proporciona una tensió de sortida la

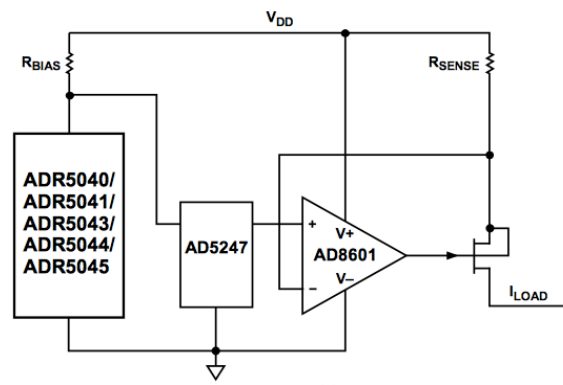


Figura 15

Tema 2: Interruptors i multiplexors analògics

2. Interruptors i multiplexors analògics (SW, MUX).

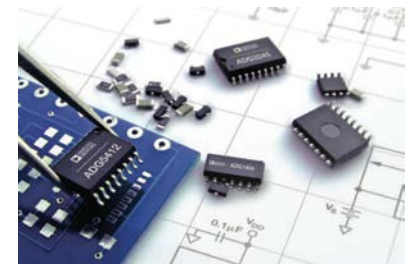
2.1. Interruptors analògics

- A. L'interruptor ideal i real.
- B. Errors estàtics i dinàmics
- C. Tipus i funcions
- D. Paràmetres: característiques del contacte, de commutació i control.

2.2. Multiplexors analògics

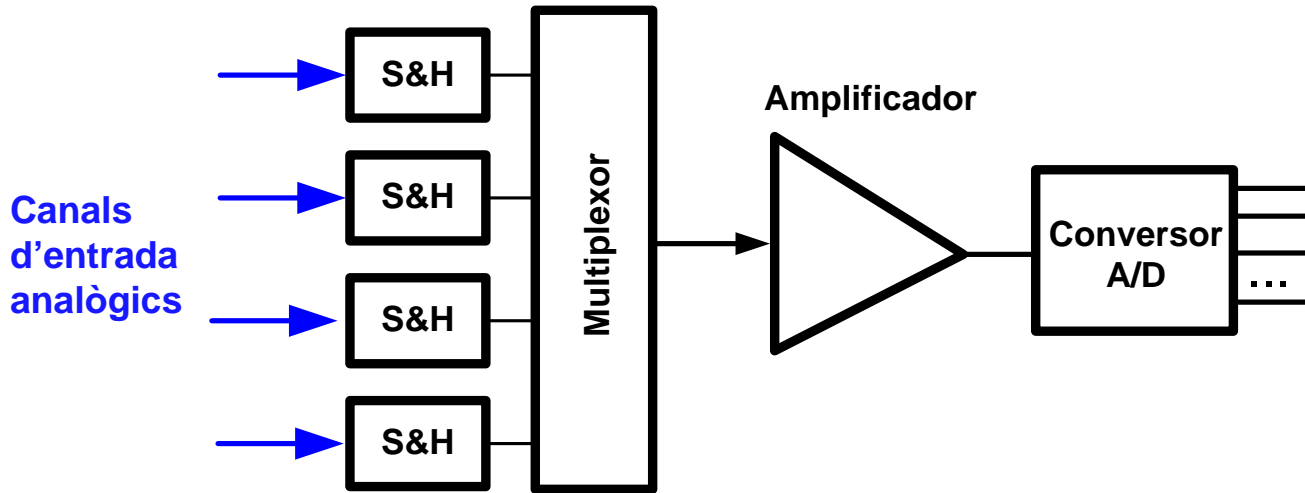
- A. Nivells de multiplexatge
- B. Paràmetres característics i errors (estàtics i dinàmics).
- C. Màxima velocitat de multiplexatge

2.3. Aplicacions dels interruptors i multiplexors analògics.

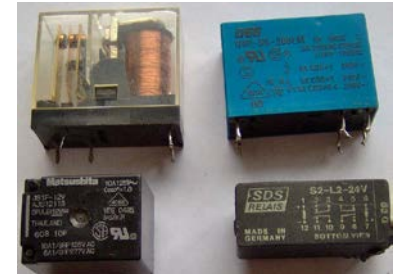


2.1. Interruptors i multiplexors analògics (SW, MUX)

- Els senyals analògics poden ser commutatats, multiplexats o connectats mitjançant interruptors analògics.
- SAD (Sistema d'Adquisició de Dades)
 - Els MUX i els &S H estan bàsicament formats per interruptors analògics i/o digitals.



Els SW: no poden ser del tipus mecànic pels problemes d'espai, temps de commutació, etc.



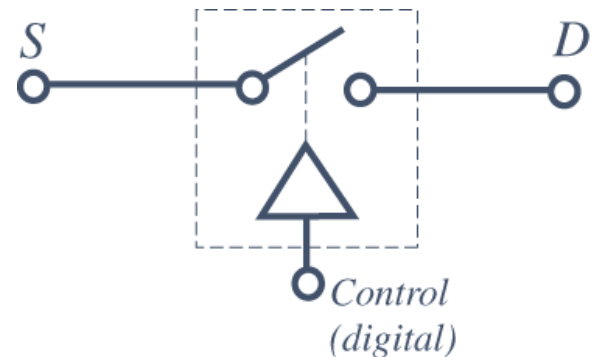
A. Interruptor analògic ideal i real

- Consisteix en un FET que es porta a conducció o saturació mitjançant un senyal de control digital (i programa de control)

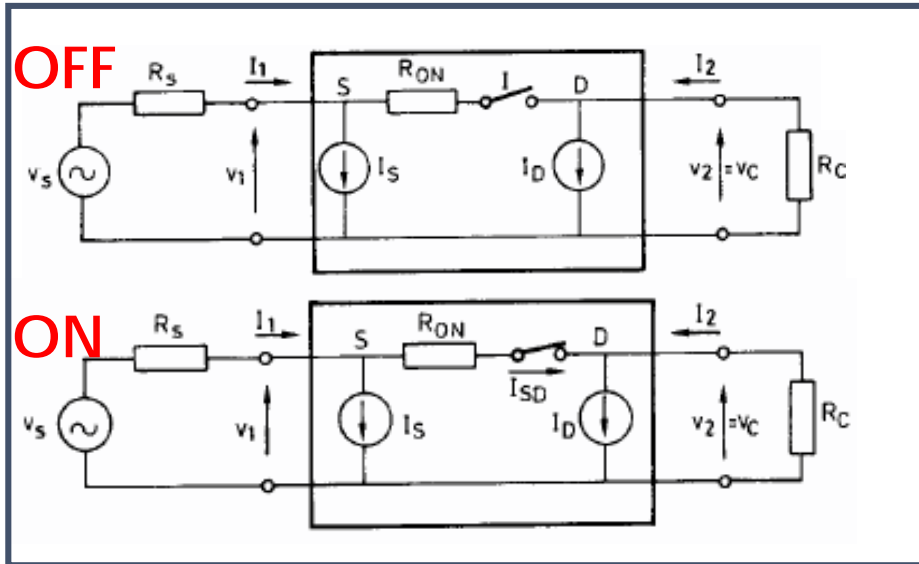
- **Característiques ideals:**

- Resistència ON nul·la
- Resistència OFF infinita
(absència de corrents de fuga)
- Temps de commutació nul
- Dissipació zero

Interruptor ideal



A. Interruptor ideal i real

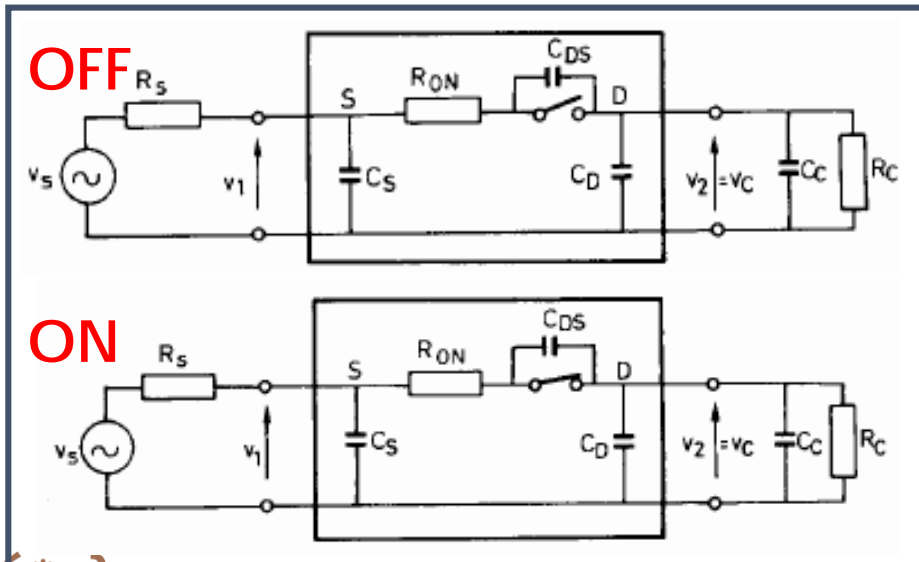


DC

Interruptor real

- Resistència real de contacte en conducció (R_{on})
- Corrents de fuga dels transistors FET (I_s, I_D)

+



AC

- Capacitats paràsites

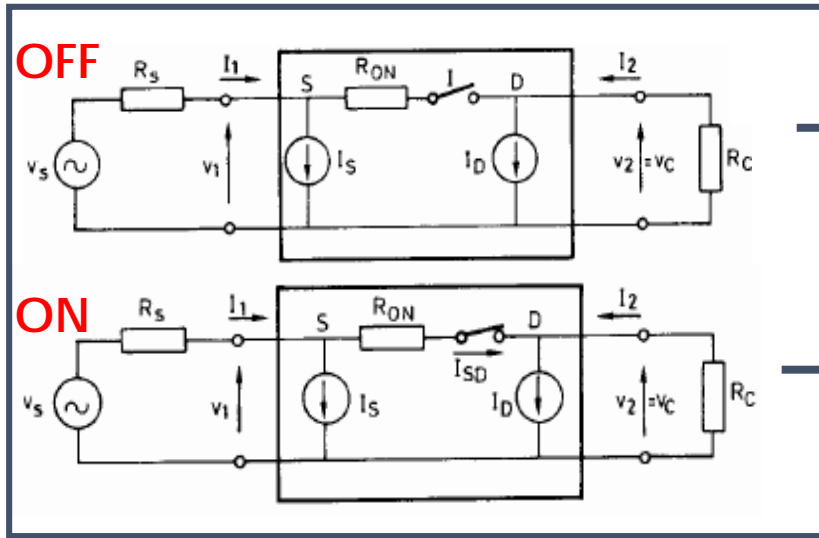
Errors

- DC: Nivell del senyal de sortida
- AC: Temps de resposta i aïllament



B. Errors estàtics

- Associats a senyals DC o de baixa component freqüencial



Errors estàtics

$$v_o = -I_D \cdot R_C \quad \text{No nul·la !!}$$

$$v_o \approx v_s \frac{R_C}{R_C + R_{ON} + R_S}$$

Factor de pèrdues per inserció

I_S, I_D = Corrents de fuga de sortidor i drenador a terra

En **OFF** els corrents de fuga són les causants dels errors

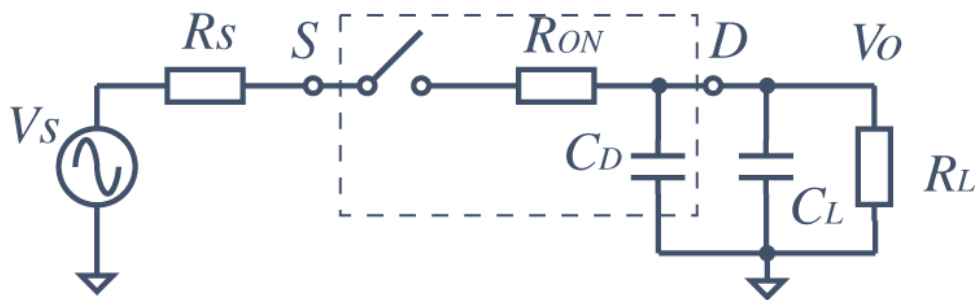
En **ON** els errors són deguts a les impedàncies de càrrega, juntament amb la de la font i la R_{ON} del SW (**pèrdues per inserció**)

Exercici 1: En un circuit amb SW analògics, calcular els errors a causa de pèrdues per inserció (R_{ON}) i corrents de fuga (I_D, I_S)

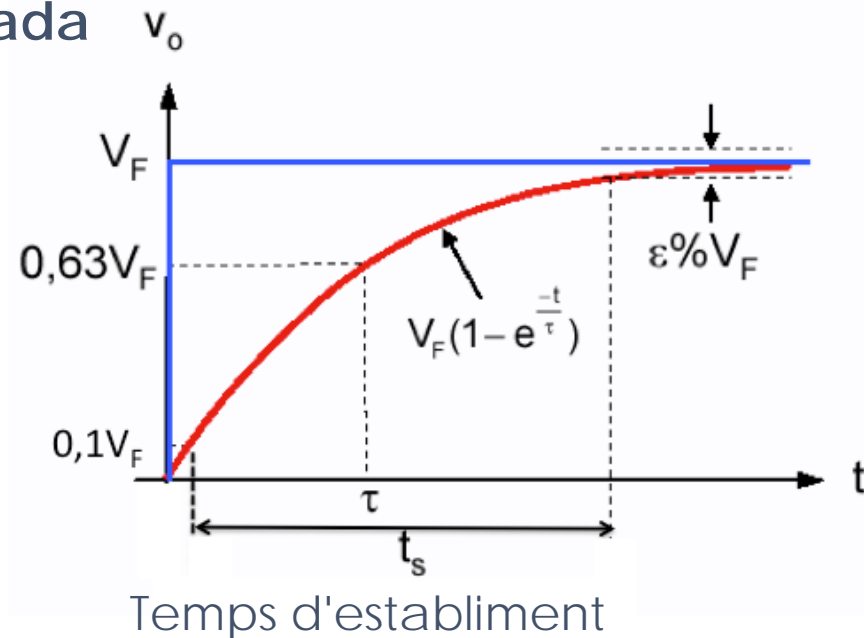


B. Errors dinàmics: Temps de resposta

- Transitori: capacitats paràsites de l'interruptor i la càrrega → temps de resposta (RC)
 - Tancar: Càrrega $C_D + C_L$ a través de R_{ON} i R_s
 - Obrir: Descàrrega de $C_D + C_L$ a través de R_L → més lent, depèn de la càrrega connectada



$$e = V_F - V_F \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \Rightarrow \varepsilon[\%] = 100 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \varepsilon = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

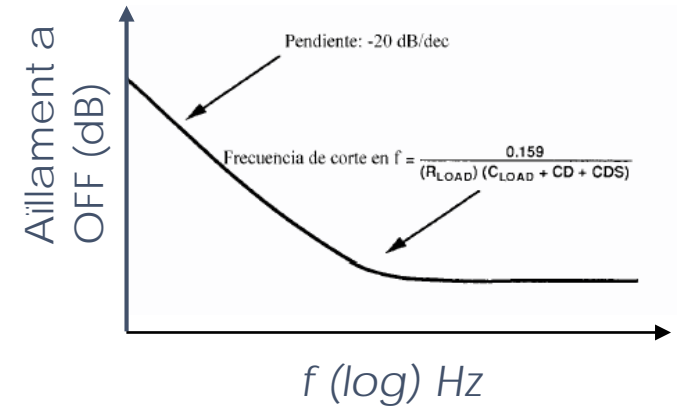
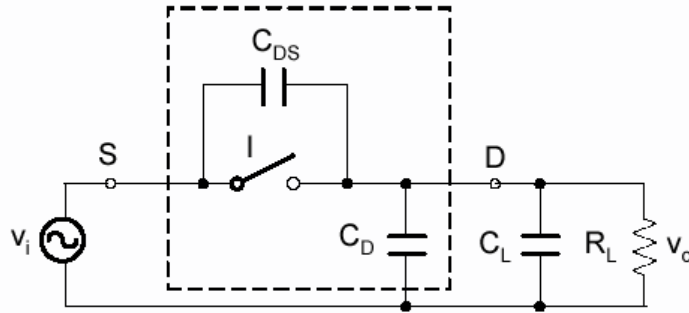


Exercici 2 Càlcul de t_s perquè l'error siga inferior al de quantització d'un CAD de 8 bits ($R_{ON}=100\Omega$, $C_i=17\text{pF}$)



B. Errors dinàmics: Aïllament en OFF

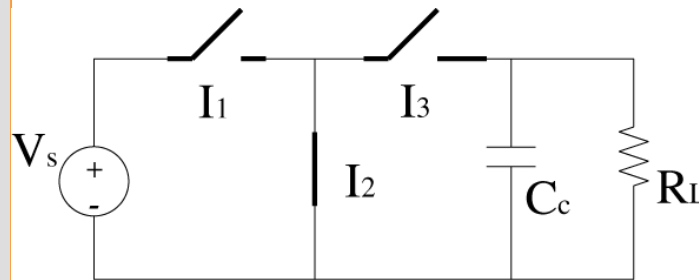
- En obert C_{DS} acobla l'entrada a la sortida



$$Aïllament (dB) = 20 \cdot \log \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = 20 \cdot \log \left| \frac{pR_L C_{DS}}{1 + pR_L (C_L + C_D + C_{DS})} \right|$$

Interessa C_{DS} tan menut com siga possible \rightarrow Si $C_{DS}=0 \rightarrow \log 0 = \infty \rightarrow$
Aïllament Màxim

Exercici 3: Calcular aïllament a OFF @ 100 kHz. Dades: $R_{ON}=100 \Omega$, $C_S=3 \text{ pF}$, $C_D=7 \text{ pF}$, $C_{DS}=1 \text{ pF}$ i la càrrega $100\text{K}\Omega//10\text{pF}$.



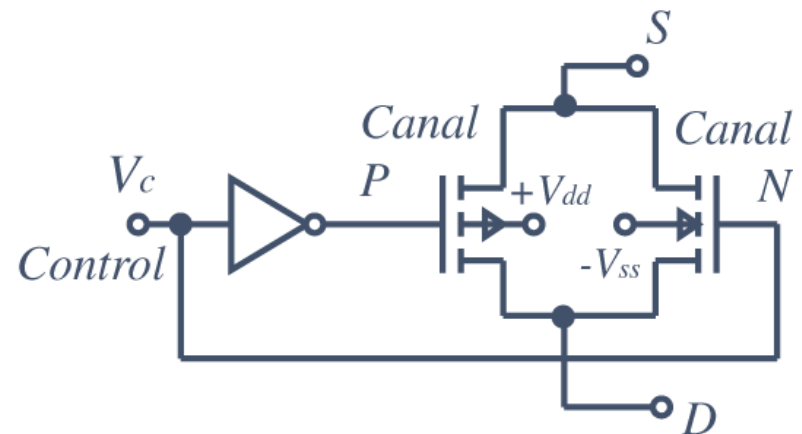
$$A(100\text{kHz}) = 20 \log \left| \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} \right| = -112\text{dB}$$



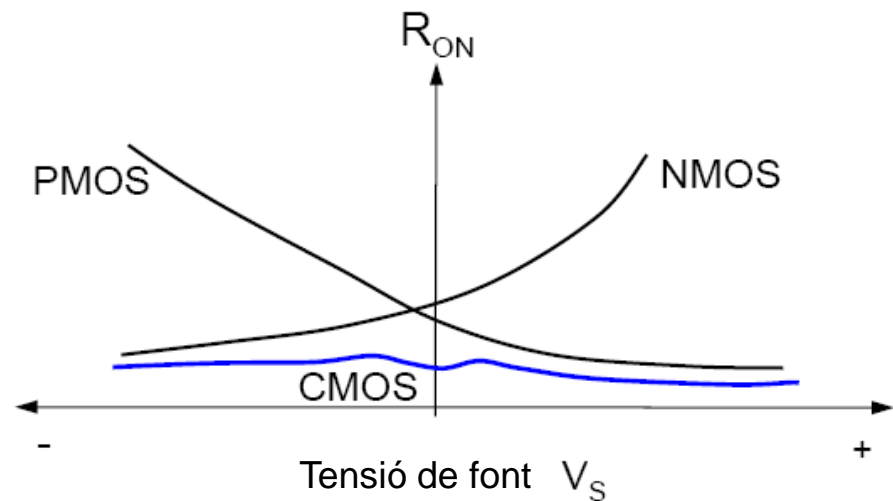
C. Tipus i funcionament

■ Tecnologia FET

- Resistències controlades per tensió
- Bidireccionals:
 - Commuten tensions positives i negatives
 - Condueixen corrents positius i negatius

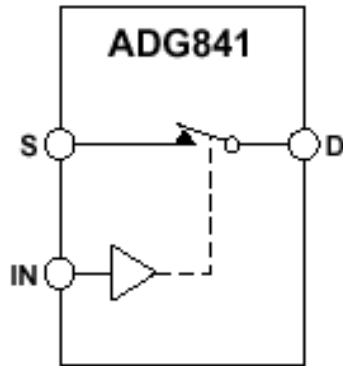


■ R_{ON} – Senyal d'entrada

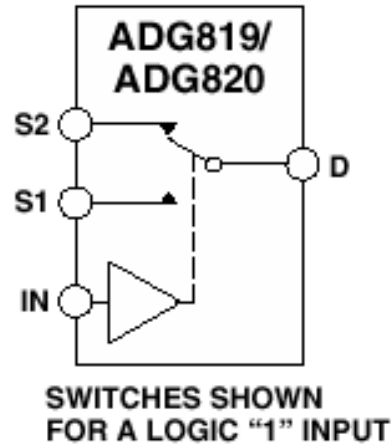


C. Tipus i funcionament

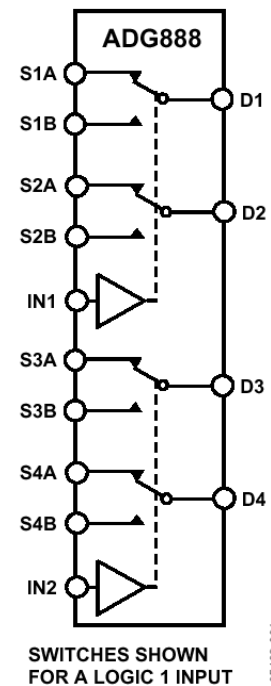
(a) **SPST** - Single Pole Single Throw (1 posició fixa)



(b) **SPDT** - Single Pole Double Throw (2 fixes)



(c) **DPDT** - Double Pole Double Throw



D. Paràmetres

■ Paràmetres de contacte:

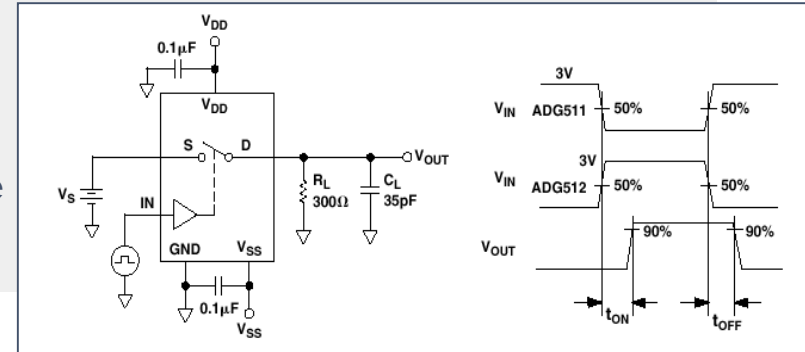
- $R_{DS(on)}$: situada entre drenador i sortidor, depèn de l'alimentació i la T^a
- ΔR_{on} : diferència entre R_{on} per a interruptors del mateix encapsulat
- $I_{DS(max)}$: màxim corrent entre drenador i sortidor, especificada per a DC i AC
- $I_S(OFF)$, $I_D(OFF)$, $I_S(ON)$, $I_D(ON)$: corrent per als terminals de drenador i sortidor
- $C_D(OFF)$, $C_S(OFF)$, $C_D(ON)$, $C_S(ON)$: Capacitat entre drenador, sortidor i massa respectivament.
- C_{DS} : Capacitat entre drenador i sortidor (aïllament)
- C_{DD} , C_{SS} : Capacitat entre drenadors i sortidors corresponents a interruptors en un mateix encapsulat, determina la diafonia entre canals.



D. Paràmetres

■ Paràmetres de commutació:

- t_{on} : retard entre el 50% del senyal de control i l'instant en què es considera que l'interruptor està tancat.
- t_{off} : Ídem, però en obert.
- Operació
 - **bbm**: l'obertura d'un circuit precedeix el tancament de l'altre
 - **mbb**: al contrari.



Exercici 10, 11,12

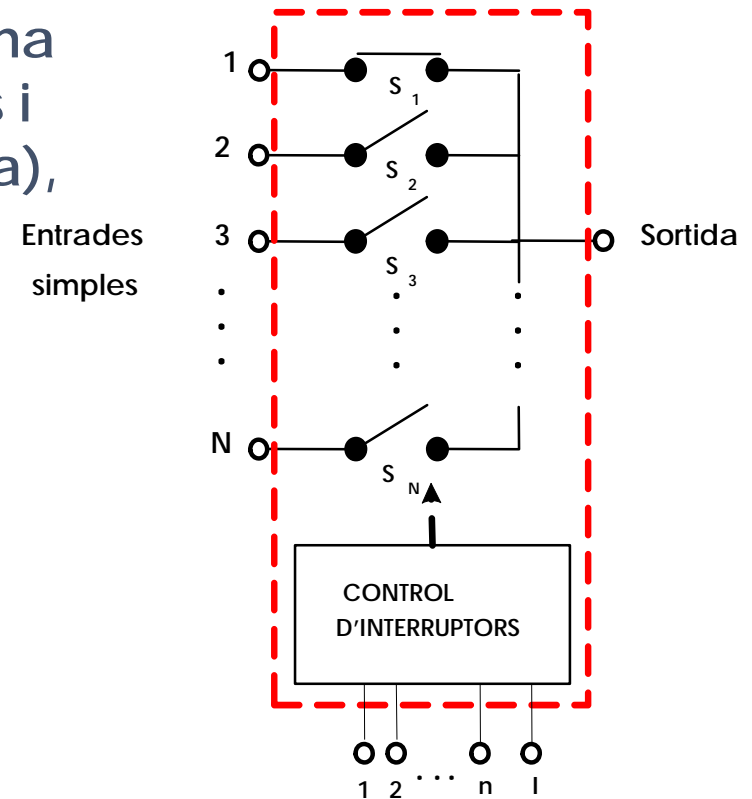
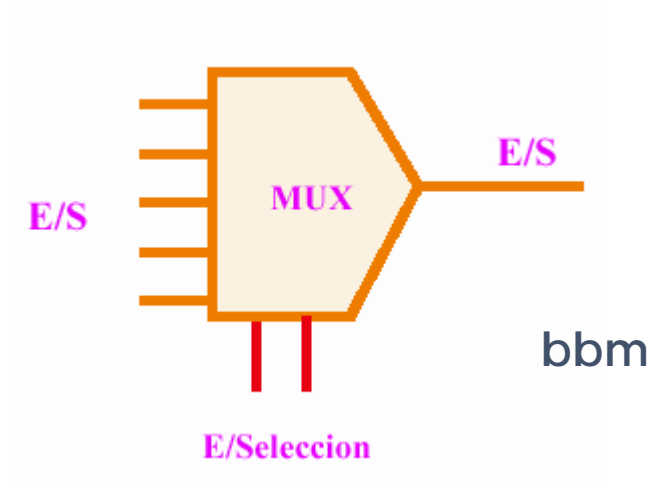
■ Paràmetres de control:

- V_{INL} : llindar per tenir estat baix
- V_{INH} : llindar per tenir estat alt
- C_{IN} : Capacitat entre el terminal de control i massa.
- **Injecció de càrrega**: càrrega injectada des del terminal de control a la sortida (especificada com a càrrega o tensió de decalatge sobre un condensador de valor especificat pel fabricant)
- I_{INL} : Corrent en l'entrada de control per tindre l'estat baix
- I_{INH} : Corrent en l'entrada de control per tindre l'estat alt



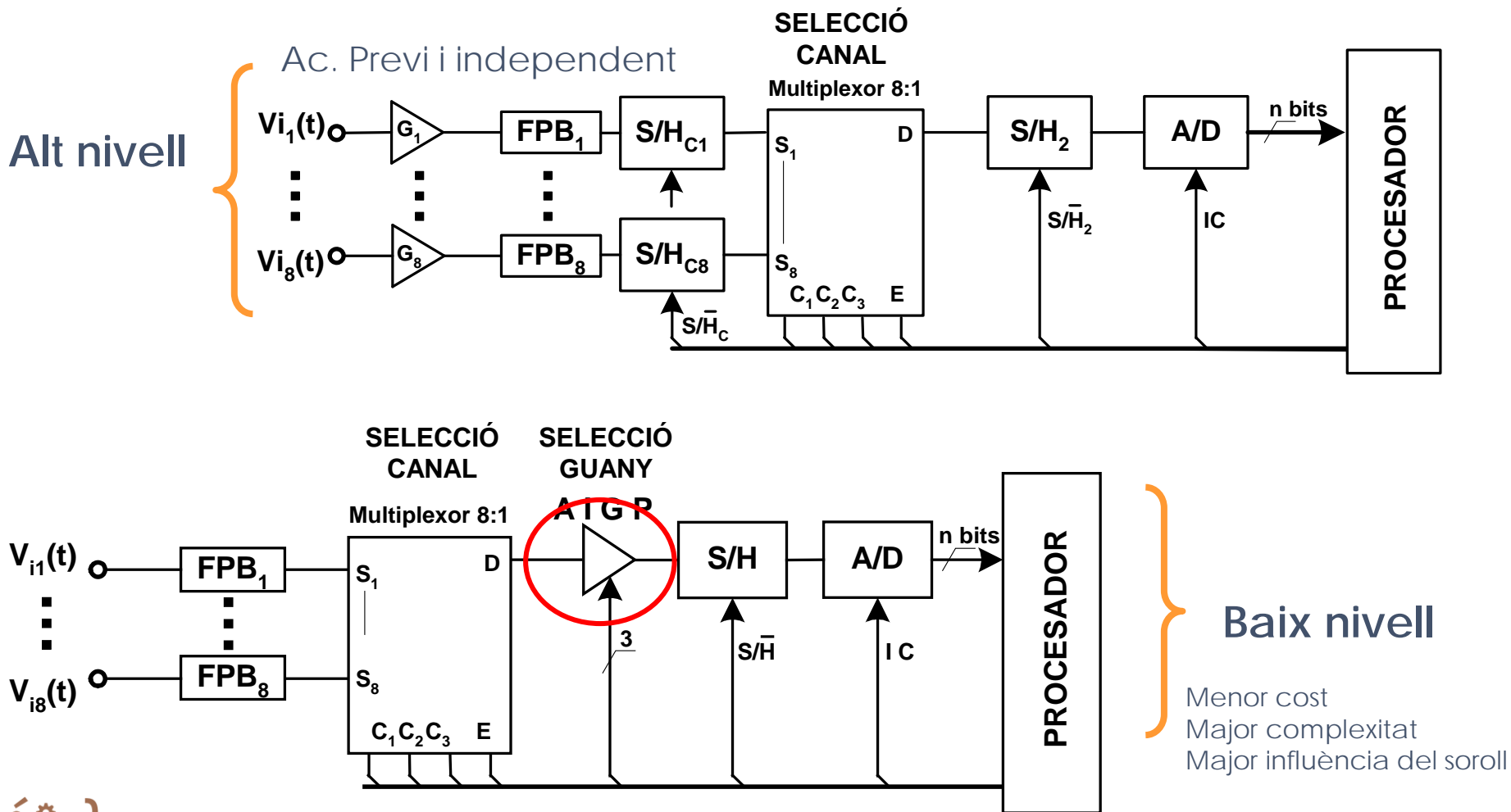
2.2. Multiplexors analògics

- Dispositiu que permet seleccionar una entre diverses entrades analògiques i encaminar-la cap a la sortida (única), mitjançant senyals de control
- Format per un conjunt d'interruptors analògics i un circuit de control que activa l'interruptor desitjat.



A. Nivells de multiplexatge

- Dos nivells de multiplexatge dependent de la localització del MUX dins del SAD



DAQ- NI USB-6008

- Diagrama de blocs de la targeta d'adquisició NI USB-6008

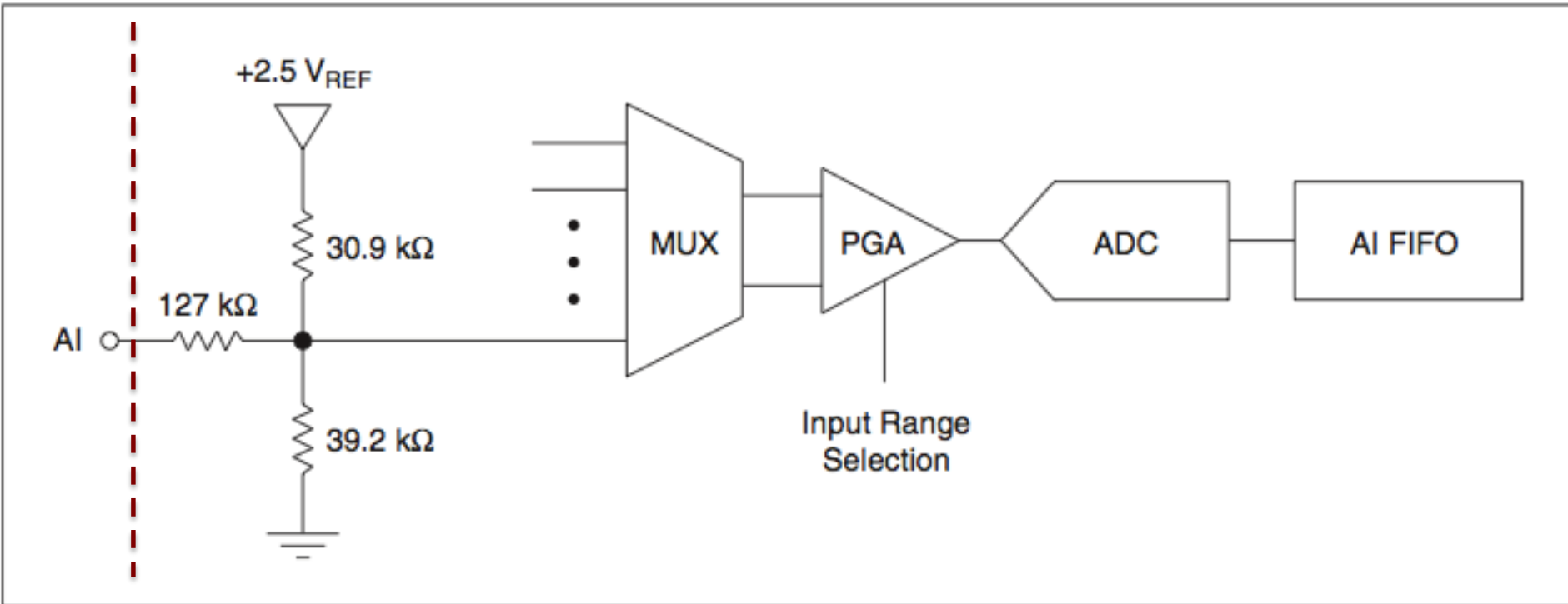
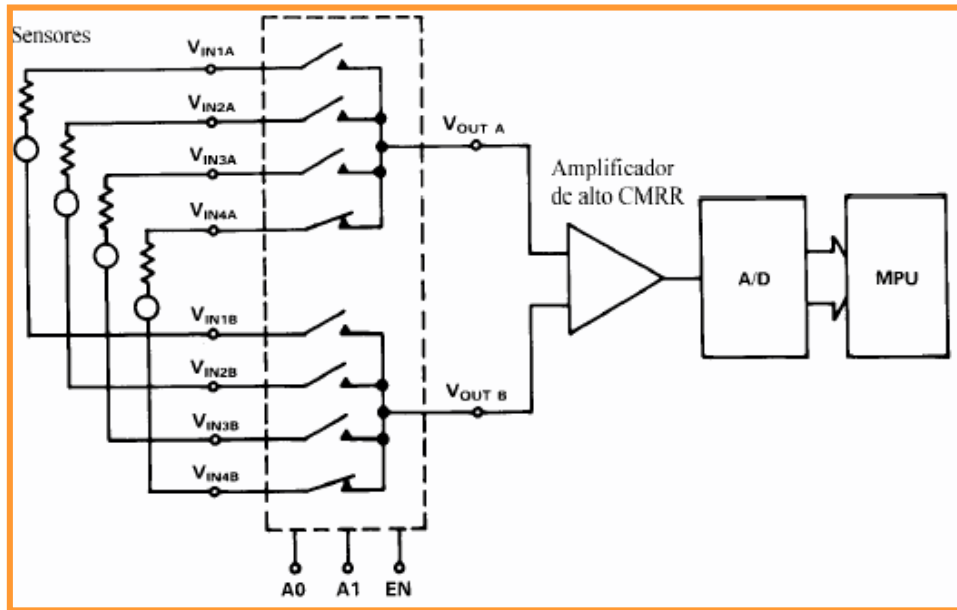


Figure 7. NI USB-6008/6009 Analog Input Circuitry

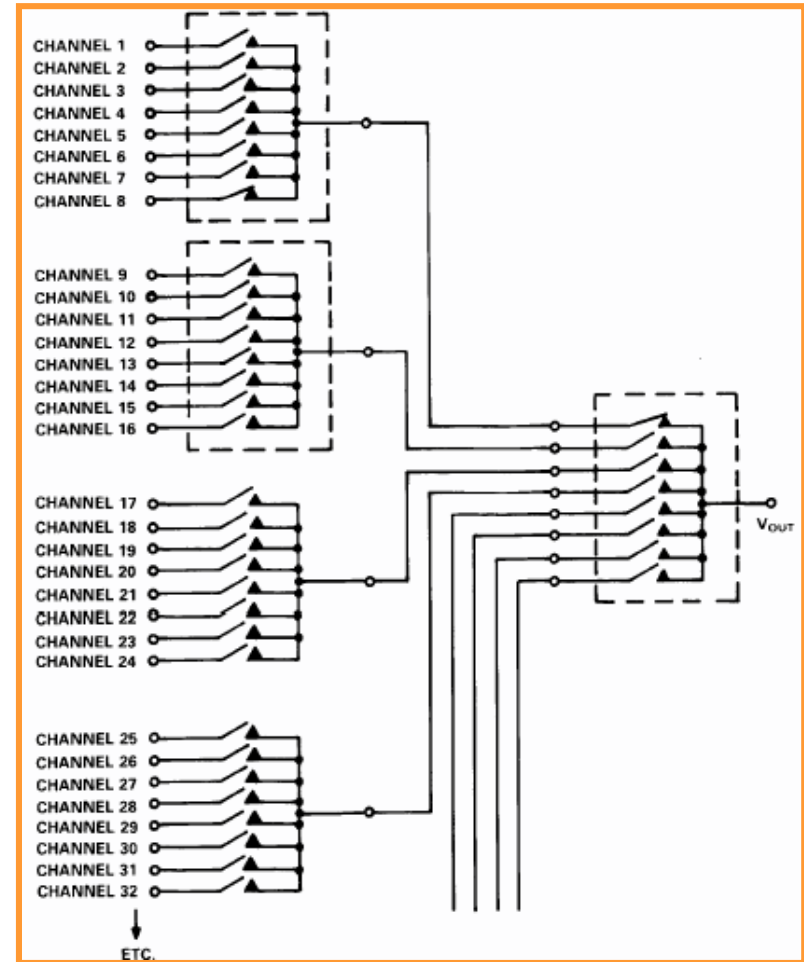


A. Nivells de multiplexatge

Multiplexatge diferencial (alt CMRR)

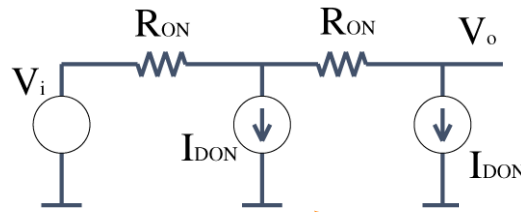
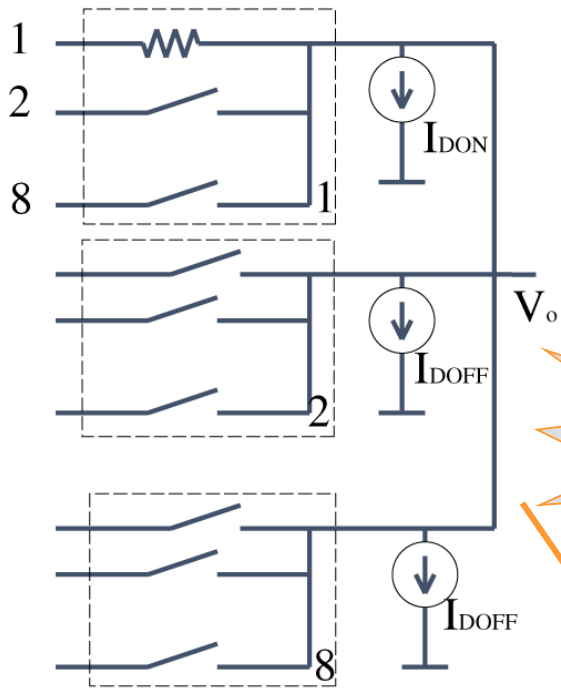


Multiplexatge de diversos nivells



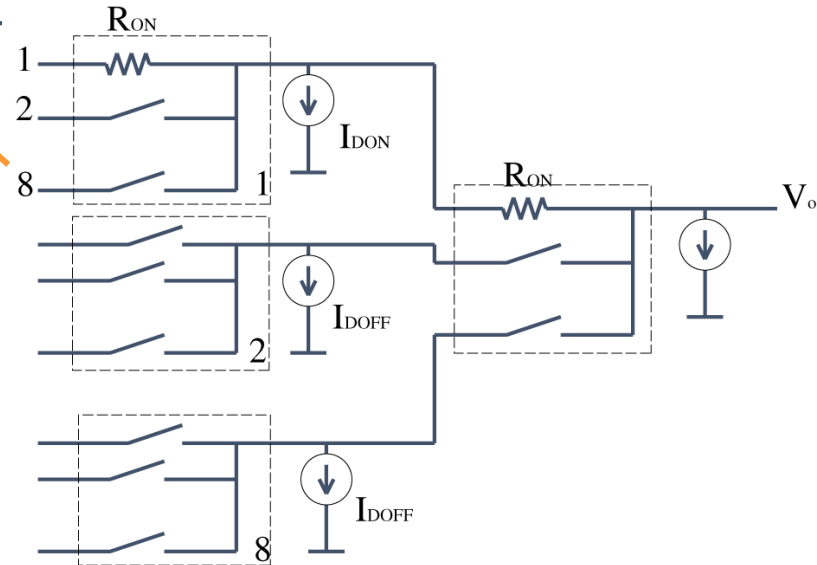
A. Nivells de multiplexatge

Exercici 5: Comparar l'error a causa de R_{ON} , I_{DOFF} i I_{DON} comès en l'adquisició per un canal en un sistema MUX 8 x 8 d'1 i 2 nivells. Impedància de càrrega infinita, $I_{S(OFF)}$ i $I_{S(ON)}$ menyspreables.



$$V_{error} = 3I_{DON} \cdot R_{ON}$$

Millor utilitzar 2 nivells



$$V_{error} = V_i - V_o = (7I_{DOFF} + I_{DON}) \cdot R_{ON}$$



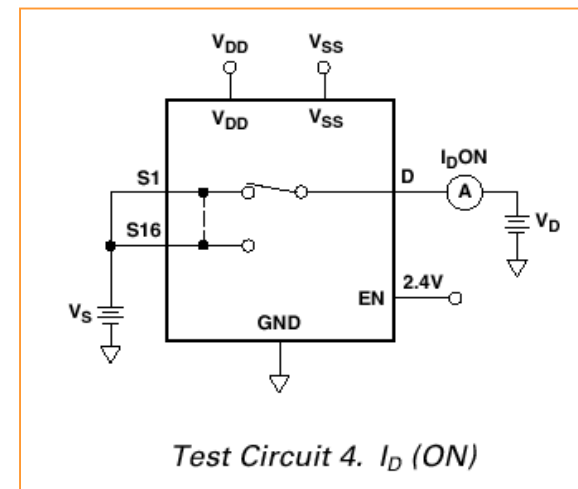
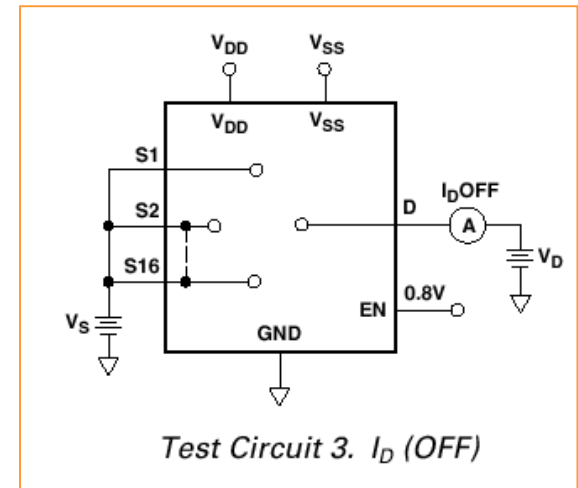
B. Paràmetres característics i errors estàtics

■ Corrents de fugues globals

- $I_{D(ON)}$: Corrent de fugues total a la sortida quan hi ha **un interruptor tancat i la resta oberts**
- $I_{D(OFF)}$: Corrent de fugues total quan **tots** els interruptors estan **oberts**.

■ Capacitat de fugues:

- $C_{D(ON)}$: Capacitat total a la sortida quan hi ha **un interruptor tancat i la resta oberts**
- $C_{D(OFF)}$: Capacitat de sortida total quan **tots** els interruptors estan **oberts**.



B. Paràmetres característics i errors estàtics

- Màxima diferència R_{ON} entre canals (ΔR_{ON})

$$\Delta R_{ON} (\%) = \frac{R_{ON,max} - R_{ON,min}}{R_{ON,med}} \cdot 100$$
$$\Delta R_{ON} \approx 3 - 9\%$$

- Limita el valor màxim de CMRR entre canals en un sistema amb MUX diferencial de baix nivell.

Interessa ΔR_{ON} tan menuda com siga possible!!

Exercici 6. Supposeu que s'utilitza un multiplexor diferencial i en les entrades d'un canal es té una interferència de xarxa V_i . Aquest canal vol connectar-se a un amplificador diferencial o un amplificador d'instrumentació. Obteniu la resistència d'entrada mínima que ha de tindre aquest amplificador per a garantir que la relació V_D/V_i siga inferior a -80 dB. Dades $R_{on}=1500 \Omega$ i $\Delta R_{on}=\pm 10\%$



B. Paràmetres característics i errors dinàmics

- Errors dinàmics:

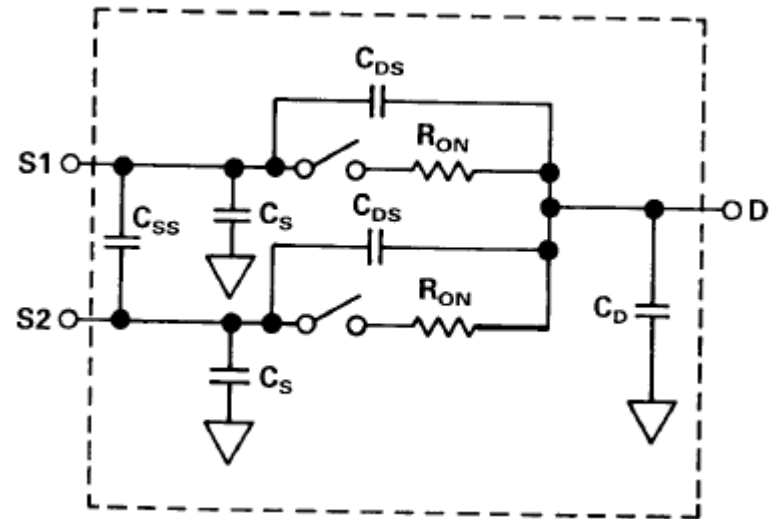
Aïllament

Diafonia

Retroinjecció de càrrega

Temps de resposta

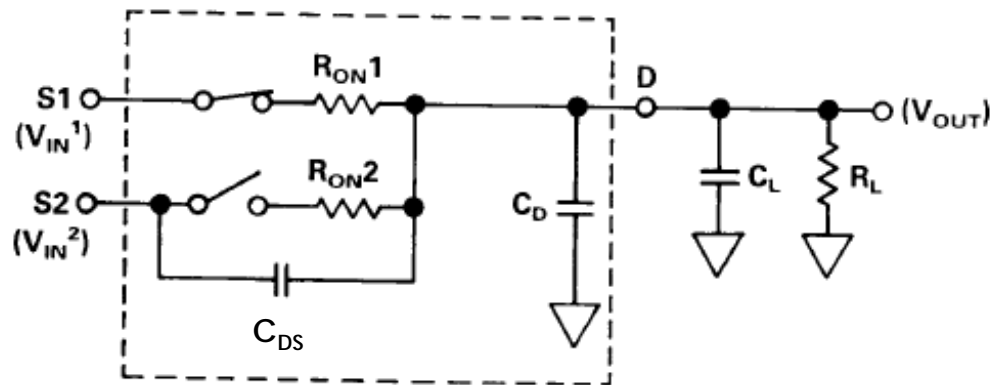
Circuit equivalent per a interruptors adjacents



B. Paràmetres característics i errors dinàmics

■ Errors dinàmics:

- **Diafonia (*crosstalk*):** Acoblament capacitiu en un canal d'un senyal no seleccionat



Suposant $R_L \gg R_{ON}$

$$v_{se|v_{si}=0} \approx v_{s2} \cdot \frac{j \cdot \omega R_{ON1} C_{DS2}}{1 + j \cdot \omega R_{ON1} (C_{DS2} + C_D + C_L)}$$



B. Paràmetres característics i errors dinàmics

- Errors dinàmics:
 - **OFF d'aïllament:** influència en la sortida quan **tots** els senyals estan deshabilitats

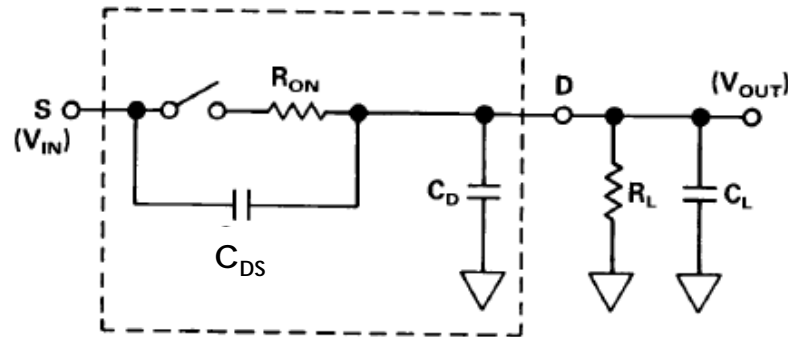


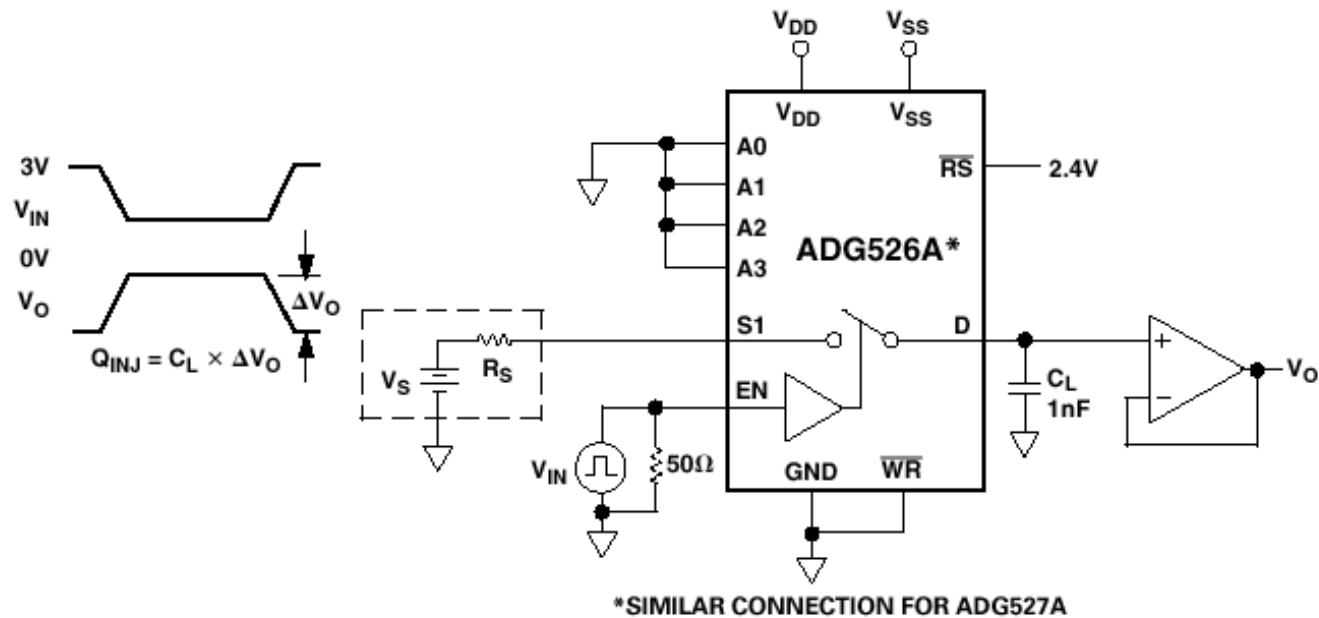
Figure 5. OFF Channel Equivalent Circuit



B. Paràmetres característics i errors dinàmics

■ Errors dinàmics:

- **Retroinjecció de càrrega:** efecte a causa de l'acoblament capacitiu existent entre el terminal de control del MUX i la seua sortida.



Test Circuit 11. Charge Injection

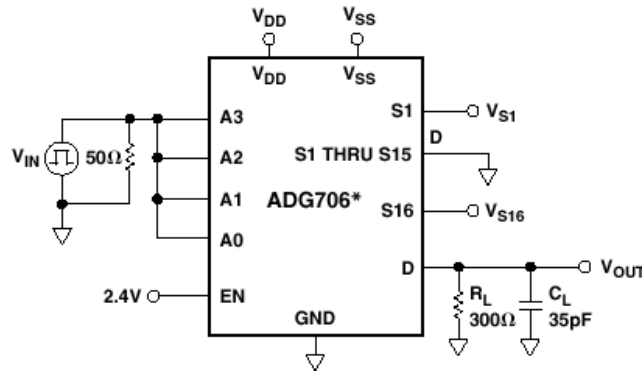


B. Paràmetres característics i errors dinàmics

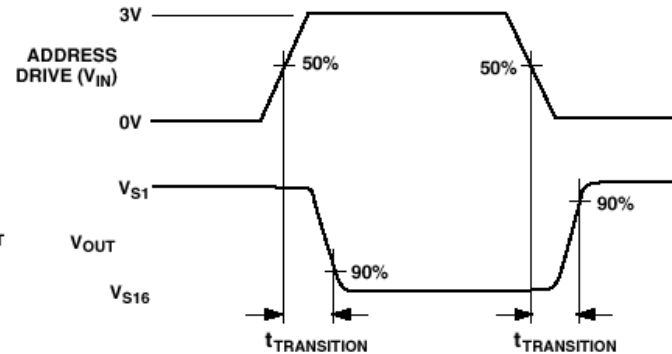
■ Paràmetres dinàmics:

□ Temps de resposta:

- t_{TRAN} = Canvi en la commutació entre dues entrades diferents (10V, -10V) ~ 1 μ s
- t_{OPEN} = Canvi de commutació entre dues entrades iguals (10V, 10V) ~ 0,8 μ s
- $t_{\text{ON(EN)}}$ = Transitori d'habilitació d'una entrada
- $t_{\text{OFF(EN)}}$ = Transitori de deshabilitació d'una entrada



*SIMILAR CONNECTION FOR ADG707

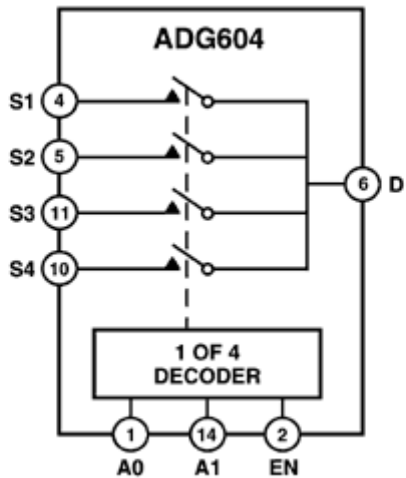


Test Circuit 5. Switching Time of Multiplexer, $t_{\text{TRANSITION}}$



Exemple: ADG604 (Analog Device)

Analog Device

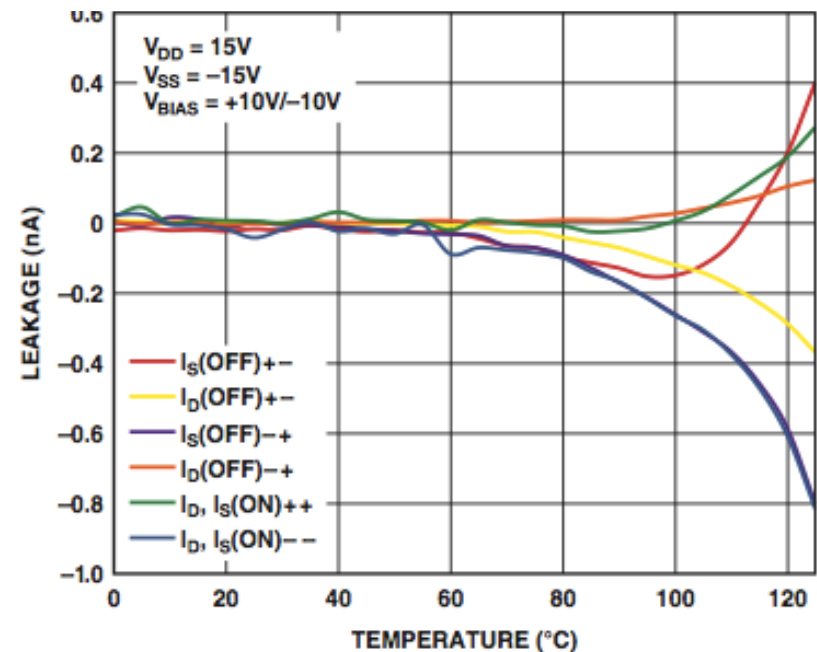
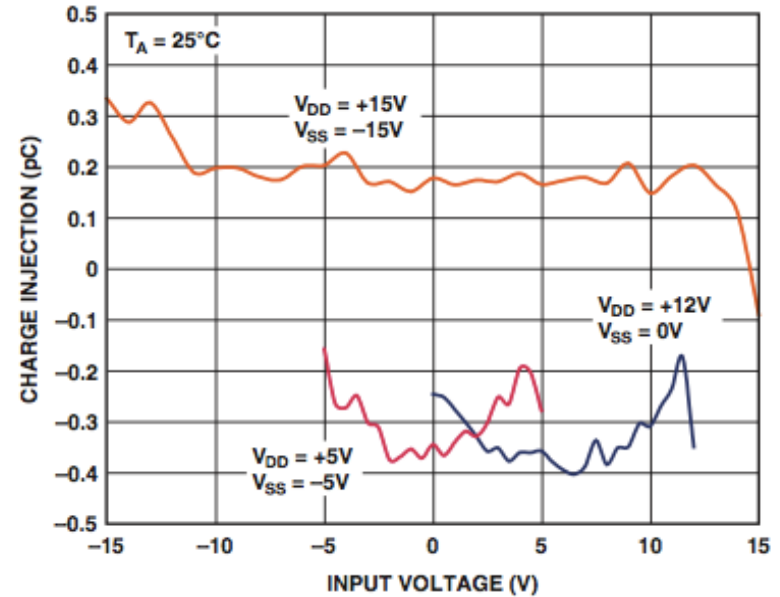
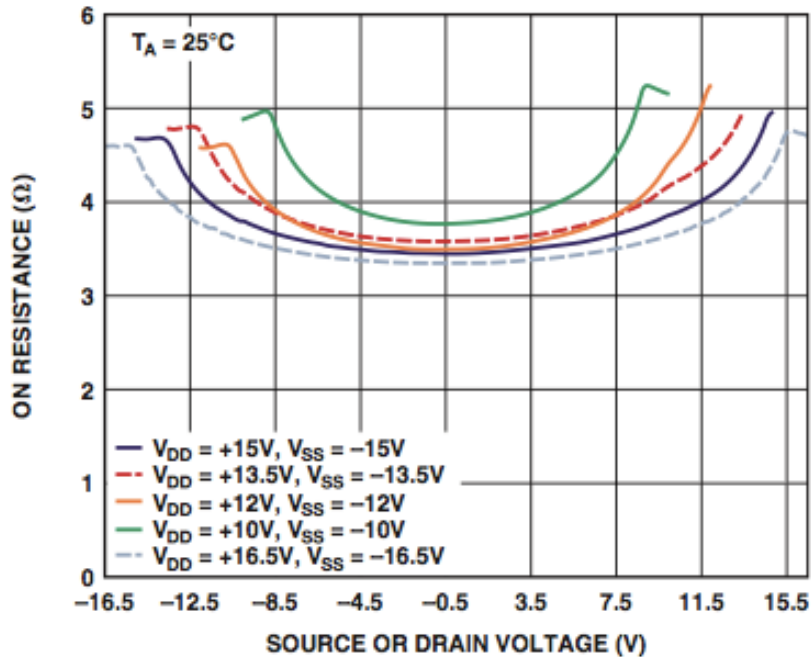


$V_{DD} = +5V \pm 10\%$, $V_{SS} = -5V \pm 10\%$, 25°C

R_{ON} (Ω)	85 Ω
ΔR_{ON} (Ω)	2 Ω
$C_S(\text{OFF}), C_D(\text{OFF})$	5 pF, 17 pF
C_S, C_D (ON)	18 pF
$I_S(\text{OFF})$	$\pm 0,1$ nA(máx)
$I_D(\text{OFF})$	$\pm 0,1$ nA(máx)
I_D, I_S (ON)	$\pm 0,1$ nA (máx)
Temps commutació	150 ns (máx)
t_{ON}, t_{OFF}	105, 45 ns (máx)
Injecció de càrrega	-1 pC (Typ)
Aïllament OFF	-75 dB (Typ)
Diafonia	-70 dB

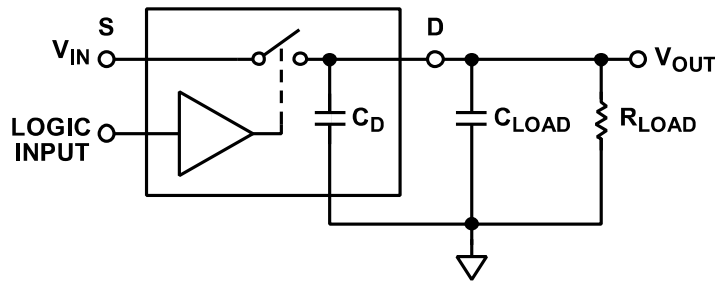


Comportament d'algunes especificacions



C. Màxima velocitat de multiplexatge

■ Temps d'establiment d'un interruptor o multiplexor



$$\text{OFF-TO-ON: } t_{\text{SETT}} = t_{\text{ON}} + \left(\frac{R_{\text{ON}} \times R_{\text{LOAD}}}{R_{\text{ON}} + R_{\text{LOAD}}} \right) (C_{\text{LOAD}} + C_{\text{D}}) \left(-\ln \frac{\% \text{ERROR}}{100} \right)$$

$$\text{ON-TO-OFF: } t_{\text{SETT}} = t_{\text{OFF}} + (R_{\text{LOAD}})(C_{\text{LOAD}} + C_{\text{D}}) \left(-\ln \frac{\% \text{ERROR}}{100} \right)$$

Velocitat màxima de multiplexatge

$$T_{\text{SETTLE MUX}} = T_{\text{TRANSITION}} + \left[\left(\frac{R_{\text{ON}} \times R_{\text{LOAD}}}{R_{\text{ON}} + R_{\text{LOAD}}} \right) \times (C_{\text{LOAD}} + C_{\text{D}}) \times (\text{No. of Time Constants}) \right]$$

$$f_s = 1 / [(T_{\text{SETTLE MUX}}) (\text{No. of channels})]$$

Table 1. Number of Time Constants Required to Settle to 1 LSB Accuracy for a **Single-Pole System**

Resolution, No. of Bits	LSB (%FS)	No. of Time Constants = $-\ln (\% \text{ Error}/100)$
6	1.563	4.16
8	0.391	5.55
10	0.0977	6.93
12	0.0244	8.32
14	0.0061	9.70
16	0.00153	11.09
18	0.00038	12.48
20	0.000095	13.86
22	0.000024	15.25

Exercici proposat: Obtindre el temps d'establiment i la freqüència màxima de mostreig del multiplexor ADG1208, suposant que s'alimenta entre 12V i massa, per a obtenir una precisió de 10 bits. Considerar $R_{\text{LLOEU}} = 1 \text{ K}\Omega$ i $C_{\text{LLOEU}} = 5 \text{ pF}$.



2.3. Aplicacions dels interruptors i multiplexors analògics

Guaranteed Latch-Up Proof Performance for Harsh Industrial Environments



ANALOG DEVICES
ADG5412/
ADG5413

- 8kV HBM ESD rating
- Quad SPST switches
- 9.8Ω typical on resistance
- ±9V to ±22V, +9V to +40V supplies

Applications

- Data acquisition systems
- Industrial process control systems
- Data bus switching
- Audio and video routing
- Sample-and-hold systems
- Relay replacement

First 5V, 0.5Ω SPDT Switch in SC70



ANALOG DEVICES
ADG309B

- Optimized for audio switching
- Guaranteed <math><1\Omega</math> at 5V
- 400mA continuous current capability

Applications

- Cellular phones
- PDAs
- MP3 players
- Power routing
- Battery-powered systems
- PCMCIA cards
- Modems
- Audio and video signal routing
- Communications systems

ADG2128 Crosspoint Switch
Ideal for multiple I/O signals in automotive infotainment applications



ANALOG DEVICES
ADG2128


Applications

- Auto infotainment systems
- TV systems
- Home media network
- CCTV
- KVM switching
- Test equipment
- Ultrasound systems

Applications

- Bus switching and isolation
- Smart card readers
- Portable communication products
- Portable POS systems
- Network switches/routers



 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Departament d'Enginyeria Electrònica 2018-2019	SISTEMES I EQUIPS DE MESURA
	Tema 2- Interruptors i multiplexors
	Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació (GIET)

1.- Obteniu l'expressió del senyal de sortida V_s en l'atenuador de la figura 1 quan es consideren les pèrdues per inserció (r_{on}) i els corrents de fugides (I_s i I_D) en l'interruptor analògic.

Con formato: Sin Resaltar

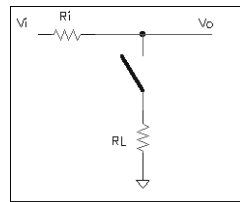


Figura 1

2.- Determineu l'error comès en la tensió de sortida en un interruptor analògic degut al seu temps d'establiment perquè aquesta incertesa no supere l'error de quantització d'un CAD de 8 bits. En les condicions anteriors, quin seria el temps d'establiment si l'interruptor té $R_{ON} = 100 \Omega$ (suposada menyspreable la impedància de la font) i $C_i = 17 \text{ pF}$?

3.- Calculeu l'aïllament que s'obté en el circuit de la figura 2 a 100 kHz quan s'utilitzen interruptors que tenen $R_{ON}=100 \Omega$, $C_S=3\text{pF}$, $C_D=7\text{pF}$, $C_{DS}=1\text{pF}$, i la càrrega és de $100 \text{ k} \Omega // 10 \text{ pF}$.

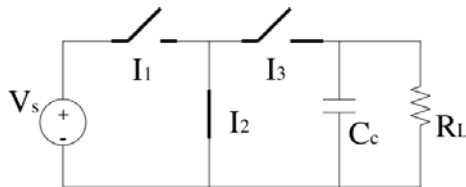


Figura 2

4.- Considereu, en el circuit de la figura 3, els paràmetres no ideals associats al multiplexor (r_{on} , i I_{D0}) i a l'amplificador operacional (I_p , I_n i V_{os}). La referència de tensió subministra un valor V_{ref} entre els seus terminals OUT i COM. A més a més hi circula, en el cas més desfavorable, un corrent de sortida I_Q pel terminal COM. Considerant aquestes condicions:

- Obteniu l'expressió de les tensions de sortida V_o i V'_o en els casos (S1=OFF, S2=ON) i (S1=ON, S2=OFF).
- Si els components són ideals, $R1=R2$ i la referència de tensió és el model REF01 ($V_{ref}=10 \text{ V}$), obteniu les tensions de sortida per als mateixos casos anteriors.

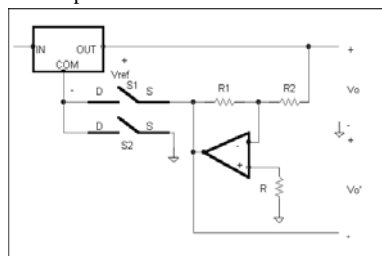


Figura 3

5.- Obteniu en termes de R_{ON} , I_{DOFF} i I_{DO} l'error, a causa dels corrents de pèrdues, que es produeix en l'adquisició per un canal en un sistema de 64 canals, compost per 8 multiplexors de 8 canals cadascun. Compareu el resultat amb l'error que s'obtingria si el multiplexat fora de 2 nivells considerant una impedància de càrrega infinita, una impedància de font nul·la i $I_{S(OFF)}$ i $I_{S(ON)}$ menyspreables.

6.- Cert senyal de xarxa V_i es troba com a senyal de manera comuna en les entrades corresponents a un canal d'un multiplexor diferencial. Aquest ha de connectar-se a un amplificador diferencial o un amplificador d'instrumentació. Obteniu la resistència d'entrada mínima que ha de tenir aquest amplificador per a garantir que la relació V_D/V_i serà inferior a -80 dB en contínua. Dades: $R_{on}=1500 \Omega$ i $\Delta R_{on}=\pm 10\%$.

7.- El circuit de la figura 4 es correspon amb un filtre passabaix amb freqüència de tall i guany en la banda passant programables de manera que es particularitza l'acció de filtrat a cada canal d'entrada. Per a això s'ha optat, inicialment, per utilitzar el circuit integrat model SW-06, format per quatre interruptors analògics tipus SPST. Per a cadascun d'ells es té: $r_{ONmed} = 80 \Omega$

a) Obteniu la funció de transferència representativa del filtre per a cada canal i representeu-ne la resposta en freqüència (en mòdul). Suposeu que la capacitat d'aïllament $C_{DS OFF}$ és nul·la per als interruptors.

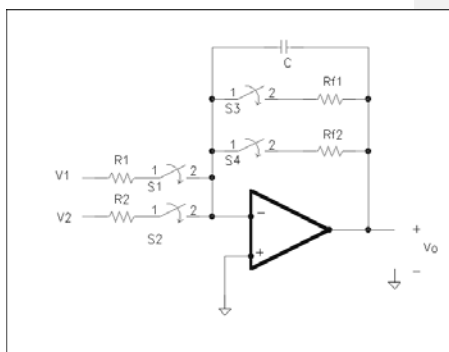
C = 1 nF						EIA $\pm 1\%$	
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	f _{3dB} (kHz)	T _o (dB)	R _f (Ω)	R (Ω)
1	0	1	0	10	8		
0	1	0	1	30	2		

Taula 1

b) Cadascun dels interruptors està governat per un senyal de control S_i de tal manera que el seu estat alt tanca l'interruptor associat. Per al model d'interruptor anterior, dissenyeu les resistències del condicionador d'acord amb les freqüències de tall i guany en la banda passant de la taula 1 adjunta. Seleccioneu-hi els valors pràctics més propers de les resistències d'acord amb la sèrie estàndard EIA de valors que s'adjunta en la taula 1.

Standard resistance values

5 percent resistor values		1 percent resistor values		
10	100	178	316	562
11	102	182	324	576
12	105	187	332	590
13	107	191	340	604
15	110	196	348	619
16	113	200	357	634
18	115	205	365	649
20	118	210	374	665
22	121	215	383	681
24	124	221	392	698
27	127	226	402	715
30	130	232	412	732
33	133	237	422	750
36	137	243	432	768
39	140	249	442	787
43	143	255	453	806
47	147	261	464	825
51	150	267	475	845
56	154	274	487	866
62	158	280	499	887
68	162	287	511	909
75	165	294	523	931
82	169	301	536	953
91	174	309	549	976



Taula 1

Figura 4

- c) D'acord amb les especificacions dels models d'interruptors indicats a continuació, i per a les condicions de filtrat $S_1S_2S_3S_4 = 0101$, quin d'ells donaria lloc a un error de guany menor en la banda passant? Considereu com a guany ideal en la banda passant aquell en el qual els interruptors són ideals.

model SW7510B : $r_{ONmed} = 100 \Omega$, $\Delta r_{ON} = 10\%$.

model SW202 : $r_{ONmed} = 80 \Omega$, $\Delta r_{ON} = 15\%$.

- 8.- En el circuit de la figura 5 l'interruptor S permet controlar el nivell de la banda d'atenuació del filtre actiu. A partir de les dades de r_{on} dels interruptors especificats, quin d'ells seria l'adequat perquè el guany en la banda passant estiga 110 dB per dalt de la banda d'atenuació ?

Interruptors : DG417 : $r_{on} = 30 \Omega$; DG300 : $r_{on} = 50 \Omega$

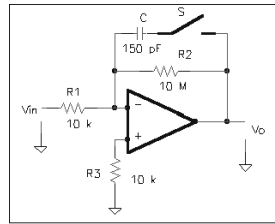


Figura 5

- 9.- Es té un interruptor analògic per al qual especifiquen $R_{on} = 250 \Omega$ i aïllament $A = -90,6 \text{ dB}$, mesurat en les condicions indicades en la figura 6. Suposant R_s , C_s i C_D menyspreables, es demana que:

- Calculeu el valor aproximat de la capacitat equivalent entre drenador i sortidor ($C_{DS(OFF)}$) quan està obert.
- L'aïllament que ofereix aquest interruptor en commutar un senyal de 100 kHz i portar-lo a un amplificador que té una impedància d'entrada de $100 \text{ M}\Omega // 20 \text{ pF}$ resulta insuficient. Per a millorar-ho, es disposa d'un altre interruptor similar tal com s'indica en la figura 6. Calculeu-ne l'aïllament obtingut a 100 kHz amb aquesta disposició.

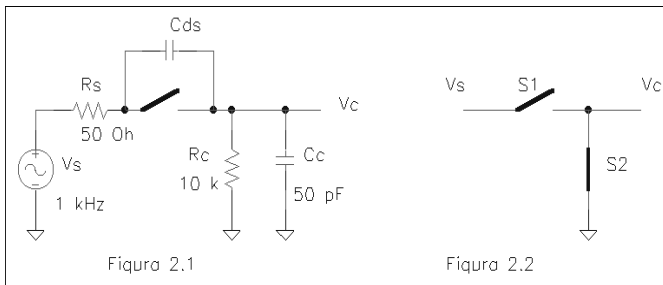


Figura 6

- 10.- En l'amplificador inversor amb diverses entrades de la figura 7, obteniu la tensió de sortida V_o en cadascun dels estats dels interruptors (suposats ideals) per a les operacions bbm i mbb. D'acord amb això, quin dels modes d'operació (mbb o bbm) serà l'adequat si la tensió màxima d'entrada aconseguix els 0,7 V?. Dades: $R_1=10 \text{ k}\Omega$, $R_2=665 \Omega$, $R_3=1,43 \text{ k}\Omega$, $V_{sat,A.O.}=\pm 13 \text{ V}$.

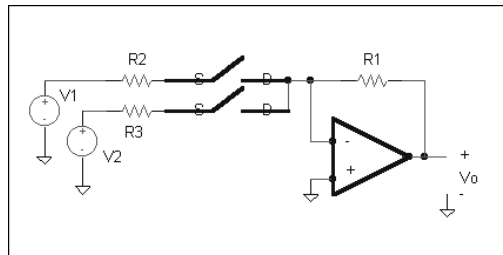


Figura 7

11.- Per al disseny d'un amplificador de guany programable no inversor s'ha pensat en les configuracions a) i b) de la figura 8. Tenint en compte que podem triar interruptors bbb i mbb, seria important triar-ne un tipus o un altre? Justifiqueu la resposta.

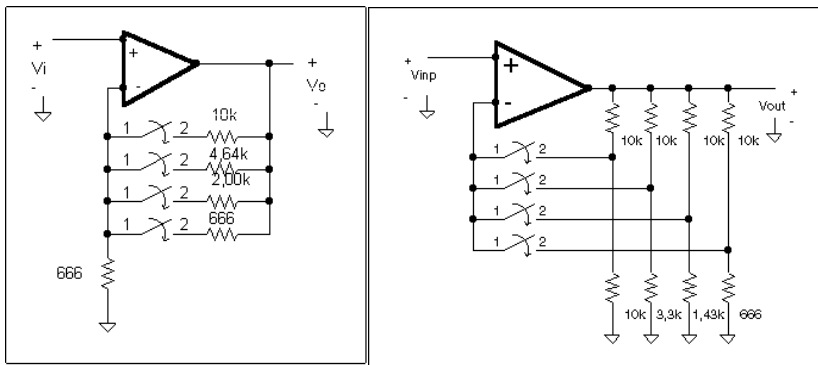


Figura 8 a)

Figura 8 b)

12.- Per al disseny d'un amplificador de guany programable no inversor s'ha pensat en les configuracions a) i b) de la figura 9. Quina d'elles és la més avantatjosa respecte del paper de la resistència r_{on} dels interruptors analògics en l'error de guany? Justifiqueu la resposta.

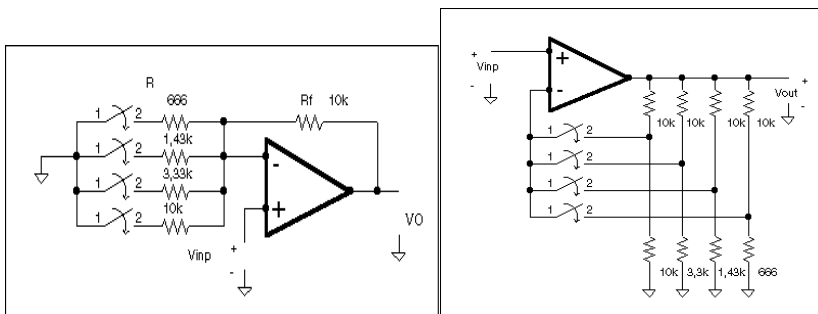


Figura 9 a)

Figura 9 b)

13.- S'utilitza el circuit de la figura 10 per a transmetre un senyal continu de manera que se'n pugui invertir la polaritat quan es detecte un determinat esdeveniment. Per a això, s'utilitzen 3 interruptors analògics CMOS que formen part de l'integrat DG211. Les configuracions utilitzades són:

- a) S1, S3 tancats i S2 obert (configuració seguidora).
- b) S1, S3 oberts i S2 tancat (configuració inversora).

$I_{SOFF}=10$ pA, $R=1$ k Ω i amplificador operacional ideal.

Obteniu l'expressió de la tensió de sortida en cada cas. A partir de les especificacions tècniques donades pel fabricant, indiqueu quin ha de ser el valor mínim de la tensió d'entrada (V_i) perquè es cometa un error inferior a 0,1% en la tensió de sortida (V_o). Especificacions $r_{ON}= 115 \Omega$, $I_{DO} =100$ pA, $I_{DOFF}=10$ pA,

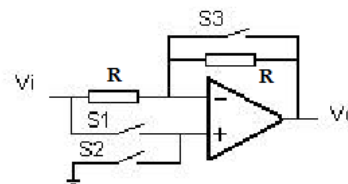


Figura 10

Tema 3: Amplificadors de mostreig i retenció

3. Amplificadors de mostreig i retenció.

3.1.- Funcionament i especificacions.

- A. Especificacions en mode seguiment
- B. Especificacions en la transició seguiment / retenció
- C. Especificacions en el mode retenció.
- D. Especificacions en la transició retenció / seguiment

3.2. Aplicacions.



[1] Pallás Areny, R.; **“Adquisició i distribució de senyals”**. Marcombo, Barcelona 2001.

3.1. Amplificadors de mostreig i retenció (S&H)

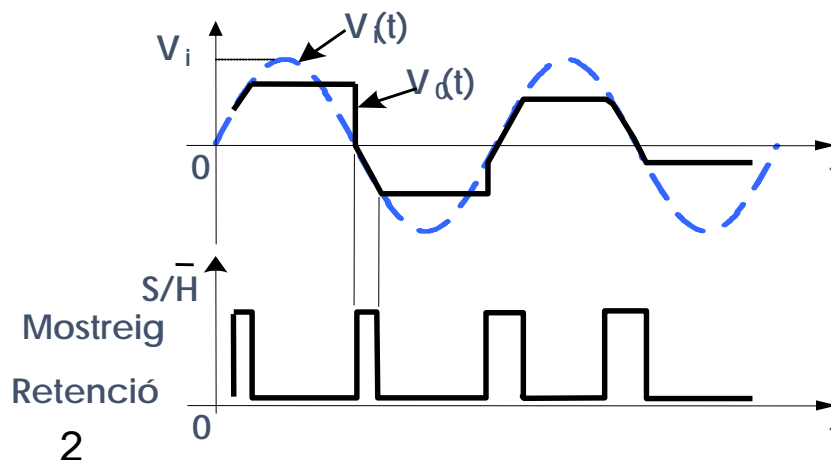
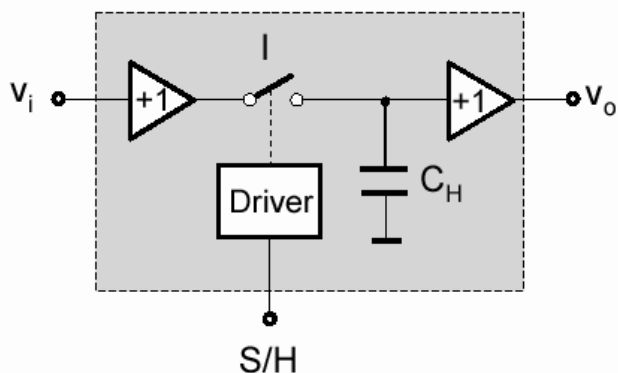
- **Problemàtica:** La **digitalització** del senyal dura un temps (T_c), durant el qual el senyal d'entrada pot variar, i això dona un error en la conversió, si aquesta **incertesa** és superior a la resolució del CAD → La **velocitat de variació del senyal està limitada**.

- **Límit:** $\frac{dV_i}{dt} \leq \frac{LSB}{2T_c} = \frac{V_{FS}}{2^{n+1}T_c}$ si $V_i = V_{i(pk)} \cdot \sin(2\pi ft)$ → $\frac{dV_i}{dt} \Big|_{m\acute{a}x} = V_{i(pk)} \cdot 2\pi f \leq \frac{2V_{i(pk)}}{2^{n+1}T_c}$

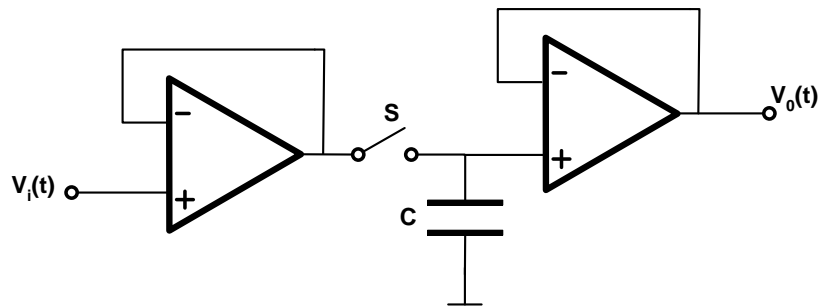
□ Exemple: CAD 12 bits $T_c=25\mu s$ → $f_{max}=1,6$ Hz!!

$$f_{max} = \frac{1}{2^{n+1}T_c\pi}$$

- **Solució:** Capturar el senyal analògic i mantindre'l durant un cert temps per a la seua conversió (**S&H**).

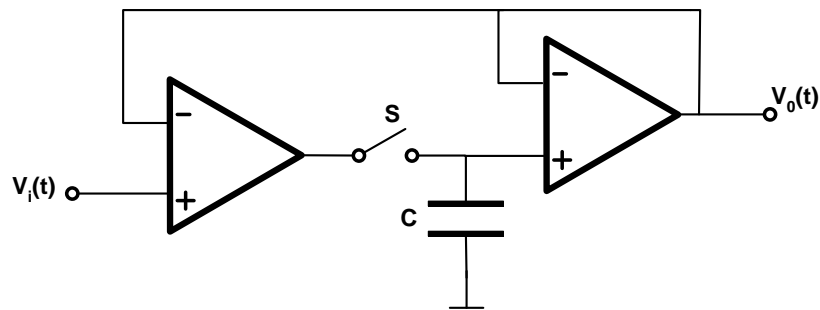


3.1. Amplificadors de mostreig i retenció (S&H)



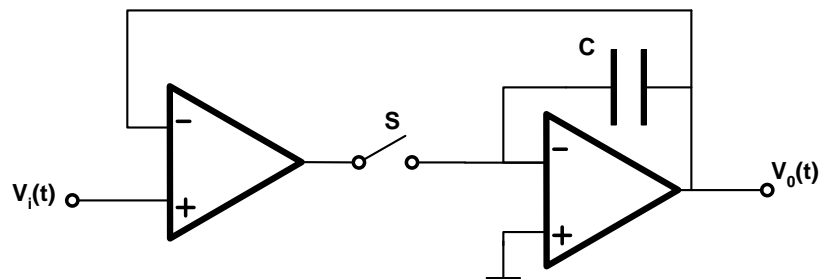
(a)

Bucle obert, amplificador



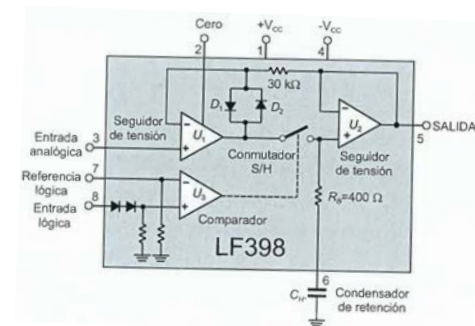
(b)

Bucle tancat, amplificador

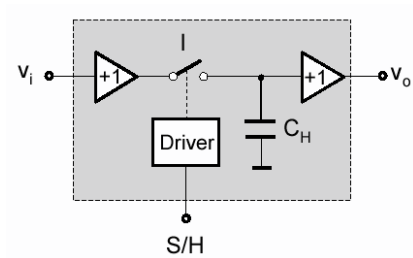


(c)

Bucle tancat, sortida a integrador



3.1. Amplificadors de mostreig i retenció (S&H)



Amplificador (S/H)

Amplificador d'entrada

- Guany (generalment 1)
- Impedància d'entrada alta
- Proporciona corrent de càrrega

Emmagatzemador d'energia

- Etapa crítica
- Mode seguiment-carrega
- Mode retenció- reté el nivell de tensió

Amplificador de sortida

- Impedància d'entrada alta
- Baixa impedància de sortida
- Corrents de polarització baixos

Circuit de commutació

- Controla els modes de funcionament:
 - mostreig (ON)
 - retenció (OFF)



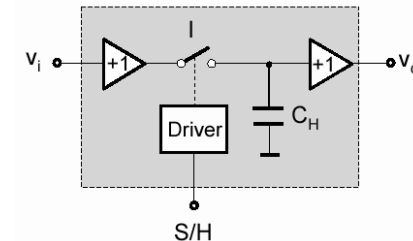
3.1. Funcionament i especificacions

	Estat de mostreig (ON)	Transició S → H (ON → OFF)	Estat Retenció (OFF)	Transició H → S (OFF → ON)
Estàtiques	<ul style="list-style-type: none">➤ Òfset➤ Error de guany➤ No linealitat	<ul style="list-style-type: none">➤ Tensió d'ancoratge➤ No linealitat	<ul style="list-style-type: none">➤ Pendent➤ Absorció dielèctrica	<ul style="list-style-type: none">➤ Òfset➤ Error de guany➤ No linealitat
Dinàmiques	<ul style="list-style-type: none">➤ Temps d'establiment➤ Ample de banda➤ <i>Slew rate</i>➤ Distorsió➤ Soroll	<ul style="list-style-type: none">➤ Temps d'establiment ($t_{S,H}$)➤ Transitori en la commutació➤ Temps efectiu de retard en l'obertura➤ Incertesa en l'obertura	<ul style="list-style-type: none">➤ <i>Feedthrough</i>➤ Distorsió➤ Soroll	<ul style="list-style-type: none">➤ Temps d'adquisició➤ Commutació



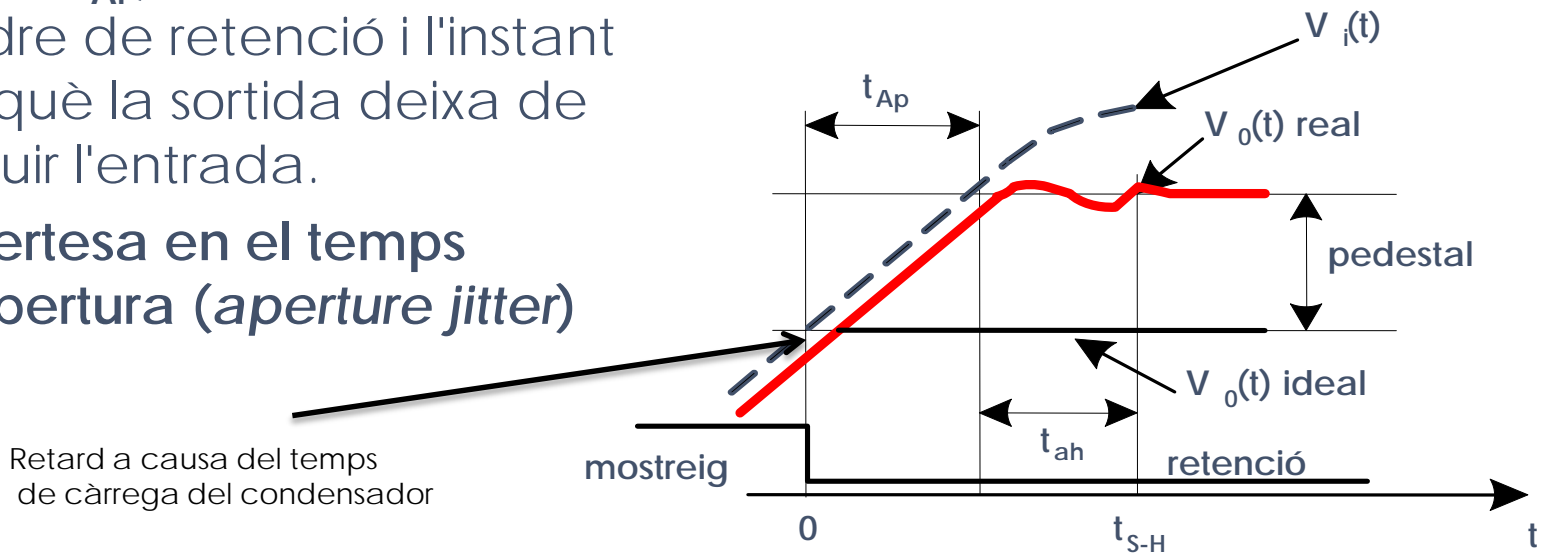
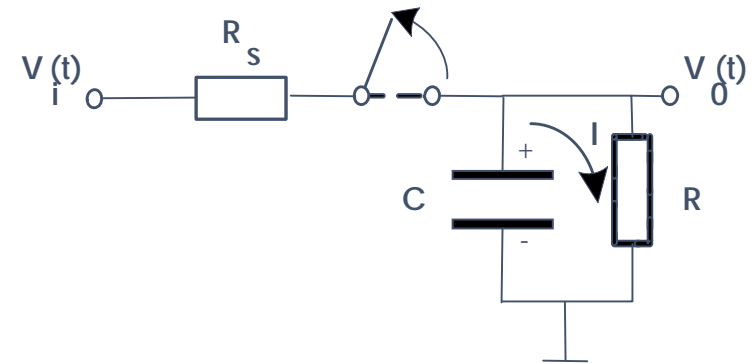
A. Especificacions en manera mostreig (ON)

- Equivalent a un AO amb ample de banda limitat i possibilitat de proporcionar guany
- Estàtiques:
 - Error d'òfset (*sample offset*): valor de la tensió de sortida quan l'entrada és zero
 - Error de guany: diferència entre la tensió d'entrada i sortida.
 - Corrents de polarització
 - Derives de guany amb la T^a
 - No linealitat, etc.
- Dinàmiques:
 - Ample de banda limitat
 - *Slew-rate*
 - Soroll, etc.



B. Transició mostreig – retenció (ON→OFF)

- Obertura de l'interruptor (no instantània)
- Dinàmica
 - Temps efectiu de retard a l'obertura (aperture delay estafi, t_{Ap}): entre el 50% de l'ordre de retenció i l'instant en què la sortida deixa de seguir l'entrada.
 - Incertesa en el temps d'obertura (aperture jitter)



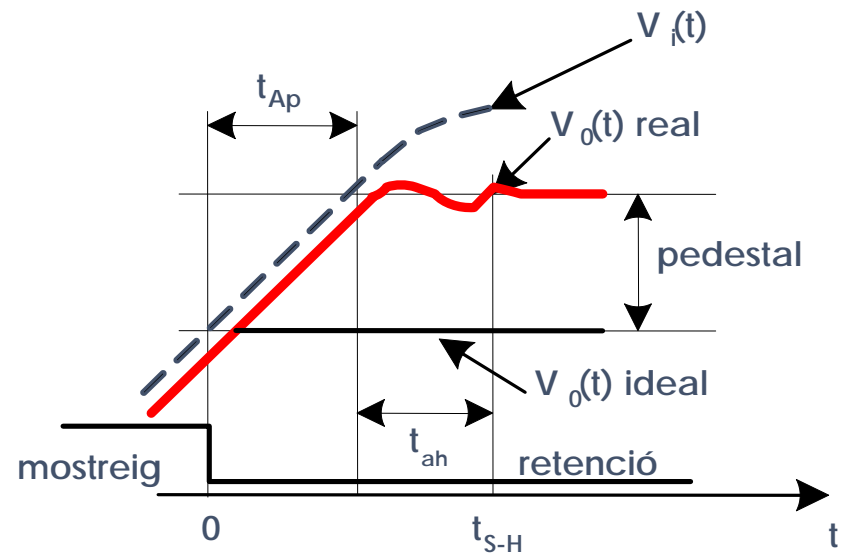
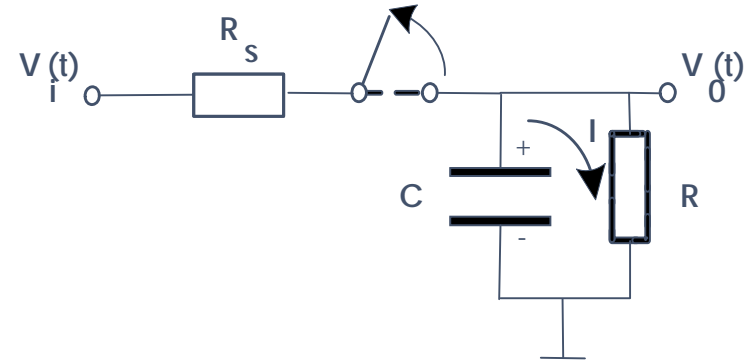
B. Transició mostreig – retenció (ON→OFF)

■ Dinàmica

- Temps d'establiment ($t_{S,H}$): des que s'activa el senyal de retenció fins que el senyal de sortida queda comprès dins d'una banda d'error.

$$t_{S,H} = t_{AP} + t_{ah}$$

- Transitori en la commutació: amplitud del transitori que apareix en la sortida en l'instant de la transició



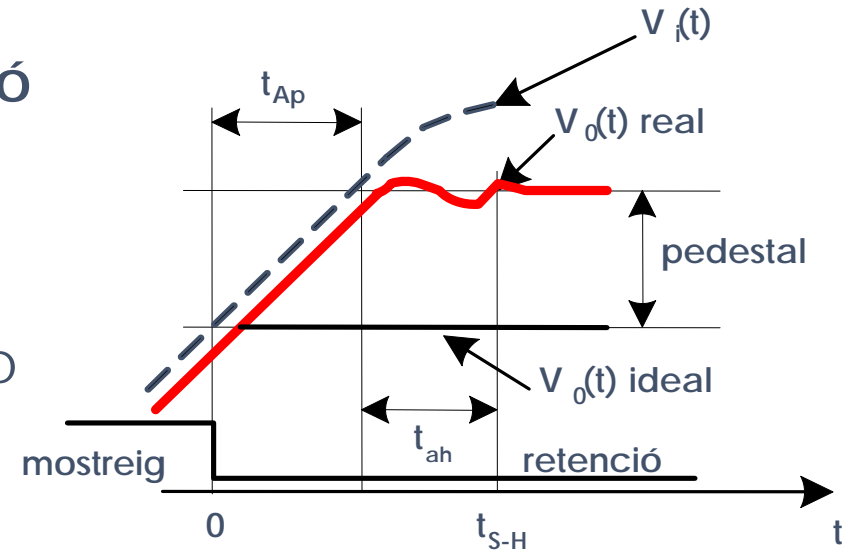
T_{ah} = Transitori d'establiment



B. Transició mostreig – retenció (ON→OFF)

- Pedestal o òfset en la transició de manera mostreig a retenció: Variació del senyal capturat causat per la transferència de càrrega cap al condensador per l'interruptor.

$$V_{off} = \frac{Q}{C_H}$$



Exercici 1: Per a un S&H amb $t_{ap}=200$ ns. Determinar $f_{m\acute{a}x}$ per a garantir un error menor a $1/8$ LSB (CAD 12 bits, FE=10 V)

Si $V_i = V_{i(pk)} \cdot \sin(2\pi ft)$ $\left. \frac{dV_i}{dt} \right|_{m\acute{a}x} = V_{i(pk)} \cdot 2\pi f$ Màxim pendent

Durant t_{ap} C_H se segueix carregant i s'ha de complir

$$\frac{dV_i}{dt} \leq \frac{LSB}{8t_{ap}}$$

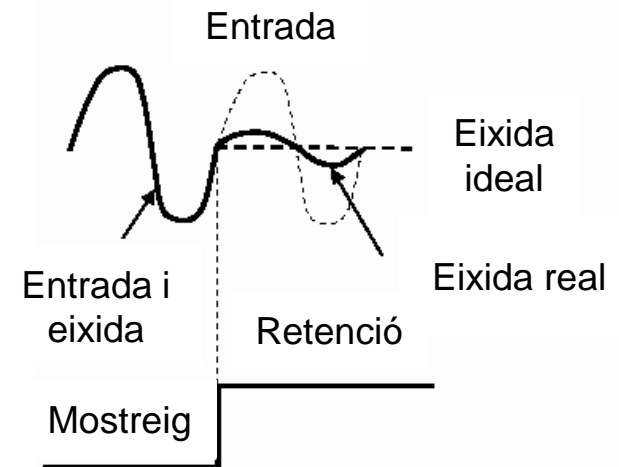
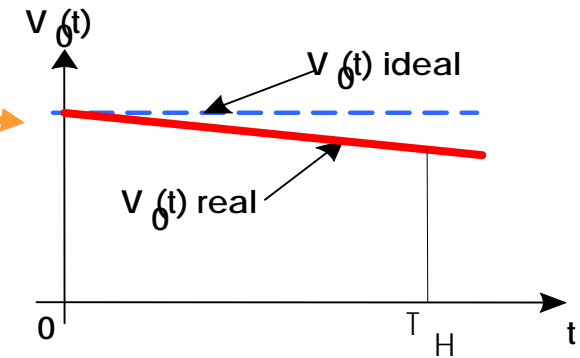
Prenent com a $V_{FS} = 2V_p$

$$f_{max} = \frac{1}{8} \frac{1}{2^n t_{ap} \pi} = 48,6 \text{ Hz}$$



C. Mode retenció (OFF)

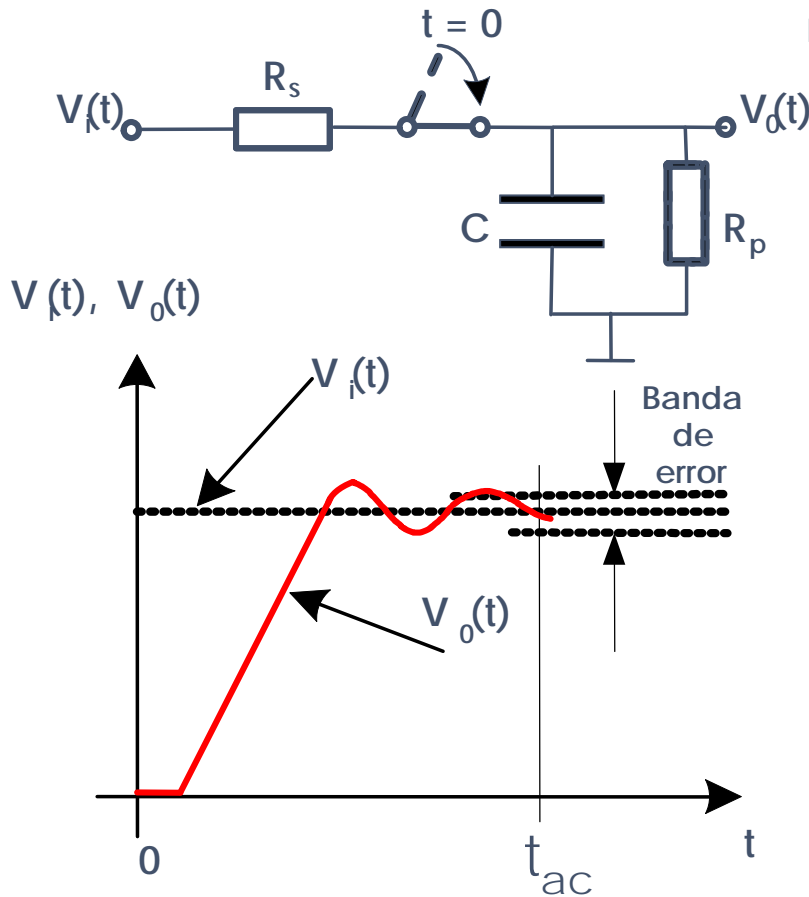
- Deriva de la tensió de sortida (*Droop Rate*) [$V/\mu s$]
- Absorció dielèctrica
 - Aparició d'un nivell de càrrega residual quan C se sotmet a un procés de càrrega/descarrega → aparició d'error en la mostra següent.
- Feedthrough (raó d'atenuació de pas)
 - A causa de les capacitats distribuïdes entrada-sortida i la capacitat de l'interruptor
 - Acoblament del senyal d'entrada a la sortida
 - Si l'amplitud de l'acoblament $> \frac{1}{2}$ LSB, al CAD se li associa un error de *feedthrough*
- Distorsió:
 - Existència de components freqüencials en la sortida diferents a les de l'entrada
- Soroll de sortida:
 - Sorolls que s'introdueixen en els AO



Exercici 1: Càlcul de l'error per deriva (*droop rate*)



D. Transició de retenció a mostreig (OFF→ON)



■ Temps d'adquisició (t_{ac}): temps necessari perquè es carregue C:

- Respecte a la sortida: temps transcorregut entre el 50% de l'amplitud del flanc que ordena passar de retenció a mostreig i el nivell de la tensió de sortida corresponent a una certa banda especificada (0,01% - 0,1%)
- Respecte a la tensió en C_H : Igual a l'anterior, però referida al nivell de tensió en C_H . S'especifica en amplificadors S&H d'alta velocitat

■ Temps mínim mostreig retenció = $t_{ac} + t_{SH}$ → **Freqüència màxima d'operació**

$$f_{s,max} = \frac{1}{t_{ac} + t_{S,H}}$$

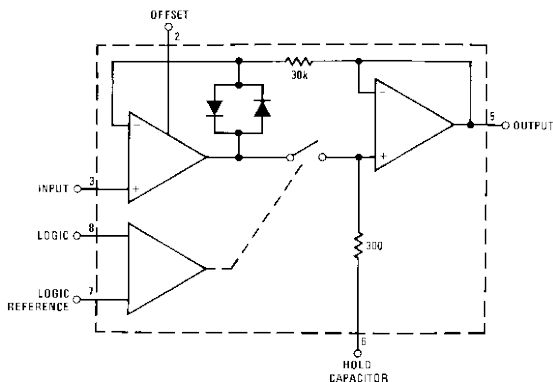
i considerant que t_C és el temps de conversió del CAD.

$$f_{s,max} = \frac{1}{t_C + t_{ac} + t_{S/H}}$$



Exemple: AD781 High speed (Analog Device)

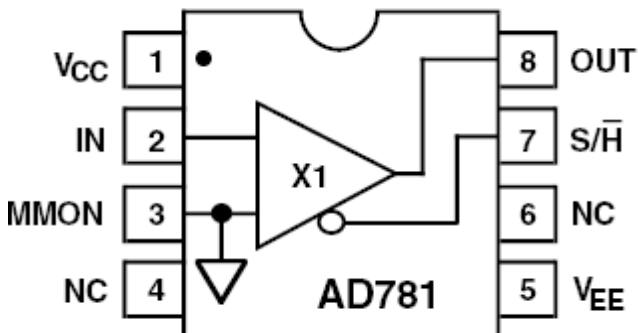
Texas Instruments LF398



Analog Device AD781 (25°C)

Nombre de canals	1
Temps adquisició (a 0,01%)	700 ns (máx)
Baixa dissipació	95 mW
Capacitat de retenció	Interna
Temps d'adquisició	600 ns (a 0,01%)
Temps efectiu retardo obertura	25 ns
Incertesa temps obertura	50 pg
Temps d'establiment	250ns
Droop rate	0,01 $\mu\text{V}/\mu\text{s}$
Feedthrough	-86 dB

Analog Device



Transició
de mostreig
a retenció



Comparativa dades tècniques

PARÀMETRE			
Arquitectura	Bucle obert, amplificador	Bucle tancat, amplificador	Bucle tancat, sortida a integrador
Tensió de desviació d'entrada.	$\pm 20\text{mV}^1$	$\pm 2\text{ mV}$	$\pm 0,5\text{ mV}$
Error de guany	$\pm 0,01\%$	$\pm 0,004\%$	$\pm 0,005\%$
Ample de banda	1 MHz		16 MHz
Temps d'obertura	80 ns	200 ns	6 ns
Incertesa d'obertura	150 pg		35 pg
Temps d'adquisició a 0,1% ²	2,2 μs	4 μs	100 ns
Temps d'establiment de la manera H (0,01%)	200 ns	1 μs	60 ns
Decaiment	$\pm 0,2\text{ }\mu\text{V}/\mu\text{s}$	$\pm 0.1\text{ V/s}$	$\pm 0,5\text{ }\mu\text{V}/\mu\text{s}$
Corrent de fuga del condensador		30 pA	5 pA
Atenuació de l'entrada en la sortida, A F a 1kHz	106 dB ³	90dB	

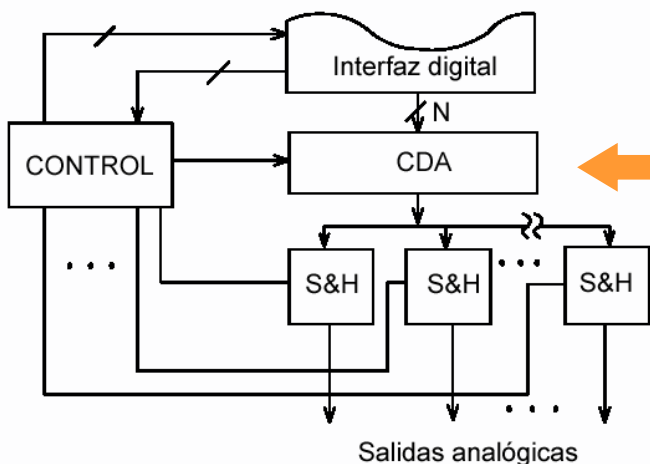
¹ Ajustable a $\pm 3\text{mV}$, ² $\Delta V_o=10\text{V}$ i $C=1000\text{ pF}$ en el LF398, ³Mesura a $f=10\text{kHz}$



3.2. Aplicacions

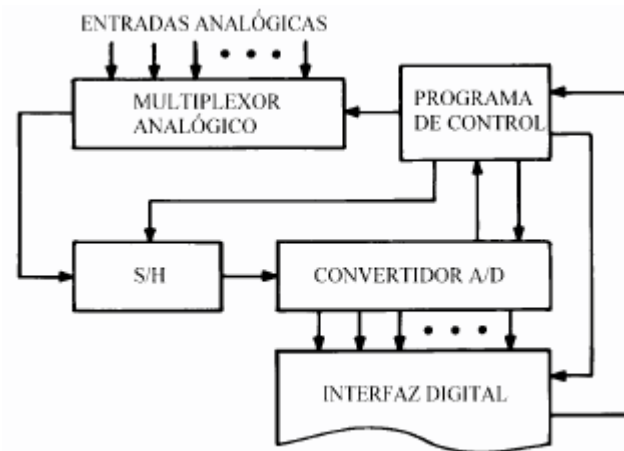
Sistema d'adquisició de dades:

- Manté el senyal adquirit mentre el MUX selecciona una altra entrada



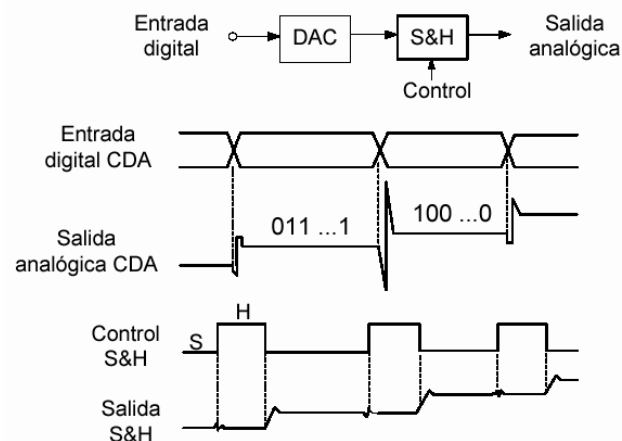
Supressió de pics en el DAC:


- Abans de retindre una nova dada en el CAD, el S&H és posat en l'estat de retenció per a aïllar els pics de la sortida.



Sistema de distribució de dades:

- S'utilitzen múltiples S&H per portar les sortides seqüencials d'un CDA a múltiples canals



 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Departament d'Enginyeria Electrònica 2018-2019	SISTEMES I EQUIPS DE MESURA
	Tema 3- Amplificadors de mostreig i retenció
	Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació (GIET)

- 1.- Un amplificador de mostreig i retenció té un temps d'obertura de 200 ns i s'utilitza per a mostrejar tensions sinusoïdals utilitzant un CAD de 12 bits. Determineu la freqüència màxima del senyal d'entrada perquè la incertesa deguda al temps d'obertura siga menor que 1/8 LSB. Si l'amplificador de mostreig i retenció té un corrent de pèrdua d'1 nA, obteniu el valor del condensador de retenció mínim perquè la deriva temporal (*droop rate*) done lloc a un error inferior a 1/8 LSB. Dades : $T_{CCAD}=10 \mu s$, $M=10 V$.
 - 2.- Considerant els corrents de pèrdues en un amplificador S&H degudes a: polarització de l'etapa de sortida, pèrdues en l'interruptor, pèrdues en el condensador C_H i pèrdues en la placa de circuit imprès, determineu en l'estat de retenció l'error per deriva (*droop rate*) si s'admet un error per transferència de càrrega $\Delta V_o = 78 \mu V$. Dades : $I_p = 10 nA$, $I_{D(OFF)} = 20 nA$, $I_{L,PCB} = 1 nA$, $I_{L,C} = 1 nA$, $\Delta Q = 10 pC$.
 - 3.- Es disposa d'un amplificador S&H que té associat un temps d'adquisició per a un error de 0,1% de 4,5 μs en adquirir un escaló de tensió de 10 V. Aquest temps d'adquisició és degut fonamentalment a l'interruptor i a la capacitat de retenció interns. Quin serà el temps d'adquisició necessari si es desitja un error inferior a 1/2 LSB d'un CAD de 12 bits amb marge d'entrada de 10 V si s'adquireix un escaló de tensió de 10 V?
 - 4.- Un determinat amplificador de mostreig i retenció té una deriva de 30 mV/s quan utilitza un condensador d'1 nF per a retenir la tensió adquirida. Si es desitja reduir la deriva a 3 mV/s, quant hauria de valdre el condensador de retenció? Es canvia el condensador de retenció d'1 nF per un altre de valor igual però amb resistència de pèrdues no menyspreable (comparada amb els corrents de pèrdues de l'interruptor i els corrents d'entrada de l'amplificador connectat al condensador). S'observa llavors que, en adquirir una mostra de valor màxim mitjançant un convertidor A/D de 12 bits, 40 μs de temps de conversió i tensió de fons d'escala de 3 V, es comet un error inferior a la meitat del màxim error de quantificació. Quin és el valor mínim de la resistència de pèrdues del condensador?
 - 5.- Un convertidor analògic digital de 16 bits i marge d'entrada 3.3 V requereix que el seu senyal d'entrada siga constant durant 150 μs per a realitzar una quantificació del valor adquirit d'un senyal analògic comprès en l'interval [0, 3.3] V. Quin decaïment màxim se li permet a l'amplificador de mostreig i retenció?
 - 6.- Un amplificador de mostreig i retenció té associats els paràmetres següents:
 Temps d'obertura= 80 ns
 Pedestal= $\pm 8 mV$
 Transitori de commutació:
 Amplitud= $\pm 7,5 mV$
 Temps d'establiment fins a $\pm 0.003\%=0.4 \mu s$
 Temps d'establiment fins a $\pm 0.00076\%= 1 \mu s$
 Decaïment= $0.02 \mu V/ \mu s$
- Si la seua sortida es connecta a un convertidor A/D de 8 bits el marge d'entrada del qual és 10 V i el seu temps de conversió de 200 μs , amb quin retard respecte del senyal de control del S/H es necessita començar la conversió en el convertidor A/D per evitar-hi errors, considerant un retard digital màxim de 50 ns? Quin error produirà en la mesura el pedestal S/H? Quin error produirà en la mesura el decaïment del S/H?
- 7.- Un estudiant està realitzant el seu Treball Fi de Grau en una empresa. Ha de dissenyar un sistema de distribució de dades en el qual el senyal procedent d'un convertidor D/A siga canalitzat de forma seqüencial a quatre ports d'actuació. En cadascun d'ells hi ha un senyal d'alarma que s'activa a partir de 5

V i es desactiva quan la tensió és igual o inferior a 4 V. Per a resoldre el problema, l'estudiant proposa al seu director la configuració de la figura 1.

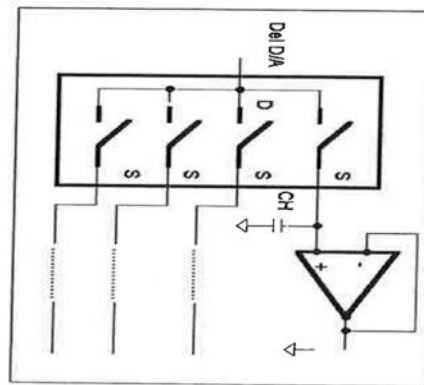


Figura 1

- Si l'etapa de sortida de CDA és ideal, obteniu el temps mínim necessari per a activar l'alarma d'un canal a partir d'un senyal d'entrada de 7 V en el CDA suposant que el condensador de retenció està inicialment descarregat. Dades: $r_{on}=120 \Omega$, $C_H=10 \text{ nF}$.
- El director no es mostra content amb el temps obtingut i proposa reduir-lo a $1 \mu\text{s}$ augmentant la tensió del CDA. Quina hauria de ser aquesta tensió per al nou temps?
- Suposant que podem triar el multiplexor amb modes de funcionament diferents (bbm o mbb). Quin mode d'operació és el més adequat? Justifiqueu la resposta.
- Suposem que el mode d'actuació és correcte. Es desitja activar seqüencialment i per primera vegada les quatre alarmes, i els condensadors de retenció estan descarregats. D'aquesta forma, un interruptor es considera obert quan ha transcorregut un temps t_{off} i tancat després d'un temps t_{on} . Quin és el temps mínim que transcorrerà entre activacions d'un mateix canal per al temps obtingut en l'apartat a)? Suposem $t_{on}=500 \text{ ns}$ i $t_{off}=300 \text{ ns}$.
- Si s'admeten uns corrents de polarització en el circuit adaptador (*buffer*) de sortida $I_B=500 \text{ nA}$, un corrent $I_{soff}=50 \text{ nA}$ en cada interruptor del multiplexor i un corrent de pèrdues en la capacitat de retenció $I_f=1,45 \mu\text{A}$, arribarà a desactivar-se l'alarma en finalitzar el temps mínim de l'apartat anterior? Suposeu absència de transferència de càrrega.

Tema 4:

Sistemes d'adquisició i distribució de senyals

- 4.1. Conceptes generals.
- 4.2. Components d'un sistema d'adquisició i distribució de senyals (SAS-SDS).
- 4.3. Organització d'un SAS/SDS.
- 4.4. Targetes d'adquisició i distribució de senyals: maquinari, programari i aplicacions.
- 4.5. Calibratge en l'adquisició de senyals.

Objectius de l'aprenentatge i competències a adquirir

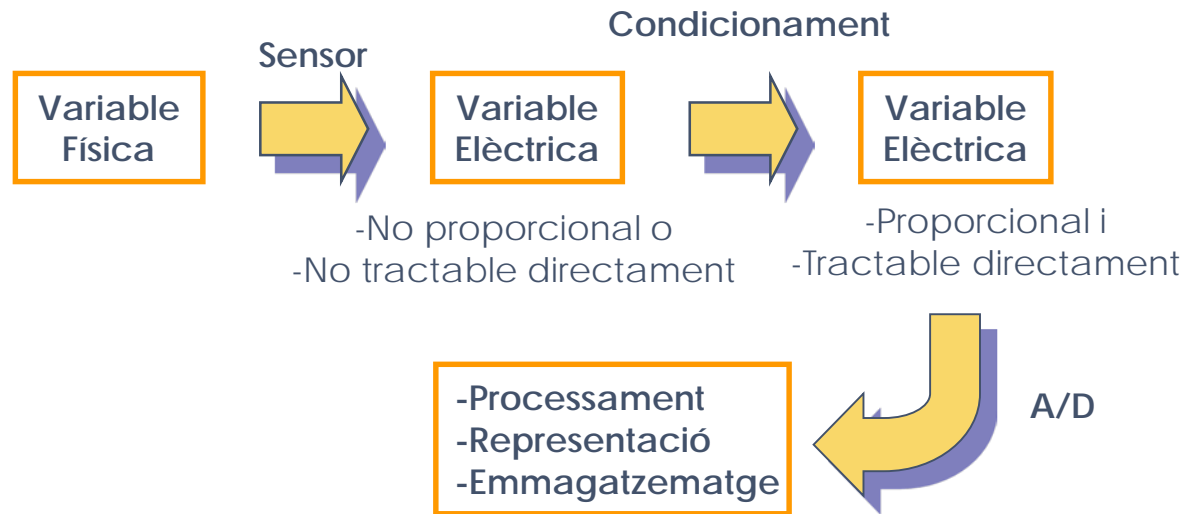
- ❑ **Identificar** les funcions d'adquisició i distribució en un sistema de mesura.
- ❑ Conèixer a nivell conceptual i qualitatiu les **tipologies fonamentals** d'adquisició i distribució de senyals analògics.
- ❑ Identificar els **errors existents** en cadascun dels subsistemes que componen un sistema de mesura.
- ❑ Conèixer un **procediment de correcció de les mesures errònies** en un sistema de mesura amb comportament lineal.

Referències

- [1] Pallàs R., “Adquisició i distribució de senyals”, Ed. Marcombo, Barcelona, 2005.
- [2] Keithley, “Data Acquisition and Control Handbook”, 1st ed., Keithley Instruments, Inc. Cleveland, Ohio, 2001.
- [3] M.A. Pérez, J. C. Álvarez, JC Camp, F.J. Ferrero, G. J. Grill: “Instrumentació electrònica”. Ed. Thomson, 2004
- [4] Ramírez, D., Casans, S., Navarro, A. I., Salazar, A., “Sistemes d'instrumentació i mesura distribuïts I (i II)”, Món Electrònic, Juny 2003, nº 343, pàg.38-42.

4.1. Conceptes generals.

- **En un sistema de mesura** cal adquirir la informació, registrar-la, i representar-la.
- **En un sistema de control** s'ha de comparar el resultat de la mesura amb els objectius establerts, i actuar en conseqüència sobre el sistema físic o procés per modificar el paràmetre desitjat.

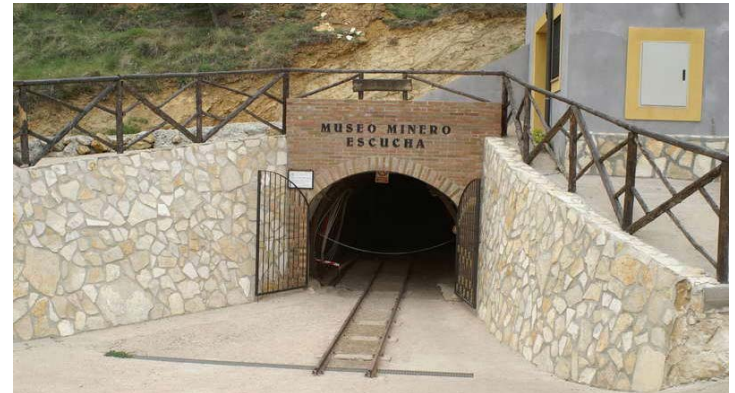


- ◆ **En un SAS dedicat a la mesura i control,** les entrades són en forma de variables físiques (elèctriques o no) i les sortides són en forma de variables físiques o de presentació visual o acústica.

4.1. Conceptes generals.

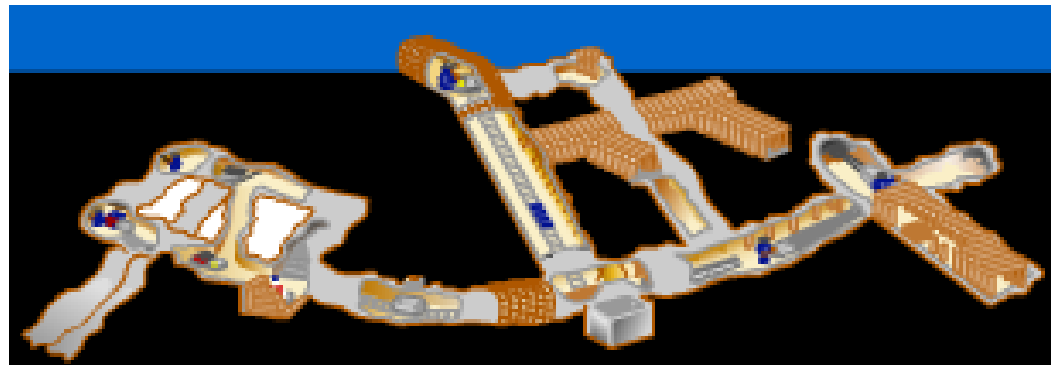
- Etapes en un disseny metòdic d'un sistema de mesura i control:
 - Definició del problema (conèixer les necessitats, entorn...)
 - *Disseny sistemàtic (subdivisió de la funció a realitzar en altres funcions)*
 - *Realització del disseny (maquinari i programari)*
 - *Verificació i correcció*
 - *Documentació*
 - *Manteniment i actualització.*

□ **Complexitat d'un SAS**, per exemple per monitoritzar una mina de carbó.



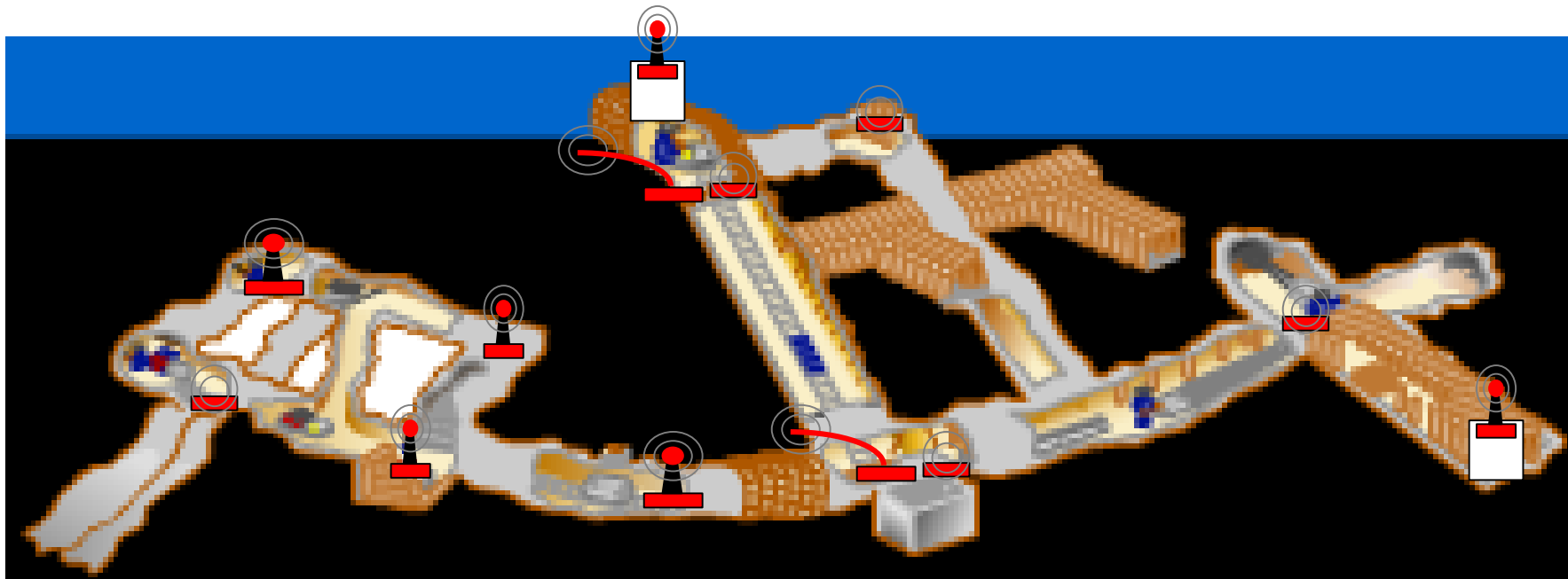
4.1. Conceptes generals.

- ❑ Complexitat d'un SAD, per exemple per monitoritzar una mina de carbó.



4.1. Conceptes generals.

❑ Complexitat d'un SAD, per exemple per monitoritzar una mina de carbó.



Sensors

Temperatura
Humitat
Vibració sísmica
CO, O₂
Velocitat del vent

Processament

Microcontrolador?
DSP?
FPGA?

Alimentació

Xarxa?
Autònoma?
Combinada?

Pcbs

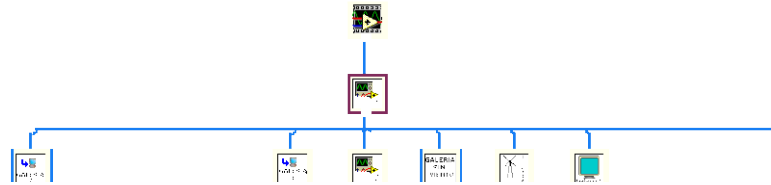
1 pcb?
2 pcb?
3 pcb?

Analògics o digitals?
Nivells d'alimentació?
Consum?

Nivells d'alimentació?
Consum?
Eines de desenvolupament?

Trafos?
Piles recarregables?
Piles en càrrega constant?

Interfície d'usuari





Galeria 3

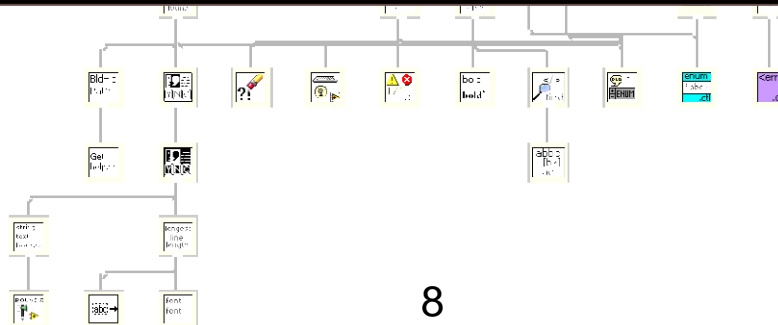
Puerto comunicaci3n

COM1

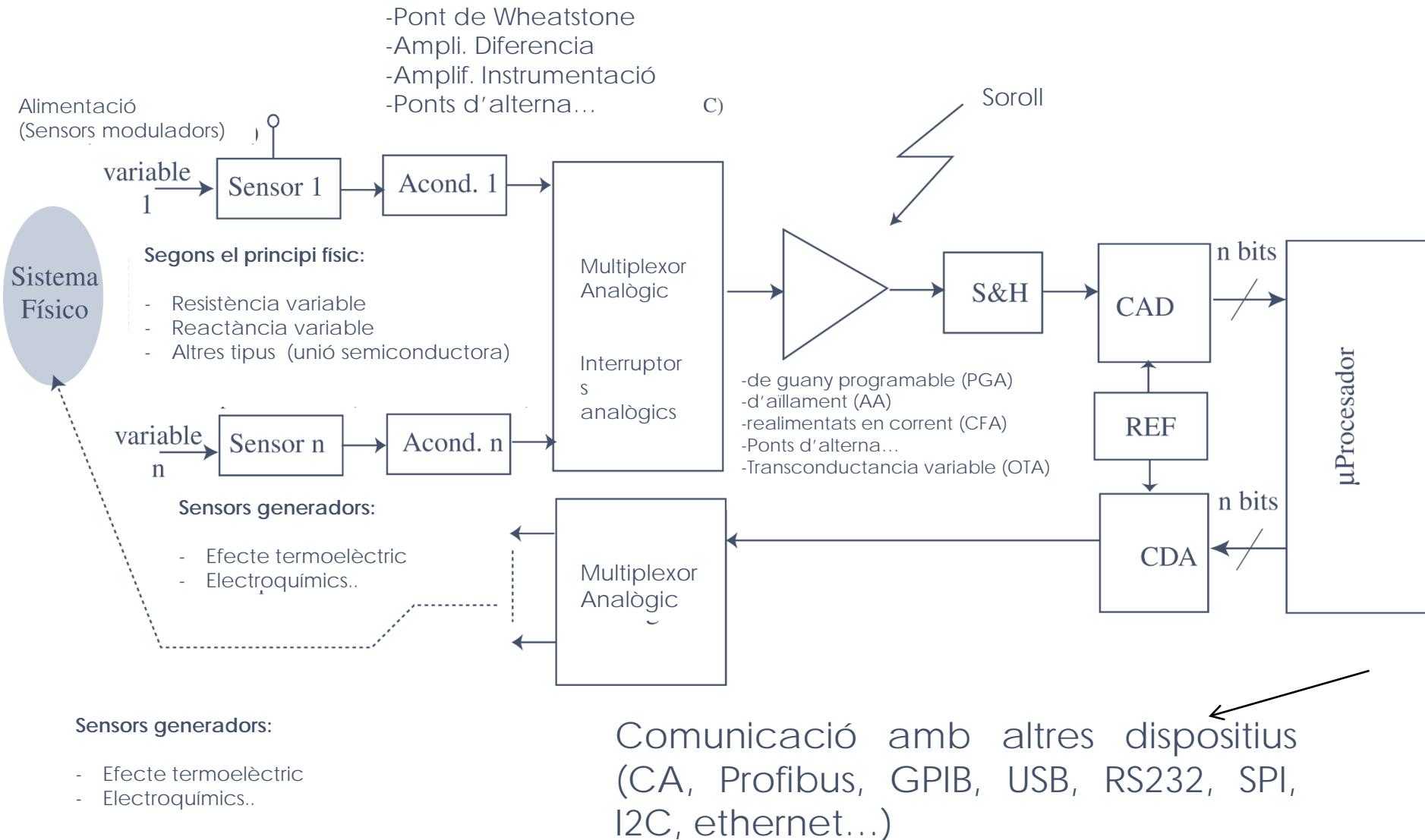


INICIAR **STOP**



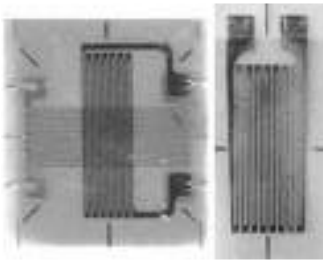
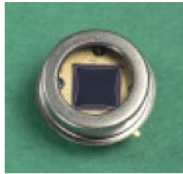


4.2. Components d'un Sistema d'adquisició i distribució de senyals (SAS-SAD)



Fonts d'error: Sensors i components passius

SENSORS



- Òfset.
- Guany.

- Deriva tèrmica de l'òfset.
- Deriva tèrmica del guany.

- Dependència amb l'alimentació.
- Soroll generat.

- Impedància de sortida.

Sensor de pH (60 mV/pH)

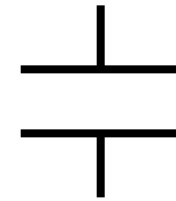


pH òptim en sang (7,35-7,45) -> Variació de 6 mV
Nivells de 6,9 o 7,8 poden suposar mort $(7,8-6,9)*60=54$ mV
Nivells de 7,1 pot suposar coma $(7,35-7,1)*60= 15$ mV

COMPONENTS PASSIUS



R

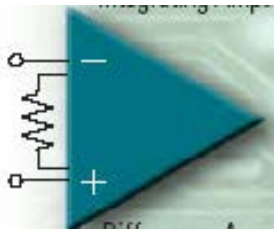
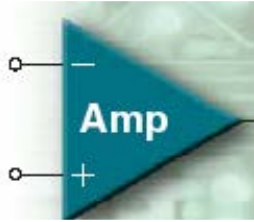


C

- Tolerància.
- Deriva tèrmica.
- Deriva temporal.

- Soroll.

AMPLIFICADORS



Errors estàtics

- Corrents de polarització.
- Tensions de desequilibri.
- Derives tèrmiques i temporals.
- CMRR(0).
- PSRR.

- Error de guany.
- Deriva tèrmica i temporal.
- No linealitat del guany.
- CMRR(∞).
- PSRR.

Errors dinàmics

- CMRR(f).
- Soroll.

- Guany(f).
- Slew-rate.
- Temps d'establiment.

- Impedàncies d'entrada i de sortida.

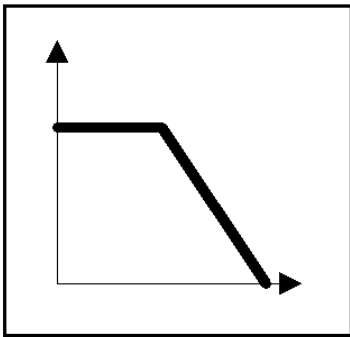
Problemes 1 i 2

FILTRES

Error estàtics

Error dinàmics

Filtro



- Corrents de polarització.
- Tensions de desequilibri.
- Derives tèrmiques i temporals.

- Error de guany.

- Atenuació.
- Desfasament.
- Temps de resposta.

- Guany(f).
- Slew-rate.
- Temps d'establiment.

- Desaparellament de components passius (en filtres diferencials).

Fonts d'error: Multiplexors

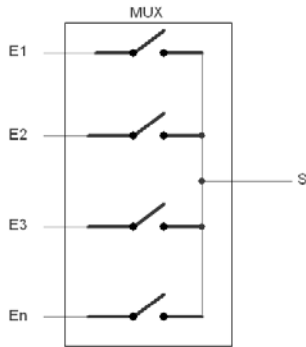
Errors estàtics

- Corrents de fugides.
- Pèrdues per inserció (r_{on}).
- Δr_{on} en mux's diferencials.
- Retroinjecció de càrrega.

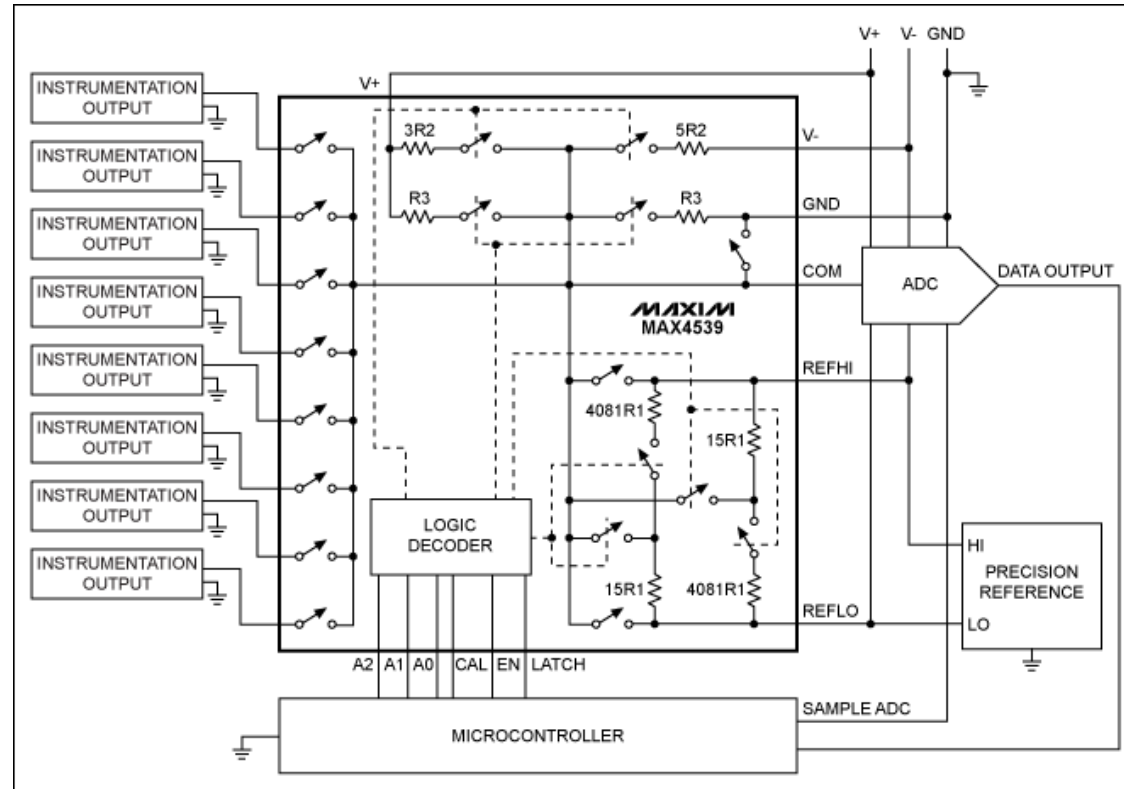
Errors dinàmics

- Diafonia.

MULTIPLEXORS



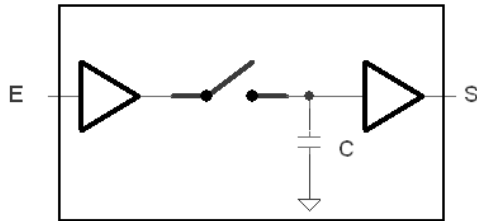
- ◆ R_{ON} : 100 Ω max
- ◆ ΔR_{ON} Matching Between Channels: 6 Ω max
- ◆ Charge Injection: 5pC max
- ◆ Low 0.1nA Off Leakage Current



Fonts d'error: Amplificadors de mostreig i retenció

MOSTREIG I RETENCIÓ

S/H



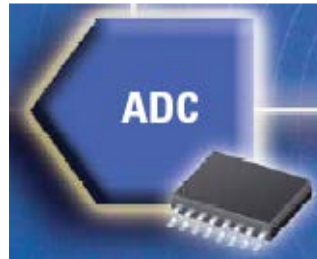
Error estàtics

- Òfset.
- Guany.
- No linealitat del guany.
- Pedestal.
- Droop rate.
- Absorció dielèctrica.

Error dinàmics

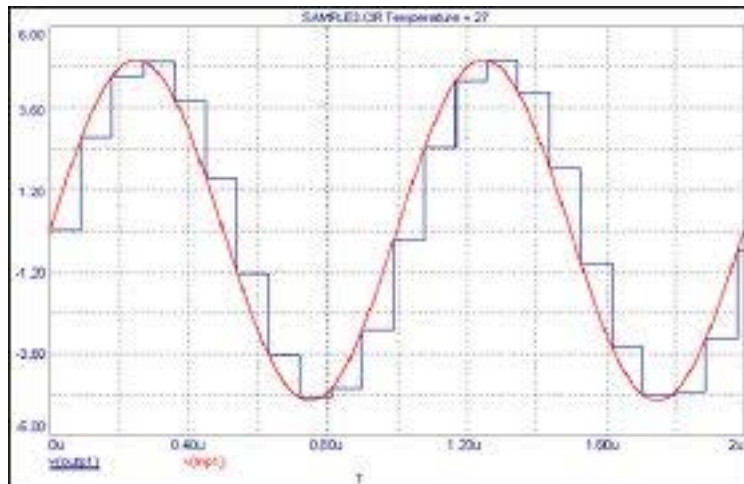
- Guany(f).
- Slew-rate.
- Temps d'establiment.
- Temps d'obertura.
- Temps d'adquisició.

CONVERTIDORS ANALÒGICS DIGITALS



- Zero.
- Guany.
- PSRR.
- No linealitat integral i diferencial.
- Error de quantificació.

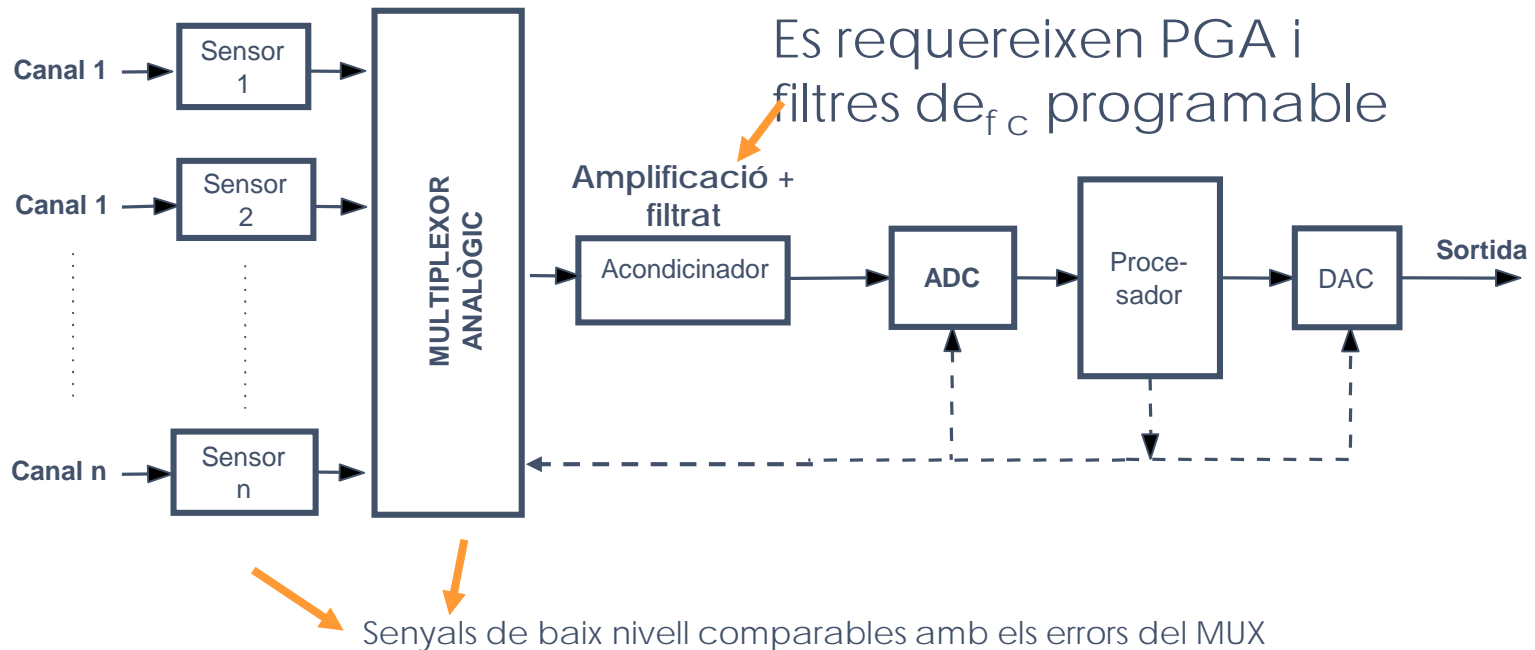
- Temps de conversió.



Problemes 3, 4, 5 i 6

4.3. Organització de SAS/SDS

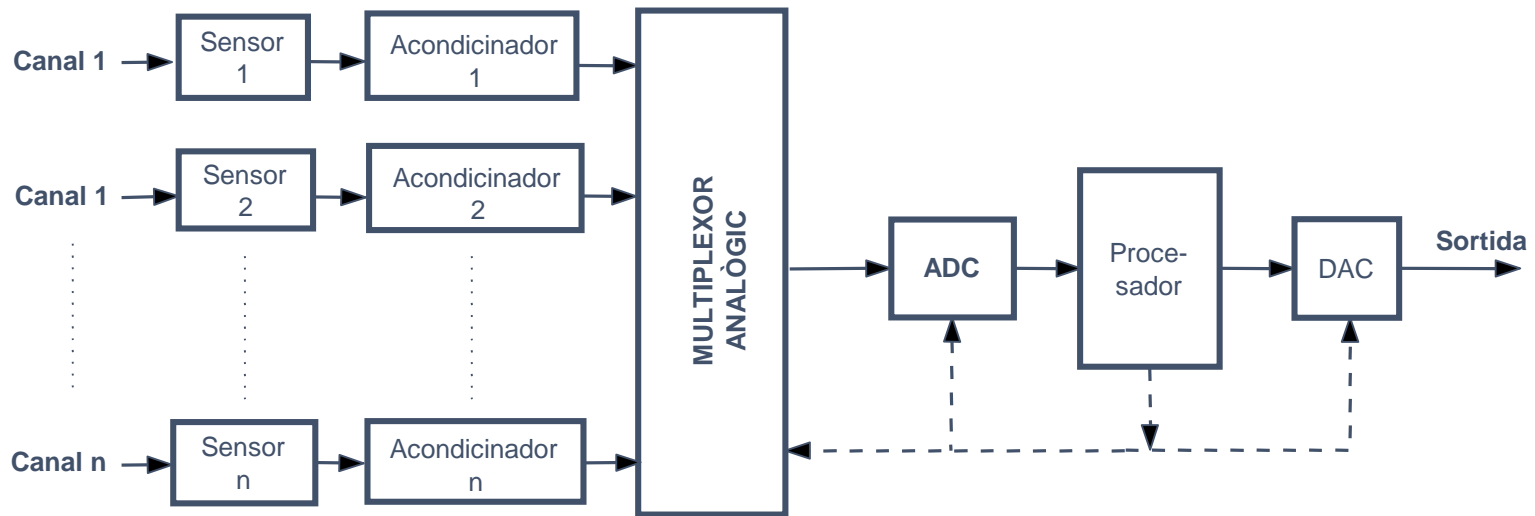
- **Diverses formes d'organització dels SAS/SDS: alt i baix nivell**, depenent d'on se substitueix el MUX dins de la cadena de mesura.
 - Organització de **baix nivell** (el MUX se situa abans de l'etapa condicionadora → els senyals procedeixen dels sensors → baix nivell)



- És una topologia més susceptible a la captació d'interferències si la distància entre sensors i multiplexor és apreciable.
- Es fa necessari l'ocupació de multiplexors que introdueixen baixos nivells d'error doncs els senyals que adquireix són de baix nivell.

4.3. Organització de SAS/SDS

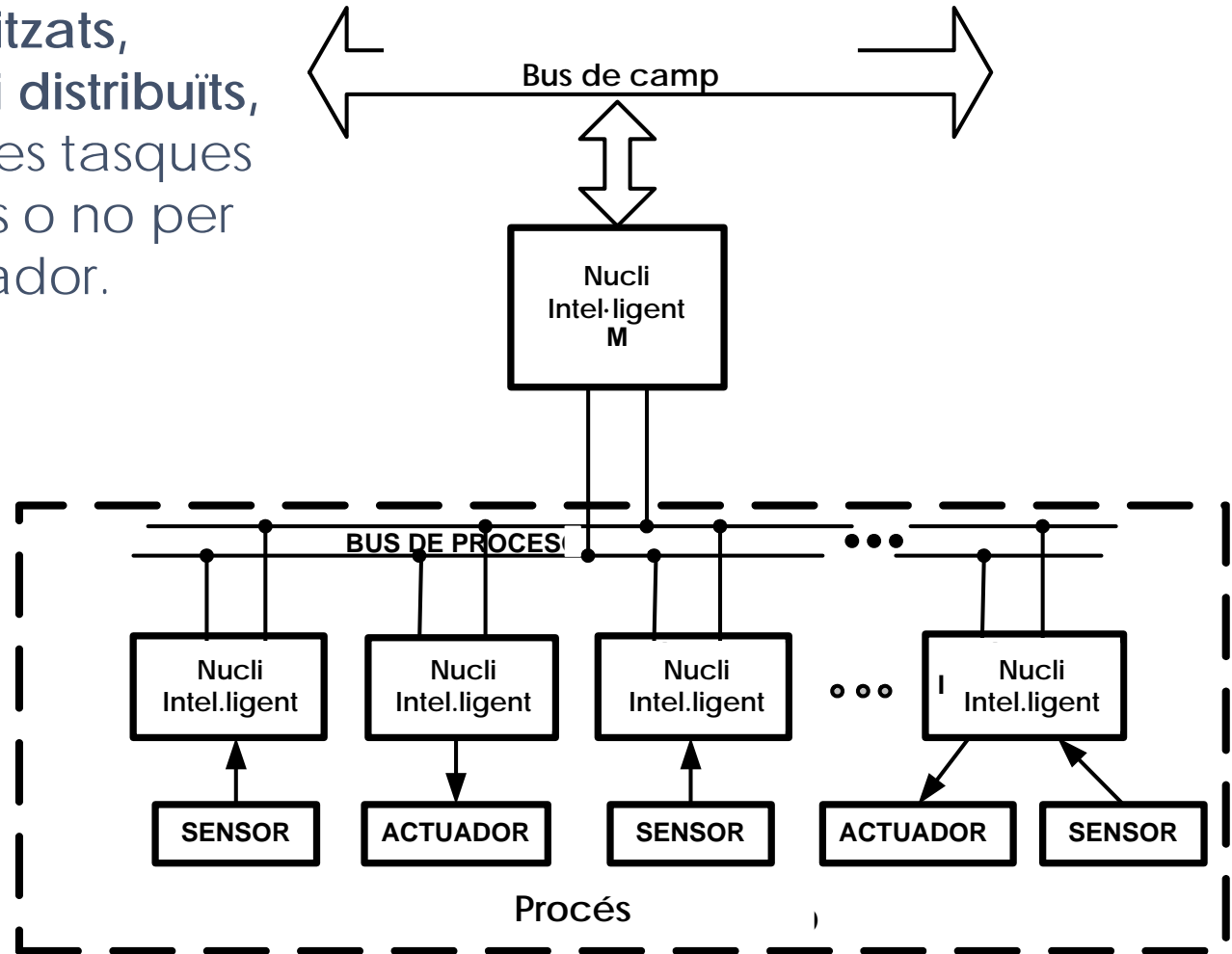
- **Solució:** Organització d'alt **nivell** (s'amplifiquen en primer lloc els senyals procedents de cada sensor i després es multiplexen).



- Els senyals multiplexades han estat prèviament condicionats.
- Cada senyal a adquirir té el seu propi condicionament diferent (amplificació, filtrat, linealització, compressió, etc.).
- Permet reduir l'efecte dels errors del multiplexor i de les interferències en la connexió entre sensor i multiplexor.

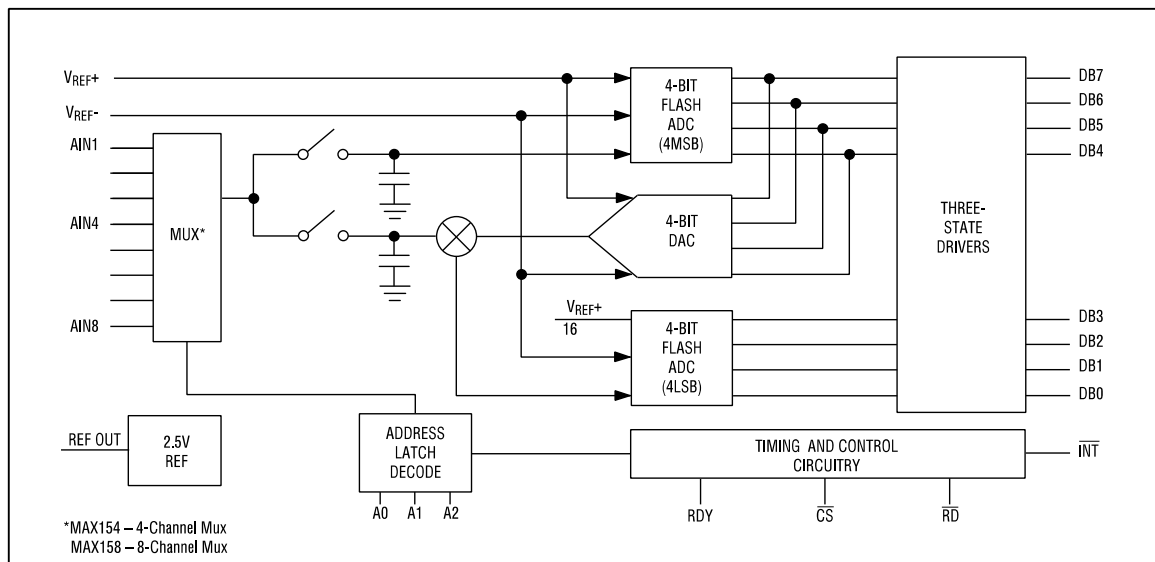
4.3. Organització de SAS/SDS

- Sistemes centralitzats, descentralitzats i distribuïts, depenent de si les tasques estan realitzades o no per un únic processador.

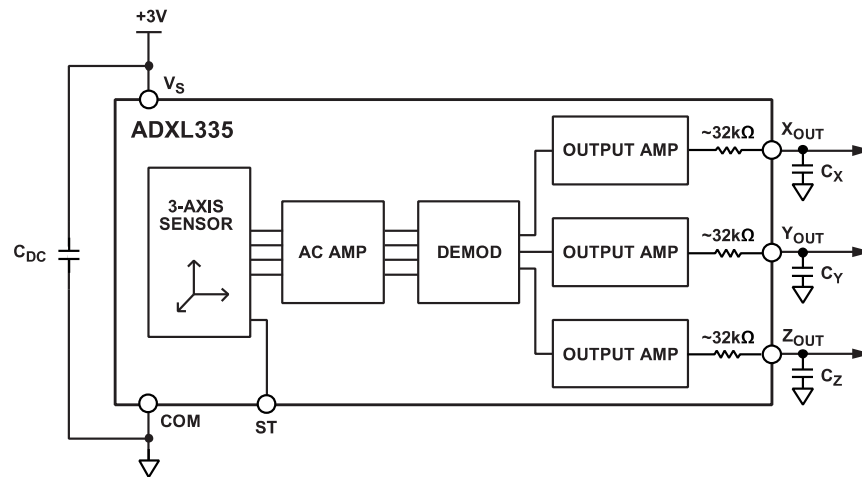
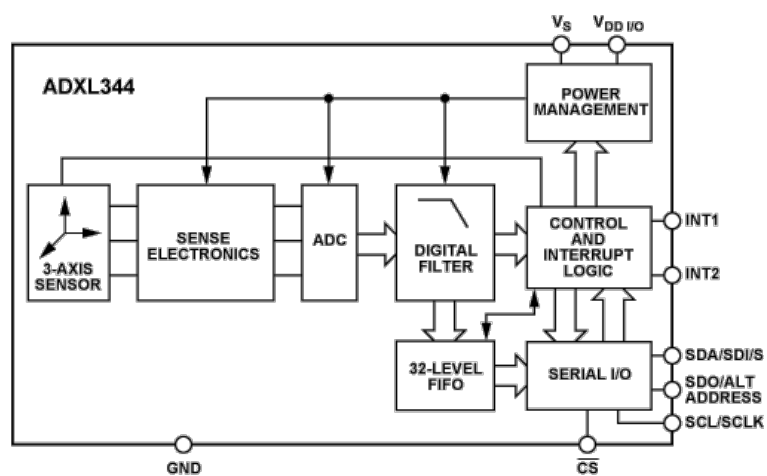


4.3. Organització de SAS/SDS

■ Sistemes integrats per a l'adquisició de senyals



- ◆ One-Chip Data Acquisition System
- ◆ Four or Eight Analog Input Channels
- ◆ 2.5 μ s per Channel Conversion Time
- ◆ Internal 2.5V Reference
- ◆ Built-In Track/Hold Function
- ◆ 1/2LSB Error Specification
- ◆ Single +5V Supply Operation
- ◆ No External Clock
- ◆ New Space-Saving SSOP Package



4.4. Targetes d'adquisició (TAD): maquinari, programari i aplicacions



Bus PCI



CompacDAQ
CompacRIO



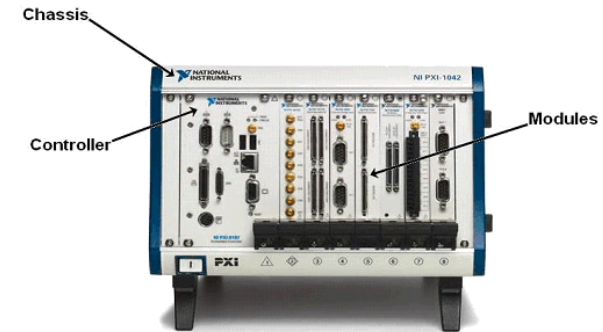
Bus PCI-express

Fabricants

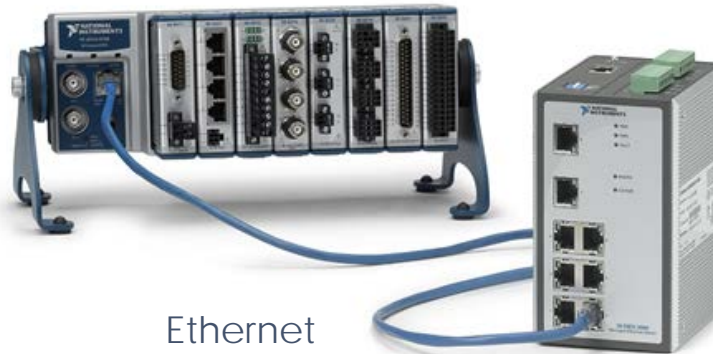
- Keithley
- National Instruments
- ADDI-DATA
- Microtronics
- ADDLink
- Kontron,
- Contec...



Sense fils



PXI

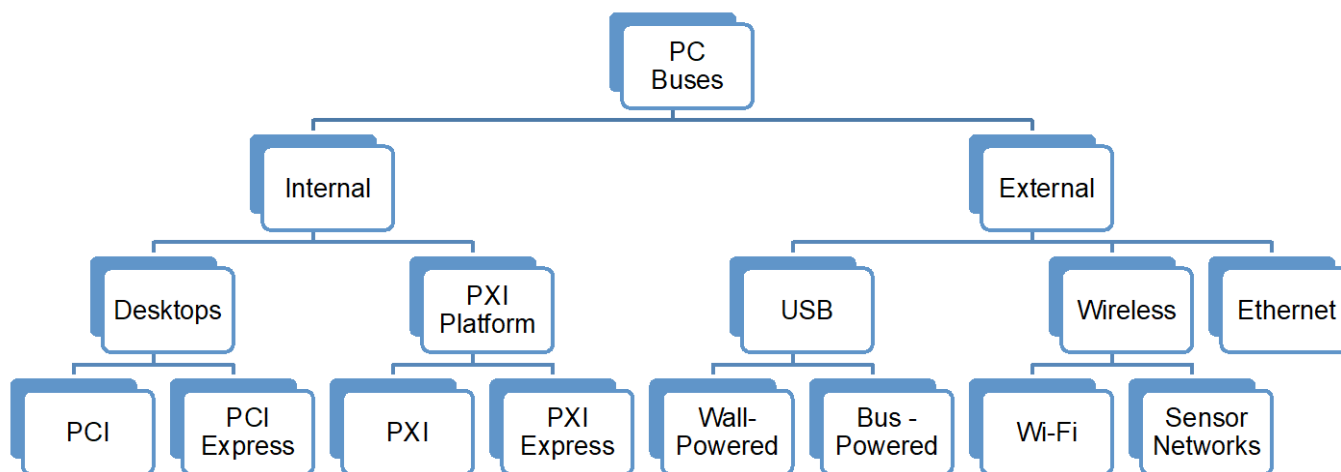


Ethernet



USB

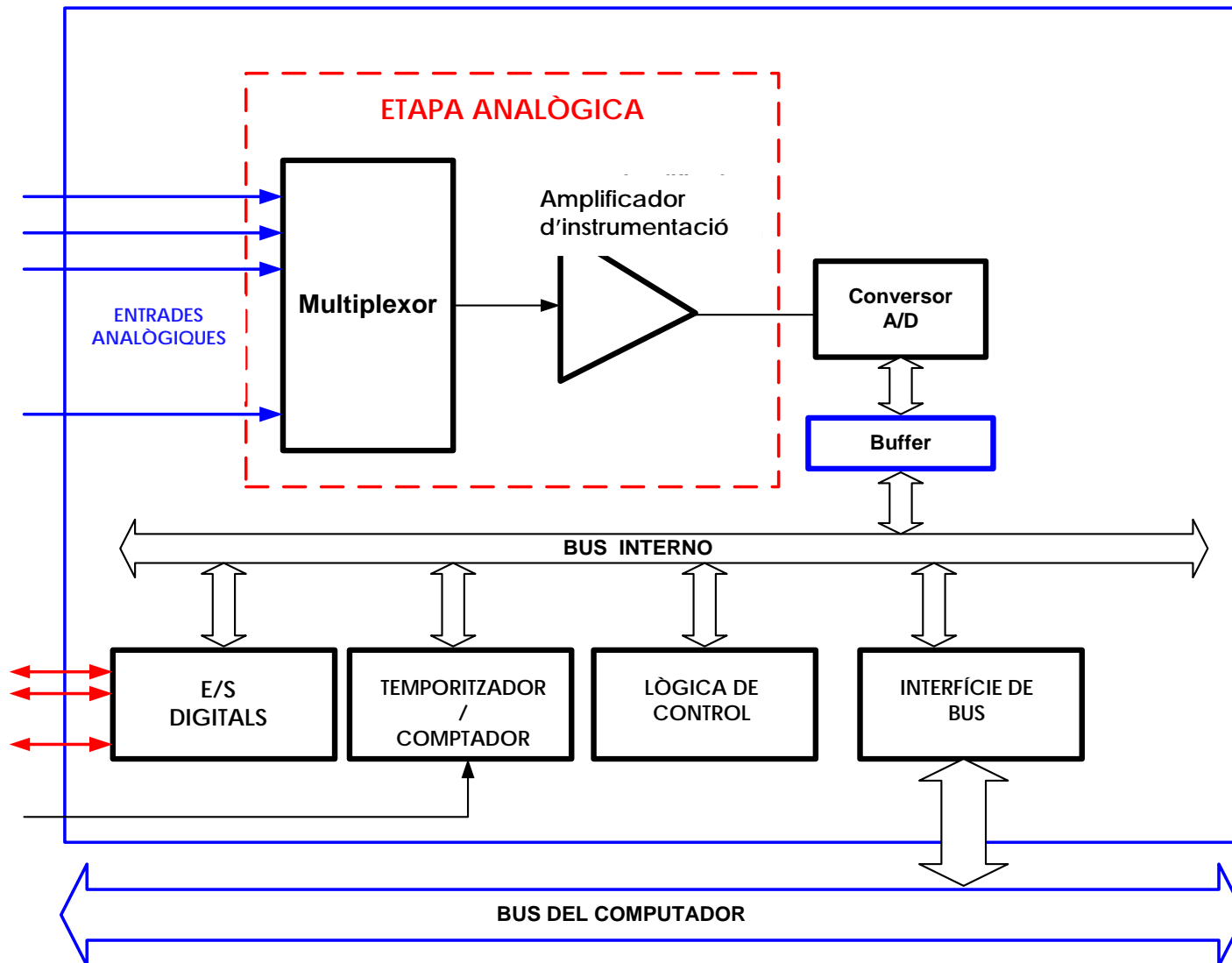
Busos de comunicació



Bus	Waveform ¹ Streaming	Single-Point I/O	Multidevice	Portability	Distributed Measurements	Example
PCI	132 MB/s (shared)	Best	Better	Good	Good	M Series
PCI Express	250 MB/s (per lane)	Best	Better	Good	Good	X Series
PXI	132 MB/s (shared)	Best	Best	Better	Better	M Series
PXI Express	250 MB/s (per lane)	Best	Best	Better	Better	X Series
USB	60 MB/s	Better	Good	Best	Better	NI CompactDAQ
Ethernet	125 MB/s (shared)	Good	Good	Best	Best	NI CompactDAQ
Wireless	6.75 MB/s (per 802.11g channel)	Good	Good	Best	Best	Wi-Fi DAQ

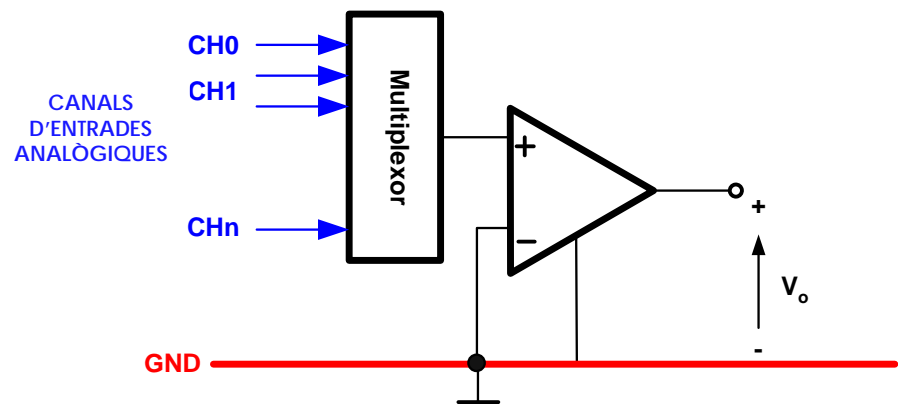
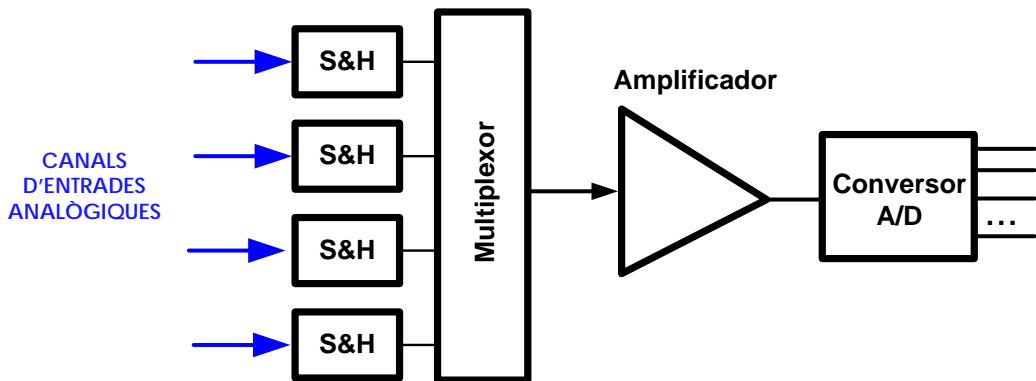
¹Maximum theoretical data streaming rates are based on the following bus specifications: PCI, PCI Express 1.0, PXI, PXI Express 1.0, USB 2.0, Gigabit Ethernet, and Wi-Fi 802.11g

Maquinari: Estructura general d'una TAD



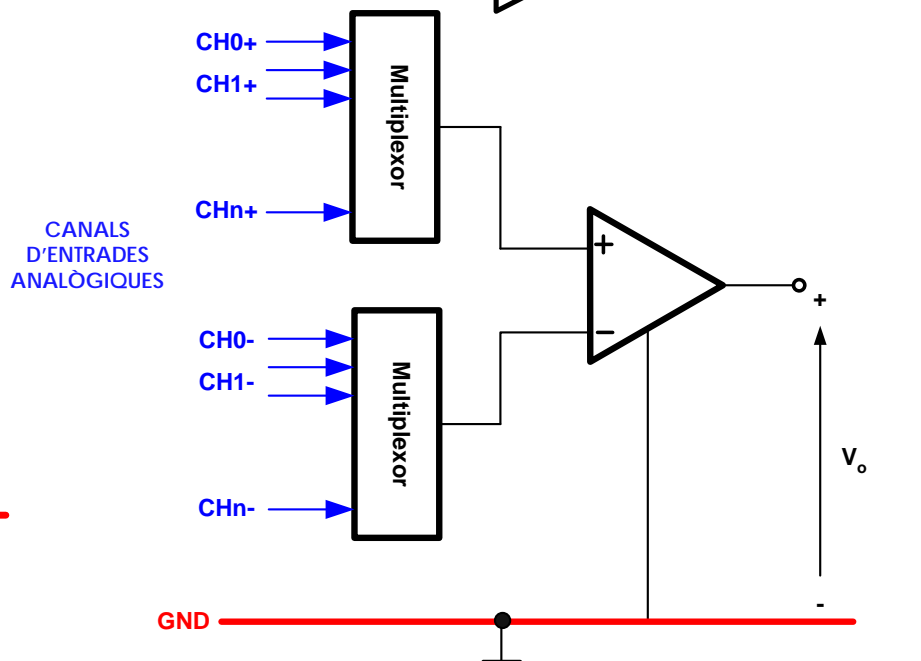
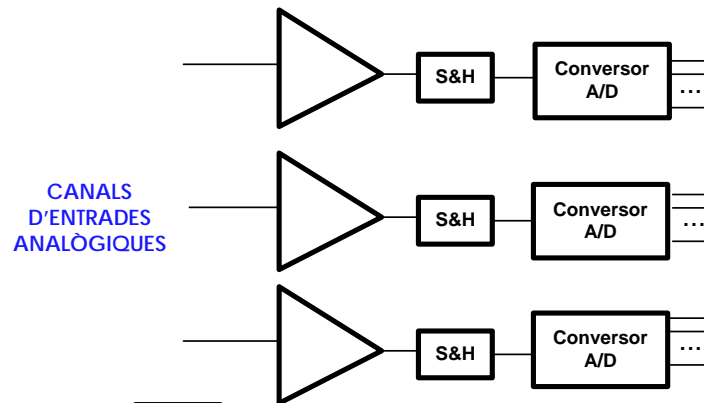
Maquinari: Mètodes de mostreig/canals d'entrada

Mostreig simultani-CAD compartit



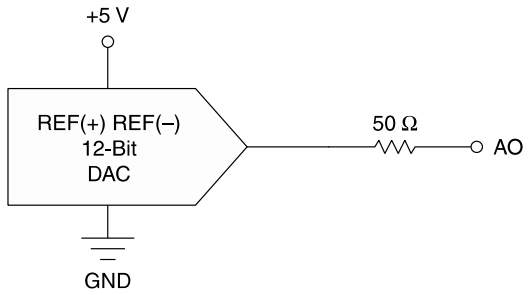
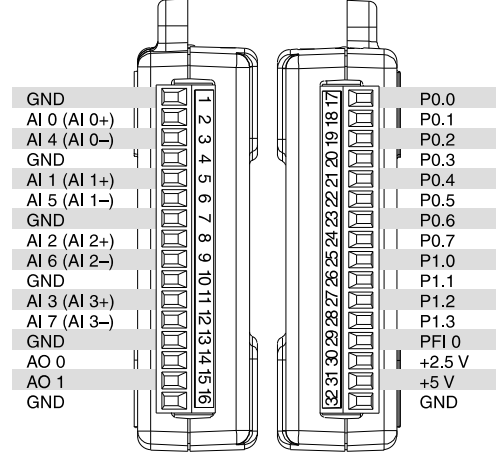
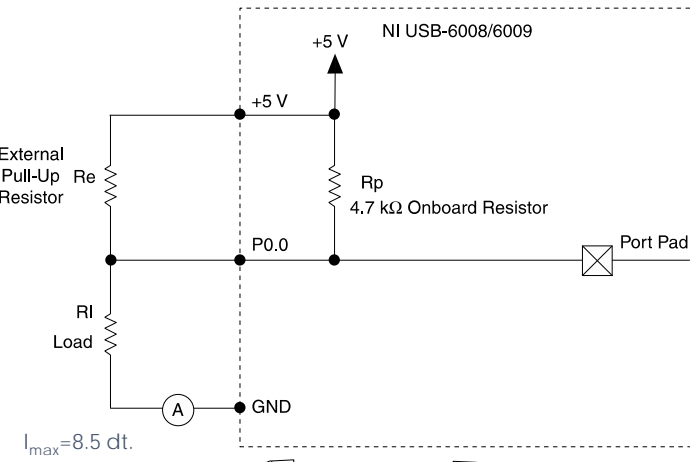
Entrades referides a massa

CAD independents

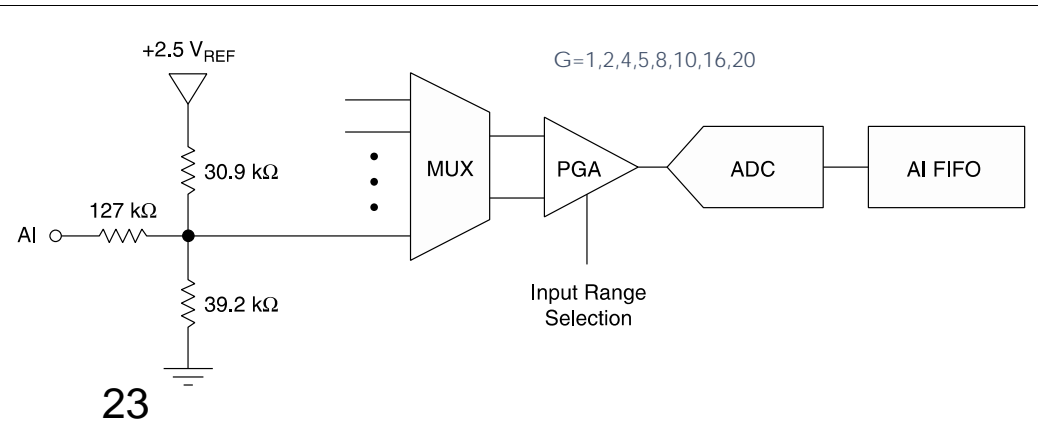
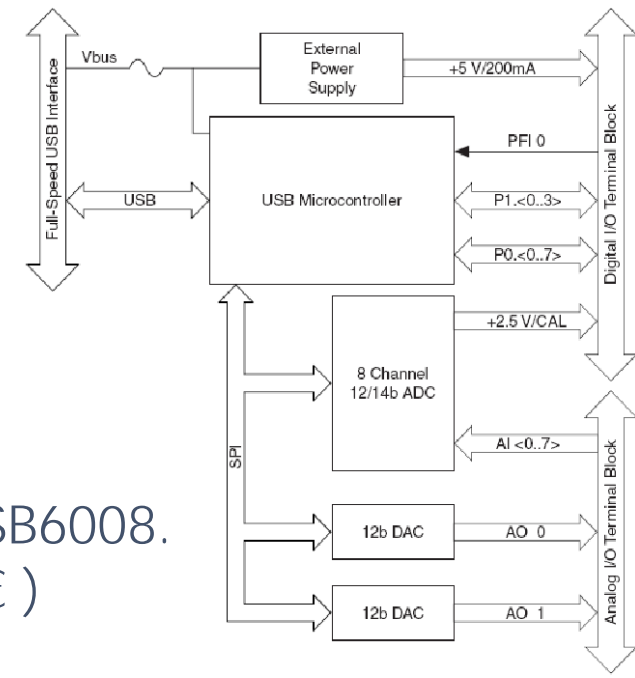


Entrades diferencials

Maquinari: DAQ NI-USB6008



DAQ NI-USB6008.
(≈160€)



Característiques d'una targeta d'adquisició

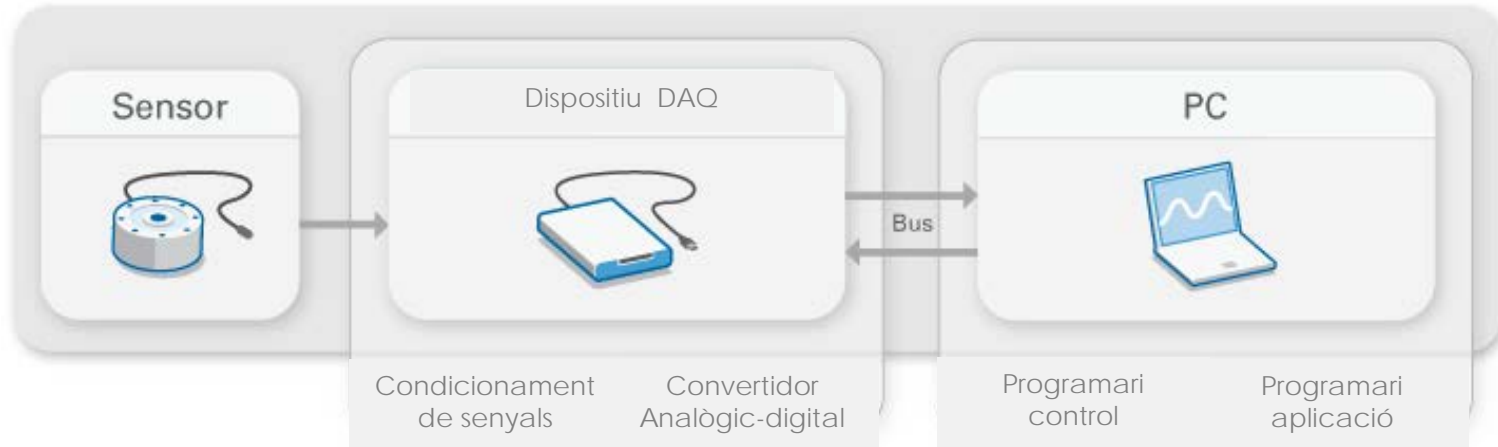
- **Velocitat d'adquisició:** Especifica la velocitat màxima amb què el maquinari d'adquisició realitza l'adquisició de mostres (freqüència màxima de mostreig). Generalment s'indica per canal connectat. **Important!!** No confondre el temps de conversió del CAD indicat per alguns fabricants.
- **Resolució:** Indica la precisió de la mesura (8, 10, 12 bits...), en ocasions és possible variar el marge d'entrada i amb això variar-ne la precisió.
- **Exactitud:** Sol especificar-se en percentatge del fons d'escala o en nombre de bits. Aquest paràmetre engloba la combinació d'errors que es produeixen en la mesura, especialment en l'etapa d'entrada. Podem trobar que targetes de 16 bits tenen en realitat 13 bits efectius.
- **Marge d'entrada:** Indica els límits de tensió d'entrada de la targeta. Es diferencia entre senyals unipolars i bipolars.
- **Tipus de convertidor:** Depèn del tipus de la targeta, les de baixes resolució utilitzen CAD d'aproximacions successives i les de prestacions mitjanes-altes (>16 bits) utilitzen CAD sigma-delta.



DAQ NI-USB6008.

- 8 canals referenciats a massa.
- 4 canals diferencials.
- 10Ks/s
- 12 bits de resolució (entrades diferencials).
- 11 bits de resolució (entrades unipolars).
- 12 entrades/sortides digitals.
- 1 temporitzador.
- 2 sortides analògiques

Programari d'un sistema d'adquisició



Punts a considerar al programari del controlador

- El controlador compatible amb el meu sistema operatiu?
- En quina mesura el controlador s'integra amb el programari d'aplicació?
- Quina documentació se subministra amb el controlador?
- El controlador inclou alguna instal·lació o **programari de diagnòstic**?
- **El controlador és vàlid per a altres dispositius?**

Punts a considerar al programari d'aplicació

- El programari és prou flexible com per a satisfer les meues **necessitats futures**?
- Quant de **temps** es requerirà per aprendre el programari?
- El programari integra el controlador triat i altres eines de productivitat (anàlisi, visualització, emmagatzematge)?
- Existeix una **comunitat de recursos** per utilitzar quan un es queda bloquejat?
- Aquest programari té un historial provat de l'estabilitat i d'èxit?

Aplicacions dels sistemes d'adquisició

Proves de fabricació I qualitat



Banc de Proves
Hidràuliques per a
Components
Aeroespacials



Desenvolupament d'un
Sistema de Diagnòstic
Dinàmic de Muntatge de
Turbina Eòlica

Validació i Verificació del Disseny



Proves d'Impacte d'Alt Nivell per
a la Certificació de Cascos de
Seguretat

Sistema de monitorització de
la biodegradació del plàstic



Recerca i Anàlisi



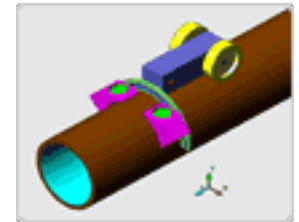
Adquirir i Analitzar la
Comunicació Bioacústica de
Mamífers Marins



Adquisició de Dades Sense fil
d'una Prova de Col·lapse
d'un Pont

Diagnòstics i reparació

Construir un Sistema
d'Inspecció de Corrosió
de Canonades

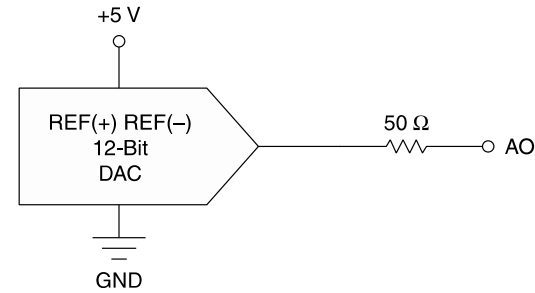


Automatitzar Diagnòstic
Molecular i Preparació de
Mostres Biològiques

Activitat proposada

Analog Output

Analog outputs	2
Output resolution	12 bits
Maximum update rate	150 Hz, software-timed
Output range	0 to +5 V
Output impedance	50 Ω
Output current drive	5 mA
Power-on state	0 V



Suposem que, utilitzant la targeta d'adquisició NI-USB6008, es volen generar senyals negatius. Per a això, es connecta en una de les sortides una etapa inversora implementada amb un amplificador operacional. Quina restricció caldria tindre en compte en el disseny de les resistències de l'etapa inversora?. Dissenyeu el valor mínim de les resistències corresponents a l'etapa inversora per poder obtindre una tensió compresa en l'interval [-5, 0].

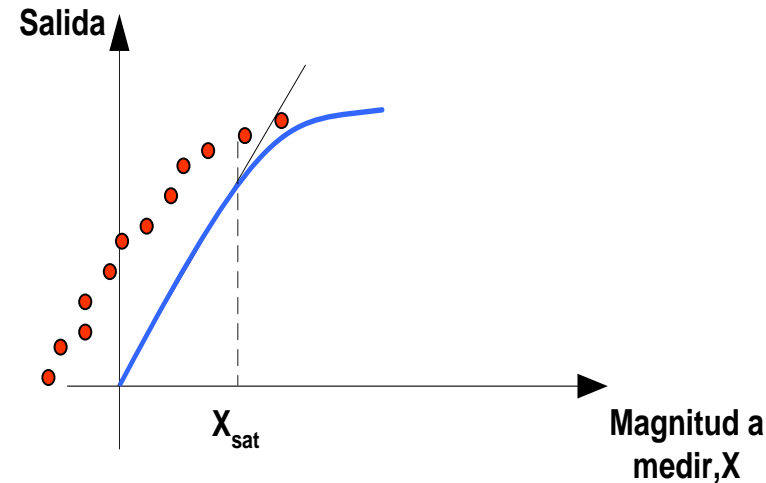
Problemes 7 i 8

4.5.- Calibratge en l'adquisició de senyals.

Errors	Discrepància entre el valor esperat i el mesurat.
Errors additius	No depenen del senyal d'entrada del sistema.
Errors multiplicatius	Guarden una dependència lineal amb el senyal d'entrada del sistema.
Errors sistemàtics	S'expressen mitjançant expressions matemàtiques deterministes.
Errors aleatoris	Es descriuen en termes de probabilitat. És la incertesa associada a la probabilitat de tindre una mesura en un cert interval.

4.5.- Calibratge en l'adquisició de senyals.

- La **necessitat de calibrar un sistema de mesura** sorgeix quan la relació entre la sortida i la seua entrada és diferent de la prevista inicialment.
- Requereix sotmetre el sistema a **entrades conegudes** i actuar en funció de la seua resposta.
- El calibratge **corregeix els errors sistemàtics** del sistema.
- Afecta tant a la secció d'adquisició com als **sensors i condicionament**.
- El calibratge de sistemes que inclouen sensors no és fàcil. Necessitat de **reproduir el mesurant d'interès** (pressió, cabal, []).
- Ha de realitzar-se després del *warm-up* del sistema.
- Algunes tècniques de calibratge: trimming, autocero opamps, calibratge digital.



←
Exemples-Pràctiques bàscula electrònica (EQM), termòmetre amb Pt100 (INS)

4.5.- Calibratge en l'adquisició de senyals.

- **Exactitud i error:** Propietat de l'instrument de mesura per donar una mesura que s'aproxime al que anomenem valor verdader, exacte o ideal al que es vol mesurar. S'expressa com:

- **Error absolut:**

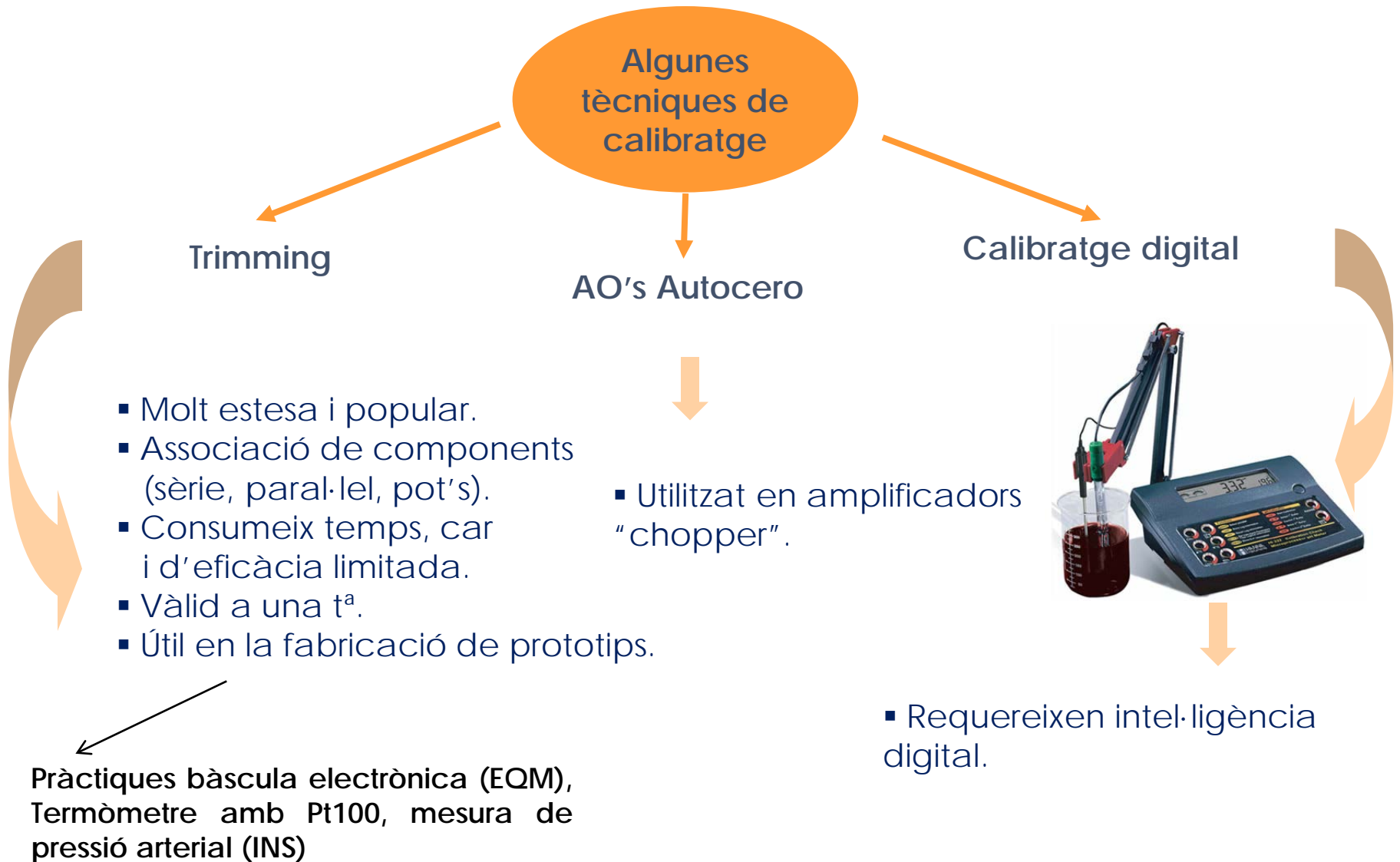
$$|\text{Valor medido} - \text{Valor exacto}|$$

- **Error relatiu:**

$$\frac{|\text{Valor medido} - \text{Valor exacto}|}{\text{Valor exacto}}$$

L'exactitud d'un sistema de mesura es determina mitjançant el calibratge estàtic.

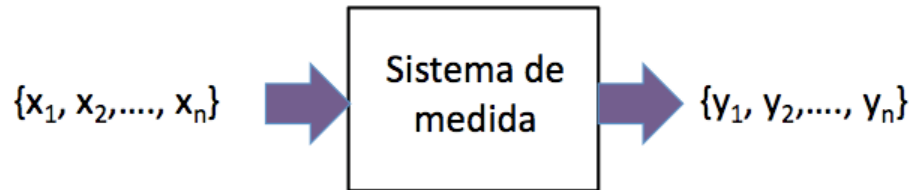
4.5.- Calibratge en l'adquisició de senyals.



Reducció de l'error mitjançant calibratge intern

Calibratge digital

- Consisteix a aplicar al sistema valors successius de la variable a mesurar i anar anotant la sortida corresponent.



Amb aquests resultats hi ha 2 opcions

- Construir una taula ("look-up table").

I	E	S
1	x_1	y_1
2	x_2	y_2
⋮	⋮	⋮
n	x_n	y_n

Interpolació lineal

- Realitzar una aproximació polinòmica.

$$x = a_0 + a_1 \cdot y + a_2 \cdot y^2 + \dots + a_n \cdot y^n$$

- Que poden emmagatzemar-se en una memòria ROM.

Reducció de l'error mitjançant calibratge intern

Calibratge digital



- Aquest mètode no permet corregir els errors que es produeixen en els components del sistema a causa de derives tèrmiques o temporals per exemple perquè, en produir-se, el comportament del sistema ja no és el mateix que el que tenia quan es va construir la taula o l'aproximació polinòmica.

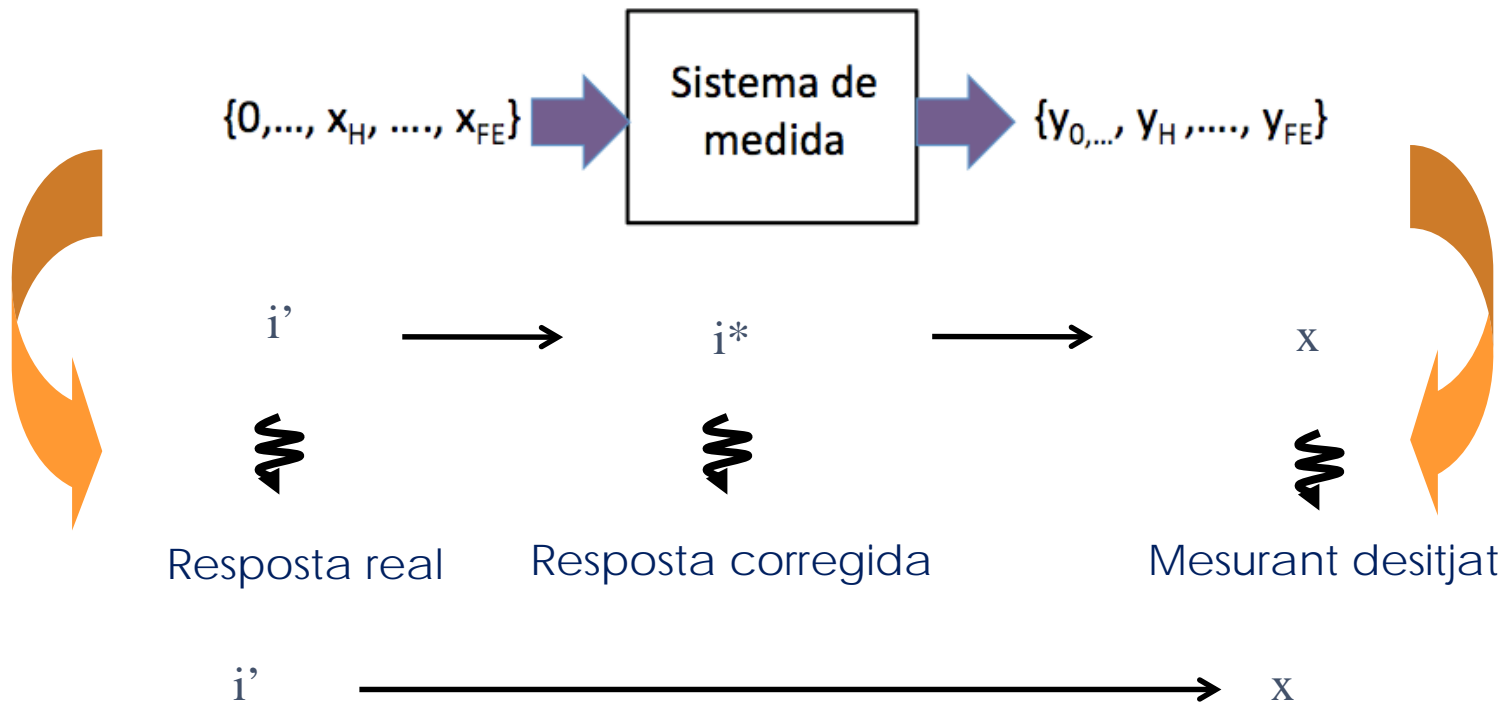


- Diferents taules o coeficients per a cada temperatura.
- Augment dels requeriments de memòria.

Reducció de l'error mitjançant calibratge intern

Calibratge digital

- La tercera alternativa consisteix en **corregir les mesures experimentals** afectades d'error a partir de la informació que proporcionen dos o més punts característics del sistema, determinats mitjançant calibratge.



Reducció de l'error mitjançant calibratge intern

Calibratge digital a dos punts

- El sistema s'ha dissenyat per tindre una característica de sortida lineal.

$$y = m \cdot x + b$$

- La característica experimental és diferent de l'esperada.

$$y' = m' \cdot x + b'$$

- És possible determinar el mesurant d'interès x a partir de la informació de dos punts (x_1, i'_1) , (x_2, i'_2) .

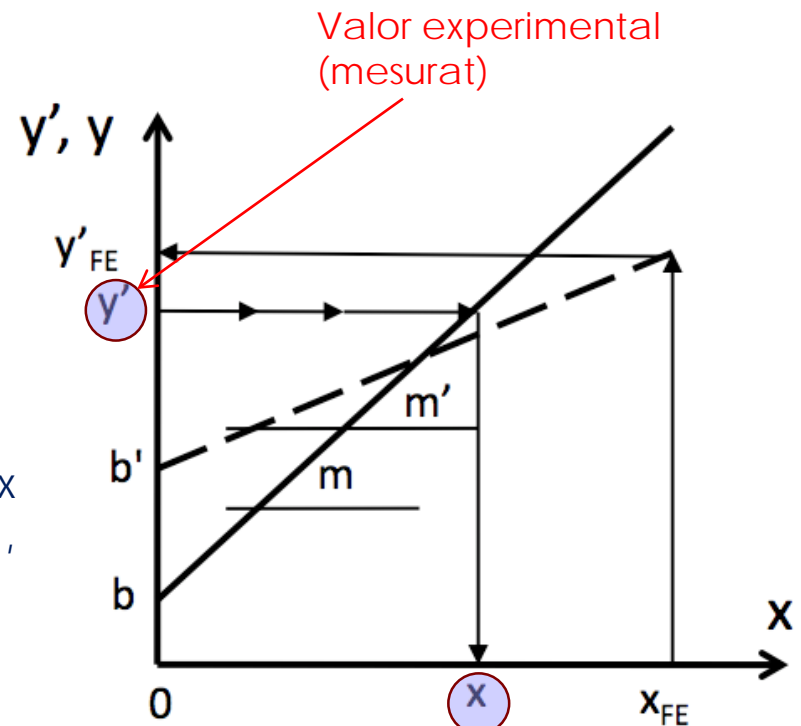
$$x = \frac{x_2 - x_1}{y'_2 - y'_1} \cdot (y' - y'_1) + x_1$$

- Per a entrada zero i fons d'escala els punts són:

$$\begin{matrix} (0, i'_0) \\ (x_{FE}, i'_{FE}) \end{matrix}$$

$$x = \frac{x_{FE}}{y'_{FE} - y'_0} \cdot (y' - y'_0)$$

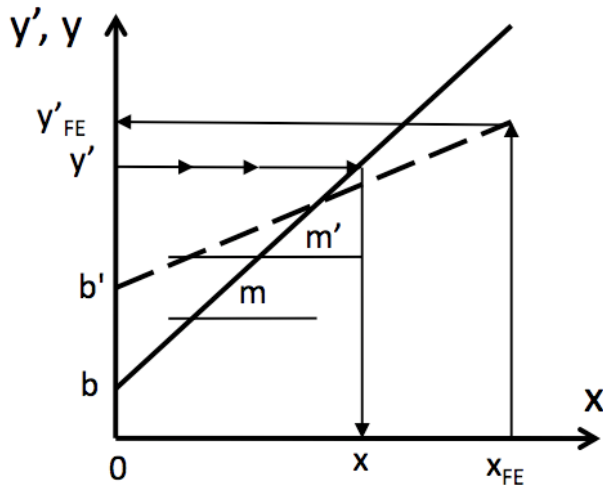
Necessària l'obtenció de l'equació de calibratge



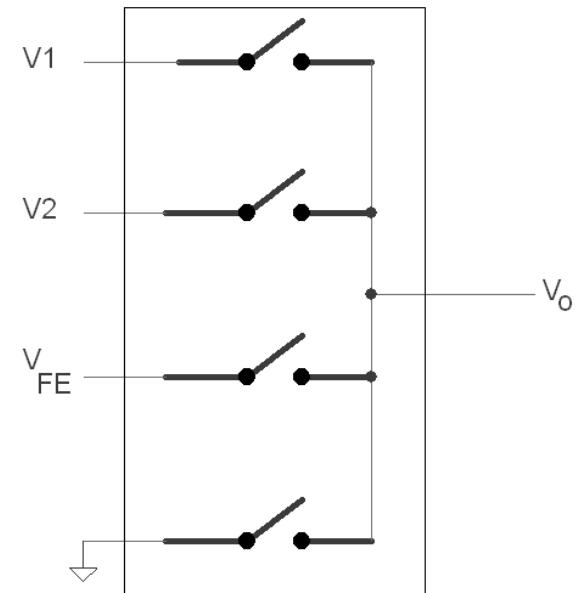
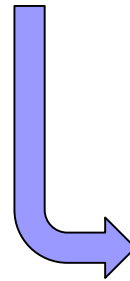
Reducció de l'error mitjançant calibratge intern

Calibratge digital a dos punts

- Es corregeixen l'**error de zero** i el de **guany** en un sistema amb resposta experimental propera a la lineal.
- Anomenat "*El mètode dels 3 senyals*": s'hi requereixen dues mesures de referència i l'actual.



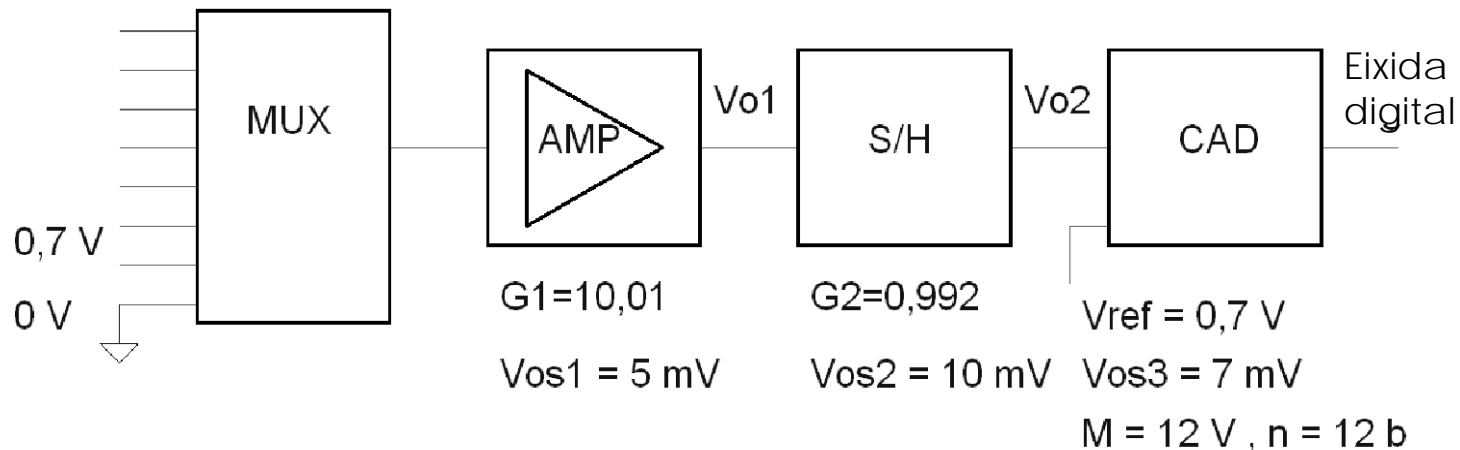
Exercici 3



Reducció de l'error mitjançant calibratge

EXERCICI 3. El circuit de la figura representa l'estructura simplificada d'un Sistema d'Adquisició de Senyals (SAS). Per corregir els errors globals de zero i de guany, una de les entrades és 0 V i una altra, una tensió de referència de 0,7 V; les lectures corresponents s'emmagatzemen perquè s'hi aplique posteriorment un algoritme de correcció. El CAD és de 12 bits, utilitza una tensió de referència de 0,7 V i el seu marge de tensió d'entrada és de 12 V. El guany nominal de l'amplificador és de 10, i la del S& H d'1. Considerant solament les fonts d'error indicades en la figura (errors de guany i de zero - tensions d'òfset referides a l'entrada-), determineu:

- L'error de zero a la sortida del convertidor.
- La sortida del convertidor quan l'entrada és de 0,7 V.
- Amb les lectures digitals dels punts de calibratge anteriors cal determinar la fórmula a aplicar (algoritme) per corregir-ne la lectura.



Reducció de l'error mitjançant calibratge intern

Calibratge digital a tres punts

- Redueix l'error, no solament en els punts inicial i final del rang d'entrada, sinó en un altre seleccionat prèviament (meitat del rang, p. ex.).

- Fonament:

1º.- Obtenció del mesurant x a partir de les mesures corregides y^* .

2º.- Aquestes s'obtenen a partir de:

les mesures reals y' + un desenvolupament en fraccions contínues de $2n$ ordre.

$$y^* = c_0 + \frac{c_1 \cdot y'}{1 + c_2 \cdot y'}$$

3º.- El desenvolupament queda determinat mitjançant els 3 punts de calibratge.

$$\begin{array}{ccc} (0, y'_0) ; (x_{EM}, y'_{EM}) ; (x_{FE}, y'_{FE}) \\ \uparrow \qquad \qquad \qquad \uparrow \qquad \qquad \qquad \uparrow \\ \text{(punt 1)} ; \text{(punt 3)} ; \text{(punt 2)} \end{array}$$

Reducció de l'error mitjançant calibratge intern

Calibratge digital a tres punts

- Determinació del desenvolupament:

1r.- Correcció de no linealitat:

Les 3 lectures corregides estan alineades $y_2^* - y_3^* = y_3^* - y_1^*$

$$c_2 = \frac{y'_2 + y'_1 - 2 \cdot y'_3}{y'_2 \cdot (y'_3 - y'_1) - y'_1 \cdot (y'_2 - y'_3)}$$

2n.- Correcció de rang:

Les lectures extremes corregides han de coincidir amb el rang real S_y

$$y_2^* - y_1^* = S_y$$

$$c_1 = \frac{(y'_2 - y'_3) \cdot (y'_3 - y'_1) \cdot (y'_2 - y'_1) \cdot S_y}{[y'_2 \cdot (y'_3 - y'_1) - y'_1 \cdot (y'_2 - y'_3)]^2}$$

Reducció de l'error mitjançant calibratge intern

Calibratge digital a tres punts

- Determinació del desenvolupament (cont.):

3r.- Correcció de zero:

La lectura corregida ha de ser l'ordenada en l'origen esperat



$$y_1^* = b$$



$$c_0 = b - \frac{c_1 \cdot y'_1}{1 + c_2 \cdot y'_1} = b - \frac{y'_1 \cdot (y'_2 - y'_3) \cdot S_y}{y'_2 \cdot (y'_3 - y'_1) - y'_1 \cdot (y'_2 - y'_3)}$$

- Avantatge: les 3 correccions (**no linealitat, guany i zero**) estan separades recacular solament algun dels coeficients si fóra necessari (zero, p. ex.).
- Mètode emprat també per a linealitzar sensors.

Reducció de l'error mitjançant calibratge

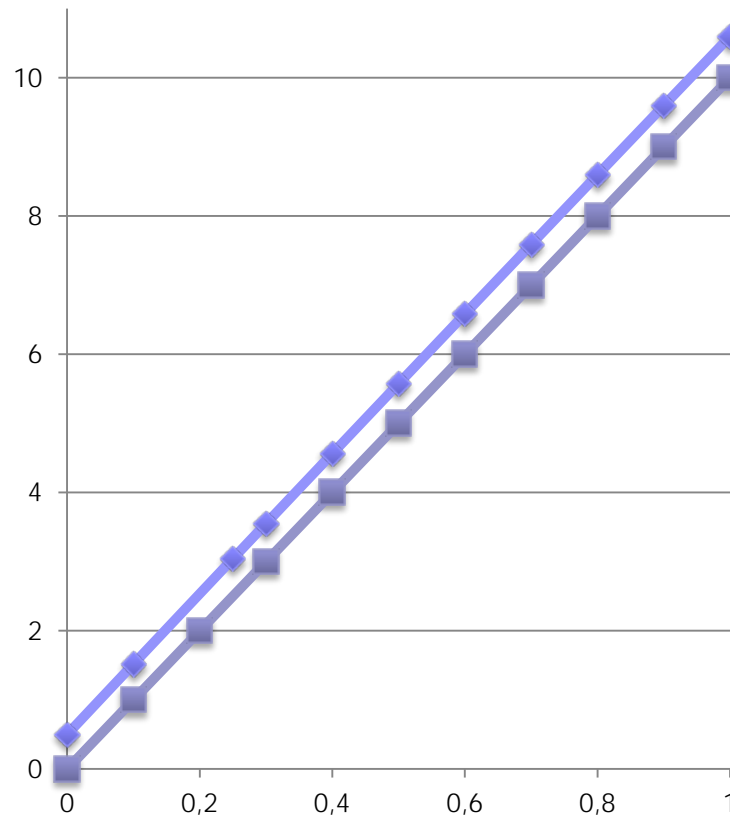
EXERCICI 9. Considerant un sistema amb característica de transferència que és $y=10x$, per a $x(0,1)$. No obstant això, la seua característica real (en principi, desconeguda) és $y=-0,1X^2+10,2x+0,5$. Calculeu l'error comès per a $x=0,25$ i $x=0,5$ quan el sistema es calibra mitjançant el mètode dels tres punts considerats com a $x=0$, $x=0,5$ i $x=1$.

IDEAL

X	I
0	0
0,1	1
0,2	2
0,3	3
0,4	4
0,5	5
0,6	6
0,7	7
0,8	8
0,9	9
1	10

REAL

X	I
0	0,5
0,1	1,519
0,25	3,043
0,3	3,551
0,4	4,564
0,5	5,575
0,6	6,584
0,7	7,591
0,8	8,596
0,9	9,599
1	10,6

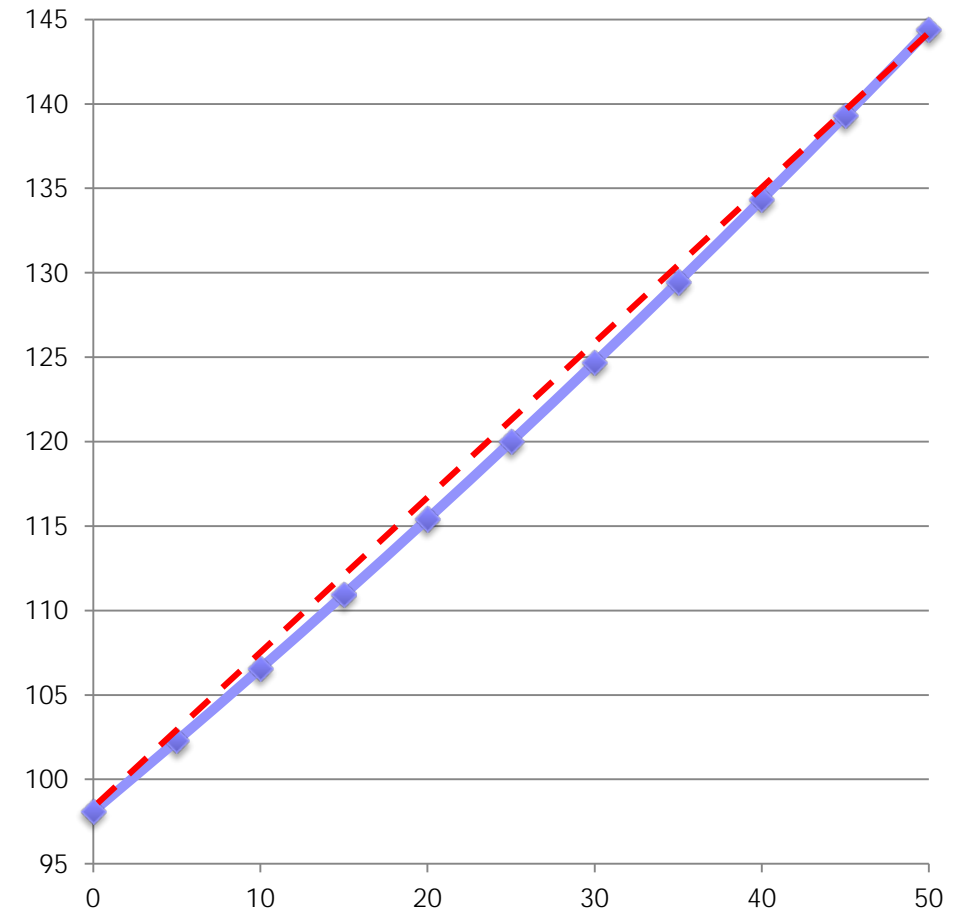


Mètodes de calibratge:

- Ajust per mínims quadrats
- Dos punts
- Tres punts

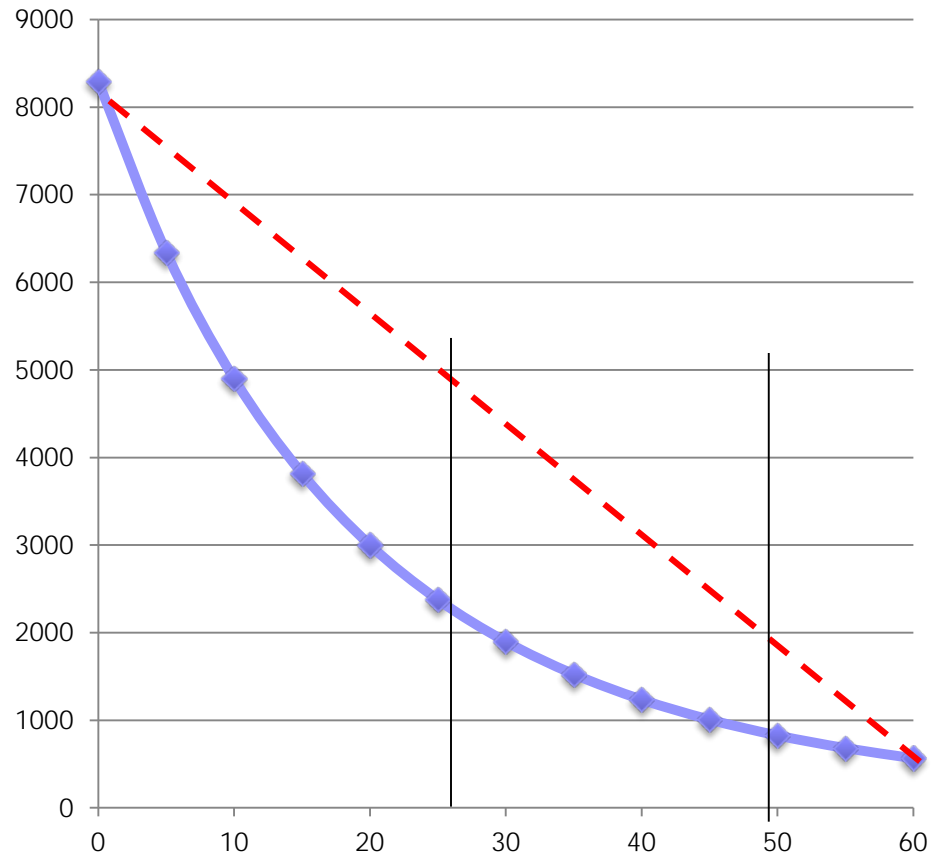
Reducció de l'error mitjançant calibratge

EXERCICI 10. Es disposa d'un sensor de temperatura de silici, la resistència del qual en el marge de 0 °C a 50 °C es pot modelar com a $R(T) = 120 [(T + 273,15)/298,15]^{2,3}$. Interpoleu la lectura de $R(T)$ en el rang especificat de manera que la lectura de T es pugui determinar segons una recta.



Reducció de l'error mitjançant calibratge

EXERCICI 11. Es disposa d'un termistor que treballa en el marge de 0 °C a 60 °C, la resistència del qual pot modelar-se com a $R(T)=2377\exp[4070(1/(T+273,15)-1/298.15)]$. Determineu la fórmula per corregir les lectures i d'aquesta manera poder-les interpretar segons una recta.



- Obteniu l'error relatiu en l'amplificador inversor de la figura 1 quan es tenen en compte la tolerància de les resistències i la tensió de desequilibri (òfset) de l'amplificador operacional.
- Dissenyau i estimeu els errors d'amplitud en l'amplificador de la figura 2 per mesurar temperatura de 0 °C a 450 °C procedent d'un termoparell la sensibilitat del qual és de 55,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

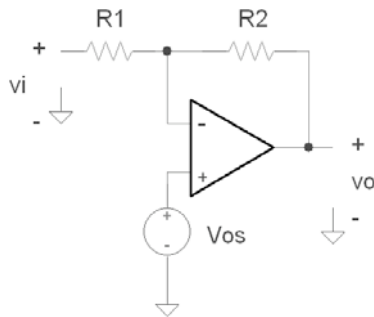


Figura 1

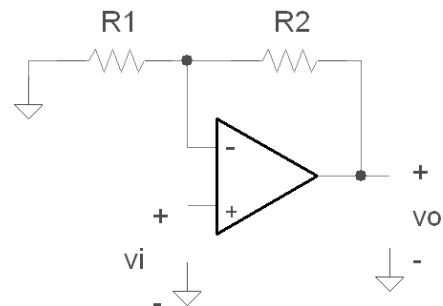


Figura 2

- Quants bits haurà de tenir el CAD posterior a l'amplificador si el seu marge d'entrada és de 0 V a 5 V i es desitja una resolució de 0,1 °C?.
 - Si s'utilitzen resistències amb una tolerància del 0,01 %, quin seria l'error relatiu màxim de guany?.
 - Si l'amplificador operacional utilitzat té associat un corrent màxim de polarització de 100 pA, dissenyau R1 i R2 perquè l'error ocasionat siga inferior a l'error de quantificació màxim del CAD.
- El circuit de la figura 3 representa l'estructura simplificada d'un Sistema d'Adquisició de Senyals (SAS). Per corregir els errors globals de zero i de guany, una de les entrades és 0 V i una altra, una tensió de referència de 0,7 V. Les lectures corresponents s'emmagatzemen per a l'aplicació posterior d'un algoritme de correcció. El CAD és de 12 bits, utilitza una tensió de referència de 0,7 V i el seu marge de tensió d'entrada és de 12 V. El guany nominal de l'amplificador és de 10, i la del S&H d'1. Considerant solament les fonts d'error indicades en la figura (errors de guany i de zero -tensions d'òfset referides a l'entrada-), determineu:
 - L'error de zero a la sortida del convertidor.
 - La sortida del convertidor quan l'entrada és de 0,7 V.
 - Amb les lectures digitals dels anteriors punts de calibratge, determineu la fórmula a aplicar (algoritme) per corregir-ne la lectura.

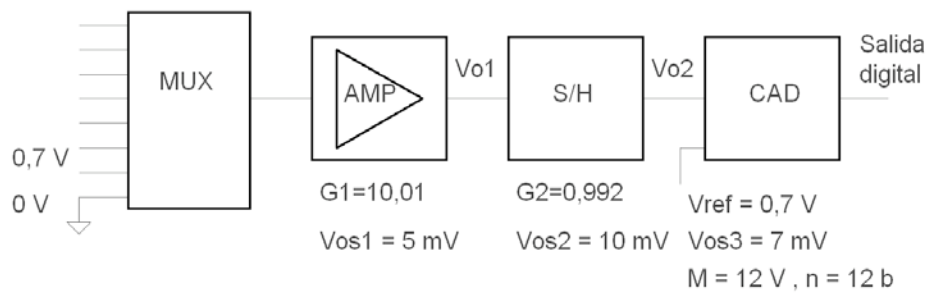


Figura 3

- 4- En el SAS de la figura 4 la font de senyal té impedància de sortida menyspreable; el multiplexor té $R_{ON} = 250 \Omega$ i uns corrents de pèrdues menyspreables comparades amb les de polarització de l'amplificador, que són de 50 nA ; l'amplificador té una tensió d'òfset de 3 mV i un guany de 100 ; el filtre té una tensió d'òfset de 5 mV ; i l'amplificador S&H té un error de zero total de 2 mV . Si el CAD té un marge d'entrada de 10 V i la seva resolució és de 12 bits, quina és la resolució efectiva disponible per al senyal?

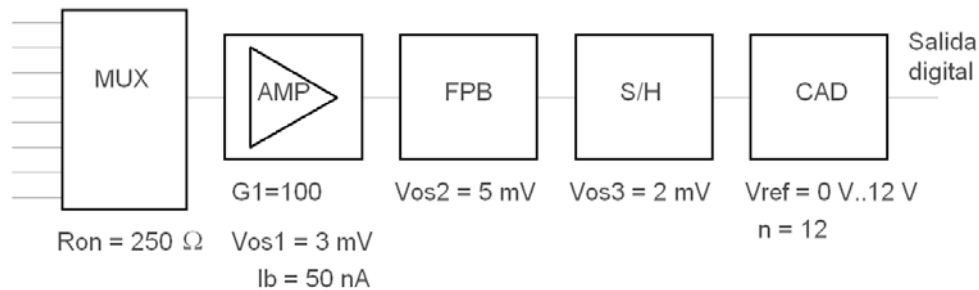


Figura 4

- 5.- Els valors extrems de la tensió arterial en el braç d'una persona són 50 mmHg i 200 mmHg . Si es desitja obtenir una resolució de 3 mmHg i es disposa d'un sensor de pressió MPX50 (*Freescale*) que té un rang de mesura de 0 kPa a 50 kPa , i una sortida a fons d'escala de 60 mV , quants bits ha de tenir el CAD que s'utilitza per adquirir la resposta del sistema de mesura? Per realitzar l'adquisició correctament s'utilitza una etapa amplificadora, quines funcions ha de realitzar aquesta etapa amplificadora si la seva sortida es porta a un CAD el rang d'entrada del qual és de 0 V a 1 V ? ($1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa}$).
- 6.- L'AD592CN és un sensor de temperatura que es pot modelar com una font de corrent amb una sensibilitat d' $1 \mu\text{A/K}$ i que a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ dona aproximadament $273 \mu\text{A}$. Per mesurar una temperatura de $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ amb una resolució de $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$, es connecta el sensor a una resistència d' $1 \text{ K}\Omega$; la caiguda de tensió en aquesta s'amplifica i es connecta a un convertidor A/D (CAD). Es demana:
- Quants bits haurà de tenir el CAD?
 - Si el rang d'entrada del CAD és de 0 V a $3,3 \text{ V}$, quin és el guany necessari en l'amplificador?
 - Quina altra funció serà necessària abans de la conversió A/D? Quantifiquem-la.
 - Quant ha de valdre com a mínim la resistència d'entrada de l'amplificador perquè l'efecte de càrrega degut a aquesta resistència siga inferior a una vuitena part de la incertesa deguda a la quantificació?
- 7.- Una determinada RTD de níquel té, a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, un coeficient de temperatura de $0,672\%/K$ i una resistència de 120Ω , i està connectada mitjançant dos fils de coure la resistència aproximada del qual és $33,86 \Omega/\text{Km}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Si el coeficient de temperatura del coure a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ és de $0,00427 \Omega/\Omega/K$ i la temperatura ambient, els canvis de la qual afecten els fils de coure, pot anar de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ fins a $45 \text{ }^\circ\text{C}$, quina és la màxima distància de mesura perquè el canvi de temperatura ambient no provoqui una desviació major de $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$?. El sensor es comporta segons l'equació $R=R_0[1+\alpha(T-0^\circ\text{C})]$

- 8.- Suposem que en el SAS de la figura 4 anterior els errors de zero s'han ajustat a 25 °C, de manera que ara les úniques fonts d'error que poden considerar-se apreciables són les ocasionades per les derives tèrmiques (se suposen menyspreables les produïdes per efecte de càrrega). Es considera una $R_{ON} = 250 \Omega$ per al multiplexor, unes derives per a l'amplificador d' I_B (a 25 °C) = 50 pA/°C, de V_{os} (a 25 °C) = 50 μ V/°C amb un guany de 100; per al filtre de V_{os} (a 25 °C) = 50 μ V/°C i per al S&H unes derives de V_{os} (a 25 °C) = 20 μ V/°C. Si el CAD utilitzat és el del problema anterior, quina és la resolució efectiva disponible per al senyal si el sistema aconsegueix els 55 °C?
- 9.- Considereu un sistema la característica ideal de transferència del qual és $y=10x$ per a $0 \leq x \leq 1$. No obstant això, la seua característica real (en principi, desconeguda) és $y=-0,1 \cdot x^2 + 10,2 \cdot x + 0,5$. Calculeu l'error comès per a $x=0,25$ i $x=0,5$ quan el sistema és calibrat mitjançant el mètode dels tres punts considerats com a $x=0$, $x=0,5$ i $x=1$.
- 10.- Es disposa d'un sensor de temperatura de silici, la resistència del qual en el marge de 0 °C a 50 °C es pot modelar com a $R(T) = 120 [(T + 273,15)/298,15]^{2,3}$. Obteniu l'expressió de la recta en el rang especificat de manera que la lectura de T es pugui determinar segons una recta. Obteniu l'error que es produeix en la interpretació de la temperatura, que és de 25 °C i 35 °C.
- 11.- Es disposa d'un termistor la resistència del qual pot modelar-se, en el marge de 0 °C a 60 °C, com a $R(T)=2377\exp[4070(1/(T+273,15)-1/298,15)]$. Determineu l'expressió per corregir-ne les lectures i poder-les interpretar segons una recta.

Tema 5:

Sistemes d'instrumentació

- 5.1. Introducció
- 5.2. Arquitectura d'un sistema d'instrumentació:
 - Maquinari
 - Programari
- 5.3. Instrument virtual
- 5.4. Busos de comunicació d'un ordinador
- 5.5. Control d'equips mitjançant el bus GPIB
- 5.6. Busos de comunicació RS232 i USB.

Referències:

- [1] M.A. Pérez, J. C. Álvarez, JC Camp, F.J. Ferrero, G. J. Grill: "Instrumentació electrònica". Ed. Thomson, 2004
- [2] Ramírez, D., Casans, S., Navarro, A. I., Salazar, A., "Sistemes d'instrumentació i mesura distribuïts I (i II)", Món Electrònic, Juny 2003, nº 343, pàg.38-42.
- [3] L. Leija: "Mètodes de processament avançat i intel·ligència artificial en sistemes sensors i biosensors".Ed. Reverté, 2009.

Tema 5:

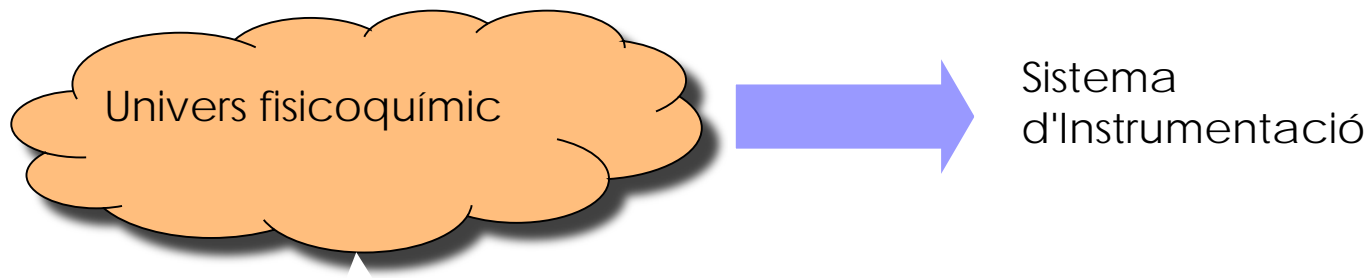
Sistemes d'instrumentació

Objectius específics

1. Conèixer les especificacions tècniques dels sistemes d'interconnexió més comunes (GPIB, RS-232 i USB).
2. Conèixer el concepte d'instrument virtual i els diferents tipus de busos d'interconnexió.
3. Desenvolupar un instrument virtual aplicat al test i mesura amb unes determinades especificacions tècniques.

5.1. Introducció: Concepte

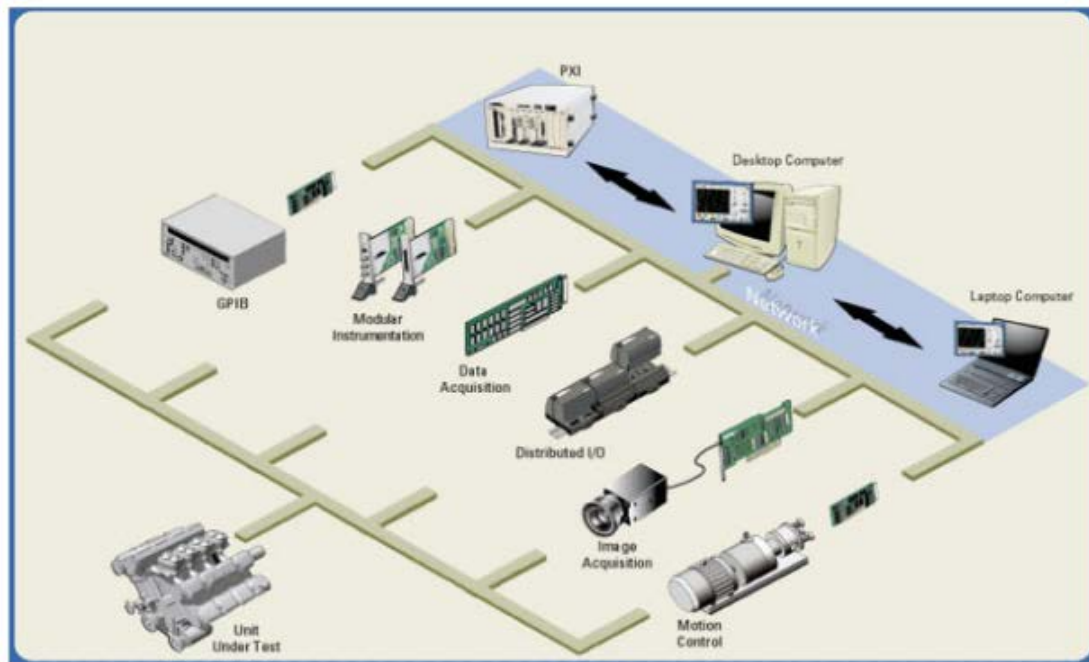
- Un **sistema d'instrumentació** és un **conjunt de subsistemes de naturalesa electrònica** la funció de la qual és la realització de mesures mitjançant l'aplicació de tècniques de processament electrònic. La seua finalitat és la d'obtenir cert grau d'informació o coneixement d'un entorn de caràcter físic, químic, elèctric, etc.



- La separació física dels subsistemes que constitueixen el sistema d'instrumentació entre si mitjançant un o diferents tipus de connexió dona lloc a un **sistema de mesura local o distribuït**.

5.1. Introducció: Tipus de senyals

Senyal: qualsevol pertorbació que ens proporciona informació sobre un sistema (moviment mecànic, so, emissió de llum, pressió...).



Transductor
(termoparells, micròfons, RTD...)

Tipus de senyals?

Adquisició dades

Sistema d'instrumentació

Senyals

Digitals

Analògics

{ on/off
Tren de polsos

{ DC
Domini del temps
Domini de la freqüència

5.1. Introducció: Classificació dels senyals

Digitals

On/off: la informació està continguda en l'estat digital del senyal; estat alt (on) i estat baix (off). Es necessita un detector de nivell per extreure'n la informació.



Tren de polsos: consisteix en una sèrie de transicions en el temps. La informació està continguda en el nombre de transicions que s'hi produeixen, el temps entre transicions, el nivell o la relació del temps entre transicions. P ex. un *encoder* muntat en l'eix d'un motor.



5.1. Introducció: Classificació dels senyals

Analògiques

DC: aquelles que es mantenen constants en el temps o varien molt lentament amb el temps. La informació es troba en el nivell del senyal. És necessari un ADC per tractar la informació des del PC. P ex. temperatura, pressió, nivell del líquid en un dipòsit...



Domini del temps: la informació no està només continguda en el nivell sinó també en la manera en què aquest varia amb el temps. Interessa mesurar diferents paràmetres del senyal (pendent, valor de bec...). Es necessita un ADC amb un senyal de *trigger* per a adquirir la porció del senyal desitjat. P ex. ECG, pressió arterial, senyals de vídeo, anàlisis de motors...

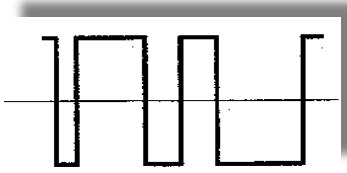


5.1. Introducció: Classificació dels senyals

Domini de la freqüència: la informació està continguda en el nivell de variació del senyal amb el temps. Però el que se n'extrau és el contingut freqüencial. Es necessita un ADC amb senyal de *trigger* i un rellotge. P ex. anàlisi acústica, de veu, anàlisi de vibracions, funcions de transferència...



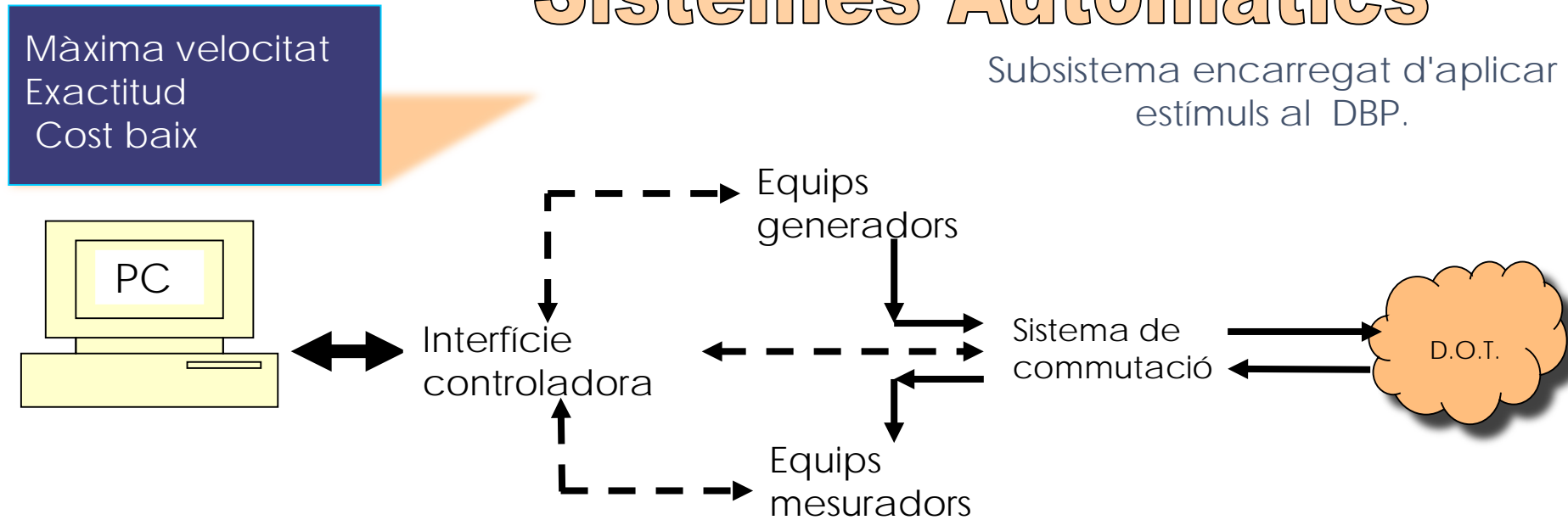
Classificació no excloent

- 
- Mesura de nivell digital
 - Mesura del període i cicle de treball
 - Mesura de valors analògics en determinats moments
 - Mesura dels temps de pujada i baixada, temps d'establiment
 - Mesura dels continguts freqüencials que té

5.1. Introducció: Objectius

Sistemes Automàtics

Subsistema encarregat d'aplicar estímuls al DBP.



Anàlisi de defectes: les mesures realitzades es comparen amb un conjunt de mesures patró.

Mesura de paràmetres: obté els paràmetres característics d'un DBP.

Proves funcionals: determinen si el DBP exerceix la funció per a la qual va ser dissenyat, és el més complex.

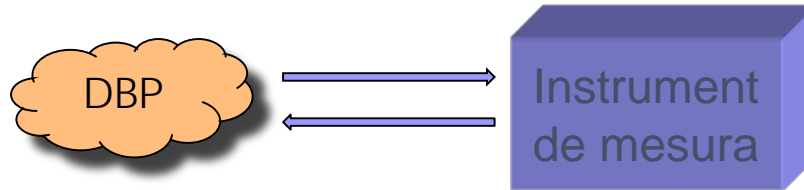
Evolució dels sistemes d'instrumentació...

Evolució dels sistemes de mesura

Diferents configuracions de sistemes de mesura.

□

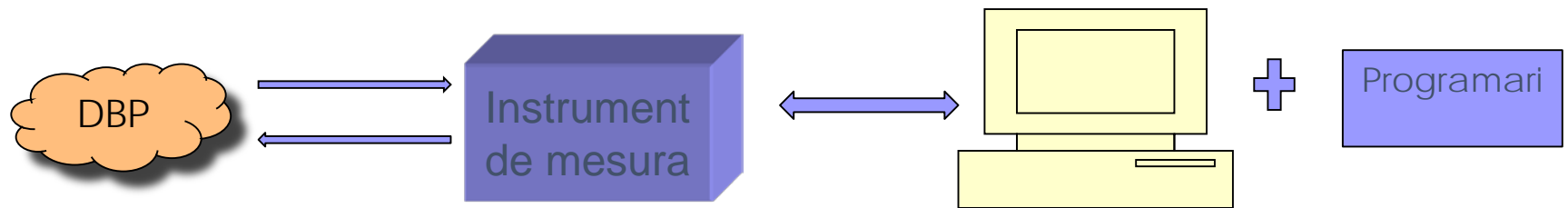
Instruments independents



□

Instruments de mesura connectats a PC (anys 70): mitjançant busos IEEE i RS-232

Comunicació



Actualment els instruments d'última tecnologia inclouen comunicacions com: Ethernet, USB...i noves interfícies que puguen anar apareixent.

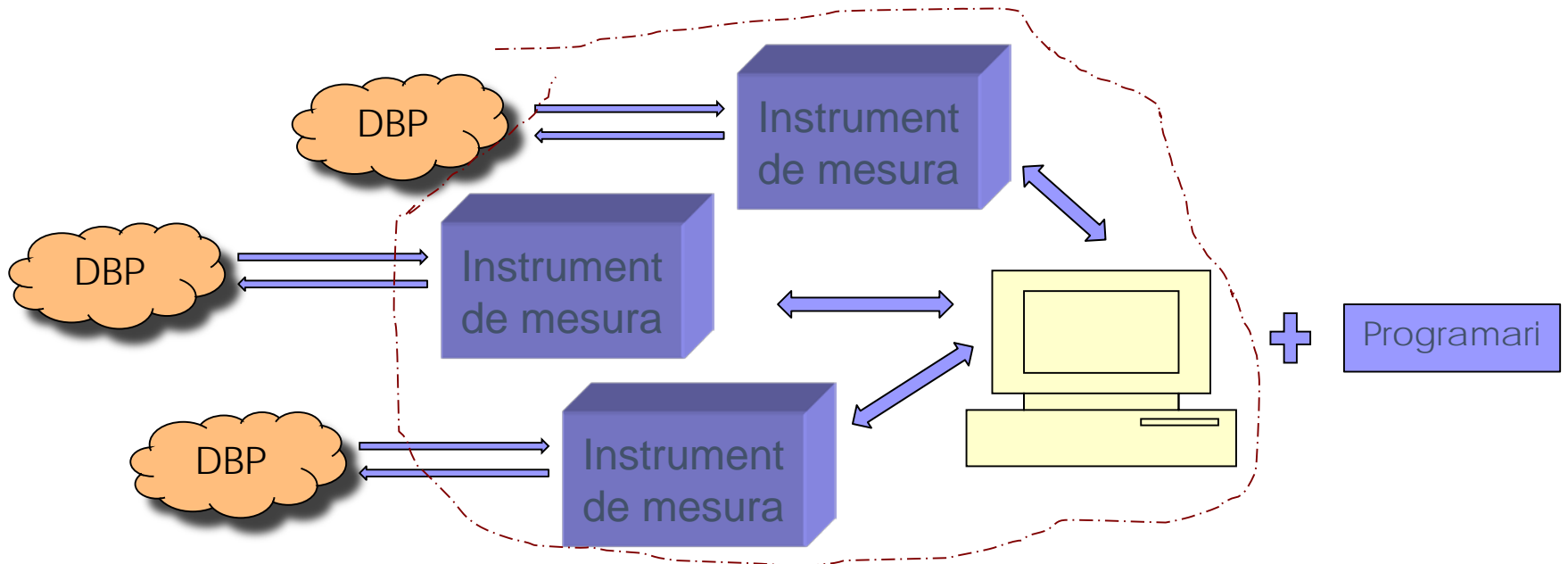
L'ordinador, en els anys 70, es limitava a emmagatzemar dades, no millorava la seua precisió ni exactitud de les dades mesurades.

Evolució dels sistemes de mesura

Diferents configuracions de sistemes de mesura.



Sistemes d'Adquisició de Dades (SAD) basats en PC (anys 80).

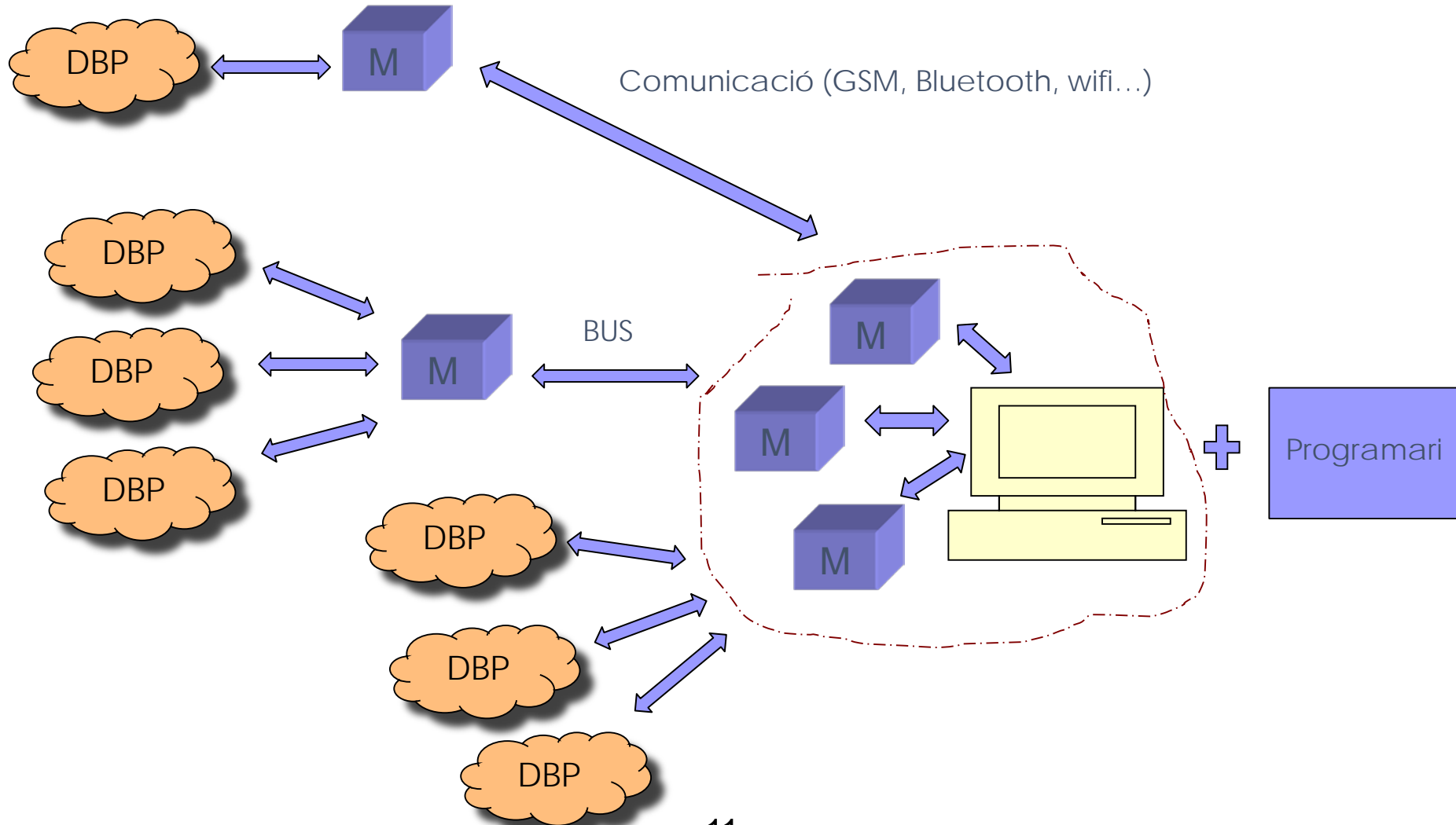


Els instruments de mesura poden incorporar-se al PC, la qual cosa implica un gran augment de la velocitat en aplicacions que requereixen:

- Mesures en temps real.
- Avaluacions dinàmiques.
- Control d'aplicacions.
- Sistemes comptadors d'alt rang i alta velocitat.

Evolució dels sistemes de mesura

Sistemes d'adquisició actuals.



5.1. Introducció: Criteris de disseny

Sistema de test i mesura
Adquisició de dades

- Nivell d'interacció amb l'usuari.
- Selecció d'instruments, targetes internes/externes...
- PC (programar l'equip de test, processar i emmagatzemar dades)
- Utilització de microprocessadors, DSP... en lloc d'ordinadors

Maquinari de control i
adquisició de dades

Característiques sistema

- Funcionalitat
- Nombre de canals
- Velocitat
- Resolució
- Precisió
- Cost...

Elecció

- Instruments discrets.
- Targetes d'adquisició internes.
- Targetes d'adquisició externes.
- Sistemes d'adquisició híbrids.
- Control i adquisició en temps real.

Programari

Característiques sistema

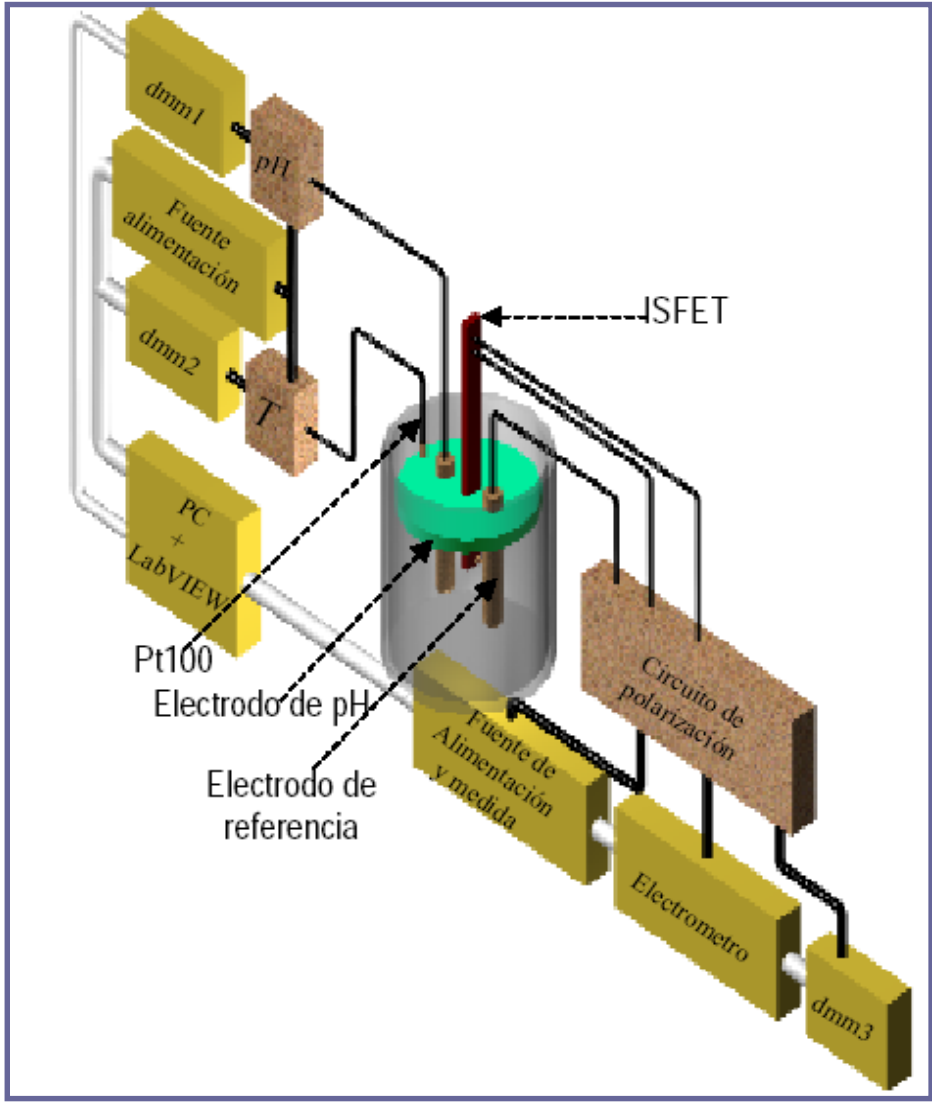
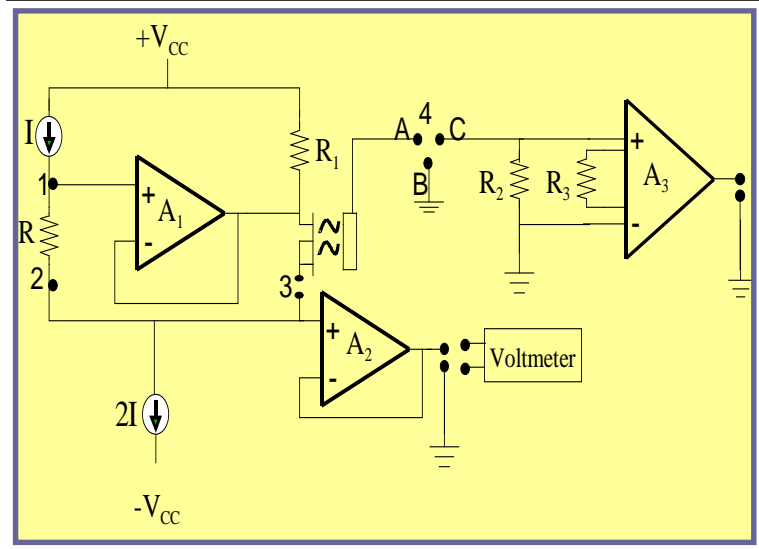
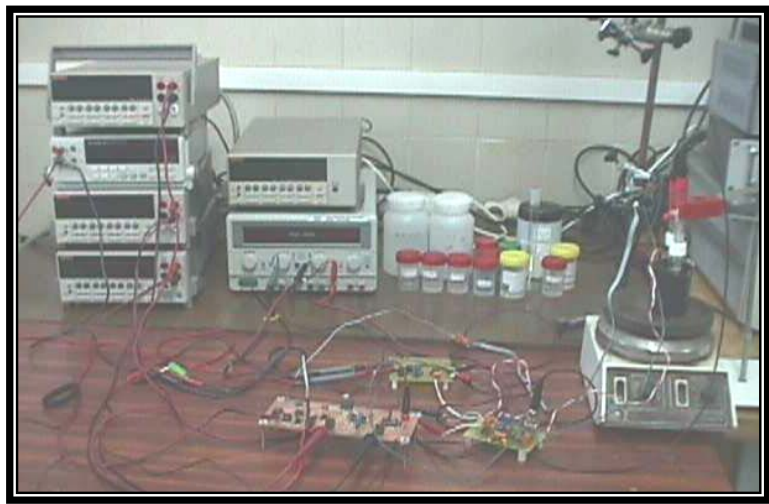
- Cost
- Nivell de control
- Velocitat de processament

Elecció

- LabVIEW, VEE
- LabWindows
- Visual basic, Visual C...

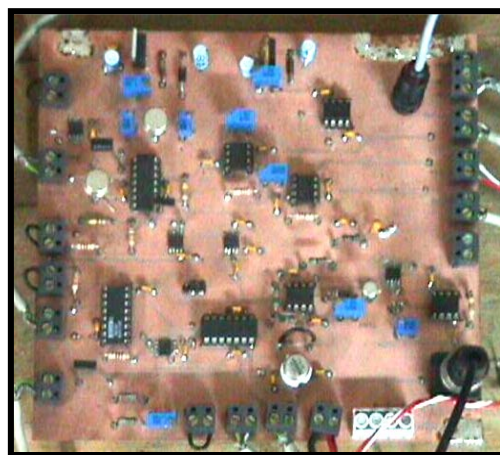
5.1. Introducció: Sistema d'instrumentació aplicat a la caracterització de sensors ISFET

Prototip 1

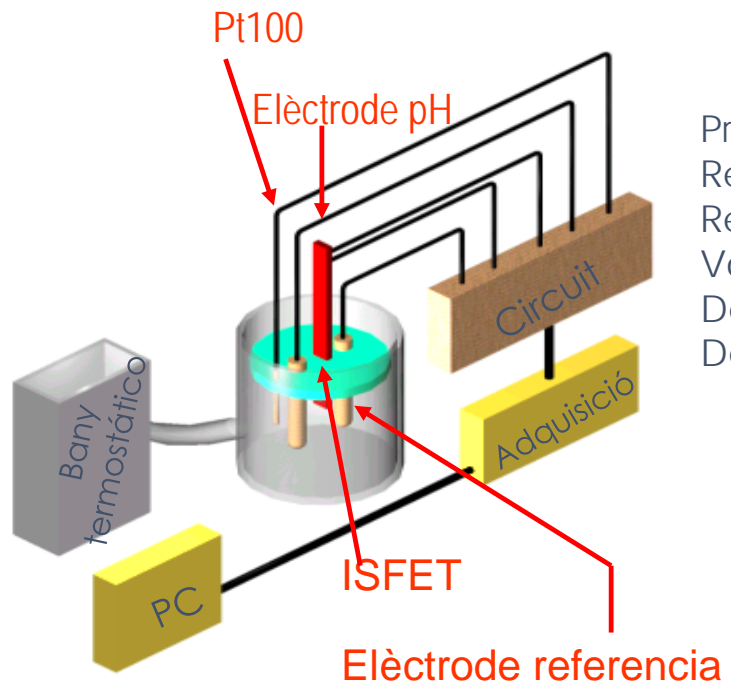


5.1. Introducció: Sistema d'instrumentació aplicat a la caracterització de sensors ISFET

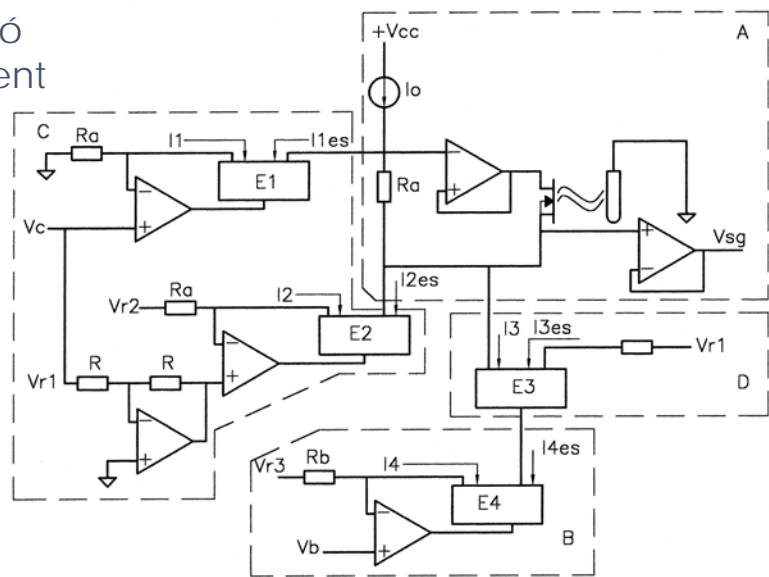
Prototip 2



- Elèctrode de pH
- Sonda Pt100
- ISFET



Precisió resistències
 Referències de tensió
 Referències de corrent
 V_{os} , I_P , I_n
 Derives tèrmiques
 Derives temporals



Instruments virtuals en sistemes de mesura distribuïts: Monitoratge agrícola

Paràmetres a sensor:

Direcció vent
Velocitat vent
T aire
H aire



RS-485

Ethernet
Bluetooth (PDA)
RS232 (PC)
LCD



40 electrovàlvules(sectors)

Estació base

Mesura de pH

1 2 3
Dipòsits adob

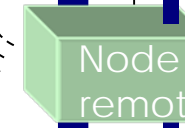
Paràmetres a censar:

Adreça vent
Velocitat vent
T aire
H aire
H terra
Nivell bateria



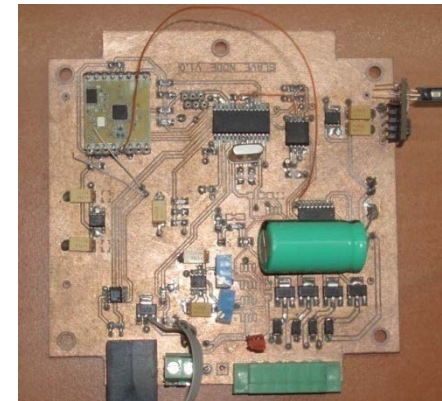
Paràmetres a sensor:

Adreça vent
Velocitat vent
T aire
H aire
H terra
Nivell bateria

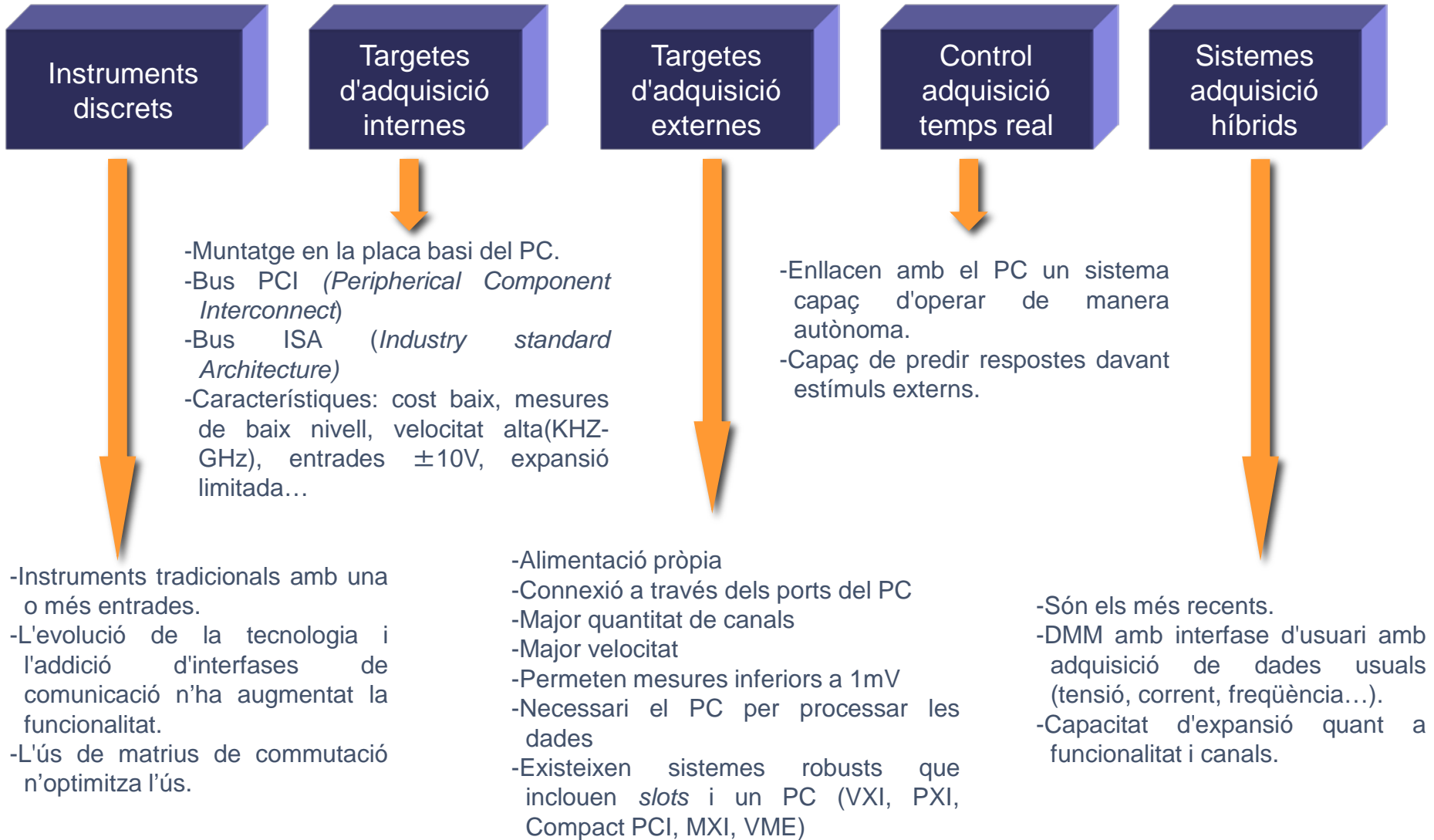


Opcions de programació

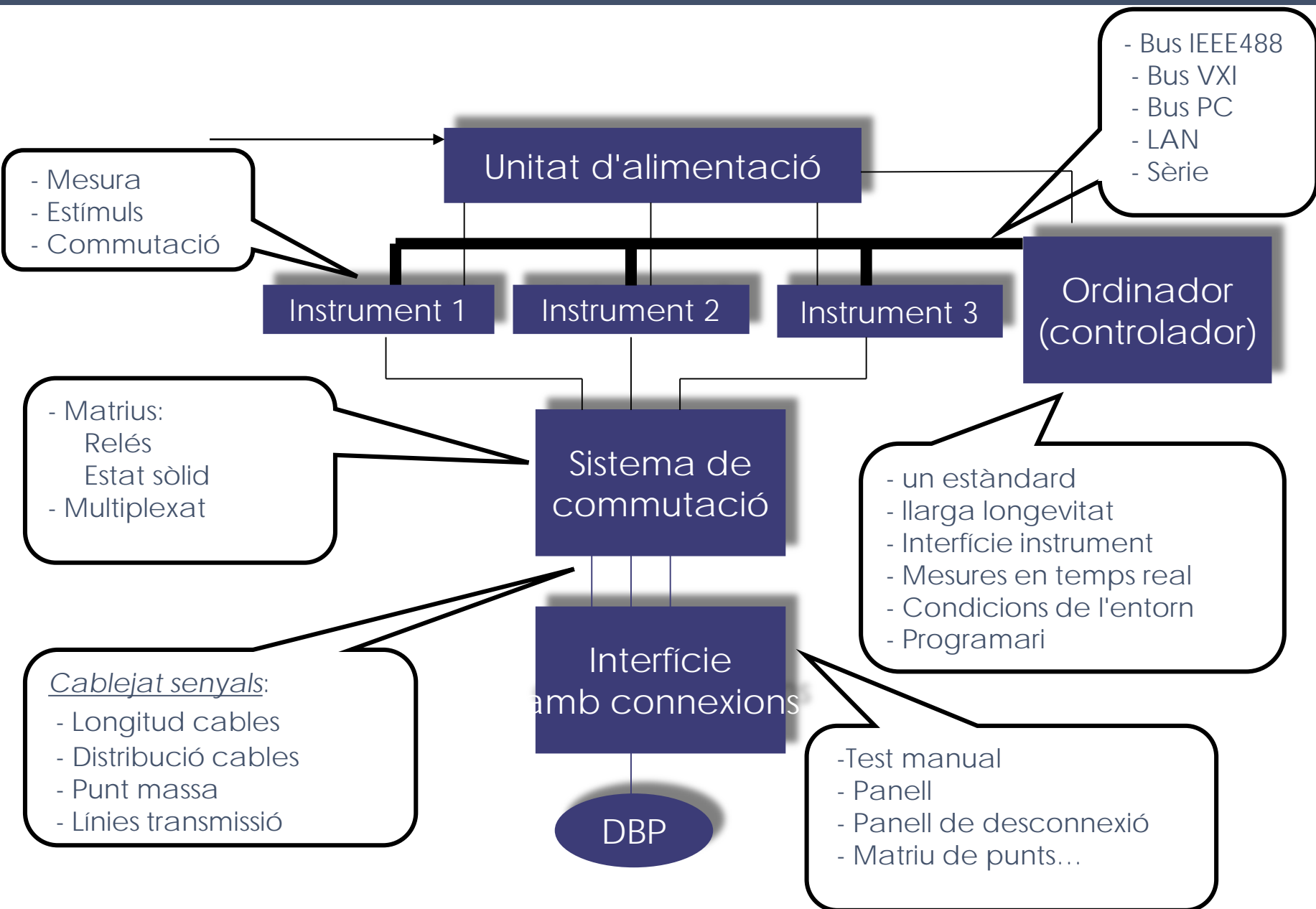
Programació manual
Programació automàtica (10 programes/sector)
Modificació identificadors
Emmagatzematge de dades
Visualització dades



5.1. Introducció: Elecció del maquinari



5.2. Arquitectura d'un sistema d'instrumentació: Maquinari



5.2. Arquitectura d'un sistema d'instrumentació: Maquinari

ordinador (PC)

En el moment de seleccionar un ordinador per a controlar un sistema d'instrumentació han de considerar-se diversos factors que influiran en la decisió. Ha de seleccionar-se un ordinador tan estàndard com siga possible a fi de disposar de les màximes eines programari, d'assistència tècnica i d'ampliació possibles. A més, el pas del temps ha de permetre que, en canviar l'ordinador, el programari destinat al sistema d'instrumentació siga portable o admeta canvis mínims.

Equips de mesura

Són les eines de captació dels senyals d'interès i els centres de generació de mesures.

Poden ser equips manufacturats per fabricants o ben dissenyats per a un propòsit específic.

Es divideixen en dues categories:

- Els que realitzen pròpiament les mesures (recullen la resposta de l'entorn d'interès enfront d'una acció o estímul extern),
- Els que generen estímuls sobre l'entorn o sistema i els equips de mesura controlats per ordinador poden ser des d'aquells que tenen capacitats més simples (per exemple per a elèctrodes de pH, conductivitat o termòmetres) fins a equips avançats de mesura i processament com poden ser els equips d'anàlisi de proteïnes o cromatògrafs, per exemple.

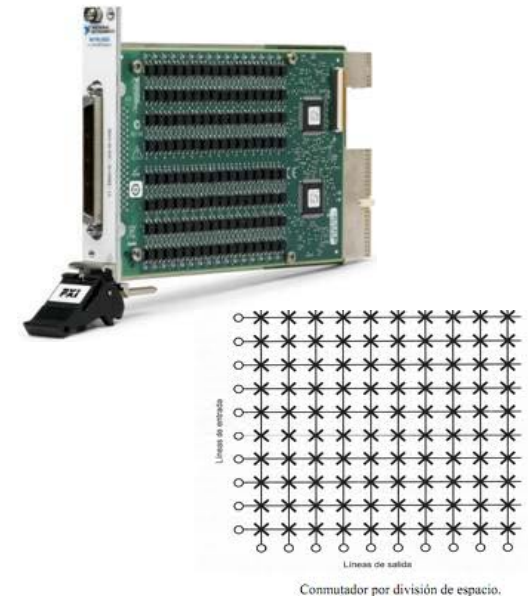
5.2. Arquitectura d'un sistema d'instrumentació: Maquinari

Interfície ordinador/equip

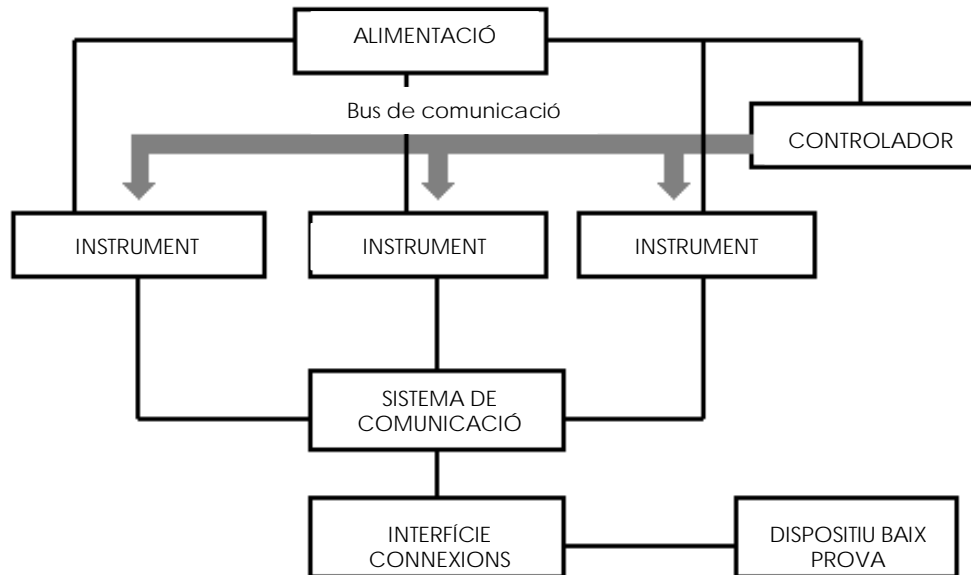
- La unitat de processament estarà dotada d'interfícies digitals per a una adquisició i control local (interfícies RS-232, IEEE-488, SPI, I2C, etc.) o d'interfícies analògiques (targetes d'adquisició analògiques, bucles 4-20 dt). Si la posició és remota, llavors les interfícies que suportarà han de ser del tipus de targetes Ethernet per a aplicacions en "wide area networks", o interfícies per a busos de camp (CAN, *Fieldbus*, *Profibus*) en entorns industrials. Si es tracta de configurar una xarxa d'àrea local sense cables (WLAN), el sistema processador local controlarà una interfície pròpia d'aquesta tecnologia (mòdul transceptor i antena).

Sistema de commutació

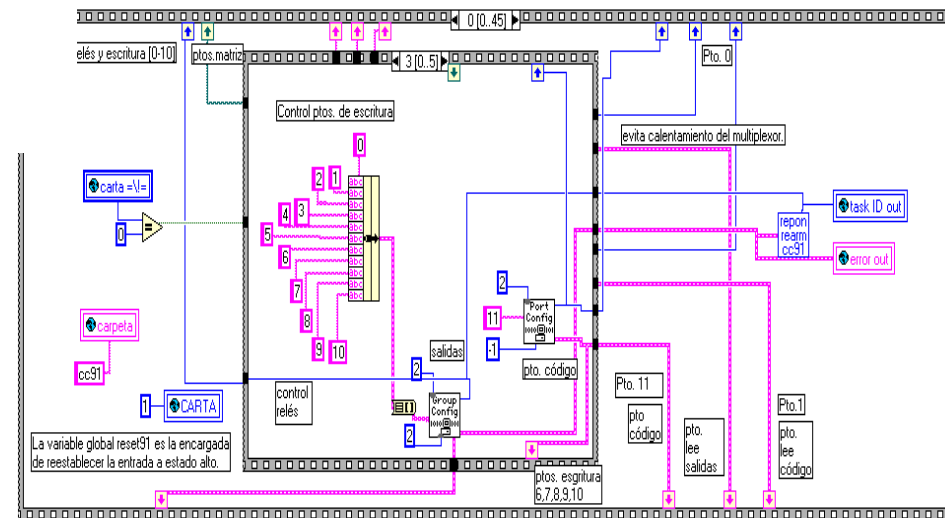
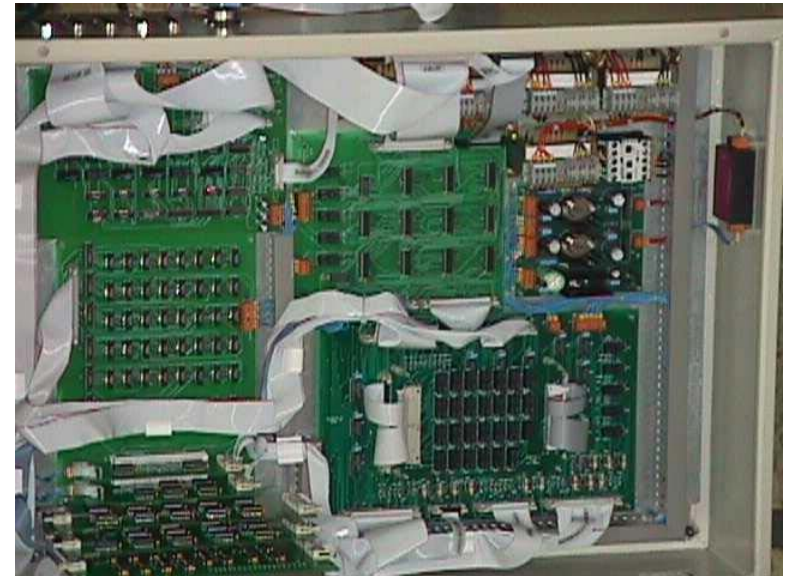
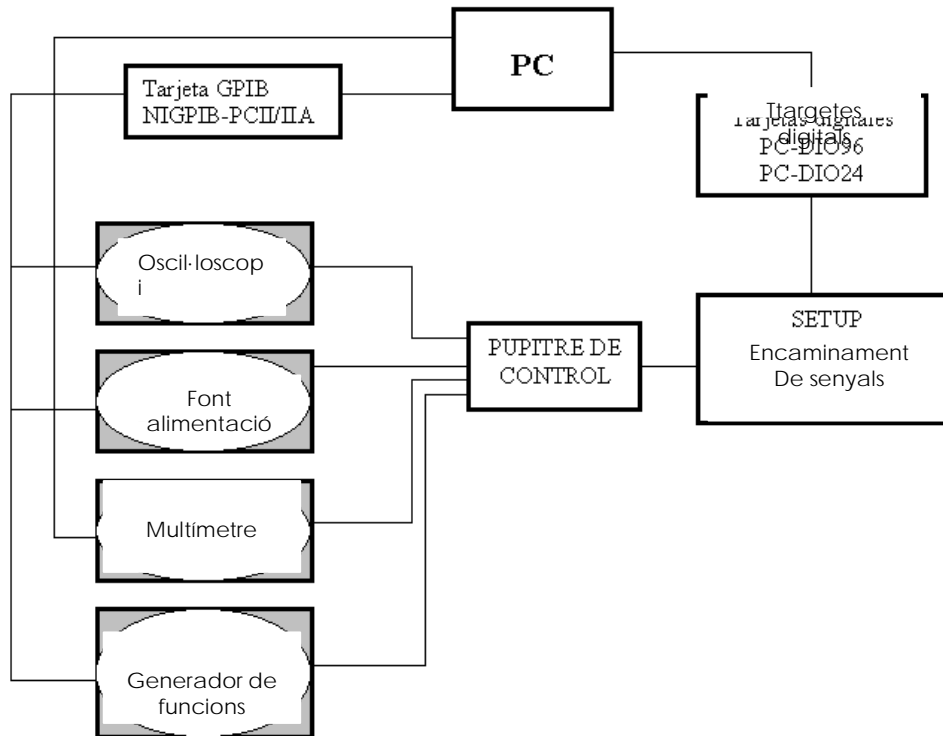
- És un component maquinari que estableix connexions controlades entre els equips de mesura, els equips generadors d'estímuls i el dispositiu sota prova. Està format per un conjunt d'interruptors controlats per senyals lògics i és d'ús estès en els anomenats sistemes de test i caracterització.



Exemple: Sistema d'instrumentació aplicat a proves funcionals



Exemple: Sistema d'instrumentació aplicat a proves funcionals



5.2. Arquitectura d'un sistema d'instrumentació: Programari

Programari

Test d'execució
Programa de test i test de diagnòstic
<i>Drivers</i> de control dels instruments
<i>Drivers</i> del bus d'interconnexió amb els instruments
Sistema operatiu

Maquinari

Maquinari de l'ordinador
Maquinari del bus d'interconnexió amb els instruments
Instruments
Dispositiu sota prova
Operador de test

Sistema operatiu: controla la capa maquinari de l'ordinador.

Drivers del bus d'interconnexió: controla el maquinari del bus d'interconnexió amb els instruments.

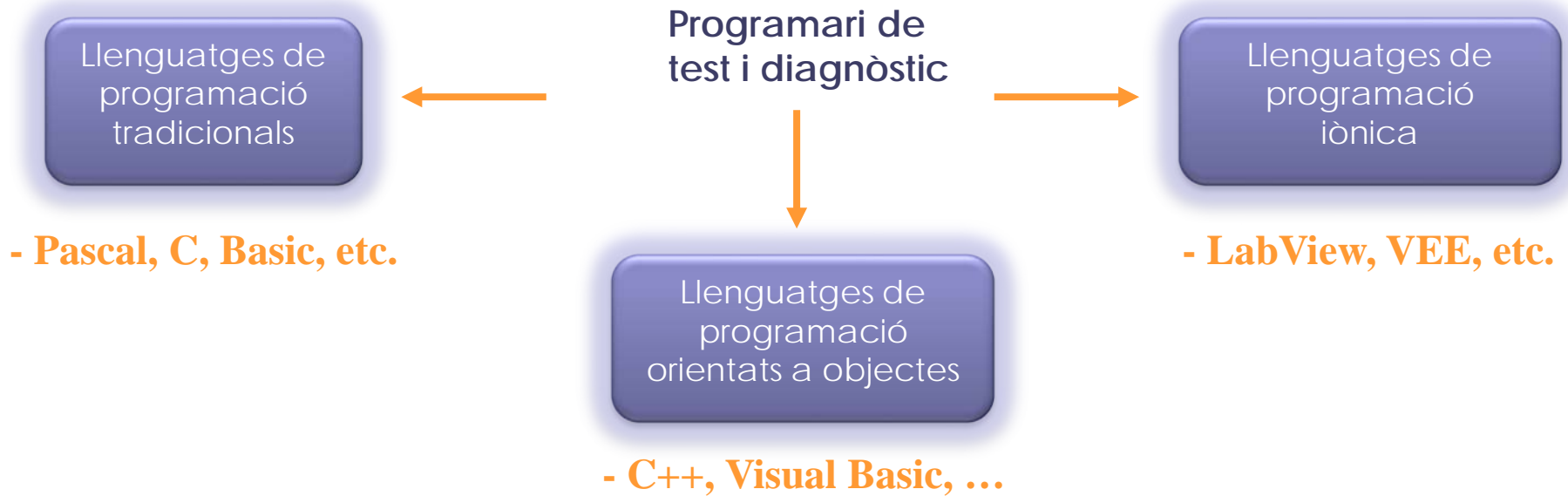
Drivers de control d'instruments: controla els instruments. Envien dades/comandos als *drivers* del bus d'interconnexió i finalment a través del sistema operatiu s'envien als instruments.

Programa de test: relacionat amb el DBP. Utilitza els *drivers* dels instruments per a adquirir les dades. El programa recull les dades i indica si el DBP és apte o no.

Test de diagnòstic: dissenyats per trobar la causa de la fallada.

Test d'execució: programari amb el qual interactua l'operari (ajuda, diagnostica fallades, emmagatzema dades, genera informes).

5.2. Arquitectura d'un sistema d'instrumentació: Programari



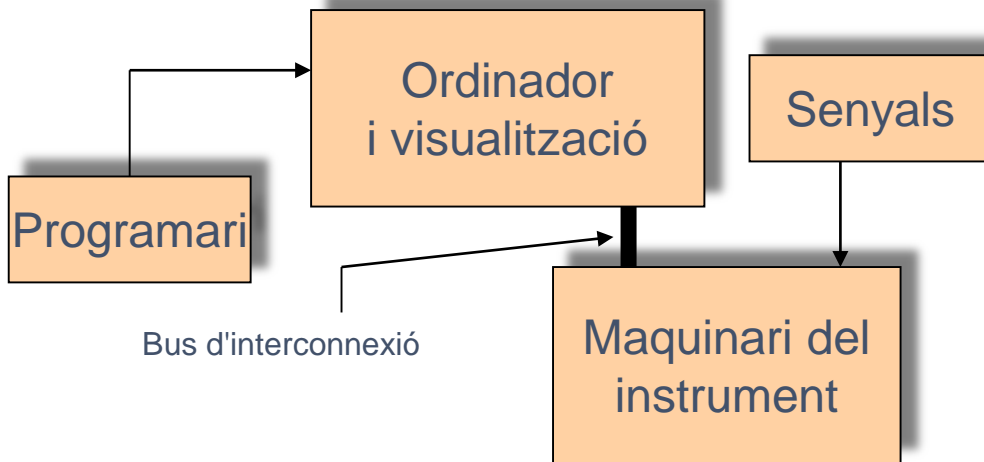
Entorns de programació oberts

- Es té accés total al codi de programació.
- El sistema solament suporta les rutines i els recursos que es necessiten optimitzant els temps d'execució i la memòria del sistema.
- Generen aplicacions basades en text, poc atractives per al dissenyador no expert en llenguatges de programació.

Entorns de programació tancats

- Entorn gràfic i visual (preferits per als dissenyadors no experts en programació textual).
- Incorporen els *drivers* per al control de molts equips comercials.
- Consumeixen més memòria del sistema i no són tan eficients en temps d'execució.
- Permeten desenvolupar aplicacions de forma més senzilla i ràpida que els entorns oberts.

5.3. Instrument virtual: Programari

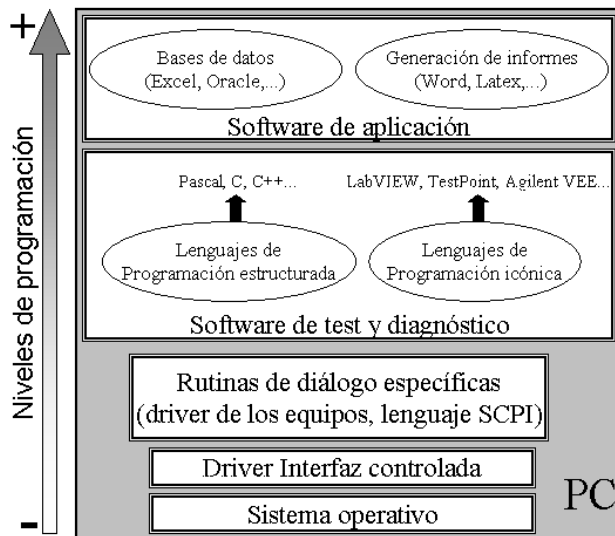


Instrument Virtual

Capacitat que té l'usuari de crear la rutina de programari amb els controls, processaments i equips que més li interessin per a aplicar-los, de manera que ja no existeix físicament un equip que es correspon amb aquestes capacitats.

Limitacions!!

- No hi ha disponibilitat de controladors per a tots els instruments.
- Si el fabricant del programari fabrica instruments generalment només proporciona controladors per al seu entorn.
- En cas contrari, els fabricants de programari proporcionen controladors per als fabricants més coneguts.
- En qualsevol cas sempre, es pot desenvolupar un controlador, però necessita coneixements en programació i en el sistema d'interconnexió utilitzat.



5.3. Instrument virtual: Programari

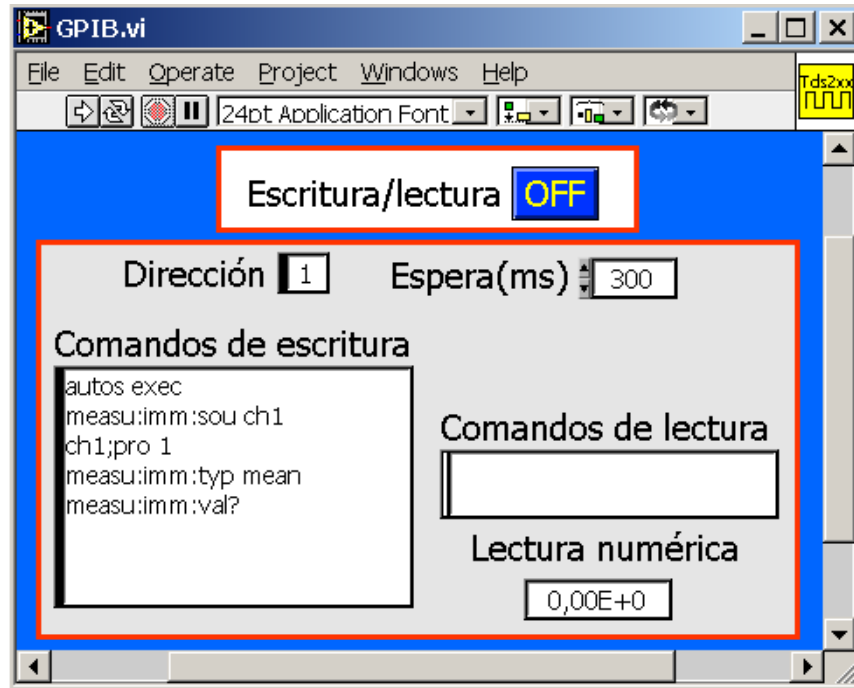
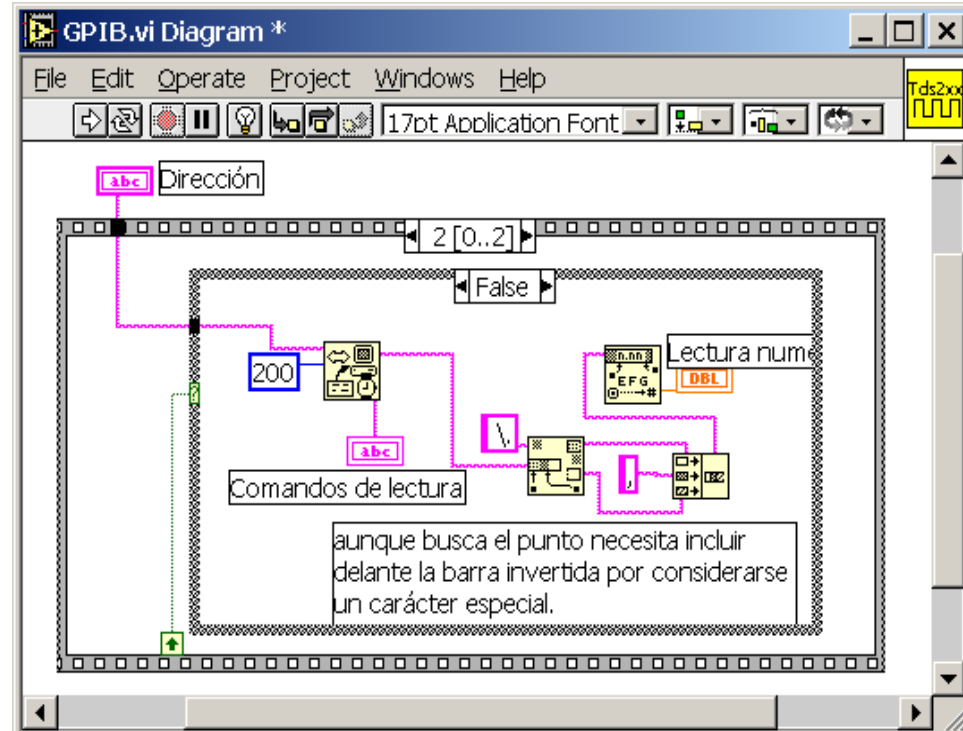


Diagrama de blocs



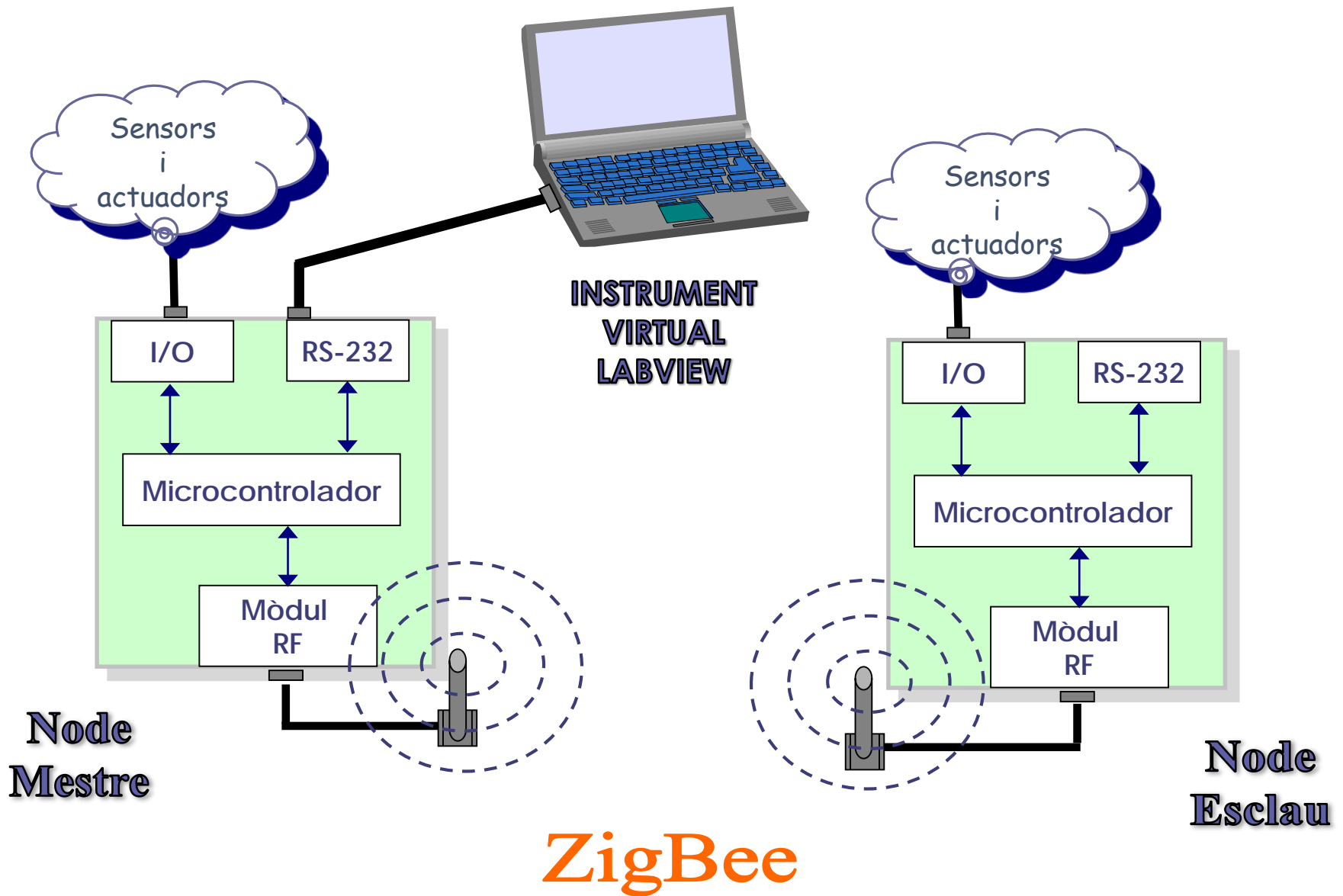
← Panell frontal



Aplicacions: Instruments virtuals en sistemes de mesura distribuïts

- Modularitat total (Maquinari + Programari)
- Elecció de sensors
- Disseny de circuits condicionadors o condicionament del senyal
- Rutines de calibratge, configuració i diagnòstic.
- Desenvolupament del programari
- Intel·ligència amb capacitat de decisió en unitats remotes
- Reconfiguració automàtica de mòduls distribuïts
- Disminució del cost i complexitat
- Unitat central dedicada a manipulació i anàlisi de dades

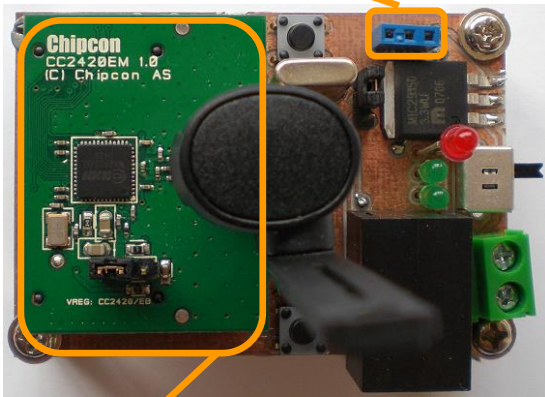
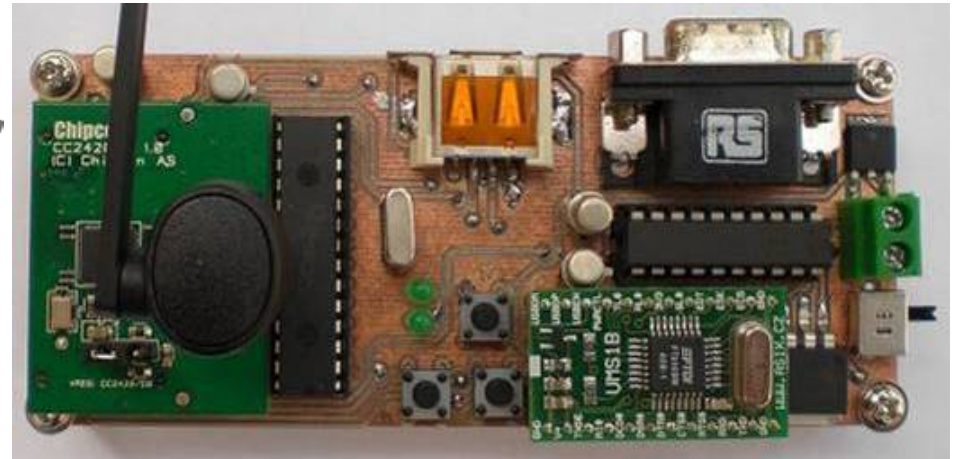
Instruments virtuals en sistemes de mesura distribuïts: Domòtica



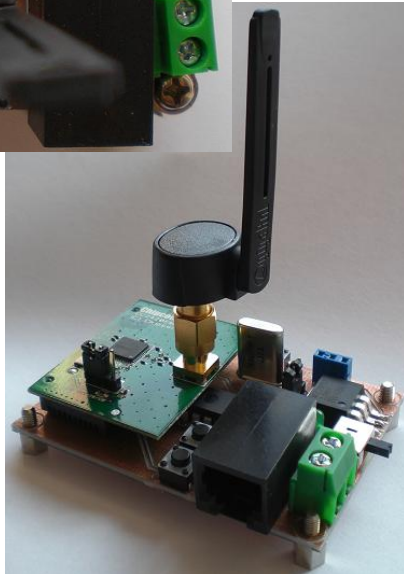
Instruments virtuals en sistemes de mesura distribuïts: Domòtica

Node Coordinador

CONNECTOR
SENSOR O
ACTUADOR



MÒDUL
RF



Nodes
Remots

SENSORES: NODO S: 1

ACTUADORES: NODO A: 1

SENSORES EN LA RED: 0

ACTUADORES EN LA RED: 0

NODO	TIPO SENSOR	MEDIDA	UNIDADES
1	TEMPERATURA	22,45	°C
2	LUMINOSIDAD	> 50	LUX
0		0	

NODO	TIPO ACTUADOR	ESTADO
3	CALEFACCIÓN	ESTADO
0		ESTADO
0		ESTADO

CONDICIONES ACTIVACIÓN/DESACTIVACIÓN ACTUADORES

Opción	Actuador	Sensor	Condición	Valor	Ud	S/IN	Eliminar
APAGAR	CALEFACCIÓN	Si: TEMPERATURA	>	25	°C	ON	
ENCENDER	CALEFACCIÓN	Si: TEMPERATURA	<	25	°C	OFF	
		Si:		0		ON	
		Si:		0		OFF	

INFORMACIÓN DE LOS NODOS

BORRAR MENSAJES

INFORMACIÓN DE LA RED

BORRAR MENSAJES

PUERTO DE COMUNICACIÓN

USB

ACTIVAR PUERTO

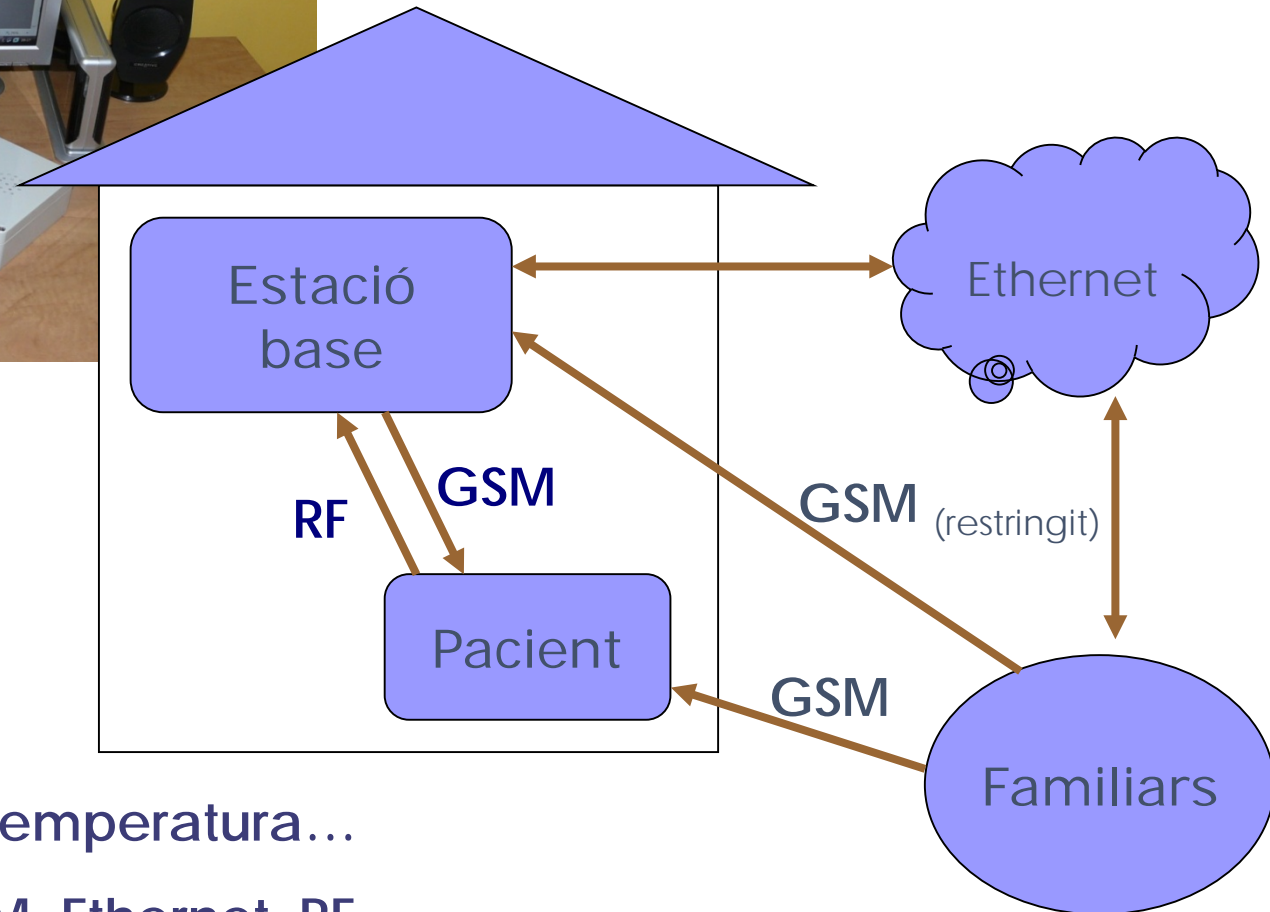
INFORMACIÓN USUARIO:

LUMINOSIDAD: < 50 luxes - Necesidad Encendido

DETECTOR DE INUNDACIÓN:

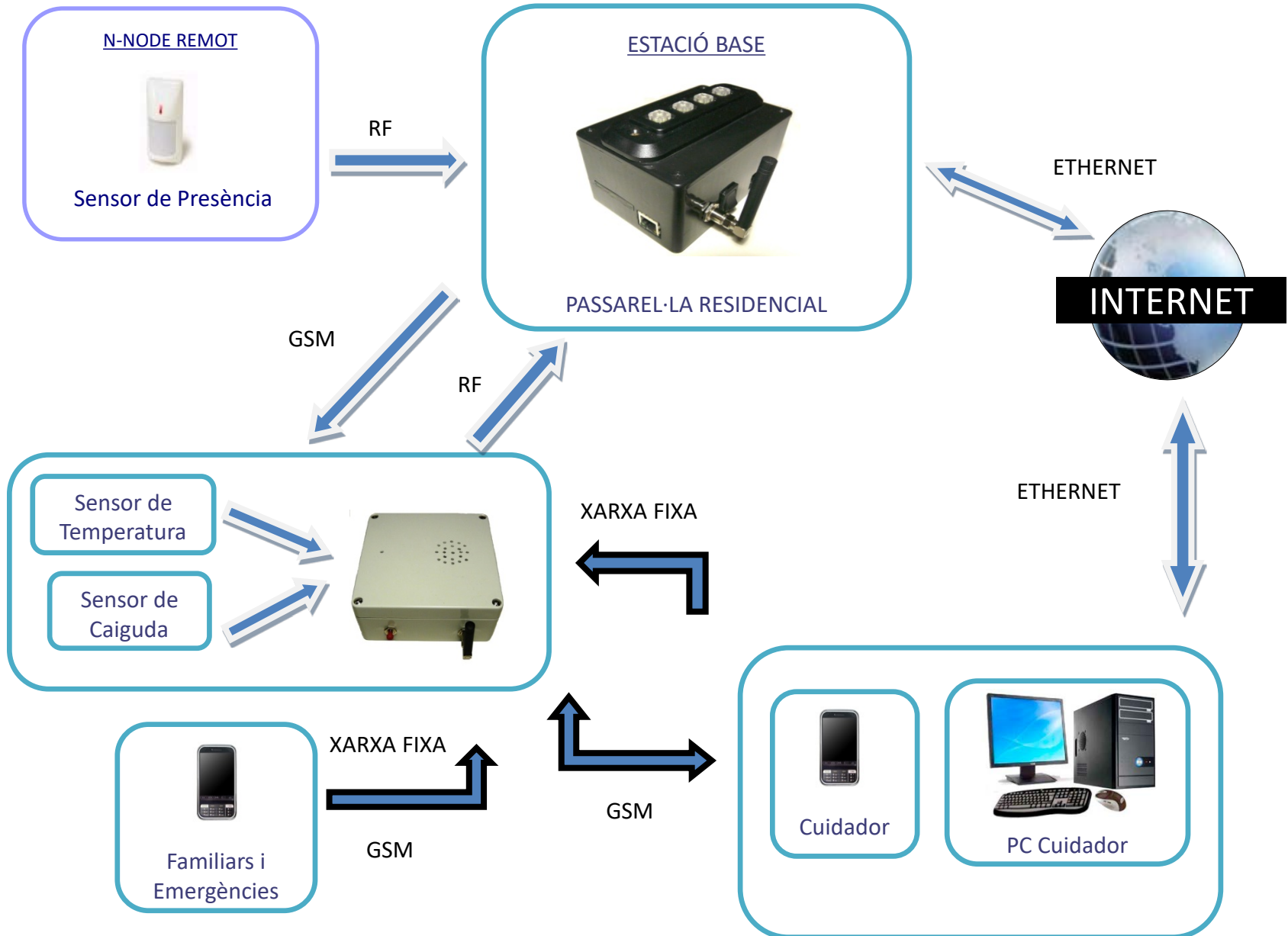
0 = Todo OK
1 = Inundación

Instruments virtuals en sistemes de mesura distribuïts: Teleassistència



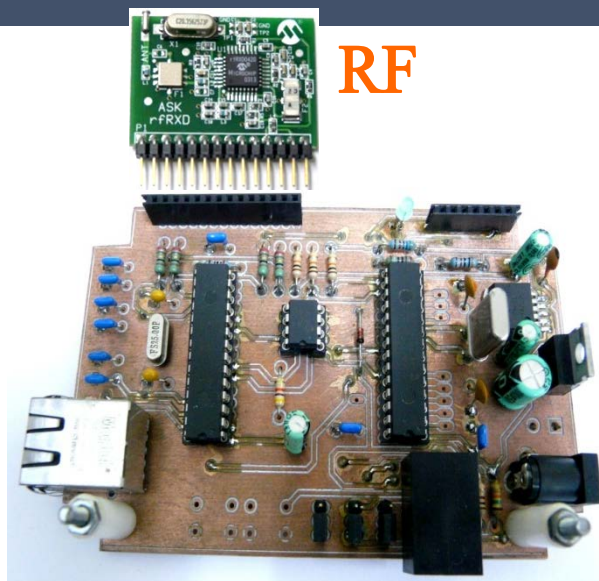
- Sensors: presència, temperatura...
- Comunicacions: GSM, Ethernet, RF

Instruments virtuals en sistemes de mesura distribuïts: Teleassistència



Instruments virtuals en sistemes de mesura distribuïts: Teleassistència

Estació Base



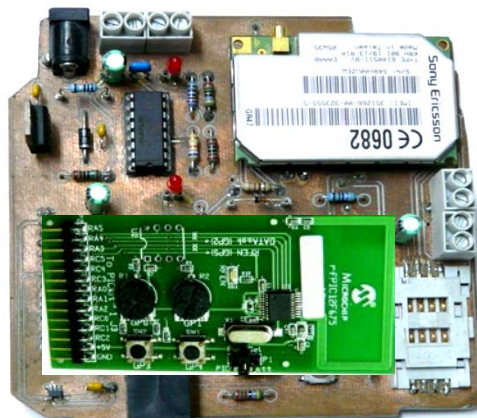
RF



GSM

Ethernet

Node Pacient



GSM

RF

Node Sensor RF



Instrumentos virtuales en sistemas de medida distribuidos: Teleasistencia

Teleasistencia Domiciliaria - Windows Internet Explorer

http://192.168.1.35/

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Favoritos Teleasistencia Domiciliaria

UNIVERSITAT ID VALÈNCIA

Sistema de Teleasistencia Domiciliaria

Sistema de Teleasistencia Domiciliaria v1.00

Stack: v4.18
Compilación: Dec 30 2009 13:05:22

Habitaciones Casa:



Temperatura: 21.2 °C
Caída: NO
Hora: ---:---:---

Listo Internet 75%

The image shows a screenshot of a web browser displaying a home teleassistance system interface. The browser's address bar shows the URL 'http://192.168.1.35/'. The page header includes the logo of the Universitat de València and the title 'Sistema de Teleasistencia Domiciliaria'. A red-bordered menu on the left lists navigation options: 'Inicio', 'Envío SMS', 'Configuración Agenda', 'Enviar e-mail', 'Autenticación', and 'Configuración'. The main content area displays the system version 'v1.00', the software stack 'v4.18', and the compilation date 'Dec 30 2009 13:05:22'. Below this, a section titled 'Habitaciones Casa' features a 3D perspective view of a house's floor plan with red dots indicating sensor locations in the living room, dining area, kitchen, and bedrooms. At the bottom of this section, a status box shows 'Temperatura: 21.2 °C', 'Caída: NO', and 'Hora: ---:---:---'. The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with 'Listo', 'Internet', and a volume icon, along with a 75% zoom level.

Instruments virtuals en sistemes de mesura distribuïts: Teleassistència

Envio SMS

SMS

Página para el envío de SMS a través de internet.

Si se desea enviar comandos AT para que lo interprete el móvil del paciente, se han de enviar de la siguiente manera:

- **Realizar llamada** - ATD(número); ejemplo ATD656640510;
- **Configurar agenda** - AT+CPBW=(indice),(numero),(tipo),(texto) ejemplo AT+CPBW=1,656640510,129,Toni
- **Configurar Reloj** - AT+CCLK="(yy/mm/dd,hh:mm:ss+zz" ejemplo AT+CCLK="09/07/28,15:00:00+8"

Máximo 80 caracteres.

Para Mensaje

Sistema de Teleasistencia Domiciliaria - 2010

Configuración Agenda

AGENDA

Página para la configuración de la agenda a través de internet.

Escoge la posición, el número de teléfono y el usuario.

Posición Agenda:

Usuario - Móvil:

Sistema de Teleasistencia Domiciliaria

Enviar e-mail

Ingrese los datos en este formulario para enviar un mail.

SMTP: Puerto: 25

Usuario:

Clave:

Para:

Mensaje: Este mensaje fue enviado desde el SMSWEB server. El archivo adjunto contiene la información de los puertos. Datos en tiempo real: http://192.168.1.34

Sistema de Teleasistencia Domiciliaria - 2010

Configuración

Esta página permite configurar los parámetros de red.

Atención: una configuración incorrecta puede causar que la placa pierda conexión. Presione RBS + RESET para valores por defecto.

Ingrese los nuevos valores:

MAC Address:

Host:

Habilitar DHCP

Dirección IP:

Puerta de enlace:

Máscara de red:

DNS Primario:

DNS Secundario:

Sistema de Teleasistencia Domiciliaria - 2010

5.4. Busos de comunicació d'un ordinador

-Busos externs al PC
-Ports disponibles en el PC



- Port paral·lel
- Port sèrie (RS-232, RS-422, RS-485)
- IEEE-488 (GPIB)
- USB (Universal Serial Bus)
- Bus IEEE-1394 FireWire
- Ethernet

- 1 dispositiu i 1 receptor
- 15-25 m
- 19,200bits/s, en l'actualitat 115-230 Kbits/s o més
- La transmissió depèn de l'entorn i del tipus de cable.
- Incompatibilitat velocitat-distància.

RS-232

- 1 dispositiu i 10 receptors.
- Transmissió de dades amb senyals diferencials.
- Majors distàncies (1.2Km) i immunitat al soroll elèctric de l'entorn.
- 115Kbits/s
- Incompatible amb RS-232 per la tensió que usa.
- Incompatibilitat velocitat-distància.

RS-422

-32 dispositius i 32 receptors.
-Transmissió de dades amb senyals diferencials.
-Majors distàncies (1.2Km) i immunitat al soroll elèctric de l'entorn.
-115Kbits/s
- Incompatible amb RS-232 i RS-422 per la tensió que usa.
-Incompatibilitat velocitat-distància.

RS-485

Port sèrie

5.4. Busos de comunicació d'un ordinador

- Múltiples dispositius.
- Major velocitat que el port paral·lel o sèrie.
- Possibilitat de connectar-hi perifèrics sense reiniciar el PC
- Màxim 127 perifèrics
- Distància 5-15m.
- USB 1.1 (12Mbits/s), USB 2.0 (480Mbits/s).

USB

Port paral·lel

- Propòsit inicial: connexió del PC amb impressores (distàncies superiors a 15m)
- En l'actualitat: escàners, discs durs, targetes d'adquisició...
- Implementat per 8 línies de transmissió (1 byte)
- Cinc maneres: 3 unidireccionals (100Kbytes/s), 2 bidireccionals (>100Kbytes/s)
- Ús poc estès (distància i velocitat superada per altres estàndards)

- Aplicacions d'alta velocitat: vídeo, àudio...
- 63 dispositius
- 100-400Mbits/s
- Distàncies superiors a 5m
- *Plug and Play*.
- Pocs dispositius
- Pot reemplaçar al bus GPIB en aplicacions de vídeo.

IEEE-1394

Mesures distribuïdes

Ethernet

- Aplicació: sensors a certa distància de l'estació de control o en l'adquisició de senyals des de qualsevol part.
- Limitacions: degradació del senyal (soroll elèctric, nivell del senyal, longitud del cable...).
- Solucions: condicionar el senyal (augmentar els nivells de tensió, transmissió en corrent o en freqüència) o un sistema de mesura per sensor.
- Avantatges-desavantatges: En centralitzar el sistema de mesura, disminueix el cost, però el disseny és més complex. Amb un sistema distribuït cada node ha de tenir el seu maquinari.
- Ethernet: TCP/IP, problemes en cas de control en temps real.

5.5. Bus de comunicació GPIB (IEEE-488)

És un dels mètodes més estesos per al control d'equips de mesura mitjançant ordinador.

Configuració bàsica



+



Copyright © 1999-2006 Artisan Scientific

+

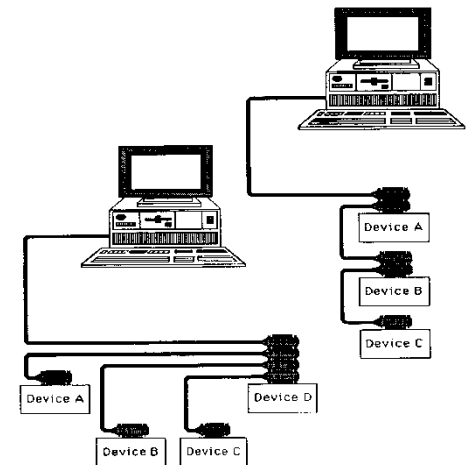


+



Nombre de dispositius connectats: 15 màxim en bus continu. Un d'ells ha de treballar com a controlador.

Via d'interconnexió: Xarxa en estel o en línia. Entre dos instruments no més de 2 m. La longitud total del cable: 20 m.



5.5. Bus de comunicació GPIB (IEEE-488)

El controlador de la interfície: Estableix un canal bidireccional de comunicació, control i adquisició d'informació entre el PC i els equips.

Es presenta en diferents formats:



Copyright © 1996-2011 Agilent Technologies

- Targeta connectable internament (bus PCI, ISA) en el PC.



- A través del bus USB.



- Utilitzant el *slot* PCMCIA d'un portàtil.



- A través d'Ethernet



- A través de RS-485/422

Necessita instal·lar un programari de configuració en l'ordinador!!

5.5. Bus de comunicació GPIB (IEEE-488)

El cable IEEE488

Disposa de **16 línies** reunides en tres grups d'acord amb les seues funcions: 8 de bus de dades, 3 de bus de control de transferència de dades i 5 de bus general.

Les 16 línies configuren l'anomenat bus IEEE488, la velocitat màxima de transmissió del qual està sobre 1 Mbps en l'estàndard original i en 8 Mbps amb IEEE-488.1-2003 (HS-488).

El llenguatge de comandos SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments)

Es tracta d'un conjunt de comandos utilitzats pels diferents fabricants d'equips electrònics perquè aquests puguin ser controlats de forma remota.

Són comandos escrits en codi ASCII que es transmeten electrònicament a través de les interfícies més usuals (RS232, USB, IEEE488,...) i utilitzen els llenguatges de programació existents (C, C++, Visual Basic, LabView i HP VEE).

MEASure:VOLTage:DC?

S'ordena a l'equip que mesure la tensió DC

MEASure:CURRent:AC?

S'ordena a l'equip que mesure el corrent AC

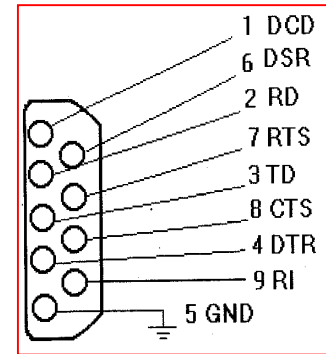
5.6. Bus de comunicació RS-232 i USB

Fàcil configuració

Baix cost

Equips controlats

Disponibles en qualsevol PC



Com es realitza la transmissió?



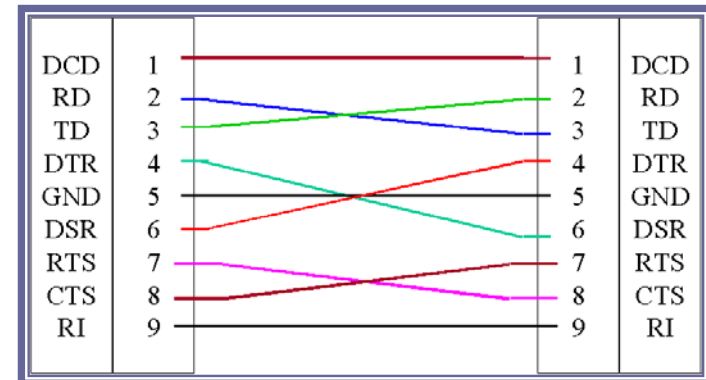
- Asíncrona.
- Bits Start/Stop/Paritat.
- Trama (bauds, núm. bits, paritat)

Connector DB9S

Pin	Sigles	Descripció
1		
6	DSR	Data Set Ready
2	RD	Receive Data Line
7		
3	TD	Transmit Data Line
4	DTR	Data Terminal Ready
9	RI	Ring Indicator

Connexió mòdem nul

Depèn de cada instrument



5.6. Bus de comunicació RS-232 i USB



Control del flux de dades (transmissió i recepció) \Rightarrow *Buffers* (memòria reservada per a l'emmagatzematge de dades)

Com funcionen els *buffers*?

- Les dades s'emmagatzemen en el *buffer* (circuit adaptador) fins que són llegides pel programa que gestiona el port (possible pèrdua d'informació).
- En els *buffers* d'emissió s'emmagatzemen les dades que es volen enviar.
- La gestió dels *buffers* és transparent si es treballa amb programari de control d'instruments.
- Els protocols de comunicació (*handshaking mode*) eviten possibles conflictes.
- En LabVIEW poden trobar-se diferents protocols de transmissió: **programari handshaking**, **maquinari handshaking** o **cap**.

5.6. Bus de comunicació RS-232 i USB

Programari Handshaking

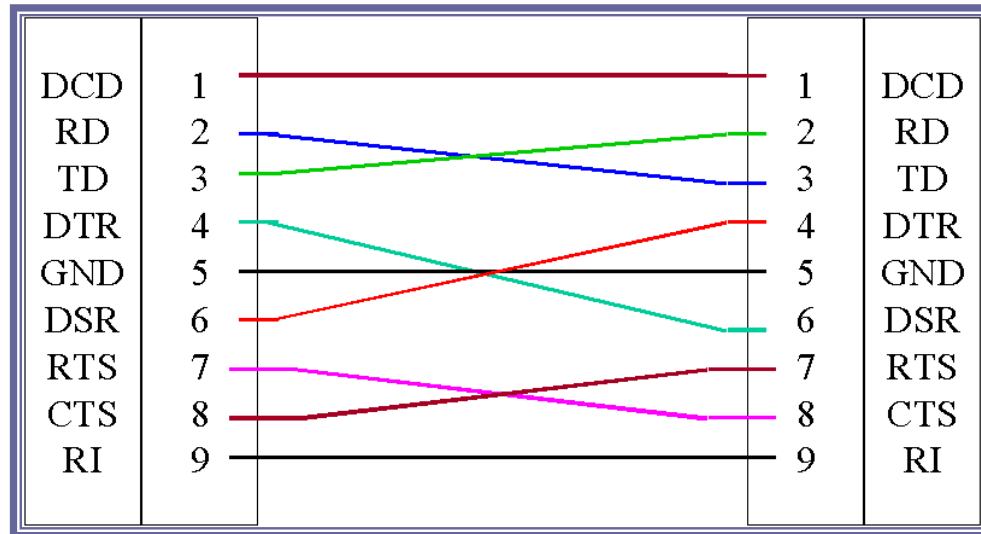
- El control de la transmissió de dades es fa enviant comandos a través de la línia de dades:
 - **Caràcter XOFF** (<control-S>, decimal 19): el receptor ho envia quan el *buffer* de recepció està a punt de ser saturat, per indicar a l'emissor que ha de detindre la transferència de dades perquè no arribe a perdre's informació.
 - **Caràcter XON** (<control-Q>, decimal 17) el receptor ho envia per indicar que ha llegit part de la informació continguda en el seu *buffer* de recepció i indicar que disposarà de nou d'espai lliure per rebre més dades, i que l'emissor pot reprendre la transmissió.

Inconvenient: Si s'activa el protocol XON/XOFF, els dispositius que s'estan comunicant sempre interpreten els caràcters <control-S> i <control-Q> com els comandos XOFF i XON respectivament, no com a dades. És per això que no s'ha d'utilitzar aquest protocol en transmetre informació binària, ja que és possible que aquests caràcters es troben per casualitat entre els bytes enviats, amb la qual cosa s'interpretaran erròniament com els comandos XON i XOFF, i alteraran el curs de la comunicació.

5.6. Bus de comunicació RS-232 i USB

Maquinari Handshaking

- El control de la transferència d'informació es fa mitjançant una sèrie de senyals físics que interconnecten els dos dispositius a comunicar:
 - **DSR, RTS, CTS i DTR:** Atès que són senyals que necessiten un suport físic per ser transmeses, serà necessari construir un **cable de comunicacions adequat** per a l'ús d'aquest protocol. Un exemple molt usual de connexió d'aquest cable és la configuració de *mòdem nul*



5.6. Bus de comunicació RS-232 i USB

Es tracta d'una altra interfície que poden tindre els equips de mesura per rebre ordres de control i transferir dades a la intel·ligència digital que els governa (usualment un ordinador).

No ha de confondre's amb el port USB per a unitats externes d'emmagatzematge.

A diferència de la interfície IEEE488, la connexió és punt a punt sense compartir un mateix bus.

Solament és possible la connexió d'un equip a l'ordinador.

Port USB per a control d'equips



Port USB per a unitats d'emmagatzematge externes

Tema 6:

Equips Electrònics: Mesures de senyals de baix nivell

- 6.1. Conceptes previs.
- 6.2. Equips electrònics per a mesures de baix nivell.
- 6.3. Especificacions.
- 6.4. Circuits electrònics bàsics.
- 6.5. Casos d'aplicació.

[1] Morris, Alan S., "Principis de mesuraments i instrumentació", Ed. Prentice Hall, 2002.

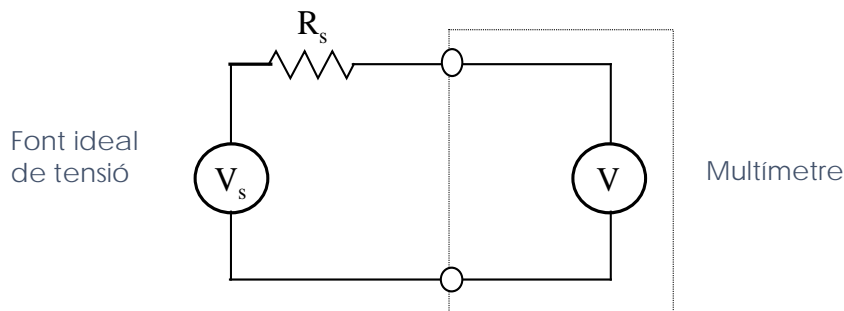
[2] Keithley: "Low Level Measurements Handbook", 7th Edition.

[3] Keysight: Impedance Measurement Handbook, "A guide to measurement technology and techniques", 6th Edition - Application Noti

6.1. Conceptes previs

SOROLL JOHNSON

Circuit equivalent d'una font real de tensió



En qualsevol resistència, l'energia tèrmica produeix el moviment de partícules carregades. Aquest moviment produeix un soroll anomenat soroll de Johnson, que causa limitacions teòriques de la sensibilitat i resolució de les mesures.

V_s Tensió en circuit obert
 R_s Resistència equivalent de thevenin

VALORS EFICAÇOS DE SOBRE LA RESISTÈNCIA R

La potencia del soroll ve donada per l'equació següent:

$$P = 4 k T B$$

$$V = 2 \sqrt{k T B R}$$

I això és:

- k Constant de Boltzmann ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K)
- T Temperatura absoluta en K
- B Ample de banda de la mesura en Hz

$$I = 2 \frac{\sqrt{k T B R}}{R}$$

6.1. Conceptes previs

SOROLL JOHNSON

Es pot demostrar que a 300 K, els valors pic a pic del soroll tenen les expressions següents :

$$V_{P-P} = 6,5 \cdot 10^{-10} \sqrt{RB}$$

$$I_{P-P} = 6,5 \cdot 10^{-10} \sqrt{\frac{B}{R}}$$

A la vista d'aquestes equacions s'aprecia que per a reduir el soroll de Johnson en les mesures de tensió i de corrent s'ha de reduir o augmentar, respectivament, el valor de la resistència

També es pot reduir el soroll si es disminueix la temperatura o l'ample de banda.

→ Si es redueix la temperatura ambient del sistema de mesura fins a un valor de -270°C (3 K) el soroll de tensió es redueix 10 vegades respecte a l'existent en condicions normals de temperatura.

→ Refrigerant amb nitrogen líquid (77K) s'aconsegueix una reducció a la meitat.

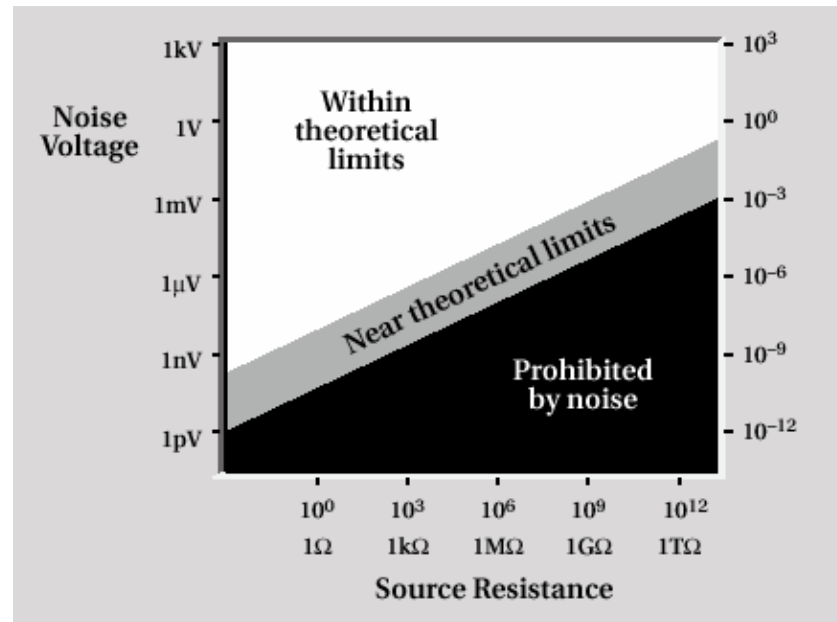
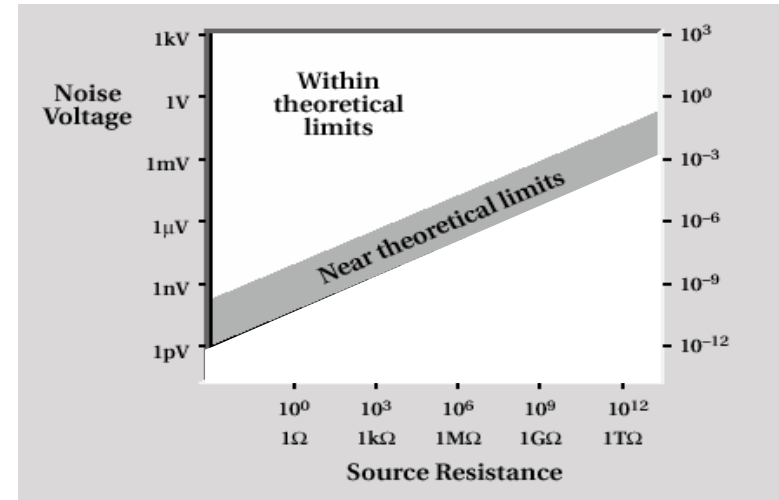
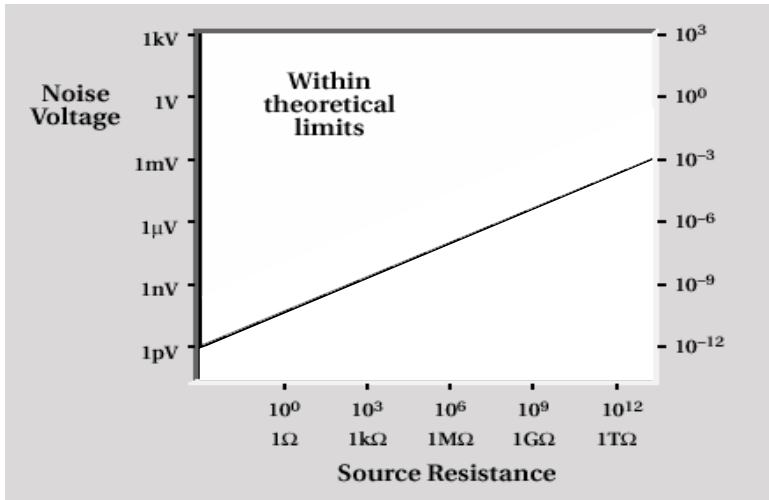
Resulta més senzill baixar l'ample de banda de la mesura sobretot si es realitzen mesuraments en corrent DC. En aquest cas, sempre és possible utilitzar sistemes de ample baix de banda fent la mitjana de les mesures sobre un període estès o introduint entre el senyal i l'equip de mesura filtres passabaix

6.1. Conceptes previs

Per a calcular l'ample de banda de l'equip de mesura es pot utilitzar el criteri següent perquè B siga el més de:

- $\pi/2$ vegades la freqüència superior de tall dels circuits analògics de mesura de l'equip;
- $0,55/tr$ quan tr és el temps de pujada de l'equip (del 10% a 90% de la resposta al senyal graó);
- 1 Hz si es tracta, en general, d'equips amb visualització analògica (galvanòmetres);
- $0,314/t_{INT}$ sent t_{INT} el període d'integració del convertidor ADC en equips digitals.

6.1. Conceptes previs



Límit teòric en
les mesures de tensió

6.2. Equips Electrònics per a mesures de baix nivell

Nanovoltímetres: Mesura de petites tensions en condicions de baixa impedància. Tenen un efecte de càrrega reduït comparable a la d'un multímetre convencional amb baix nivell de soroll generat i molt reduïdes derives (*drift*).

Picoamperímetres: Mesura de xicotetes corrents amb efecte de càrrega menyspreable i gran velocitat de mesura amb un cost reduït si es compara amb altres equips (electròmetre o DMM.)

Microohmetres: Mesura de baixes resistències amb capacitat per realitzar mesures a quatre fils, compensació d'òfsets i tècniques "*dry circuit testing*".

Megaohmetres. Incorporen fonts internes d'alta tensió dimensionades per poder realitzar mesures de molt grans resistències i realitzar assajos de rigidesa dielèctrica.

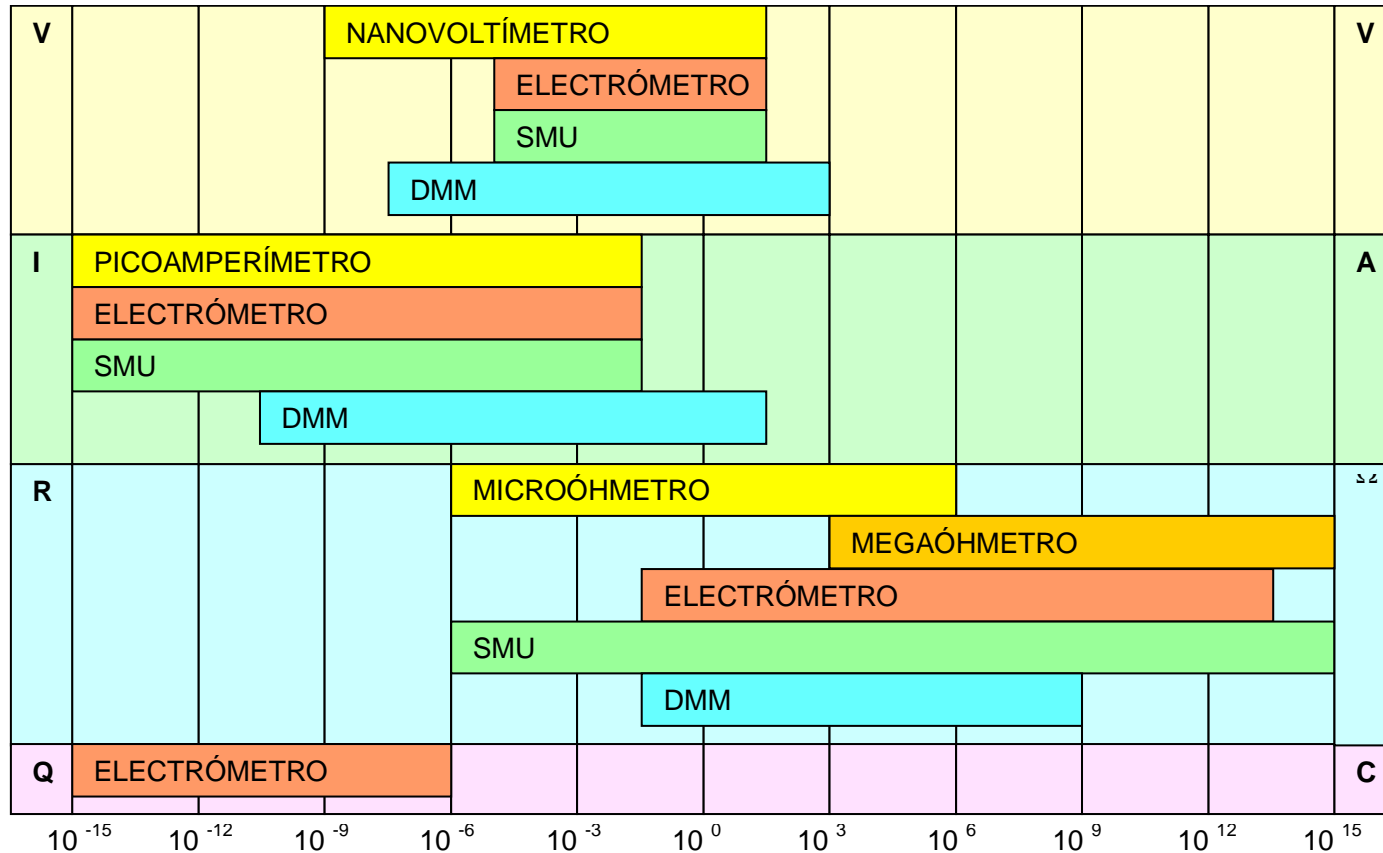
DMM (Digital Multi-Meter): Els equips més populars que permeten realitzar mesures tant de tensió com de corrent i resistència amb cost reduït, i precisió i sensibilitat suficient en la majoria dels casos. No obstant això, la seua característica d'efecte de càrrega no és suficientment bona en cas de mesures en condicions d'alta impedància.

6.2. Equips Electrònics per a mesures de baix nivell

Electròmetres: Constitueixen els equips més indicats per a mesures diverses de baix nivell. Tenen una gran impedància d'entrada, la qual cosa permet realitzar mesures de tensió en condicions d'alta impedància amb efecte de càrrega menyspreable. Quant a les mesures de corrent, solen tindre prestacions similars a les dels picoamperímetres. Contenen elements auxiliars que els permeten mesurar resistències tant de petit com de gran valor. També disposen de circuits interns capaços de mesurar càrrega elèctrica (coulombímetres). En general, presenten una capacitat d'ús similar a la dels més moderns DMM però en milloren les prestacions en mesures de baix nivell encara que amb un cost superior.

SMU (Source-Ficar Unit): Són equips especialment dissenyats per a resoldre problemes en mesures de baix nivell a causa de la seua gran versatilitat d'ús. Integren un mesurador de tensió, un altre de corrent, una font programable de tensió i una altra de corrent amb prestacions comparables o superiors a les dels electròmetres. Es poden utilitzar de manera independent i també simultàniament (voltímetre i font de corrent o amperímetre i font de tensió).

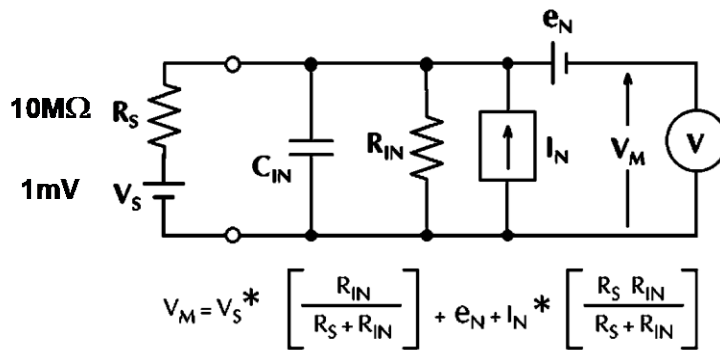
6.2. Equips Electrònics per a mesures de baix nivell



Rang de mesura dels equips de baix nivell

6.2. Equips Electrònics per a mesures de baix nivell

Una determinada mesura es pot realitzar amb més d'un tipus d'equip. No obstant això, l'elecció del més oportú depèn de les condicions de l'assaig.



Equipo	R_{IN}	e_N	I_N	
DMM	1GΩ -1%	1μV ±0.1%	100pA $10^{-10} \text{ A} * 10^7 \Omega = 10^{-3} \text{ V}$	±100%
nVmetro	1GΩ -1%	10nV ±0.001%	50pA $5 * 10^{-11} * 10^7 \Omega = 5 * 10^{-4} \text{ V}$	±50%
Electròmetro	10TΩ -0.0001%	10μV ±1%	10fA $10^{-14} \text{ A} * 10^7 \Omega = 10^{-7} \text{ V}$	±0.01%

→ La resistència de la font és alta ($R_S > 1 \text{ M}\Omega$) i el factor de limitació ve donat per l'efecte de càrrega i els corrents d'òfset de l'equip de mesura.

→ La resistència de la font és baixa ($R_S < 1 \text{ M}\Omega$) i no es requereix un equip de molt alta impedància d'entrada. El factor de limitació ve donat, en el cas de mesura de baixes tensions, per les tensions d'òfset.

6.3. Especificacions

Resolució: Suposant que es tracte d'un equip digital (cas més usual actualment), aquesta ve donada pel nombre de comptes mostrats en el display o pel nombre de bits del convertidor ADC. És una magnitud adimensional.

Exemples:

ADC de 12 bits \Rightarrow Resolució = $1/4096$

Display de 5 1/2 dígits \Rightarrow Resolució = $1/\pm 200.000 = 1/400.000$

Sensibilitat: Ve donada pel més petit dels canvis que puga ser detectat en el senyal mesurat. S'especifica en les unitats de la mesura que s'estiguen realitzant i depèn, per tant, del rang configurat en l'equip.

Exemples:

Display de 3 1/2 dígits rang 2V \Rightarrow Sens. = 1mV

Display de 8 1/2 dígits rang 200dt. \Rightarrow Sens. = 1nA

6.3. Especificacions

Exactitud: És la mesura de la proximitat entre el valor mesurat i el valor real. És una dada que ofereix el fabricant i és resultat del calibratge efectuat prèviament. Es calcula com \pm (% de la mesura + % del rang). A partir d'aquesta dada, es pot calcular la incertesa de la mesura (màxim error relatiu).

Exemple:

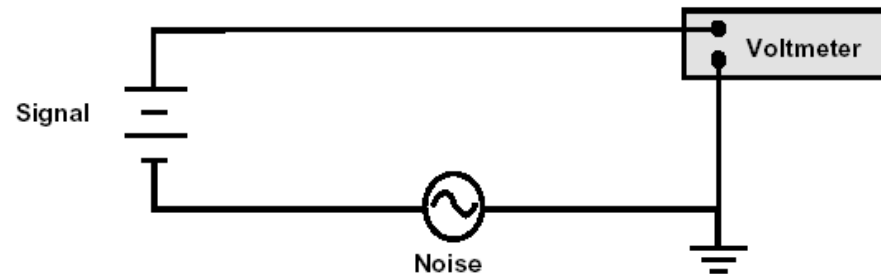
DMM amb rang de 2 V i 0,5 V de senyal d'entrada l'exactitud del qual és \pm (0,03% de la mesura + 0,01% del rang).

Incertesa = \pm (0,03 % * 0,5 V + 0,01 % * 2,0 V) = \pm 350 μ V

En ocasions l'exactitud s'expressa com \pm (% de la mesura + N explicues LSB)

NMRR: (*Normal Mode Rejection Ràtio*). És el factor de rebot del soroll en manera diferencial. S'expressa usualment en dB i ve donat per :

$$NMRR = 20 \log \left[\frac{\text{Pic de soroll DM}}{\text{Pic d'error per DM}} \right]$$

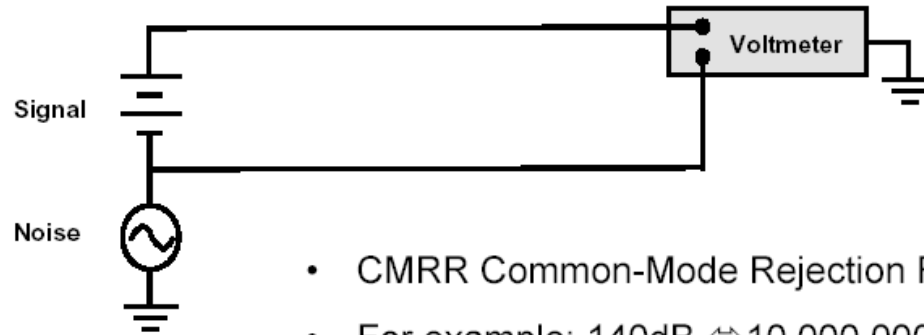


- NMRR Normal-Mode Rejection Ratio
- Noise reduced by factor of 10 for every 20dB rejection
- For example: 80dB = 10,000 reduction
=> 1V noise reduced to less than 100 μ V

6.3. Especificacions

CMRR (Common Mode Rejection Ràtio): És el factor de rebot del soroll en mode comú. S'expressa usualment en dB i ve donat per :

$$CMRR = 20 \log \left[\frac{\text{Pic de soroll CM}}{\text{Pic d'error per CM}} \right]$$

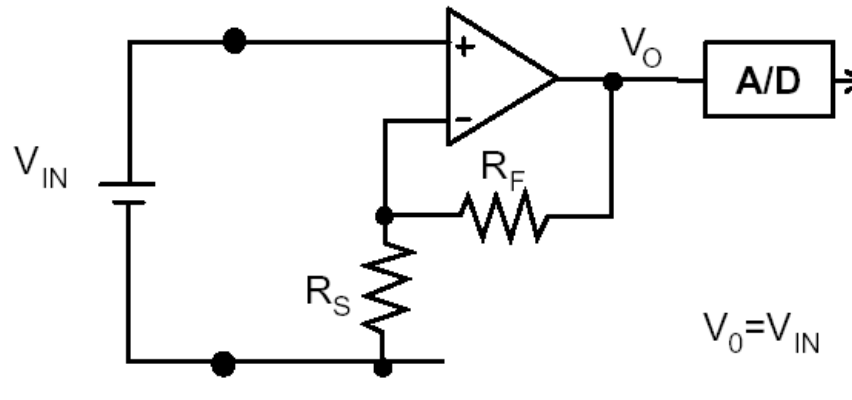


- CMRR Common-Mode Rejection Ratio
- For example: 140dB \Leftrightarrow 10,000,000 reduction
=>1V noise reduced to less than 0.1 μ V

6.4. Circuits electrònics bàsics

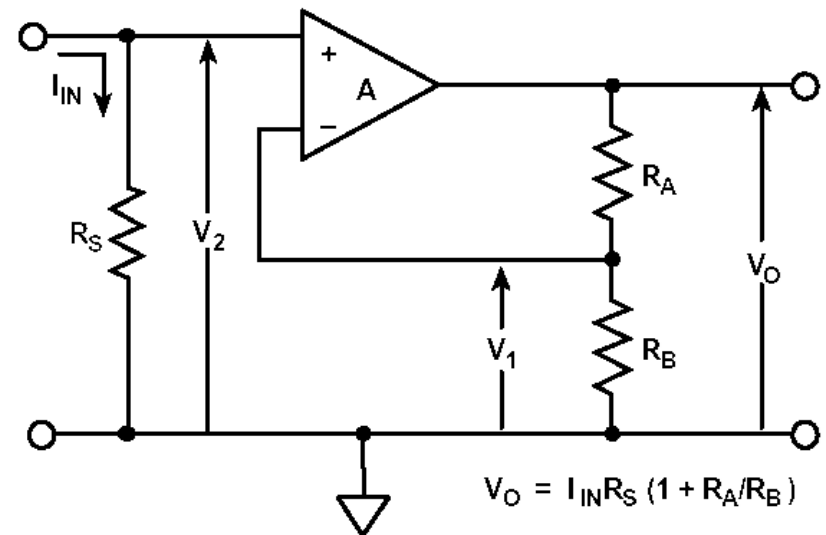
VOLTÍMETRES

Amplificador electromètric



AMPERÍMETRES AMB SHUNT

EFFECTE DE CÀRREGA = $I_{IN} R_S$

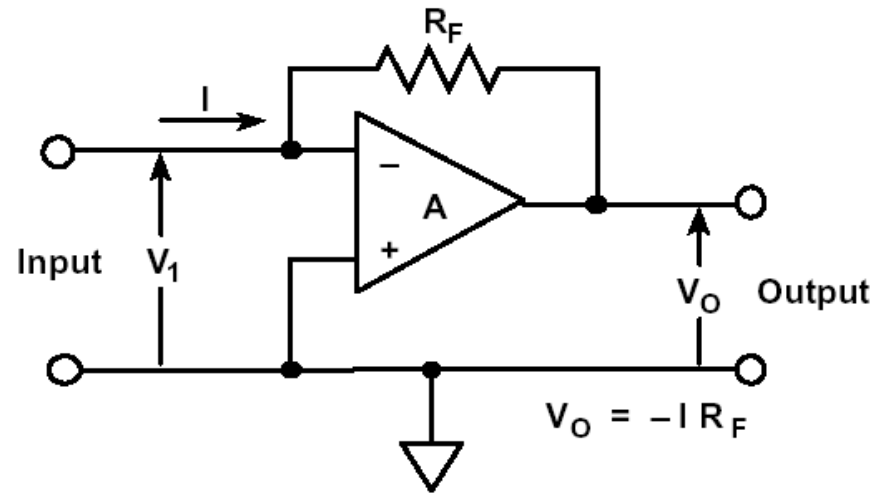


6.4. Circuits electrònics bàsics

AMPERÍMETRES REALIMENTATS

“Feedback picoammeter”

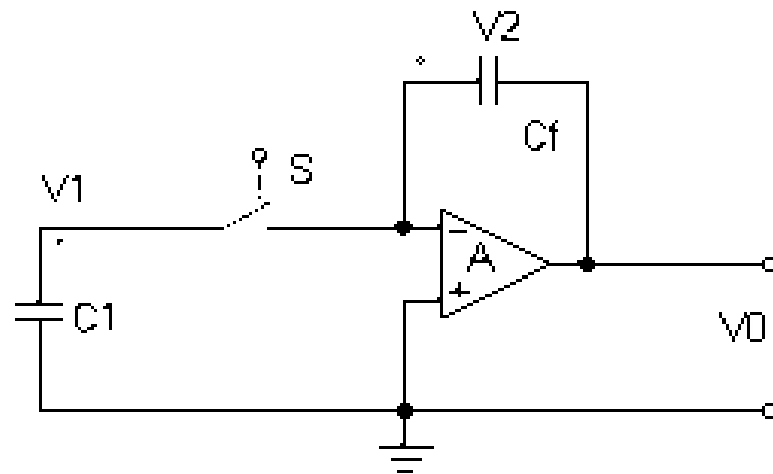
EFFECTE DE CÀRREGA $V_1 = I R_F / A$



MESURADORS DE CÀRREGA

“Coulombímetres”

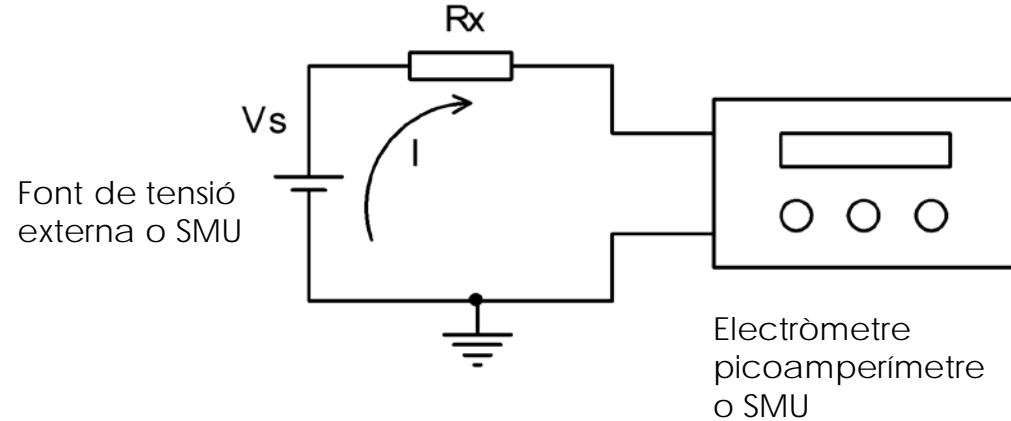
$V_0 = Q / C_f$



6.4. Circuits electrònics bàsics

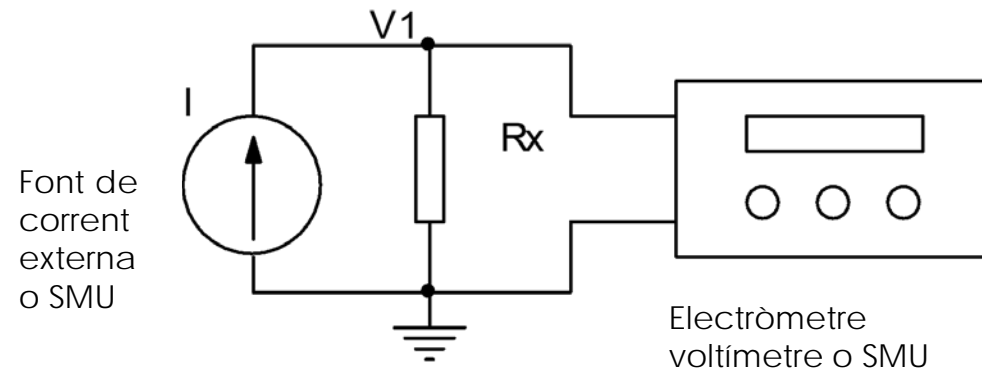
MESURA DE RESISTÈNCIA

amb font de tensió
i picoamperímetre



MESURA DE RESISTÈNCIA

amb font de corrent
i voltímetre

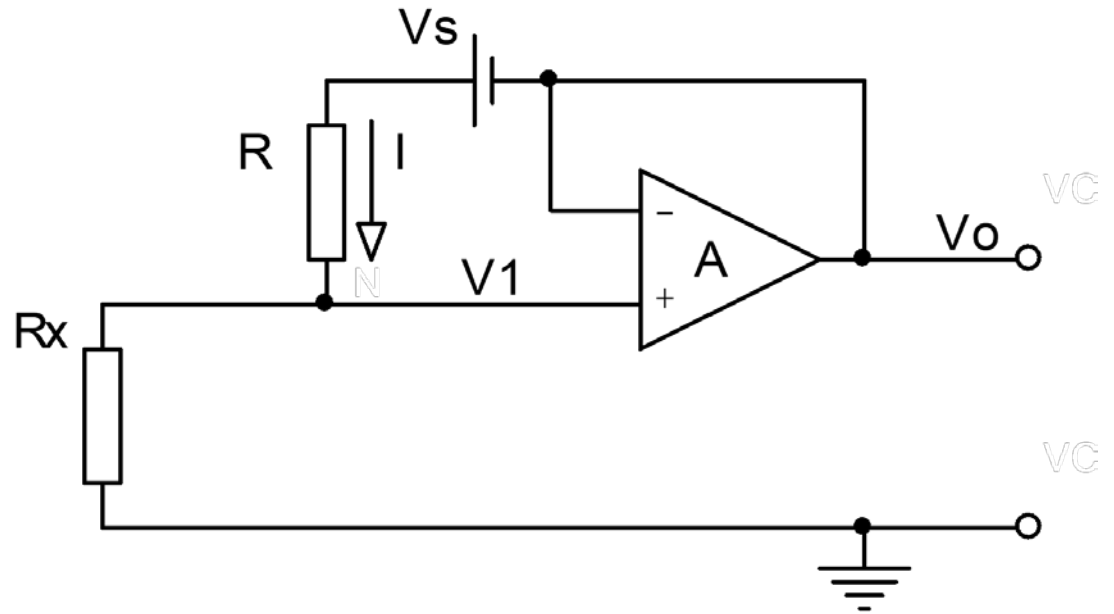


6.4. Circuits electrònics bàsics

MESURA DE RESISTÈNCIA

amb font de corrent

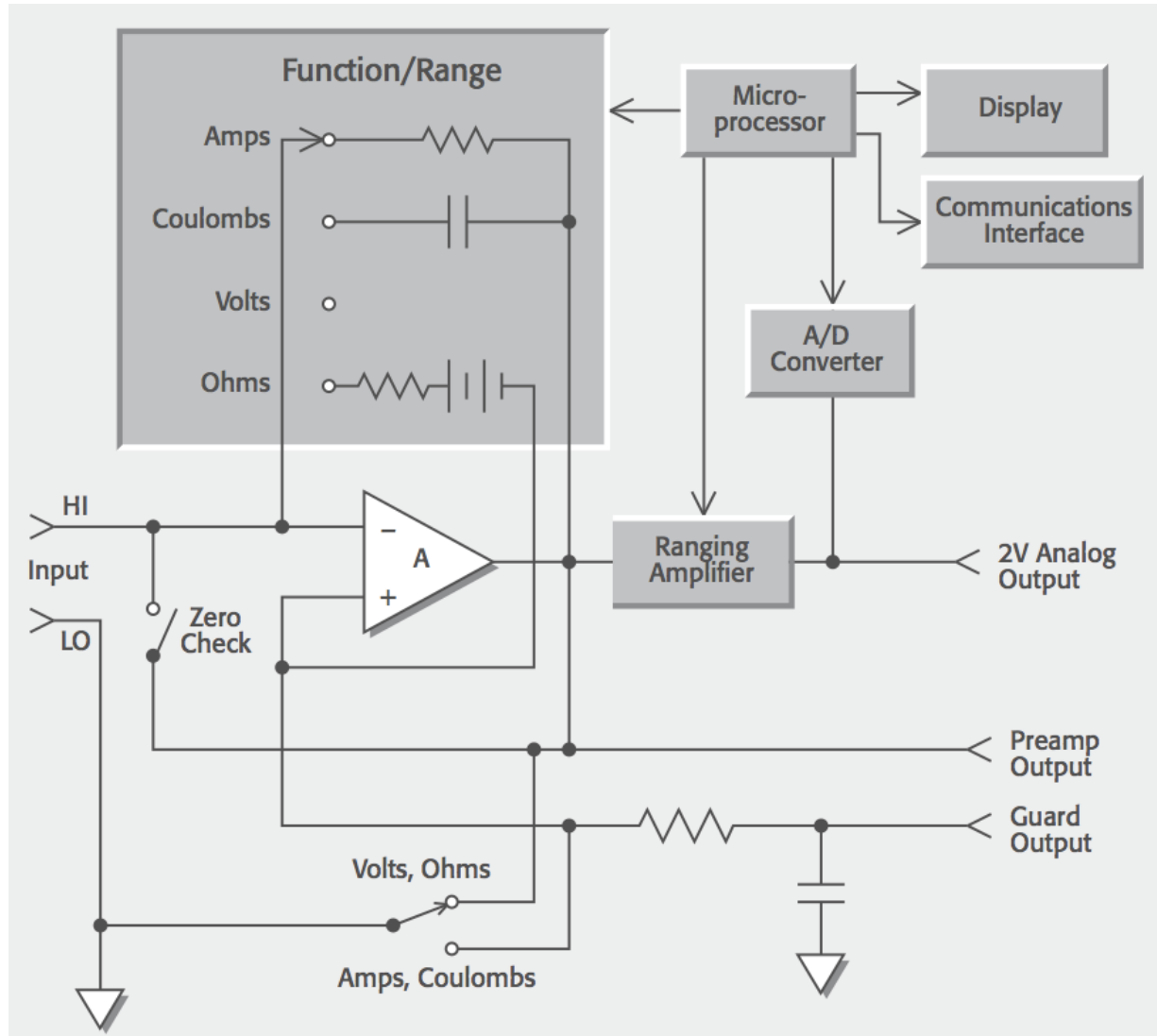
integrada i voltímetre



$$V_o \approx V_1 = I R_x = V_s R_x / R$$

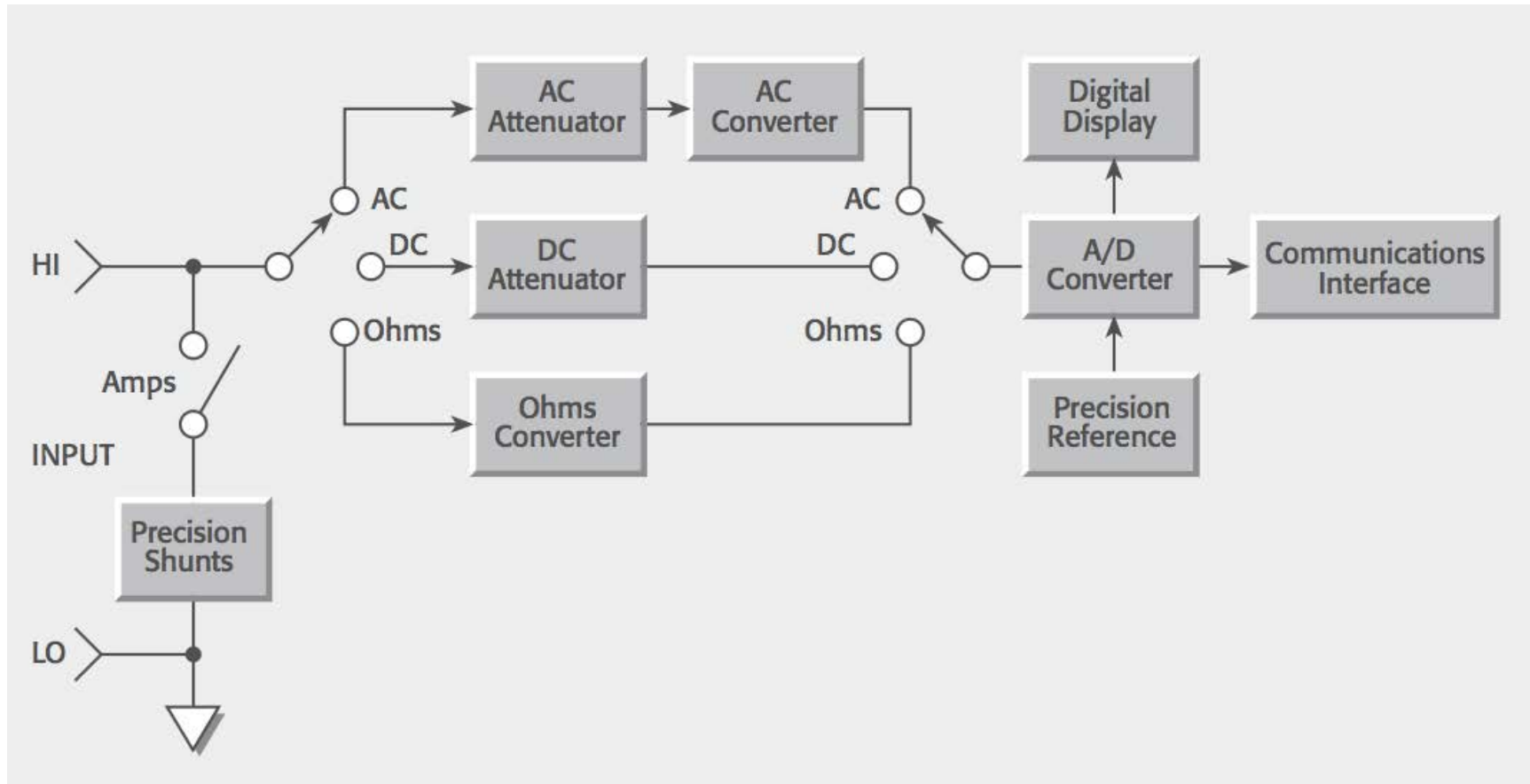
6.4. Circuits electrònics bàsics

ELECTRÒMETRE DIGITAL



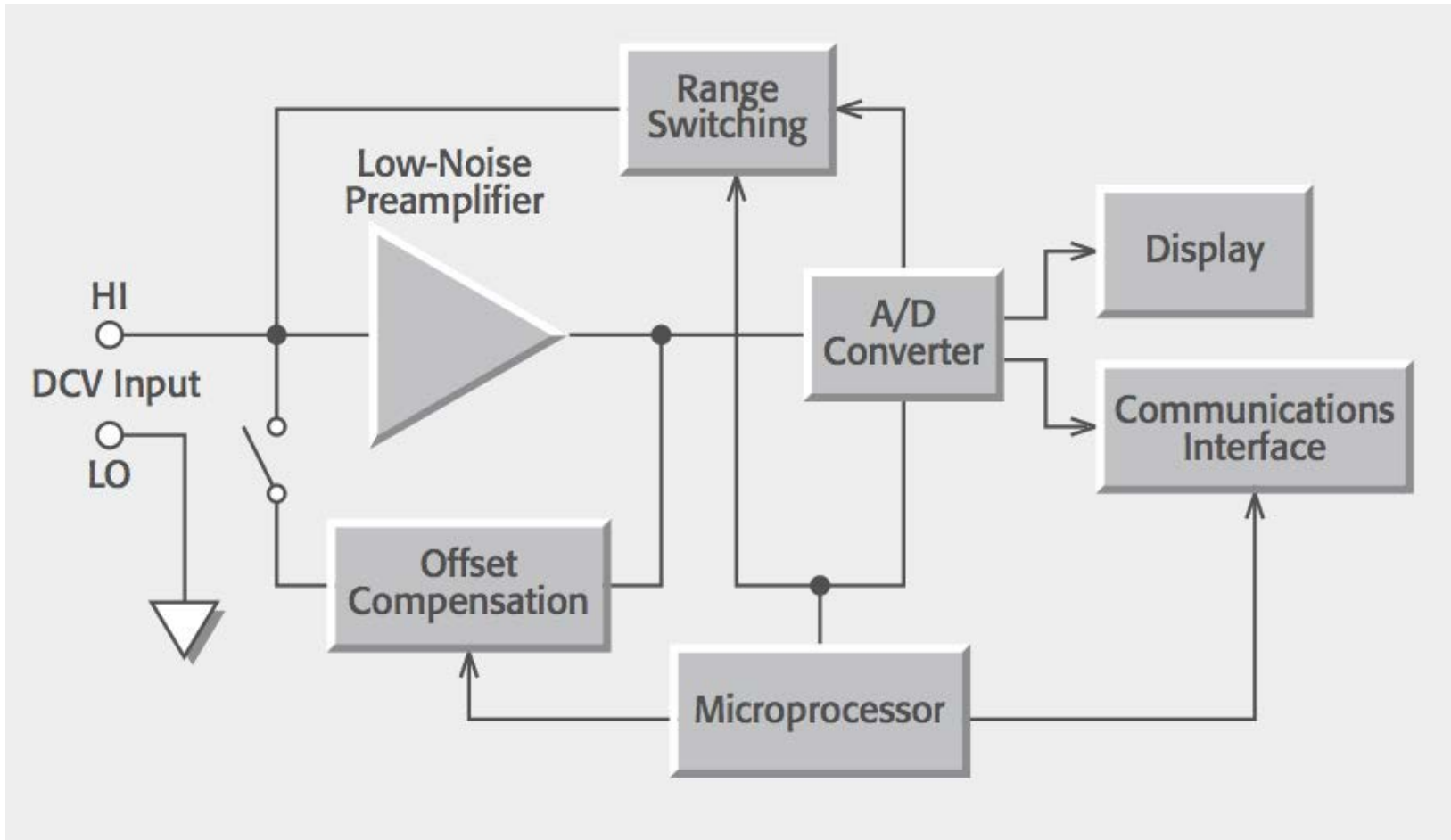
6.4. Circuits electrònics bàsics

DMM



6.4. Circuits electrònics bàsics

NANOVOLTÍMETRE



6.5. Casos d'aplicació

MESURA DE TENSIÓ EN CONDICIONS D'ALTA IMPEDÀNCIA

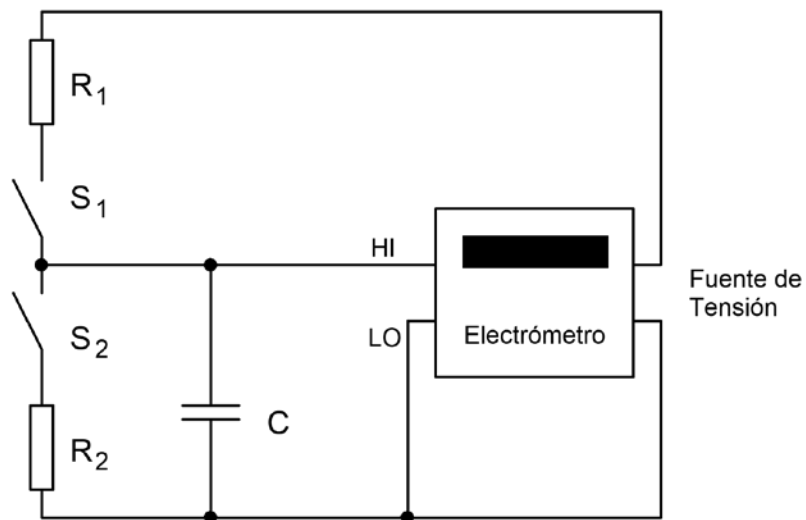
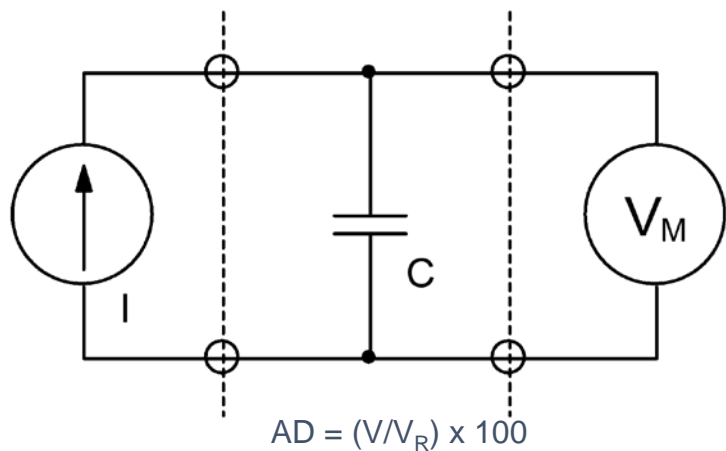
Mesures d'absorció dielèctrica en condensadors.

Part dels dipols del material dielèctric d'un condensador romanen orientats després de l'aplicació d'un camp elèctric. S'hi observa una tensió residual en borns del condensador. Aquest fenomen es denomina absorció dielèctrica i es pot expressar en tant per cent de la tensió residual enfront de la tensió de càrrega

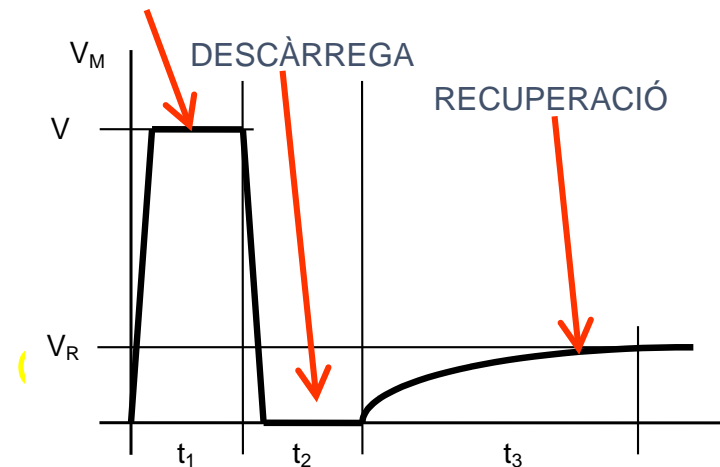
$$\% \text{ Absorció dielèctrica} = \frac{\text{Tensió residual}}{\text{Tensió de càrrega}} \cdot 100 \%$$

6.5. Casos d'aplicació

Mesura de l'absorció dielèctrica d'un condensador mitjançant un SMU



El procés de mesura té tres fases ben diferenciades:



Mesura de l'absorció dielèctrica d'un condensador mitjançant un ELECTRÒMETRE

CÀRREGA: S_1 ON, S_2 OFF

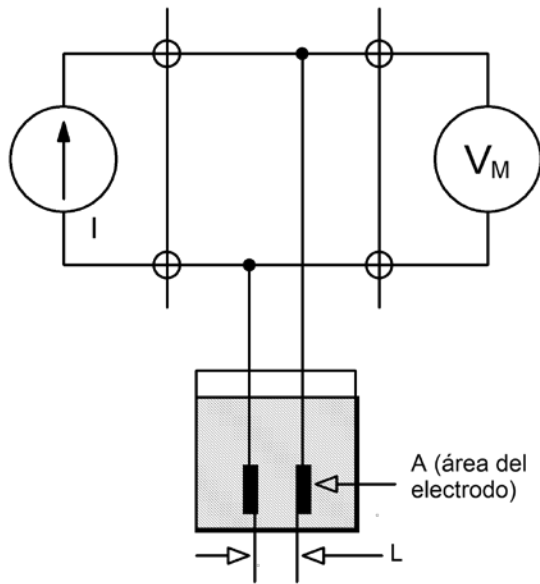
DESCÀRREGA: S_1 OFF, S_2 ON

RECUPERACIÓ: S_1 OFF, S_2 OFF

6.5. Casos d'aplicació

MESURAMENTS ELECTROQUÍMICS: Es realitzen amb elèctrodes específics submergits en dissolucions la concentració iònica de les quals, conductivitat, o grau d'acidesa o alcalinitat (pH) es vol mesurar. Són mesures de tensió en condicions d'alta impedància realitzades amb electròmetre o amb SMU (font de corrent - mesurador de tensió).

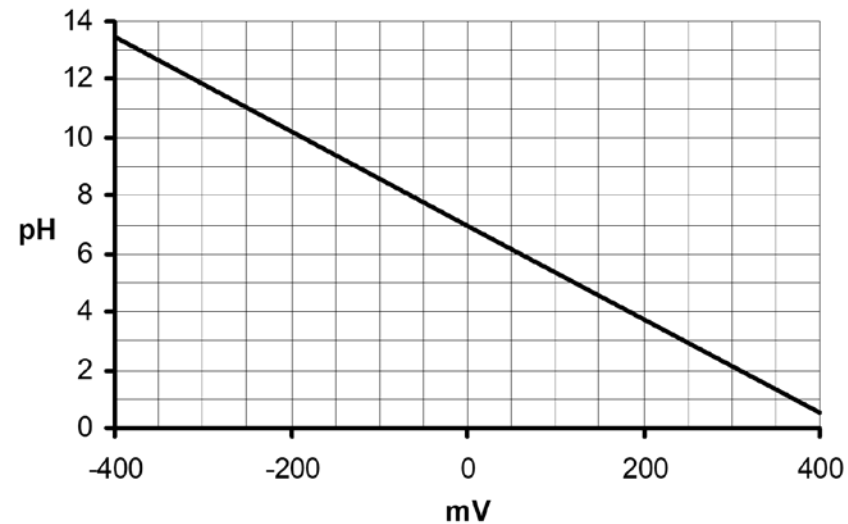
Mesurament de conductivitat



$$\sigma = \frac{L}{VA}$$

σ = Conductivitat
(Siemens/m).

Mesurament de pH

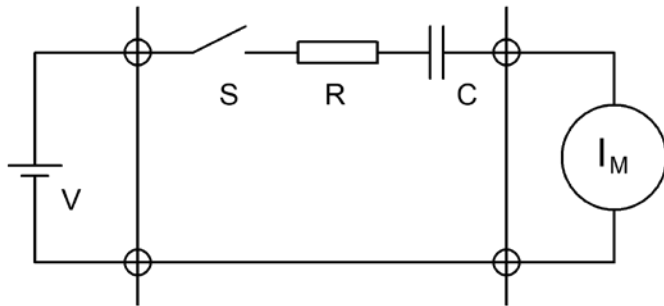


S'ha d'utilitzar un corrent tan petit com siga possible i alternar la polaritat per previndre la polarització dels elèctrodes

6.5. Casos d'aplicació

MESURA DE CORRENT BAIX

Mesures de corrent de pèrdues en condensadors mitjançant SMU o equivalent (electròmetre i font de tensió).

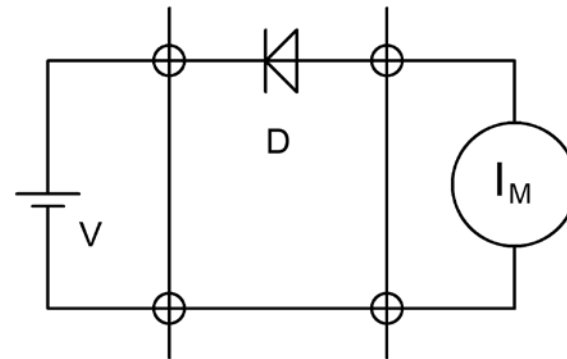


R limita el corrent inicial de càrrega i dedueix el guany d'alterna del picoamperímetre *feedback*

RC entre 0,5 i 2 segons

El valor de la resistència de pèrdues es determina mitjançant el càlcul V/I_M

Mesuraments de corrent baix en semiconductors



Lloc del corrent de pèrdues depèn de la tensió aplicada. Esdevé recomanable l'ús d'un SMU que disposa de la capacitat de programació de la seua font de tensió

Per previndre interferències electrostàtiques se sol col·locar el díode en un suport apantallat que a més ha de ser opac a la llum, ja que les unions díode són fotosensibles.

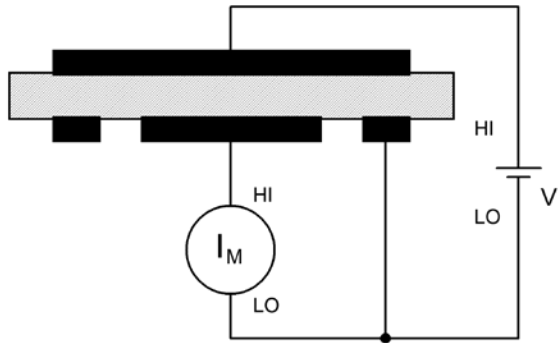
Mètode de mesura del corrent de pèrdues d'un díode

6.5. Casos d'aplicació

MESURA D'ALTA RESISTÈNCIA

Mesures de resistivitat de materials aïllants.

Mesurament de la resistivitat en volum.



$$\rho = \frac{K_v V}{e I}$$

ρ = Resistivitat en volum (Ωm).

K_v = Constant de l'útil de mesura basada en la seua geometria (m^{-1}).

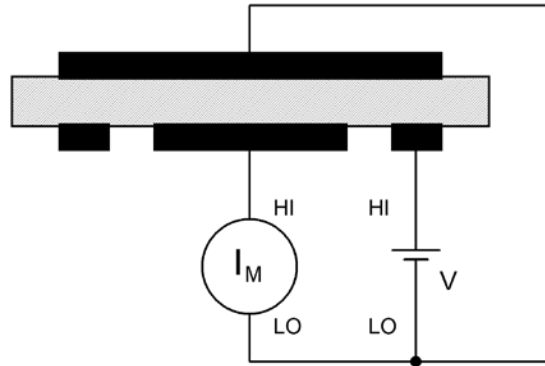
V = Tensió aplicada (V).

e = Espessor de la làmina de material (m).

I = Corrent mesura (A).

Mesures de resistivitat de materials aïllants.

Mesurament de la resistivitat superficial.



$$\sigma = \frac{K_s V}{I}$$

σ = Resistivitat superficial (Ω).

K_s = Constant de l'útil de mesura basada en la seua geometria (adimensional).

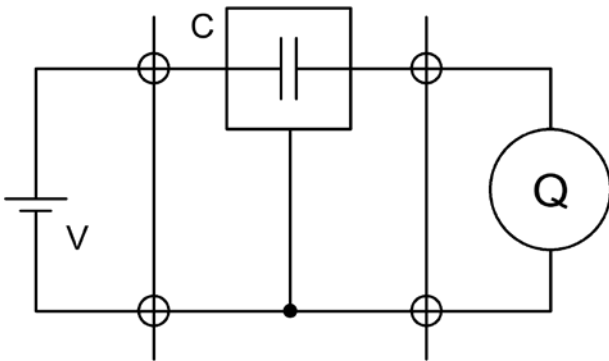
V = Tensió aplicada (V).

I = Corrent mesura (A).

6.5. Casos d'aplicació

MESURA DE CÀRREGA ELÈCTRICA

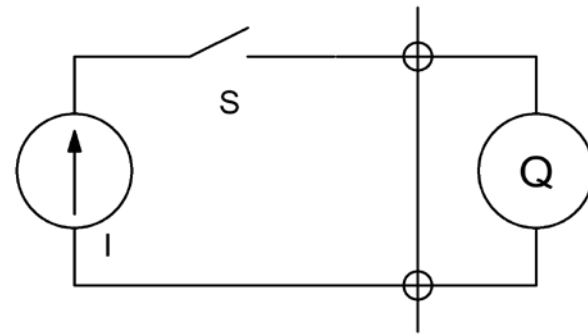
Mesura de capacitat
amb coulombímetre



$$Q_2 - Q_1 = C(V_2 - V_1)$$

Per evitar interferències electrostàtiques durant la mesura el condensador se sol situar a l'interior d'una caixa apantallada connectada al terminal EL

Mesura de corrents
molt baixos



$$I = \frac{C \Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Per a un temps d'un segon, la lectura de la mesura del canvi de càrrega és igual que el corrent d'entrada

6.5. Casos d'aplicació

MESURA DE BAIXA TENSIÓ

Mesures de temperatura d'alta resolució: S'utilitzen termistors (amb alimentació) i termoacobladors (més freqüents en aplicacions industrials o científiques)

Termoacoplador	T	J	K
Parell de materials	Cobre/Constantan (1)	Hierro/Constantan	Níquel-cromo/Alumel (2)
Rang de temperatura	-150 °C ÷ 350 °C	0 °C ÷ 700 °C	0 °C ÷ 1200 °C
Sensibilitat	40 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	50 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	40 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

(1) Constantan és un aliatge de coure i níquel

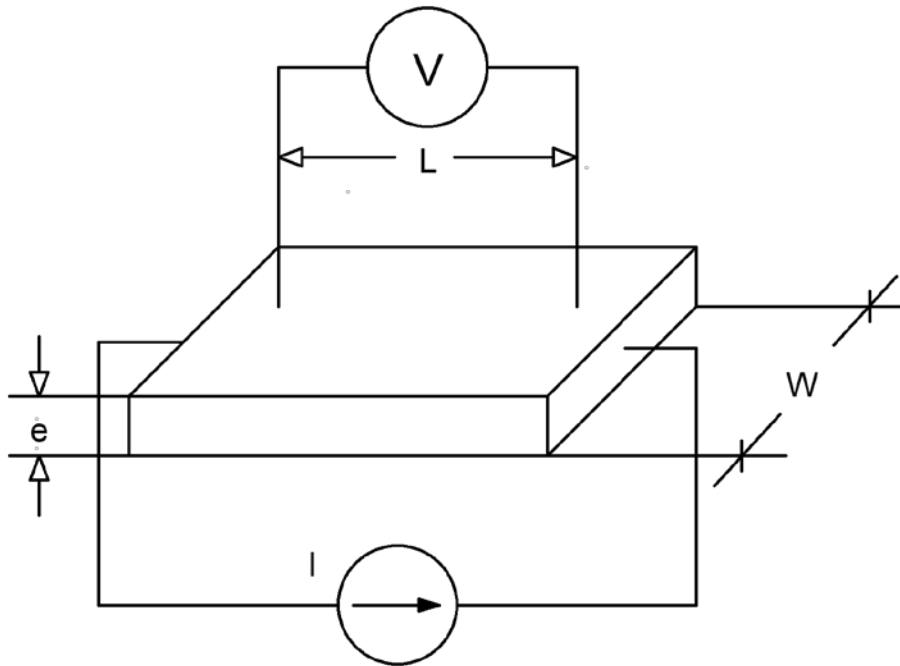
(2) Alumel és un aliatge de níquel i alumini

Característiques dels termoacobladors

6.5. Casos d'aplicació

MESURA DE BAIXA RESISTÈNCIA

Mesures de resistivitat de materials conductors: Mitjançant font de corrent i un mesurador de tensió (SMU)



$$\rho = \frac{V A}{I L}$$

ρ = Resistivitat en volum (Ωm).

V = Tensió aplicada (V).

I = Corrent mesura (A).

A = Secció que travessa el corrent ($i \times w$) (m^2).

L = Distància entre les puntes de contacte del voltímetre (m).

1. La figura 1 mostra l'estructura interna del REF200. Aquest està implementat amb dues fonts de corrent flotants de 100 μA i un mirall de corrent. Tal com mostra la figura 1, és possible implementar de forma senzilla fonts de corrent estables amb diferent rang: 200 μA (figura 1a), 300 μA (figura 1b) i 400 μA (figura 1c) i és suficient canviar les connexions entre els terminals del REF200. El circuit de la figura 2 s'utilitza per a polaritzar correctament un sensor de pH (ISFET) el funcionament del qual és similar al d'un transistor MOSFET, tret que la seua resposta canvia en funció de la concentració d'ions H^+ (nivell de pH), i obtenir la seua resposta (V_{SG}).

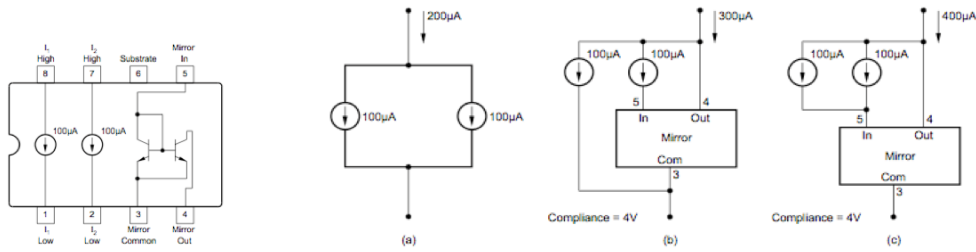


Figura 1

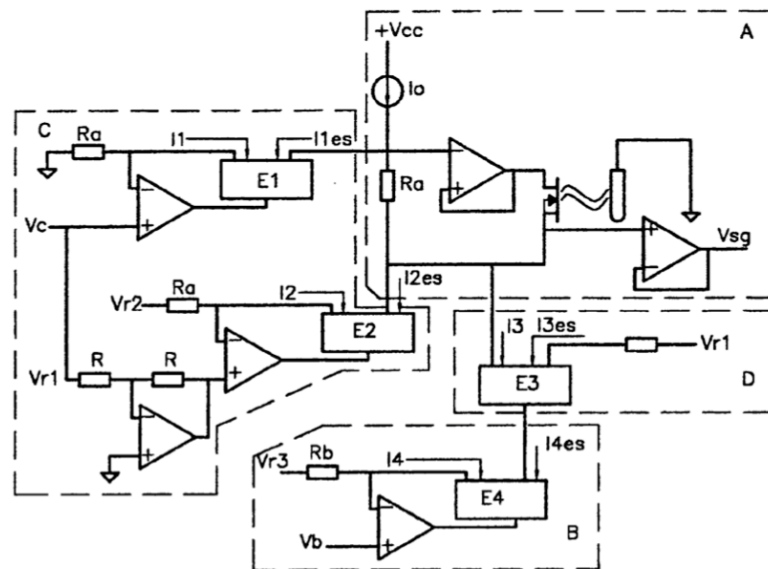


Figura 2

Sabent que el disseny del circuit es realitza de manera que compleix la condició $I_o = I_{1es} + I_{2es}$ i $V_c = V_{r1}$, es demana:

- L'expressió analítica del corrent $I_{DS} = I_{DS}(V_{r3}, V_b, R_b)_{SEP}$
- L'expressió analítica de la tensió $V_{DS} = V_{DS}(V_c, V_{r2})_{SEP}$
- Suposant $V_{r2} = V_{r3} = 10 \text{ V}$, $R_b = 100 \text{ K}\Omega$, $V_{DS} [0.1, 1] \text{ V}$ i $I_{DS} [10, 100] \mu\text{A}$, obteniu els intervals numèrics de les tensions de control V_c i V_b $_{SEP}$
- Obteniu la sensibilitat associada al control de V_{DS} i I_{DS} $_{SEP}$

2. El circuit de la Figura 3 representa un convertidor D/A de 4 bits adequat per a la divisió de senyals analògics controlat per un nombre binari d'entrada (b_3, b_2, b_1, b_0) que obre/tanca quatre interruptors. Es demana:

- L'expressió analítica de la tensió de sortida V_o en funció de la font de corrent (I_{ref}), la resistència (R) i el codi digital (b_3, b_2, b_1, b_0). Considereu tots els components ideals.
- Expressió analítica de l'error relatiu associat a la tensió de sortida V_o tenint en compte les no idealitats de l'amplificador operacional (V_{os} , I_p i I_n) i considerant solament un interruptor tancat. Obteniu el valor numèric de l'error relatiu.

Dades:

$R = 10 \text{ K}\Omega$, $I_{ref} = 2 \text{ mA}$.

Amplificador operacional: $V_{os} = 6 \text{ mV}$, $I_p = I_n = 500 \text{ nA}$

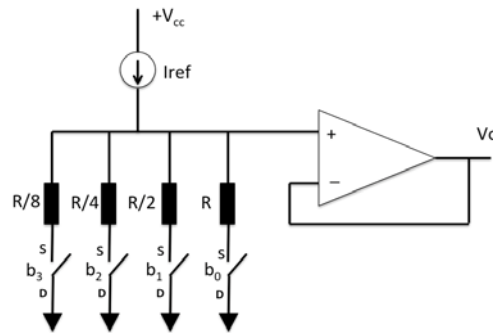


Figura 3

3. El circuit de la figura 4 permet ajustar el nivell de referència de l'amplificador d'instrumentació INA118, per a això utilitza un amplificador operacional (OPA177) juntament amb dues fonts de corrent flotants de precisió el corrent del qual és de $100 \mu\text{A}$. Obteniu l'interval d'ajust de la tensió de referència V_{ref} associada a l'amplificador d'instrumentació.

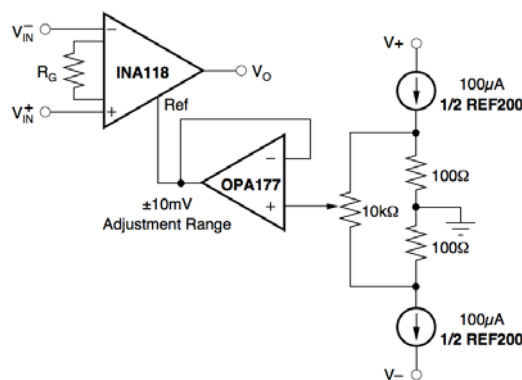


Figura 4

4. Supposem que en el SAS de la figura 5 els errors de zero s'han ajustat a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ de manera que ara les úniques fonts d'error que poden considerar-se apreciables són les ocasionades per les derives tèrmiques (se suposen menyspreables les produïdes per efecte de càrrega). Es considera una $R_{\text{ON}} = 250 \Omega$ per al multiplexor, unes derives tèrmiques per a l'amplificador de $50 \text{ pA}/^\circ\text{C}$ per a I_b i $50 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ per a V_{os} amb un guany de 100; unes derives tèrmiques per al filtre de $50 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ per a V_{os} i unes derives tèrmiques de $20 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ per a V_{os} del S&H. Si el CAD té un marge d'entrada de 10 V , quina és la resolució efectiva disponible per al senyal si el sistema aconseguix els $55 \text{ }^\circ\text{C}$?

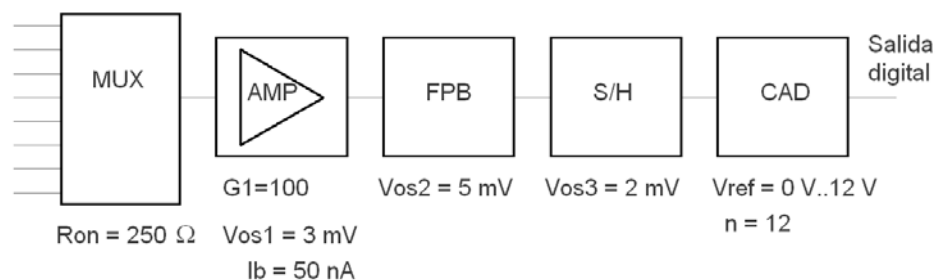


Figura 5

El sistema mostrat en la figura 5 s'ha dissenyat per formar part d'un sistema automatitzat d'adquisició continu que estarà en funcionament durant un any. Les condicions de l'entorn poden variar de manera no previsible durant aquest període (tensió d'alimentació, corrents de polarització, tensions d'òfset, temperatura...) i aquestes afectaran necessàriament el funcionament del sistema de mesura. Dels tres mètodes de calibrats descrits a classe, indiqueu quin seria el mètode de calibrat més adequat i com ho implementàrieu físicament en el sistema de mesura de la figura 5. **Justifiqueu adequadament i amb suficient detall la resposta (no s'admeten solucions ambigües).**

5. S'ha dissenyat cert convertidor D/A en xarxa R-2R el circuit de la qual es mostra en la figura 6. Té una resolució de 12 bits i un marge de sortida de 10 V, tot això a 25°C. Obteniu les màximes derives tèrmiques que poden tenir la referència de tensió V_r i la tensió d'òfset de l'amplificador operacional perquè es produeixi un increment màxim de $\pm 1/4$ LSB en els dos dispositius. El rang de funcionament es troba en l'interval de temperatures de 0 °C a 70 °C. Seleccioneu un valor nominal per a V_r de 10 V. Per a aquest convertidor D/A la tensió de sortida pot expressar-se com:

$$V_o = -(R_f/R)V_{ref}[b_12^{-1} + b_22^{-2} + \dots + b_n2^{-n}]$$

On $b_k \in \{0, 1\}$ identifica l'estat de l'interruptor K .

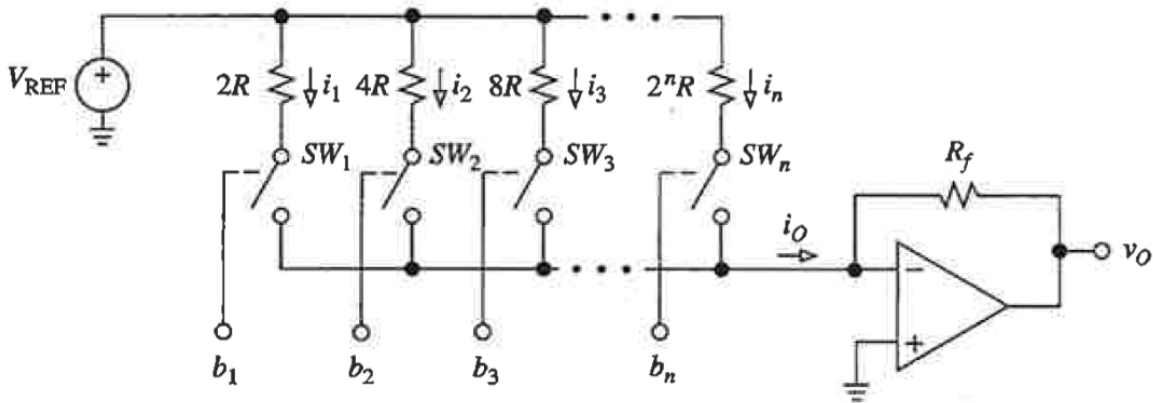


Figura 6

6. El termòmetre de la figura 7 està basat en un transistor connectat com a díode, que a 25 °C té $V_{BE}=0.595$ V i coeficient de temperatura -2.265 mV/°C, quan circula per ell un corrent de 100 μ A. Les dues fonts de corrent de 100 μ A estan integrades en el REF200 i poden considerar-se constants. Es demana:

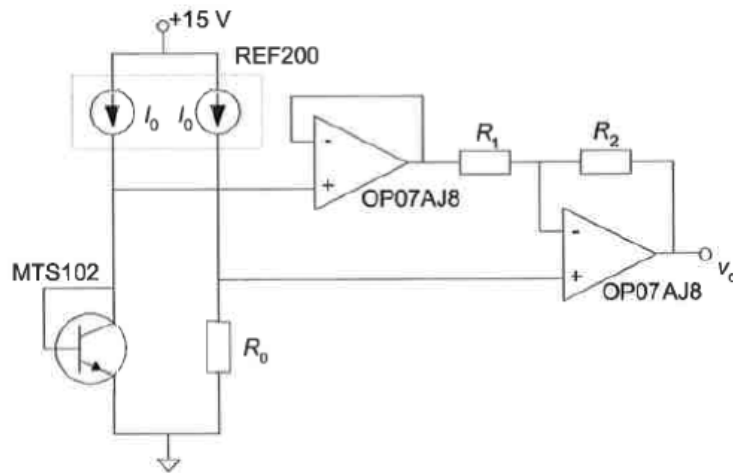


Figura 7

- (a) Quins valors han de tenir R_0 , R_1 i R_2 perquè en un rang de 0°C a 100°C en el sensor li correspongui una sortida de 0 V a 10 V? (Fixar $R_1=1$ k Ω)
- (b) Si la temperatura ambient (a la qual està el circuit) és de 30 °C, quina és la desviació a 0 °C deguda a les seues tensions d'òfset en el pitjor cas? ($V_{os(tip)}=60$ μ V, $V_{os(max)}=150$ μ V, $TC(V_{os})_{tip}=0,3$ μ V/°C, $TC(V_{u_s})_{max}=1,3$ μ V/°C).

8. En un determinat CAD de 12 bits s'utilitza una tensió de referència $V_{ref}=4,096$ (a 25 °C) que coincideix amb el fons d'escala. Aquesta té una incertesa de ± 2 % i una deriva tèrmica de $150 \cdot 10^{-6}/K$. Si l'entrada és de l'ordre d'1 V, es demana:

- a) Quina és la resolució i el nombre de comptes quan V_{ref} té el seu valor nominal?

- b) Quina és la resolució quan V_{ref} té, a causa de la seua incertesa, el seu valor mínim? I quan té el seu valor màxim?
- c) Si el CAD està en un entorn la temperatura del qual varia entre $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, quina és la resolució en cadascuna d'aquestes temperatures extremes? Suposeu que a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ V_{ref} té el seu valor nominal.

9. Es mesura una temperatura amb el sensor AD592CN que ofereix una sensibilitat d' $1\text{ }\mu\text{A/K}$, el corrent de sortida de la qual es fa circular per una resistència d' 1K la tolerància de la qual és de l' 1% . La tensió obtinguda es porta a un amplificador de guany 10 i una màxima tensió d'òfset, referida a l'entrada, de $100\text{ }\mu\text{V}$. La tensió amplificada es connecta a un CAD de 10 bits de resolució i aquest treballa amb una referència de tensió igual al fons d'escala de $4,096\text{ V}$. Aquesta tensió de referència té una incertesa del $0,1\%$. Obteniu:

- a) L'expressió analítica de la temperatura en funció de la resistència (R), guany (G), tensió d'òfset (V_{os}), tensió de referència (V_{ref}), nombre de bits (n) i nombre de comptes (C).
- b) Considerant les toleràncies associades a la resistència i a la tensió de referència, obteniu-ne el rang, expressat en comptes, que es pot obtenir en mesurar $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- c) Considerant els valors ideals de les diferents etapes, obteniu quina resolució de la temperatura s'ha considerat per a realitzar el disseny del sistema de mesura.

10. Es disposa d'una cambra frigorífica la temperatura de la qual ha de mantenir-se dins de l'interval $[-20, -15]\text{ }^{\circ}\text{C}$. Per tal de comprovar el funcionament correcte de la cambra frigorífica es disposa d'un circuit (figura 8) la funció del qual és encendre un led si la temperatura de la cambra està dins del marge desitjat i apagar-lo en el cas contrari.

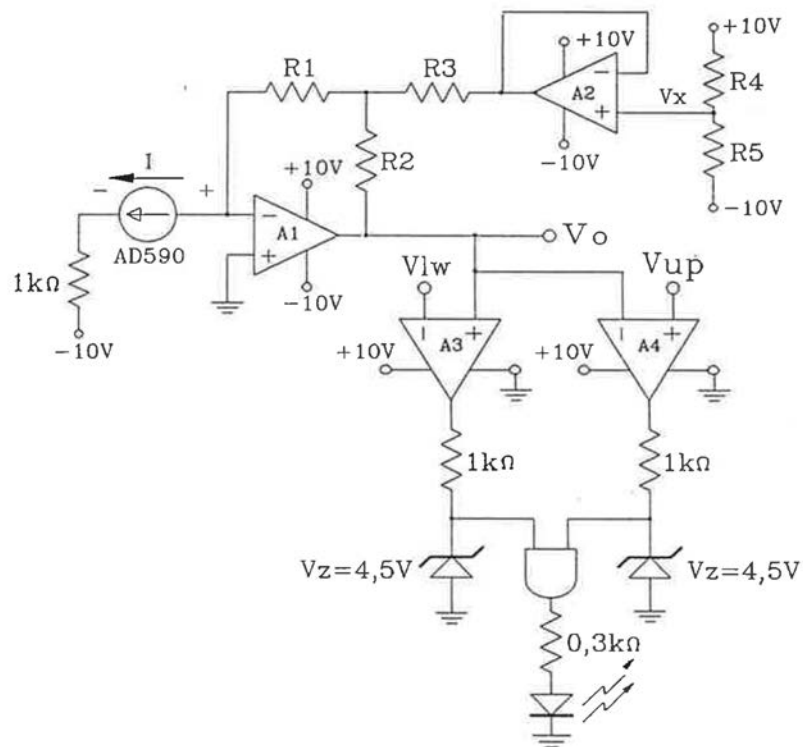


Figura 8

L'AD590 és un sensor de temperatura que proporciona un corrent proporcional a la temperatura absoluta $I=(1\text{ }\mu\text{A/K})T(\text{K})$

- a) Determineu l'expressió de V_o .
- b) Sabent que $R1=10\text{K}\Omega$ i que $R2=1\text{K}\Omega$, calculeu $R3$ i V_x perquè la tensió de sortida siga $V_o=(0,1\text{ V}/^{\circ}\text{C})\cdot T(^{\circ}\text{C})$

- c) Determineu l'expressió de la tensió d'error que apareix en V_o provocada pel corrent de polarització de l'amplificador operacional A1 i les tensions d'òfset dels amplificadors operacionals A1 i A2.
- d) Suposant que els amplificadors operacionals es troben funcionant a 55°C , obteniu l'error en graus que s'obté en V_o sabent que:

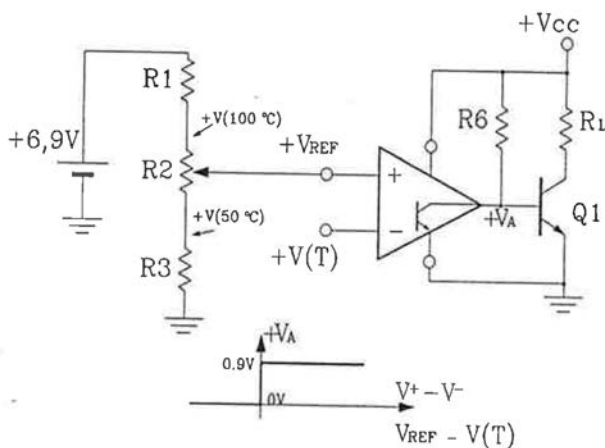
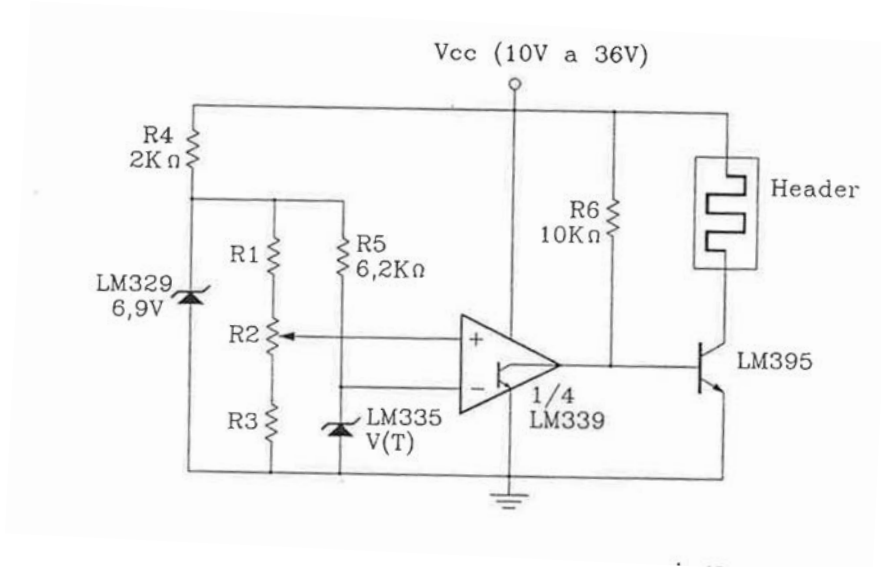
$$V_{os1}=V_{os2}=0,8 \text{ mV (a } 25^\circ\text{C)}$$

$$(AV_{os}/AT)=15 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

$$I_n(\text{AO1})=25 \text{ nA (a } 55^\circ\text{C)}$$

10. Es vol controlar la temperatura d'un forn, per a això s'utilitza el sensor de temperatura LM335 que subministra una tensió proporcional a la temperatura en Kèlvens segons la relació $V(T)=(10\text{mV/K})T(\text{K})$.

- a) Expliqueu breument el funcionament del circuit de la figura 9.
- b) Calculeu els valors de R1 i R3 sabent que R2 és un potenciòmetre ajustable de $5 \text{ K}\Omega$ si el punt de treball es pot seleccionar entre 50°C i 100°C .



Última sessió de pràctiques "Examen EQM":

20 minuts per acabar de perfilar el programa i comprovar el funcionament de la placa.

Cada parella disposarà de 20 minuts distribuïts de la manera següent :

➤ 10 minuts per parella per presentar el programa:

Es descarregarà el programa en el PC del professor de l'aula, connectat al projector.

Es demostrarà i explicarà com funciona el programa connectant el PC a la placa a través de la DAQ.

➤ 10 minuts per parella per contestar a les preguntes que se'ls facen.

Cada parella puntuarà la presentació dels seus companys.

La puntuació que s'atorgue a cada parella serà part de la nota de la parella que puntue. de manera que si es puntua amb un 10 un projecte desastrós es penalitzarà els qui hagen donat aquesta puntuació, ja que demostren que no tenen criteri ni han adquirit les competències associades a l'assignatura.

parella	presentació	programa	interfície	intuïtiu	responen a les preguntes	qui creus que domina millor el programa de la parella?

Avaluador:

PRÀCTICA 1: INTRODUCCIÓ A L'ENTORN DE PROGRAMACIÓ GRÀFICA LABVIEW.

1. PROGRAMAR EN LabVIEW

LabVIEW és un entorn gràfic que permet substituir els codis habituals en qualsevol llenguatge de programació per funcions o objectes gràfics que poden connectar-se entre si. Ofereix una major flexibilitat i rapidesa en el procés de programació ja que permet substituir 20 o 30 línies de codi C++ per una o diverses icones. És a dir, es tracta d'una programació d'alt nivell. En principi, pot semblar que la manera de programar una aplicació en LabVIEW pugui ser molt diferent a fer-ho en qualsevol altre llenguatge. Veurem que els plantejaments bàsics són exactament els mateixos.

Qualsevol programa sempre es basarà en:

- ↳ Ocupació d'unes estructures de dades.
- ↳ Construcció d'un algoritme.

Es necessita, en primer lloc, tenir clars els objectius de l'aplicació, una descripció exacta de l'ordre determinat en què s'han d'executar una sèrie d'operacions i generalitzar al màxim possible aquelles accions que siguin del mateix estil per a obtenir un programa tan compacte i modular com siga possible.

2. TIPUS DE DADES

Tenim dos tipus de dades:

- ↳ Estructurats
- ↳ No estructurats o escalars, és a dir no divisibles en components.

Això suposa dos avantatges:

Primer: En declarar el tipus de dades abans d'usar una variable, el compilador podrà detectar els errors d'incompatibilitat de determinats operadors amb variables. Això és molt útil quan el programa és llarg.

Segon: Cada tipus de dada es representa dins de la memòria del computador en un format determinat. Si els identificadors de tipus canvien durant l'execució del programa, la reserva de l'espai en memòria es complicaria i l'execució del programa seria més lenta.

3. PROGRAMACIÓ MODULAR I ESTRUCTURADA

3.1. Programació estructurada

L'objectiu és obtenir programes tan clars, simples i fiables com siga possible. Convé que ens acostumem a utilitzar estructures estàtiques, és a dir, utilitzar text al programa que ens done una idea clara de l'evolució del programa.

Bàsicament hi distingirem tres tipus d'estructures:

- ↳ Seqüencial: Quan una sèrie d'accions s'executen en l'ordre que s'hi han escrit.
- ↳ Condicional: Quan dues accions independents i excloents depenen d'una condició.
- ↳ Iterativa: Accions que impliquen la repetició sistemàtica d'un procés, encara que dins d'elles existisquen diferències (bucle WHILE, bucle FOR).

3.2. Programació modular

La programació modular és un mètode de disseny i tendeix a dividir el problema total en aquelles parts que posseeixen personalitat pròpia.

Freqüentment, en un programa ha de repetir-se una certa seqüència de sentències en diversos llocs dins del programa. Per estalviar temps i esforç, molts programes incorporen la possibilitat de construir-hi subrutines. En aquest aspecte el LabVIEW ofereix una gran comoditat per a implementar subrutines, com es veurà més endavant. A més a més, ofereix com a avantatge la possibilitat d'executar un subprograma sense necessitat d'executar el programa principal íntegrament.

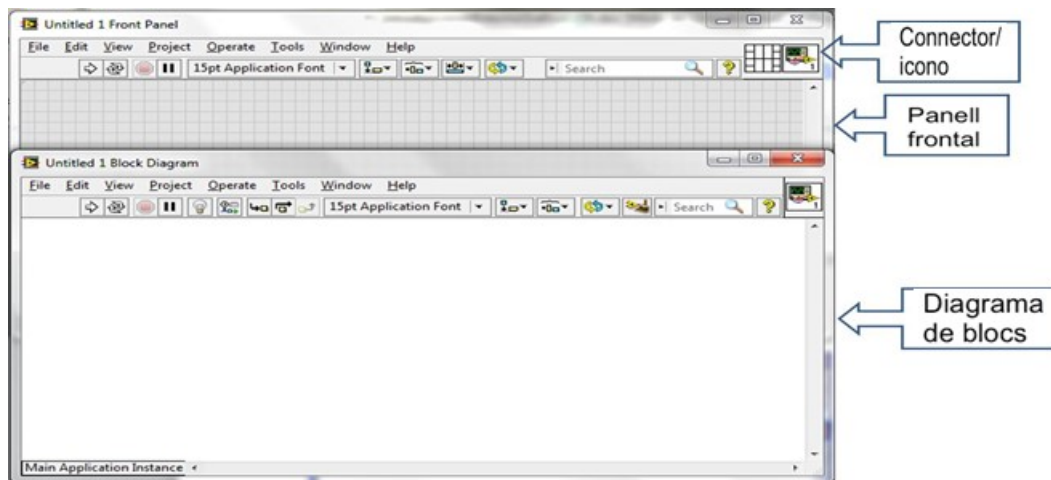
4. FINESTRES, PANELL I DIAGRAMA

Cada programa que es crea es denomina "VI" (Instrument Virtual). Cada VI consta de tres components:

- ↳ Panell frontal: Conté el panell frontal del programa i constitueix la interfase amb l'usuari.
- ↳ Diagrama de blocs: És la finestra sobre la qual es construeix el diagrama de blocs, conté el codi font.
- ↳ Icona i connector: Identifica cada VI, de manera que pot utilitzar-se dins d'un altre VI, parlariem llavors d'un subVI.

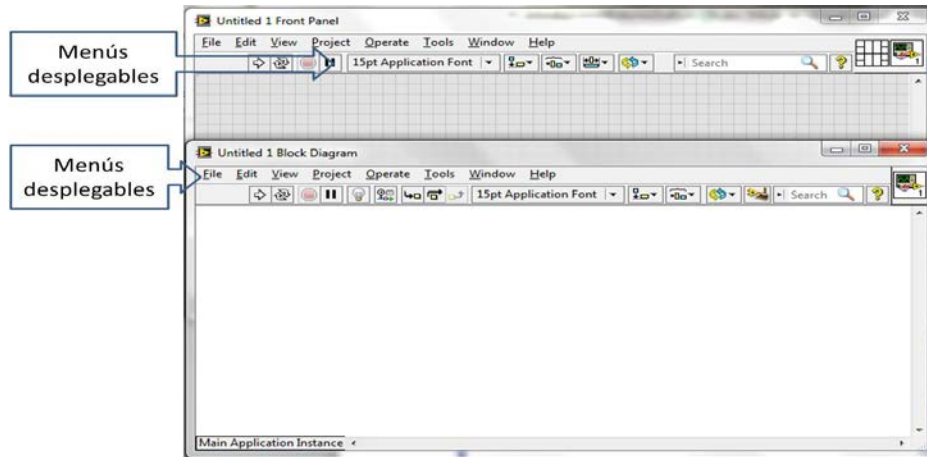
Pot passar-se d'una pantalla a una altra amb l'opció de menú o visualitzar ambdues simultàniament:

- Windows
- Show Front Panel/Show Block Diagram, depenent de la finestra en què estiguem.



4.1. Menús de LabVIEW

La barra de menús de la part superior de la finestra d'un VI conté diversos menús desplegable. Hi apareixen algunes opcions comunes en altres aplicacions com poden ser guardar, apegar, obrir ...



File (arxiu): S'usa bàsicament per a obrir, tancar, guardar i imprimir VI.

Edit (fitxer): Utilitzat per a organitzar el panell frontal, establir-hi el diagrama de blocs i les nostres preferències.

Operate (funció): Proporciona els codis necessaris per a executar el VI, també permet escriure quan finalitza l'execució.

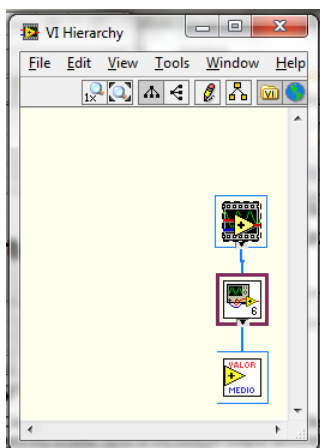
Project (projecte): Presenta els nivells de jerarquia, els subVI que l'integren, els que estan sense obrir, cerca VI, etc.

Windows (finestres): S'utilitza bàsicament per a mostrar finestres, historials, eines, portapapers, etc.

Help (ajuda)

En la part inferior del menú desplegable, hi apareix una altra barra d'eines molt útil amb la qual podem tractar els diferents tipus de lletres, l'alineació i distribució d'objectes. També hi apareixen opcions per a controlar l'execució del programa.

4.2. Finestra de jerarquia (Finestra diagrama/panell)

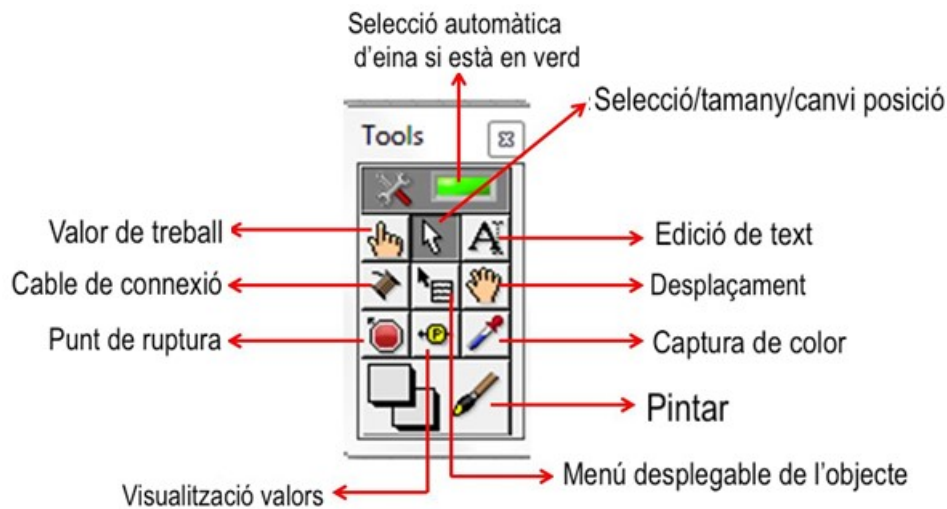


Si seleccionem **Browse/Show VI Hierarchy** des del menú Project, hi apareix una finestra que mostra els VI i subVI que hi ha actualment en memòria. Si la finestra "Help" està activa i es mou el cursor sobre qualsevol dels VI que hi apareixen, s'obté la informació que es té sobre ell.

Es pot fer doble clic sobre qualsevol icona de la finestra per a obrir el VI associat.

4.3. Eines (Finestra panell frontal/diagrama de blocs)

Són eines utilitzades per dur a terme funcions específiques d'edició i execució.



Valor de treball: Maneja controls i indicadors del panell frontal.

Selecció\Grandària\Canvi posició: Selecciona, mou i redimensiona objectes.

Edició de text: Crea i edita textos.

Cable de connexió: Permet connectar entre si els elements que formen el diagrama de blocs.

Menú desplegable de l'objecte: Visualitza les paletes de controls si es té obert el panell frontal, o la paleta de funcions si s'està treballant amb el diagrama de blocs.

Desplaçament: Desplaça la pantalla en la direcció que desitgem.

Punt de ruptura: Permet posar tants punts de ruptura com desitgem al llarg del diagrama de blocs. Quan durant l'execució s'arriba a un d'ells, LabVIEW commuta automàticament al diagrama de blocs. S'utilitza la mateixa eina per a eliminar els punts de ruptura.

Sonda de dades: Permet comprovar els valors intermedis dins d'un VI durant l'execució del programa. És similar al comportament d'una sonda d'oscil·loscopi que ens permet veure els valors que es generen en els punts on la connectem.

Capturar color: Permet saber de forma específica quin color té un objecte, text o altres elements.

Acolorir: Permet canviar els colors d'objectes, línies, fonts....

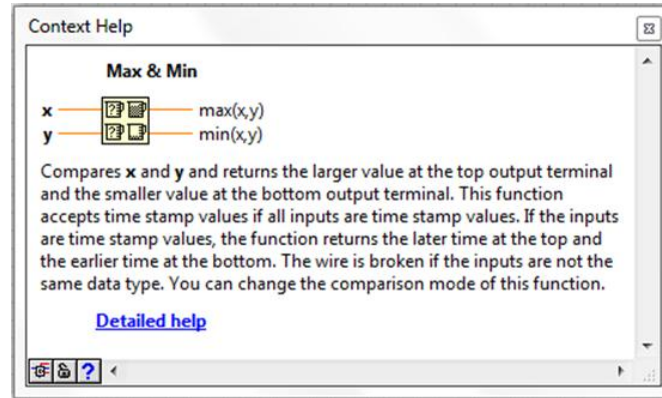
4.4. Ajuda i finestra d'ajuda

La finestra **Context Help** (que s'activa des del menú Help/Show Context Help) ofereix informació sobre funcions, constants, subVI, controls i indicadors. Cal tenir en compte que la descripció de qualsevol VI no ha de superar els 256 caràcters.

Cada VI, generalment, es caracteritza per tenir uns terminals que s'identifiquen amb les etiquetes dels controls i indicadors utilitzats en el panell frontal.

Quan passem el cursor sobre una funció, un VI o subVI, la finestra d'ajuda en mostra la icona amb els cables del tipus de dada adequada per a cada terminal. Les variables

d'entrada se situen a l'esquerra (controls) i les de sortida a la dreta (indicadors). Els noms dels terminals apareixen al costat de cada cable. Si el VI té associada una descripció, aquesta s'hi visualitzarà. Aquestes descripcions s'introdueixen mitjançant el diàleg **Get Info**, al qual s'accedeix seleccionant la icona corresponent en la finestra de jerarquia.



En situar l'eina **Connexió cables** sobre un cable, la pantalla d'ajuda visualitza el tipus de dada transportada per aquest cable. Així mateix, si es mou sobre la icona del VI, el terminal corresponent al connector s'il·lumina.

També pot **bloquejar-se** l'ajuda amb la finalitat de mantenir la informació d'un determinat VI permanent en pantalla; d'aquesta manera, la pantalla d'ajuda no es veu modificada encara que el cursor es moga.

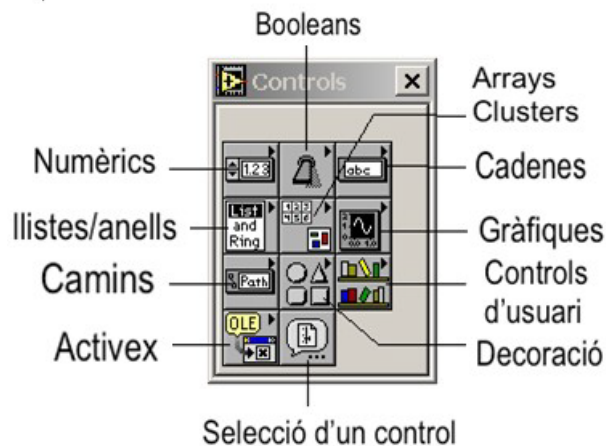
Una altra opció és la d'obtenir informació detallada.

És convenient tenir la finestra d'ajuda sempre visible.

5. CREACIÓ D'UNA APLICACIÓ

Per a crear el panell frontal cal situar-hi els objectes desitjats (controls i indicadors) mitjançant la selecció en la paleta de controls. Cada objecte s'hi identificarà amb un terminal que apareixerà de forma automàtica en la finestra del diagrama quan aquest s'insereixca en el panell frontal.

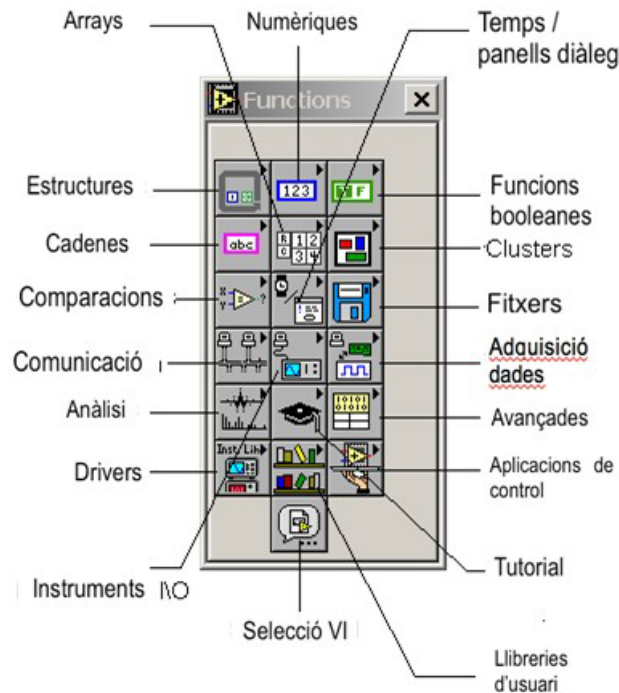
5.1. Controls (Finestra panell frontal)



La seua presentació varia en funció de la selecció de l'usuari.

Respecte al diagrama de blocs, també cal utilitzar una paleta, aquesta vegada de funcions.

5.2. Funcions (Finestra diagrama de blocs)



La seua presentació varia en funció de la selecció de l'usuari.

5.3. Tipus de dades

LabVIEW ofereix una gran varietat de dades amb les quals podem treballar responent a les necessitats reals amb les quals ens trobem. Un dels aspectes més significatius n'és la diferenciació que efectua en el diagrama de blocs entre els diferents tipus de controls i indicadors, basada en el fet que cadascun d'ells s'identifica amb un color. Hi distingim les següents dades:

↳ Booleà (verd clar): Enters de 16 bits, on el bit més significatiu conté el booleà. El bit 15 es posa a 1 si es tracta d'un valor veritable i 0 si és fals.

↳ Numèrics: cal distingir-ne diferents tipus,

Extended (taronja) → 80 bits

Double (taronja) → 64 bits

Single (taronja) → 32 bits

Long Integer (blau) → 32 bits

Word integer (blau) → 16 bits

Byte integer (blau) → 8 bits

Unsigned long (blau) → Sencer llarg sense signe

Unsigned word (blau) → Paraula sense signe

Unsigned byte (blau) → Byte sense signe

Complex esteneu (taronja) → Nombre complex amb precisió estesa

Complex Double (taronja) → Complex amb precisió doble

Complex single (taronja) → Complex amb precisió simple

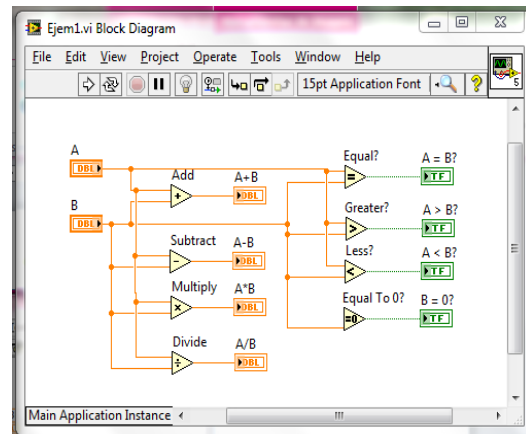
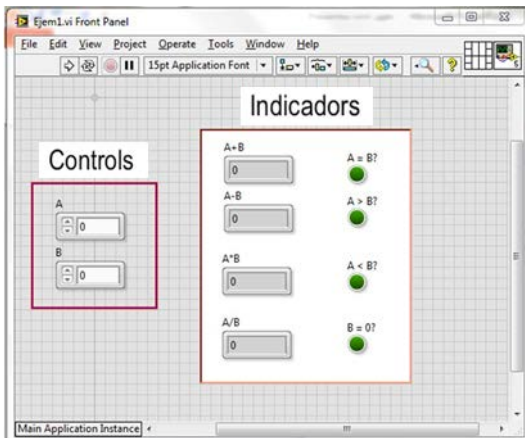
↳ *Arrays* (depèn del tipus de dades que continga): Emmagatzema la grandària de cada dimensió d'un *array* com a *long integer* seguit per la dada.

↳ *Strings* (rosa): Els emmagatzema com si es tractés d'un *array* unidimensional de bytes sencers (caràcters de 8 bits).

↳ *Path* (verd fosc): Emmagatzema les components tipus i nombre d'un *path* en paraules senceres, seguides immediatament per les components del *path*. El tipus de *path* és 0 per a un *path* absolut i 1 per a un *path* relatiu.

↳ *Clusters* (marró o rosa): Un clúster emmagatzema diferents tipus de dades segons les normes següents: Les dades escalars s'emmagatzemen directament en el clúster; els *arrays*, *strings*, *path*... s'hi emmagatzemen directament. El clúster emmagatzema un *handle* que apunta a l'àrea de memòria on s'emmagatzemen realment les dades.

A 1 (A1.vi): Desenvolpeu un programa que tinga dues entrades numèriques (controls A i B), que mostre els resultats de quatre operacions ($A+B$, $A-B$, $A*B$, A/B) i indique mitjançant quatre leds quan es compleixen les igualtats: $A=B$, $A>B$, $A<B$ i $B=0$:



Tots els elements de programació es troben en **Functions/Programming/ numeric-comparison**. En el diagrama de blocs sobre els elements d'entrada/sortida i el seu menú desplegable podem editar-hi els controls i indicadors.

Executeu el programa en forma ressaltada (bombeta), establiu-hi punts de ruptura, canvieu-hi colors, introduïu-hi dades...hi heu d'aplicar tot el que s'ha explicat.

6. PROGRAMACIÓ ESTRUCTURADA

A l'hora de programar, moltes vegades és necessari executar un mateix conjunt de sentències un nombre determinat de vegades, o que aquestes es repetisquen mentre es donen una sèrie de condicions... També pot ocórrer que vulguem executar una o una altra sentència depenent d'unes condicions determinades o simplement forçar que s'executen unes sentències abans que unes altres.

LabVIEW disposa de quatre estructures que es denominen: *For Loop*, *While Loop*, *Sequense Structure* i *Casi Structure*.

6.1. Estructures iteratives: FOR LOOP i WHILE LOOP

FOR LOOP: S'utilitzarà quan vulguem repetir una operació un determinat nombre de vegades. S'hi distingeixen els terminals següents:

- ↳ Terminal comptador: Conté el nombre de vegades que s'executarà el subdiagrama creat a l'interior de l'estructura. El seu valor ha de fixar-se sempre des de l'exterior.
- ↳ Terminal d'iteració: Indica el nombre de vegades que s'ha executat l'estructura (0,..., N-1)

Tots dos valors són accessibles des de l'interior de l'estructura encara que no poden ser modificats.

L'estructura *For Loop* posseeix un menú desplegable (prement el botó dret del ratolí) en què es poden observar diferents opcions, com poden ser:

Visible Items → Oculta o visualitza l'etiqueta d'identificació del bucle *i*, si no existeix, permet posar-la-hi.

Help → Visualitza l'ajuda detallada associada a l'element.

Description and Tip → Permet afegir-hi comentaris.

Conditional Terminal → Oculta o visualitza el terminal condicional del bucle FOR.

Replace with While Loop → Canvia el bucle per un bucle *While* tot mantenint la programació que hi haja dins del bucle FOR.

Remove For loop → Esborra el bucle sense eliminar la programació que hi haja en el seu interior.

Add shift register → Hi afegeix els registres de desplaçament.

Quan es vol treure una dada de l'interior del bucle es genera un túnel i per defecte s'obté una dada "autoindexada". D'aquesta manera, en finalitzar el bucle es pot obtenir un *array* la dimensió del qual depèn de les iteracions realitzades pel bucle.

Registres de desplaçament

Són variables locals que permeten transferir les dades del final d'una iteració al principi de la iteració següent.

Inicialment, el registre de desplaçament posseeix un parell de terminals col·locats a banda i banda del bucle; el terminal de la dreta emmagatzema el valor final de la iteració fins que una nova fa que aquest valor es desplace al terminal de l'esquerra, de manera que en el de la dreta es queda el nou valor. Un mateix registre de desplaçament pot disposar de més d'un terminal al costat esquerre; per afegir-lo escollirem l'opció "**add element**" del menú desplegable. Com més terminals s'hi afegeixen a l'esquerra més valors d'iteració s'hi podran emmagatzemar.

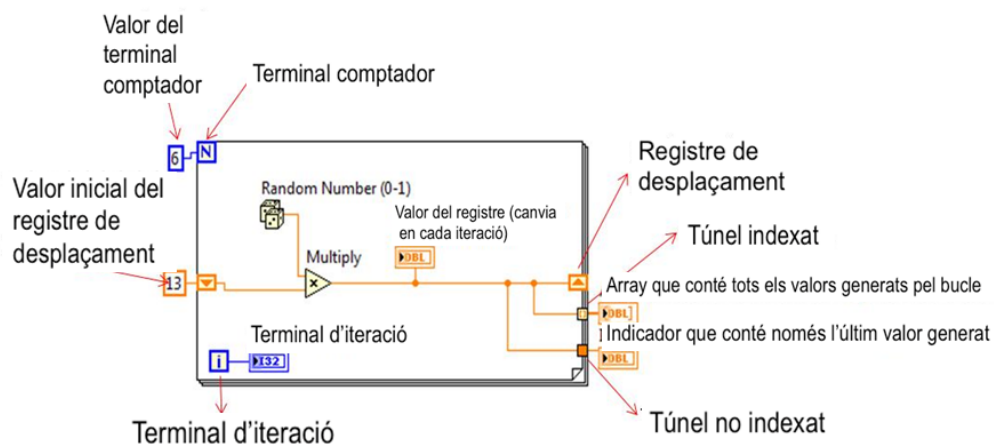
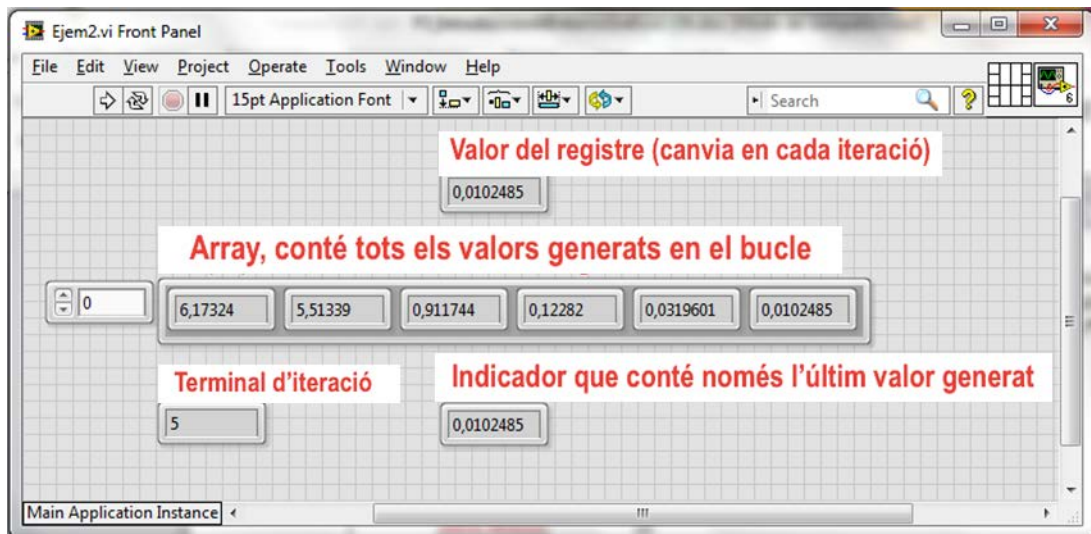
Una vegada que s'hi haja afegit el registre de desplaçament, prement sobre ell i desplegant-ne el menú hi apareixen altres opcions, com són:

Remove element → Esborra un terminal del costat esquerre sempre que el registre de desplaçament tinga associat més d'un terminal a l'esquerra.

Remove all → Esborra tot el registre de desplaçament, tant els terminals de l'esquerra com els de la dreta.

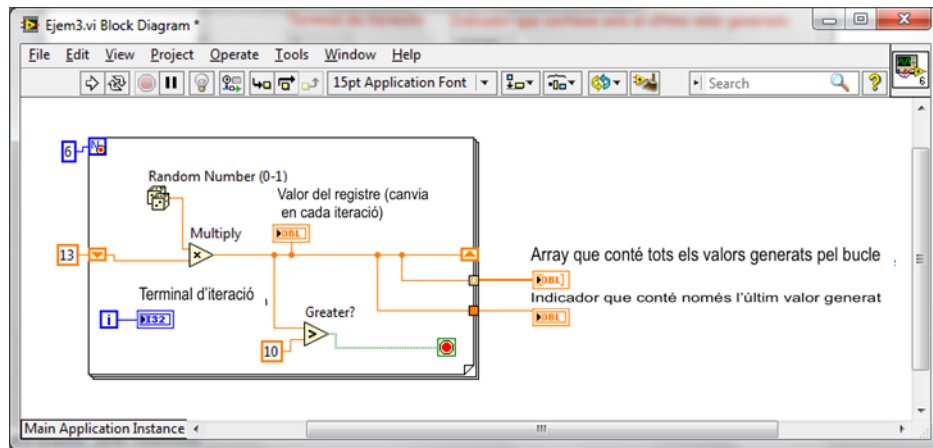
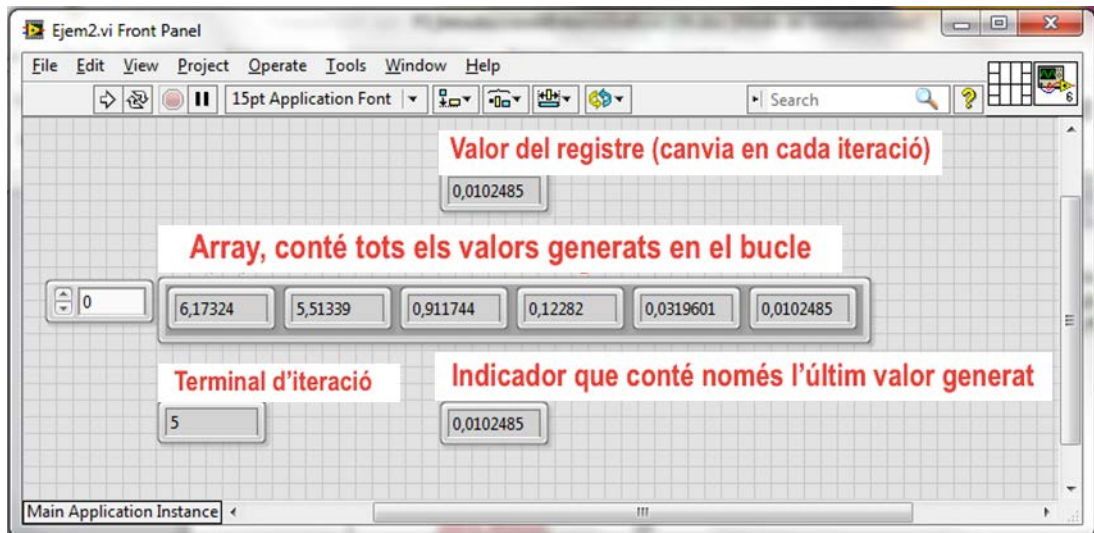
Un mateix bucle pot tenir més d'un registre de desplaçament, i és convenient inicialitzar-lo des de l'exterior per a disposar d'un valor inicial quan s'executa per primera vegada el bucle. Existeix una altra possibilitat per a passar les dades a l'exterior simplement connectant un cable a qualsevol indicador.

A 2 (A2.vi): Implementeu un programa que genere 6 nombres aleatoris i mostre en el panell frontal tots els nombres generats (*array* numèric), l'últim nombre generat pel bucle, el valor de la iteració que s'està executant i cadascun dels nombres generats en el moment en què es genere (valor del registre). Podrem veure com canvien aquests dos últims valors solament en l'execució ressaltada. *Per entendre bé el funcionament del registre de desplaçament, realitzeu l'execució ressaltada per veure que el valor generat en l'execució passa a ser el valor d'entrada en l'execució $n+1$.*



Tots els elements de programació es troben en **Functions/Programming/structures-numeric-comparison**.

A3 (A3.vi): Implementeu A2 amb l'estructura **FOR condicional** (per fer-ho, seleccioneu l'estructura FOR, desplegueu-ne el menú i activeu "Conditional terminal"). Modifiqueu-ne el codi perquè, si el resultat de la multiplicació és major que 10, es pare el programa.



Tots els elements de programació es troben en **Funcions/Programming/structures-numeric-comparison**.

Executeu-ho diverses vegades de forma ressaltada fins que entengueu el seu funcionament.

WHILE LOOP: S'utilitzarà quan vulguem que s'execute una acció mentre una determinada condició siga certa. Sempre s'executarà almenys una vegada, ja que primer executa el diagrama intern i després en comprova la condició de sortida. S'hi distingeixen els terminals següents:

- ↳ Terminal condicional: Es connecta a ell la condició que farà que s'execute el subdiagrama. S'hi pot canviar la condició de final (fons vermell o fons verd).
- ↳ Terminal d'iteració: Indica el nombre de vegades que s'ha executat el nucli, el seu valor mínim serà 0.

L'estructura *While Loop* posseeix un menú desplegable (prement el botó dret del ratolí) en què poden observar-se diferents opcions, com poden ser:

Visible Items → Oculta o visualitza l'etiqueta d'identificació del bucle i, si no existeix, permet posar-la-hi.

Help → Visualitza l'ajuda detallada associada a l'element.

Description and Tip → Permet afegir-hi comentaris.

Replace with For Loop → Canvia el bucle per un bucle *While* tot mantenint la programació que hi haja dins del bucle FOR.

Remove While loop → N'esborra el bucle sense eliminar-ne la programació que hi ha al seu interior.

Add shift register → Hi afegeix els registres de desplaçament.

Stop if True → El bucle es parerà si la condició cablejada al terminal condicional és certa.

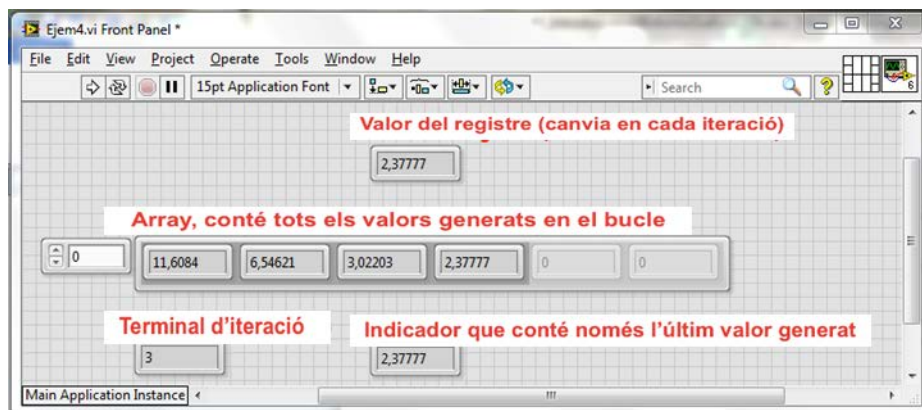
Continue if True → El bucle es parerà si la condició cablejada al terminal condicional és falsa.

Quan es vol treure una dada de l'interior del bucle es genera un túnel i, per defecte, s'obté una dada "no indexada". D'aquesta manera, en finalitzar el bucle es pot obtenir l'últim valor generat dins del bucle.

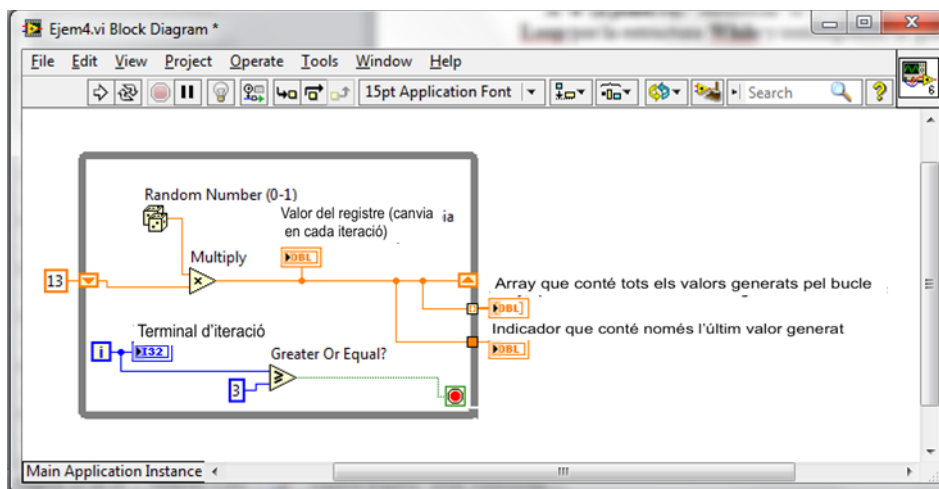
Registres de desplaçament

Té les mateixes propietats i característiques que els estudiats en el bucle FOR.

A 4 (A4.vi): Modifiqueu el programa A2.vi tot substituint l'estructura *For Loop* per l'estructura *While* i restringint-hi la generació de nombres aleatoris a 4.



Els elements de l'array que hi apareixen en gris és que no s'han activat.



Tots els elements de programació es troben en **Funcions/Programming/structures-numeric-comparison**. Executeu-lo diverses vegades de forma ressaltada fins que n'entengueu el funcionament.

Q 1. Per què si no volem generar més de 4 nombres aleatoris, la comparació la fem amb el número 3?

.....

.....

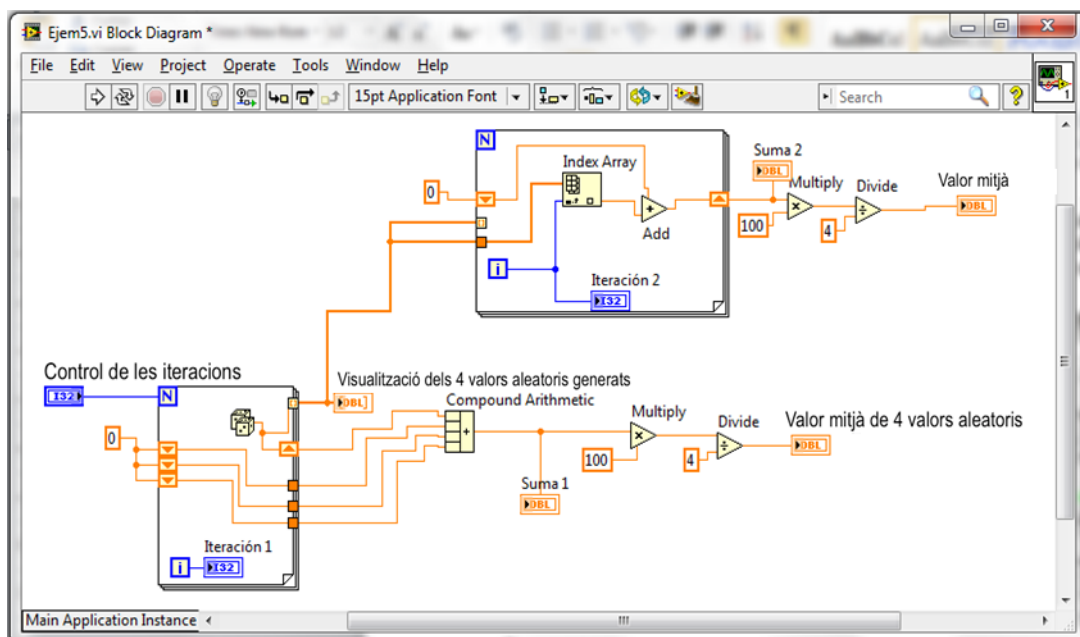
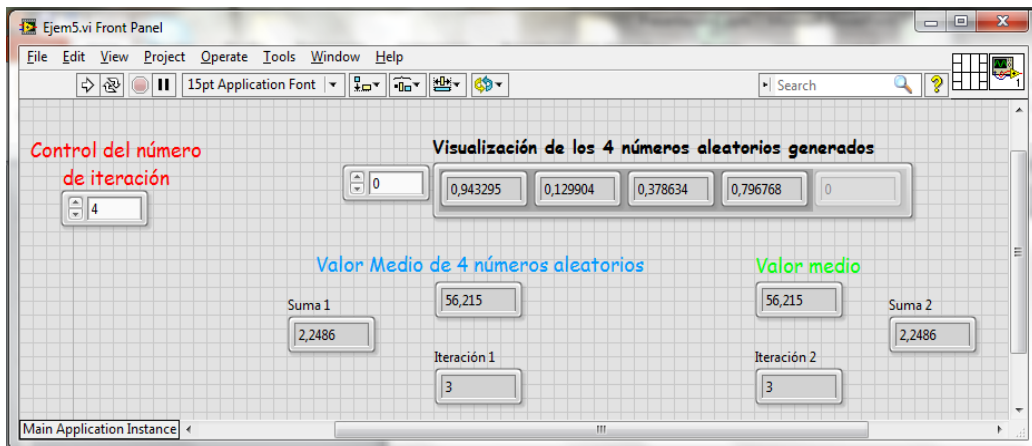
Q 2 Com és que ens apareix un *array* de quatre elements i al terminal iteració ens apareix un 3?

.....

.....

Com s'ha mostrat, les estructures *While* i *For* són molt semblants i en ambdues és possible disposar de registres de desplaçament i menú desplegable.

A 5 (A5 .vi): Utilitzant un bucle *For Loop* i registres de desplaçament genereu 4 nombres aleatoris i obteniu-ne la suma, multipliqueu-la per 100 i obteniu-ne el valor mitjà. En el panell frontal ha d'haver-hi un control del nombre d'iteracions i tres indicadors: iteració, resultat de las suma i resultat del valor mitjà. En aquest exemple calculem el mateix de dues formes diferents per ampliar els coneixements sobre el bucle *For* i els *arrays*.



Tots els elements de programació es troben en *Functions/Programming/structures-numeric-comparison-array*. **Executeu-lo diverses vegades de forma ressaltada fins que n'entengueu el funcionament.**

Q 3 Quin nombre aleatori surt a l'exterior pel registre de desplaçament inferior de l'esquerra del primer bucle **FOR**, el primer nombre aleatori generat o l'últim?

.....

Q 4 Quin nombre aleatori surt a l'exterior pel registre de desplaçament de la dreta del primer bucle **FOR**, el primer nombre aleatori generat o l'últim?

.....

Q 5 Per què en el segon bucle **FOR** no ha estat necessari cablejar el comptador N?

.....

.....

Q 6 Per què en el segon bucle **FOR** els túnels d'entrada tenen un aspecte diferent? Quina és la seua funció?

.....

.....

.....

Q 7 Què ocorre si el control d'iteració és diferent de 4? Es fa la mitjana correctament pels dos bucles **FOR**? Com ho corregiríeu? Programeu-ne la solució ([solucioA5.vi](#)).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.2. Estructura Casi i Esquence (Flat o Stacked)

Aquest tipus d'estructures es diferencia de les iteratives en el fet que ens permeten establir l'ordre d'execució dels casos o seqüències que programem. A la part superior, hi apareix una finestra en la qual es visualitza l'identificador del cas o seqüència que s'està visualitzant. A banda i banda de la finestra, hi apareixen uns botons que permeten augmentar o disminuir l'identificador del cas o seqüència.

CASE: S'utilitzarà en aquelles situacions en les quals el nombre d'alternatives siguin dues o més. Segons el valor que prengui el selector s'executarà un cas o un altre. Consta d'un terminal anomenat selector i d'un conjunt de casos, cadascun dels quals està dins d'un cas identificat per un identificador del mateix tipus que el selector i que podrà ser booleà, numèric o cadena. En aquests dos últims casos, un d'ells anirà marcat com "Default". Si és booleà solament disposarem de dues possibilitats i si és numèric o cadena l'estructura podrà tenir fins a 214 casos.

L'estructura *Case* no compta amb registres de desplaçament, però sí que disposa de túnels per a introduir o treure dades d'un cas. Si un **cas** proporciona una dada de sortida és absolutament necessari que tots els **cas** proporcionen una dada de sortida del mateix tipus. No ocorre el mateix amb les dades d'entrada, ja que aquests poden o no ser compartits per tots els casos.

També hi ha un menú desplegable. Algunes de les opcions, tant per a l'estructura “*Case*” com la “*Flat o Stacked Sequence*”, són:

Visible Items → Oculta o visualitza l'etiqueta d'identificació de l'estructura. Si no existeix, permet posar-la-hi.

Help → Hi visualitza l'ajuda detallada associada a l'element.

Description and Tip → Permet afegir-hi comentaris.

Replace with Stacked Sequence/Case/Flat Sequence → HI canvia l'estructura per l'altra estructura indicada/seleccionada.

Remove Case structure/Sequence → Hi esborra completament l'estructura i tots els subdiagrames, a excepció del que s'està visualitzant.

Add Sequence Local → Només disponible en les estructures *sequence* per passar dades d'una seqüència a una altra que s'executa posteriorment.

Show Case/Frame → Permet anar directament al diagrama que volem visualitzar.

Add Case/Frame After → Hi insereix un *Case* o *Frame* buit darrere del que s'està visualitzant.

Add Case/Frame Before → Hi insereix un *Case* o *Frame* buit davant del que s'està visualitzant.

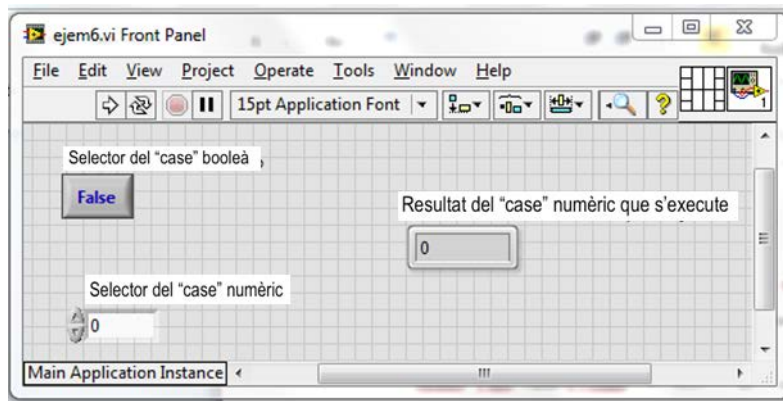
Duplicate Case/Frame → Hi insereix una còpia del *Case* o *Frame* que s'està visualitzant després d'ell.

Make This Case/Frame → Mou un *Case* o *Frame* a una altra posició.

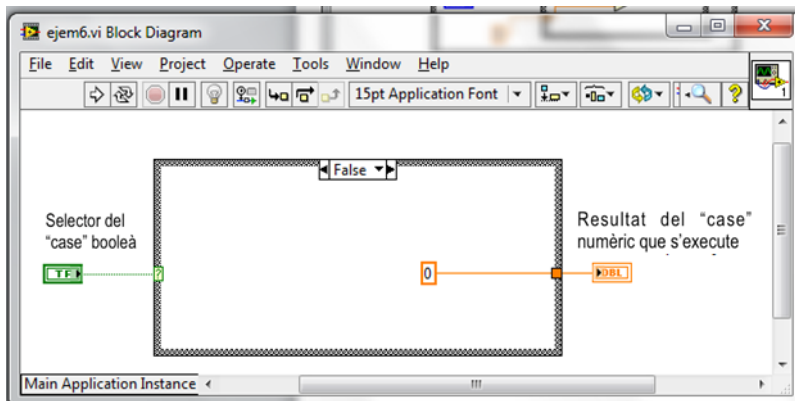
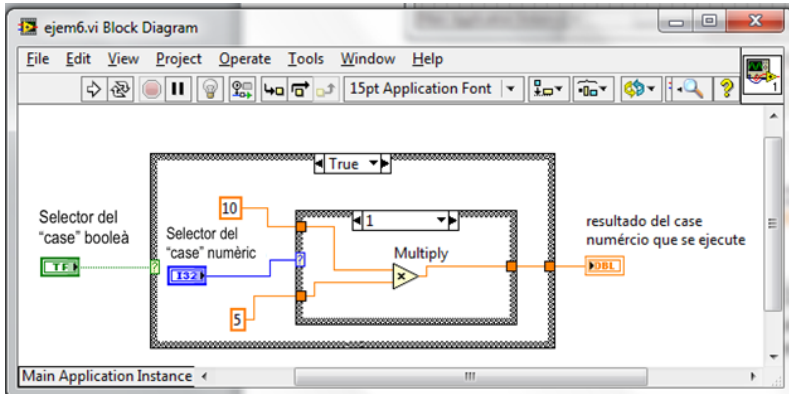
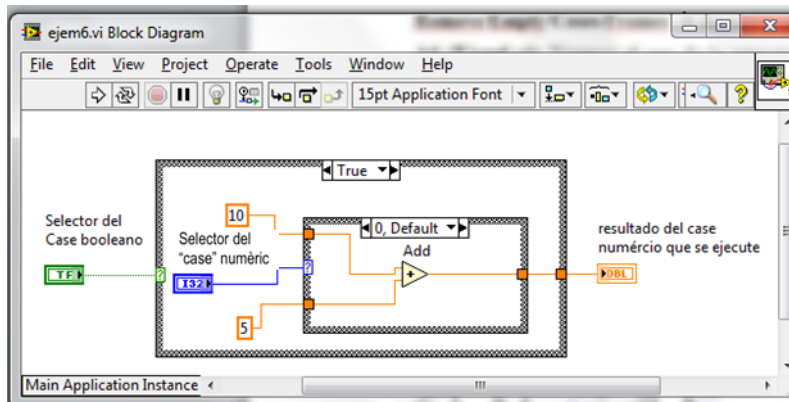
Delete this Case/Frame → Esborra el marc visible. Opció no disponible si solament existeix un marc o quadre.

Remove Empty Cases/Frames → Esborra els casos o quadres buits.

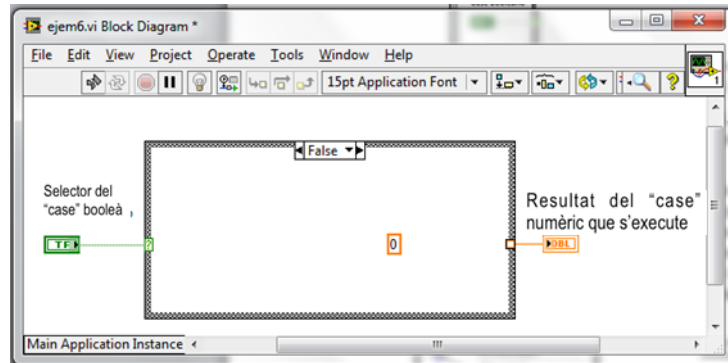
A6 (A6.vi): Vegem l'ús de l'estructura *Case* booleana i numèrica. Amb el control case booleà seleccionarem si s'executa el *case True* (en què es troba el marc numèric, en el qual 0 és el cas per defecte. En els casos numèrics sempre ha d'haver-hi un cas que siga *Default*) o *False* (en què solament hi ha una constant). Amb el control Case numèric seleccionarem si s'executa el *Case 0* (en què hi ha una summa) o 1 (en què hi ha una multiplicació).



Tots els elements de programació es troben en **Funcions/Programming/structures-numeric**. Executeu-lo diverses vegades de forma ressaltada fins que n'entengueu el funcionament.



Com veiem en tots els **Case** els túnels de sortida tenen un valor assignat (per això el túnel és opac). Si no fora així, el túnel no seria opac, el seu interior seria blanc i la fletxa d'execució apareixeria trencada, com veiem en la imatge següent.

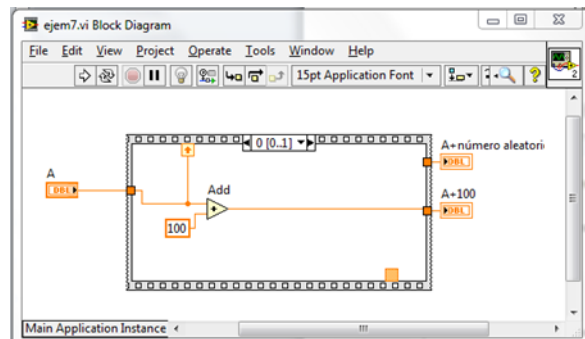
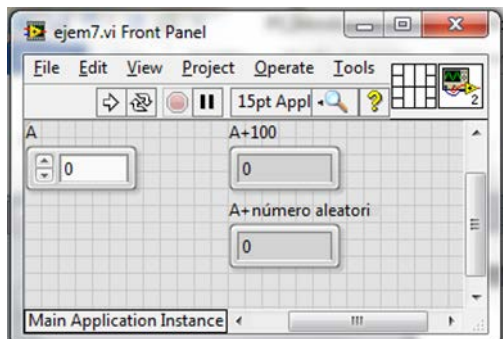


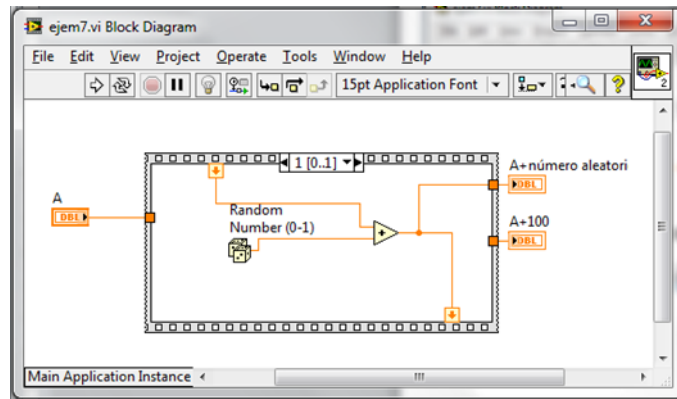
L'estructura **Case** pot ser com hem vist booleana i numèrica, i també pot ser tipus text si li connectem al selector un control ENUM; d'aquesta manera el nom del nostre **case** coincidirà amb la selecció que en fem en el panell de control.

A6_1 (A6_1.vi): Implementeu una calculadora bàsica amb un comportament tan semblat a una calculadora de taula com siga possible. És a dir, que una vegada encesa permeti a l'usuari fer només l'operació que necessita, quan l'usuari ho necessita amb els nombres que l'usuari desitge i només quan haja acabat de fer TOTES les operacions que necessite pugui apagar la calculadora. És imprescindible utilitzar l'estructura **Case** tipus text per a puntuar.

FRAME: Amb aquesta estructura forcem que l'execució del programa s'execute en un determinat ordre, cada **Frame** contindrà una programació i s'executaran segons l'ordre d'aparició. En aquest cas, si un **Frame** proporciona una dada de sortida, aquesta pot ser compartida per les altres, sempre que s'executen després d'ell. Igual que en l'estructura **Case**, també es disposa d'un menú desplegable amb les opcions vistes en l'estructura **Case**.

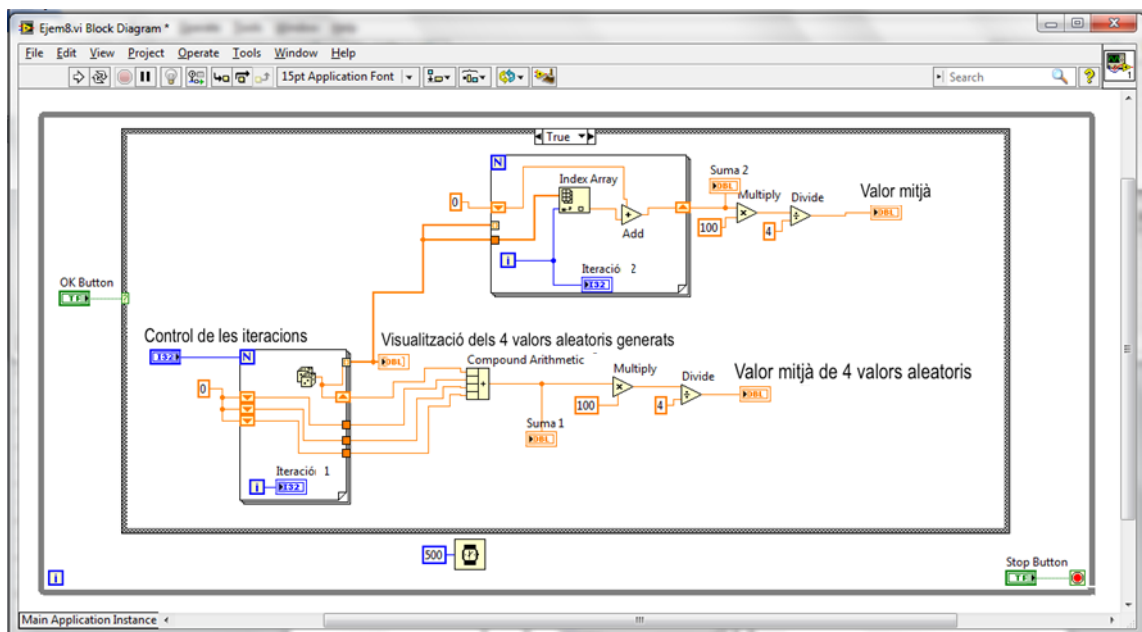
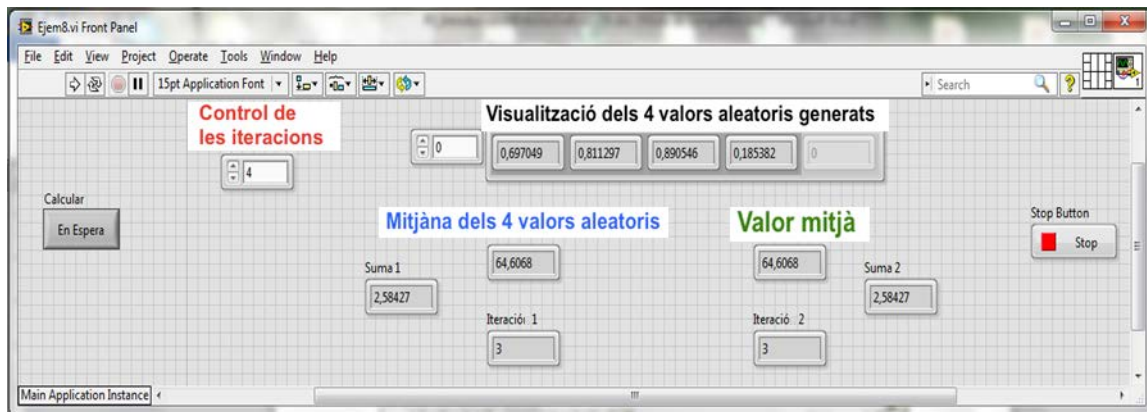
A7 (A7.vi): Vegem l'ús de l'estructura **Frame**. Utilitzarem una estructura amb dos Frames. En el Frame 0 (el primer que s'executa) fem una suma d'un nombre que introduïm a través d'un control amb una constant de valor 100. El valor del nombre A el passem al **Frame 1** a través d'una Local Sequence i el sumem a un nombre aleatori. El resultat el traiem a l'exterior a través d'un túnel i també el connectem a una Local Sequence perquè es veja que no es pot utilitzar en el **Frame 0**.

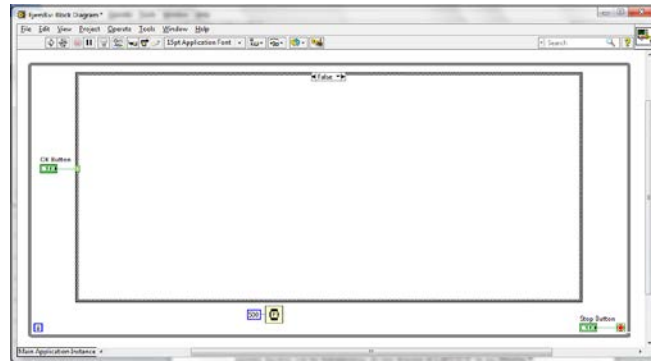




Tots els elements de programació es troben en **Functions/Programming/structures-numeric**. Executeu-lo diverses vegades de forma ressaltada fins a entendre'n el funcionament.

A 8 (A8.vi): Modifiqueu el programa A5.vi de manera que l'operació suma es realitzi quan es done l'ordre "calcular" i es pugui finalitzar l'execució del programa quan es desitgi. Doneu un temps d'espera en cada iteració del bucle *while* de 500 mil·lisegons.





Tots els elements de programació es troben en **Functions/Programming/structures-numeric-array-timmming**. Executeu-lo diverses vegades de forma ressaltada fins que n'entengueu el funcionament.

Q 8 El bucle **FOR** superior solament fa bé la mitjana si el bucle s'executa 4 vegades Per què?

.....

.....

.....

.....

.....

Q 9 El bucle **FOR** inferior solament fa bé la mitjana si el bucle s'executa 4 vegades. Per què? Què ocorre si s'executa més vegades?

.....

.....

.....

.....

.....

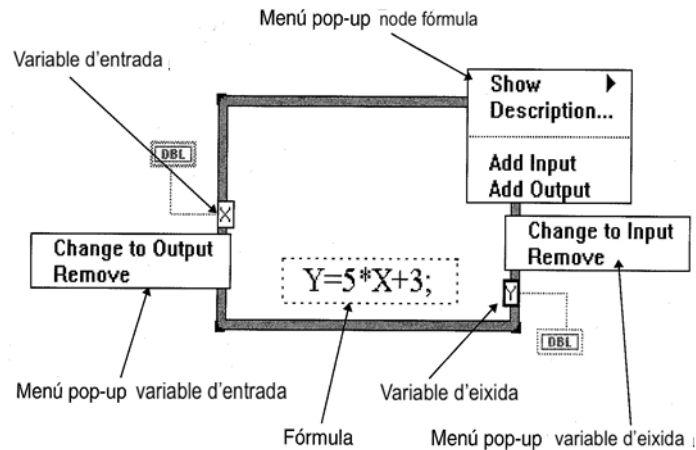
.....

.....

6.3. Node de fórmula

És una estructura semblant a les anteriors, però en lloc de contenir un subdiagrama conté una o més fórmules separades per un punt i coma. S'utilitzen quan es vol implementar alguna fórmula matemàtica que resultaria massa complicada si es volguera fer amb les eines de què disposa el LabVIEW en les seues llibreries.

Cada estructura posseeix un menú desplegable i, a més a més, una vegada creades les variables d'entrada i sortida a elles se'ls associa un altre menú desplegable tal com indica la figura:



Important: No hi ha límit per al nombre de variables o de fórmules, i mai no podrà haver-hi dues entrades o dues sortides amb el mateix nom, encara que una sortida sí que podrà tenir el mateix nom que una entrada. Totes les variables de sortida hauran d'estar assignades a una fórmula almenys una vegada (s'hi distingeix entre majúscules i minúscules). Els resultats obtinguts en una línia es poden utilitzar en línies posteriors.

Les taules següents mostren algunes de les funcions i operadors disponibles.

Precedence of Operators in Formula Nodes and Expression Nodes

The precedence of operators is as follows, from highest to lowest. Operators on the same line all have the same precedence.

**	exponentiation
+, -, !, ~, ++, and --	unary plus, unary negation, logical not, bit complement, pre- and post-increment, pre- and post-decrement ++ and -- are not available in Expression Nodes.
*, /, %	multiplication, division, modulus (remainder)
+ and -	addition and subtraction
>> and <<	arithmetic shift right and shift left
>, <, >=, and <=	greater, less, greater or equal, and less or equal
!= and ==	inequality and equality
&	bit and
^	bit exclusive or
	bit or
&&	logical and
	logical or
? :	conditional evaluation
= op=	assignment, shortcut operate and assign op can be +, -, *, /, >>, <<, &, ~, , %, or **. = op= is not available in Expression Nodes.

Formula Node and Expression Node Functions

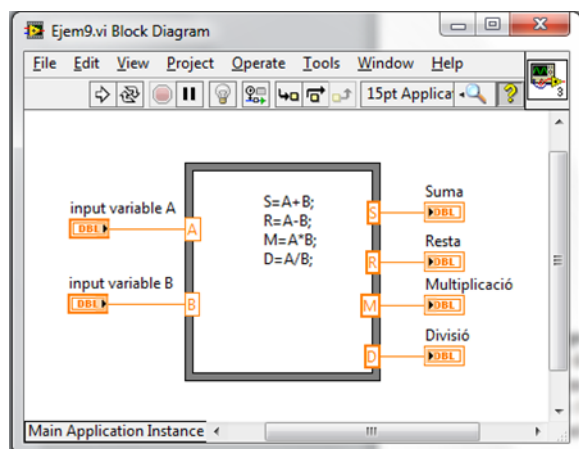
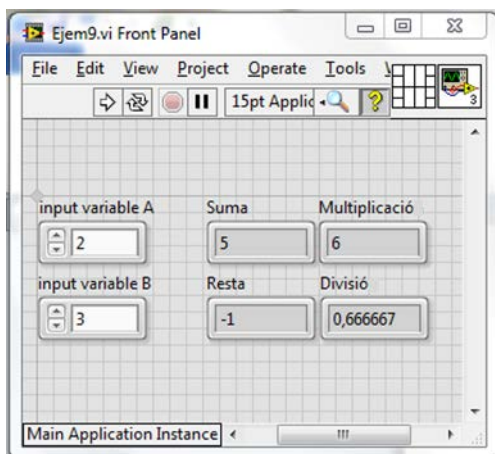
The following list contains the names of the [Formula Node](#) and [Expression Node](#) functions, and their descriptions. Except for the binary functions, you also names must be lowercase. You also can use [operators](#) and the π constant in Formula and Expression Nodes.



Note Formula Node and Expression Node functions might not return the same value as functions with the same name in Microsoft Excel, the M

Function	Corresponding LabVIEW Function	Description
abs(x)	Absolute Value	Returns the absolute value of x .
acos(x)	Inverse Cosine	Computes the inverse cosine of x in radians.
acosh(x)	Inverse Hyperbolic Cosine	Computes the inverse hyperbolic cosine of x .
asin(x)	Inverse Sine	Computes the inverse sine of x in radians.
asinh(x)	Inverse Hyperbolic Sine	Computes the inverse hyperbolic sine of x .
atan(x)	Inverse Tangent	Computes the inverse tangent of x in radians.
atan2(y,x)	Inverse Tangent (2 Input)	Computes the arctangent of y/x in radians.
atanh(x)	Inverse Hyperbolic Tangent	Computes the inverse hyperbolic tangent of x .
ceil(x)	Round Toward +Infinity	Rounds x to the next higher integer (smallest integer $\geq x$).
cos(x)	Cosine	Computes the cosine of x , where x is in radians.
cosh(x)	Hyperbolic Cosine	Computes the hyperbolic cosine of x .
cot(x)	Cotangent	Computes the cotangent of x ($1/\tan(x)$), where x is in radians.
csc(x)	Cosecant	Computes the cosecant of x ($1/\sin(x)$), where x is in radians.
exp(x)	Exponential	Computes the value of e raised to the x power.
expm1(x)	Exponential (Arg) - 1	Computes one less than the value of e raised to the x power ($(e^x) - 1$).
floor(x)	Round To -Infinity	Truncates x to the next lower integer (largest integer $\leq x$).
getexp(x)	Mantissa & Exponent	Returns the exponent of x .
getman(x)	Mantissa & Exponent	Returns the mantissa of x .
int(x)	Round To Nearest	Rounds x to the nearest integer.
intrz(x)	—	Rounds x to the nearest integer between x and zero.
ln(x)	Natural Logarithm	Computes the natural logarithm of x (to the base of e).
lnp1(x)	Natural Logarithm (Arg +1)	Computes the natural logarithm of $(x + 1)$.
log(x)	Logarithm Base 10	Computes the logarithm of x (to the base of 10).
log2(x)	Logarithm Base 2	Computes the logarithm of x (to the base of 2).
max(x,y)	Max & Min	Compares x and y and returns the larger value.
min(x,y)	Max & Min	Compares x and y and returns the smaller value.
mod(x,y)	Quotient & Remainder	Computes the remainder of x/y , when the quotient is rounded toward $-\infty$.
pow(x,y)	Power of X	Computes x raised to the y power.
rand()	Random Number (0 - 1)	Produces a floating-point number between 0 and 1 exclusively.
rem(x,y)	Quotient & Remainder	Computes the remainder of x/y , when the quotient is rounded to the nearest integer.
sec(x)	Secant	Computes the secant of x , where x is in radians ($1/\cos(x)$).
sign(x)	Sign	Returns 1 if x is greater than 0, returns 0 if x is equal to 0, and returns -1 if x is less than 0.
sin(x)	Sine	Computes the sine of x , where x is in radians.
sinc(x)	Sinc	Computes the sine of x divided by x ($\sin(x)/x$), where x is in radians.
sinh(x)	Hyperbolic Sine	Computes the hyperbolic sine of x .
sizeOfDim(ary,d)	—	Returns the size of the dimension d specified for the array ary .
sqrt(x)	Square Root	Computes the square root of x .
tan(x)	Tangent	Computes the tangent of x , where x is in radians.
tanh(x)	Hyperbolic Tangent	Computes the hyperbolic tangent of x .

A 9 (A9.vi): Implementeu un programa, utilitzant el node fórmula, que realitze les funcions: suma, resta, multiplicació i divisió de dos nombres.



A10 (A10.vi): Partint de l'activitat A1.vi i coneixent les estructures utilitzades pel LabVIEW, modifiqueu el programa de manera que:

1.- El programa no comence el càlcul de les operacions fins que es preme un botó d'actualització, l'acció mecànica de la qual ha de ser **Mechanical Action/With Until Released** (menú desplegable del polsador en el panell frontal).

2.- Si A o $B \notin [10.4, 40]$ ha d'aparèixer un indicador tipus cadena que indique que s'està fora de rang o no.

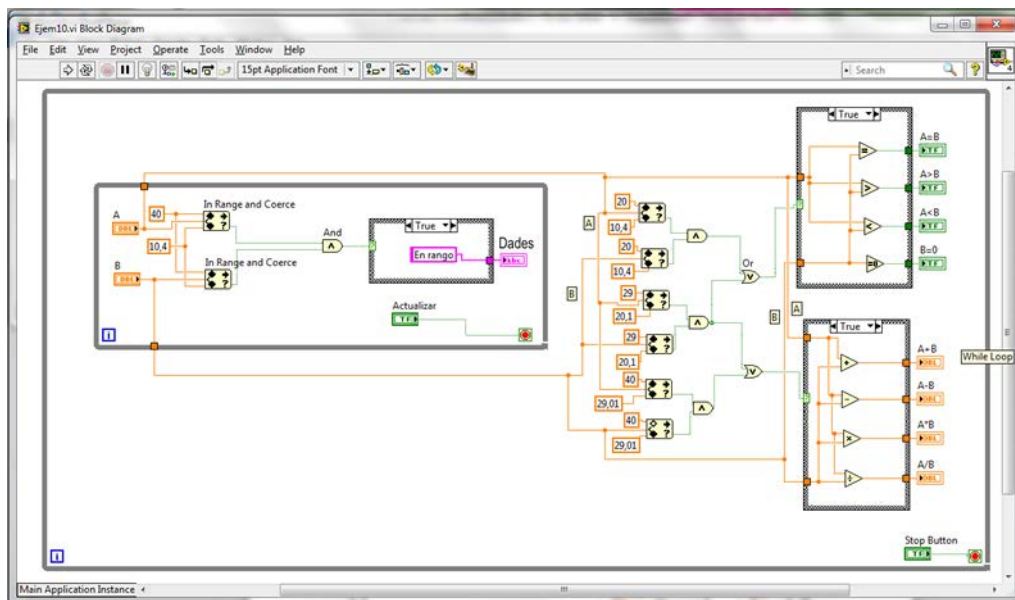
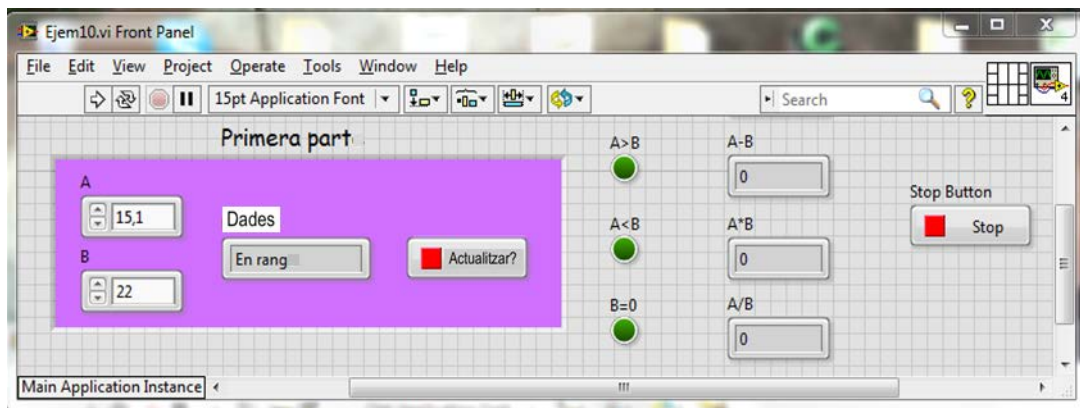
3.- Comproveu el rang dels valors d'entrada i actueu en conseqüència:

$A, B [10.4, 20] \rightarrow$ Actuen únicament els leds indicadors i els indicadors numèrics han de mostrar el valor numèric '0'.

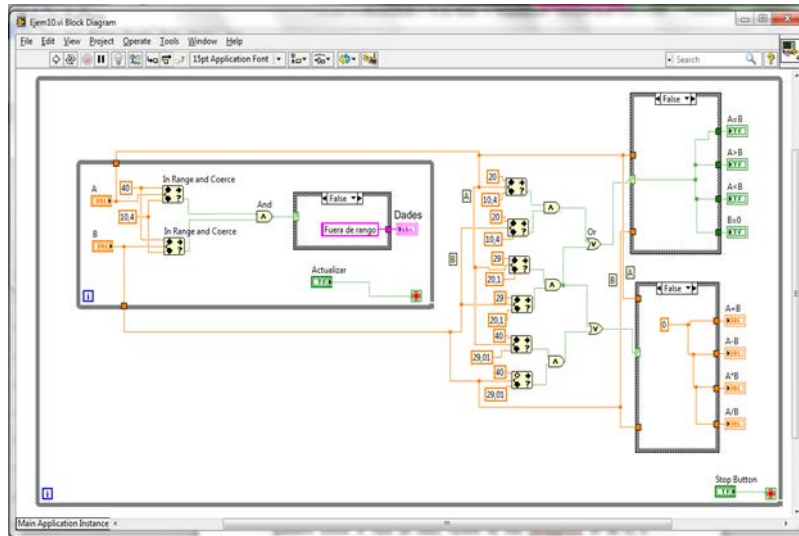
$A, B [20.1, 29] \rightarrow$ Actuen els leds i s'hi visualitzen els resultats.

$A, B [29.01, 40] \rightarrow$ Només s'hi visualitzen els resultats en els indicadors numèrics i els leds indicadors han de mostrar el valor booleà 'False'.

4.- Ha de ser possible introduir-hi noves dades sense interrompre l'execució del programa.



Tots els elements de programació es troben en **Funcions/Programming/structures-numeric-comparison-boolean**. Executeu-lo diverses vegades de forma ressaltada fins que n'entengueu el funcionament.



Q10 En el codi mostrat com a solució d'A10 hi ha una errata, aquesta fa que el codi no execute exactament el que es demana a l'enunciat. Quina és?

.....

.....

Q 11 Per què hi ha vegades que premem el botó *stop* i no ens fa cas?

.....

.....

.....

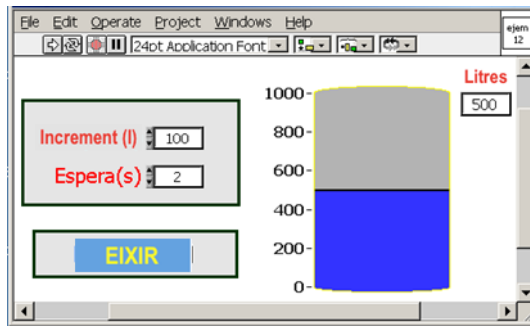
Q 12 Com ho solucionaríeu?

.....

.....

Q 13 Aquest VI funciona però no és la millor solució, ja que el codi pot optimitzar-se. Quina seria la vostra solució?

A11 (A11.vi): Simuleu l'ompliment i buidatge continu d'un dipòsit. El dipòsit té una capacitat de 1000 litres i els passos d'ompliment/buidatge es poden modificar en qualsevol moment. Entre els passos ha d'haver-hi un temps d'espera també modificable durant l'execució del programa. Cal pensar que el dipòsit existeix físicament i no es pot desbordar ni treballar en buit, però sempre ha d'arribar a 1000 litres i a 0 litres. I per descomptat, no s'ha enganyar el client amb els litres introduïts o que queden en el dipòsit. És a dir, si omplim a un pas tal que arribem a 999 litres, cal introduir-hi el litre que falta per arribar a 1000 litres, i si en el buidatge ens quedem a 1 litre, cal buidar aquest litre que queda.



PRÀCTICA 2: PROGRAMACIÓ AVANÇADA EN LABVIEW.

1. CREACIÓ DE SUBPROGRAMES

Un dels grans avantatges del LabVIEW és el de poder treballar amb aplicacions executables dins d'unes altres, de manera que una aplicació es pot descompondre en parts més petites totalment independents. D'aquesta manera és molt més fàcil localitzar una possible errada.

A les aplicacions que s'inclouen dins d'una aplicació major se'ls denomina subVI (és l'equivalent al que coneixem com subrutines). Per si mateixes, mantenen totes les propietats vistes fins ara per qualsevol VI.

Per poder utilitzar un subVI és necessari crear-li una icona amb el seu corresponent connector. LabVIEW permet utilitzar diferents subVI amb la mateixa icona i connector lloc que només les distingeix pel nom amb el qual s'enregistren. De totes maneres, és recomanable que cada subVI s'identifiqui amb una icona específica amb la fi de seguir fàcilment el diagrama de blocs.

1.1. Icona i connector

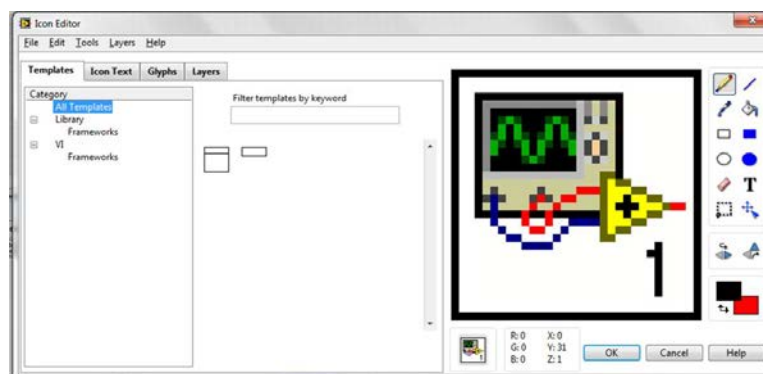
La icona d'un subVI és un símbol gràfic (apareix, tant en el panell frontal com en el diagrama de blocs). El connector assigna terminals d'entrada i sortida als controls i indicadors que apareixen en el panell frontal respectivament (apareix solament en el panell frontal).



Modificació d'una icona.

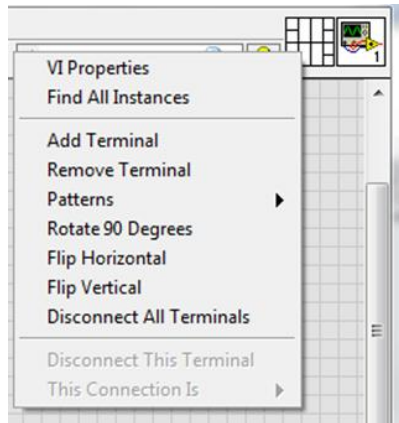
Per a crear o modificar una icona ja existent hem de fer doble clic sobre la icona de la part superior dreta de la finestra Panell o desplegar el seu menú (utilitzeu el botó dret del ratolí situat sobre la icona de VI) i hi escollirem l'opció *Editar icona*.

L'aspecte de l'editor d'icona és el següent:



Modificació d'un connector.

Podem enviar dades a un subVI o rebre'ls d'ell a través dels terminals del seu connector. Les connexions vénen definides pel nombre de terminals que volem per a aquest VI i per l'assignació d'un indicador o control del panell frontal a cadascun d'aquests terminals. No tots els indicadors i controls han de tenir un terminal en el connector, sinó només aquells que considerem necessaris per a l'aplicació. Cada terminal està representat per un rectangle. Tot connector té associat un menú desplegable:

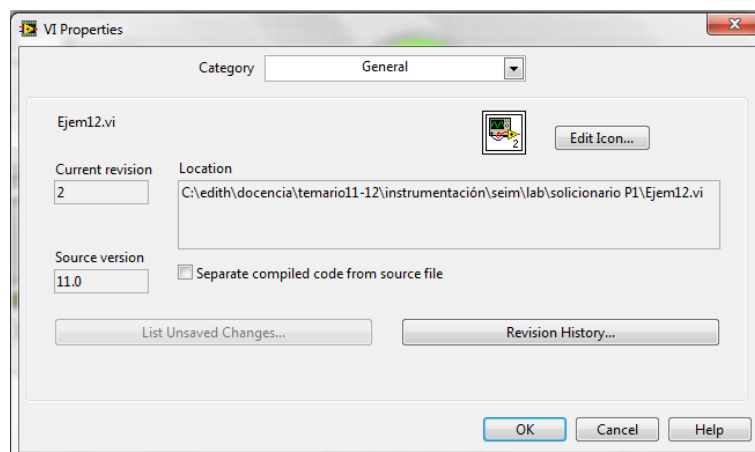


Una vegada triat el connector en funció del nombre de connexions a fer, tan sols queda assignar-li els terminals. Fent clic sobre un terminal hi apareix de forma automàtica l'eina *wiring*, i el rectangle que representa el terminal marcat en negre. Prement el botó del ratolí sobre l'indicador o control del panell frontal, aquest quedarà assignat al terminal seleccionat.

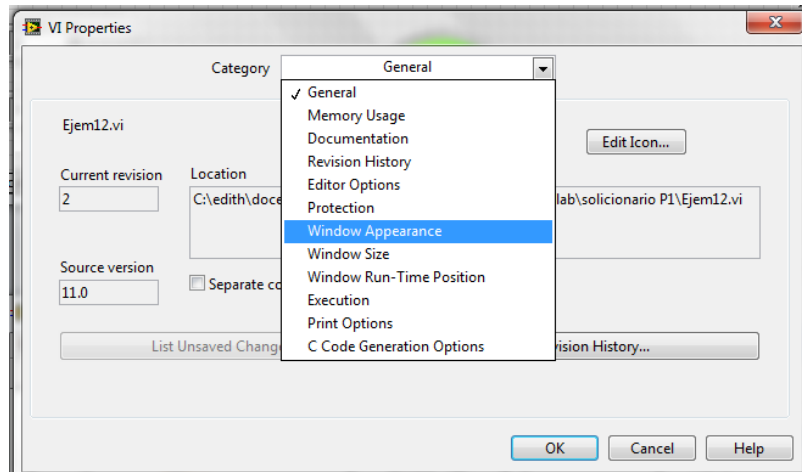
1.2. Creació de subprogrames.

Un únic panell frontal és, sovint, insuficient quan es volen presentar nombroses opcions o pantalles. La millor solució és organitzar els nostres VI de manera que les opcions principals es presenten en un VI principal, mentre que les opcions secundàries s'inclouen en subVI diferents.

Quan es dóna nom a un subVI normalment no s'obre el seu panell frontal. Podem usar l'opció de "configuració del VI" (VI *properties*) que apareix en el menú desplegable perquè quan s'obri, sol·licitat per un altre VI, tinga l'aparença que volem. La pantalla que apareix per defecte és:



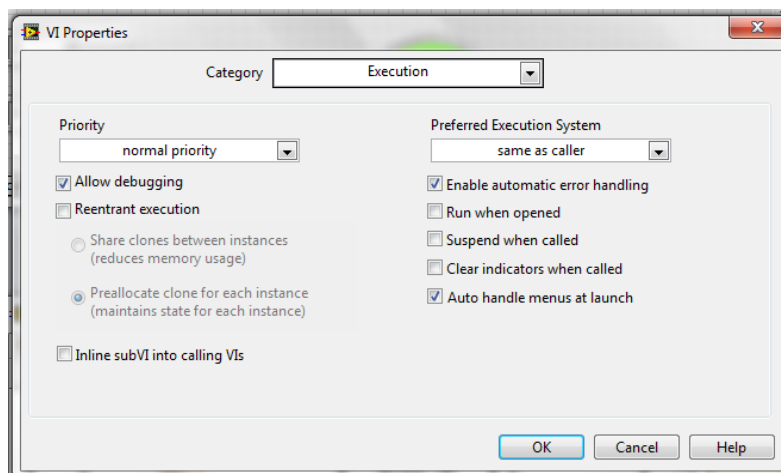
Des d'ella, i canviant la selecció que apareix en el **Combo Box Category**, podem configurar l'aparença del panell frontal del subVI quan s'obri sol·licitat pel VI principal.



L'opció **Documentation** no dona la possibilitat de disposar d'una documentació del VI. Amb ella es pot fer un estudi de treball sobre aquest VI indicant quantes vegades s'ha guardat, gravar els comentaris que va generant el LabVIEW, indicar on trobar la seua ajuda...

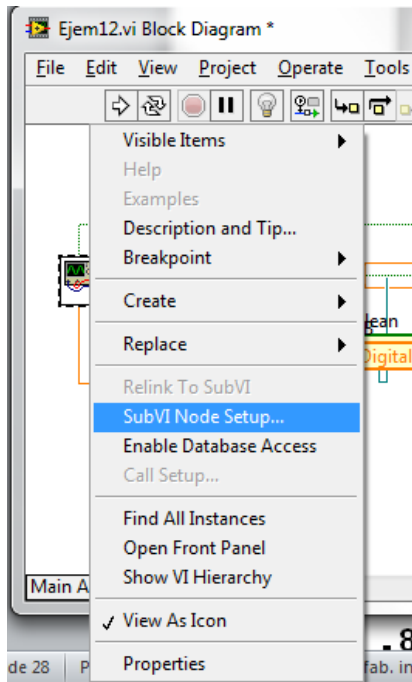
ATENCIÓ: Si des de l'opció **Window Appearance** ocultem la barra de menú i la paleta d'execució, no hi haurà manera visible de passar del panell frontal al diagrama de blocs. Podem utilitzar la combinació de tecles <Ctrl+M>, d'aquesta manera podrem passar al diagrama de blocs, on la barra de menú i la paleta d'execució sí que estan visibles.

Si triem l'opció **Execution** veurem la finestra següent:

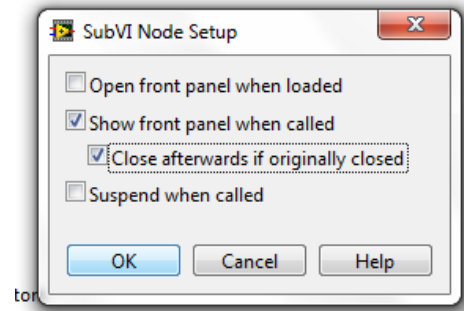


Una vegada seleccionada la seua aparença i manera d'execució, perquè en el moment que el VI principal el sol·licite s'obriga el panell principal del subVI i es tanque després de la seua execució, haurem de realitzar els passos següents:

Anar al diagrama de blocs, seleccionar-hi el subVI i prémer el botó dret del ratolí per a desplegar el menú associat al subVI:



Trieu l'opció *SubVI Node Setup* i apareixerà la finestra:



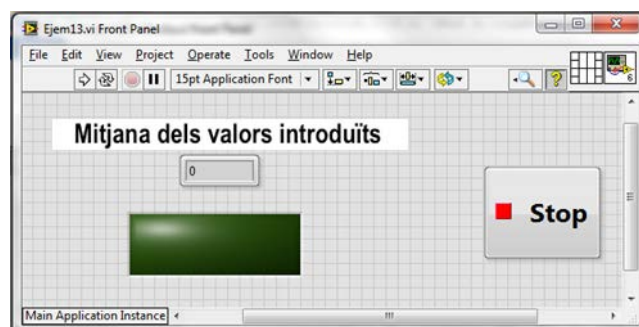
Les opcions presentades tenen efecte únicament quan s'està en el mode d'execució. Serveixen per a canviar el comportament de la finestra.

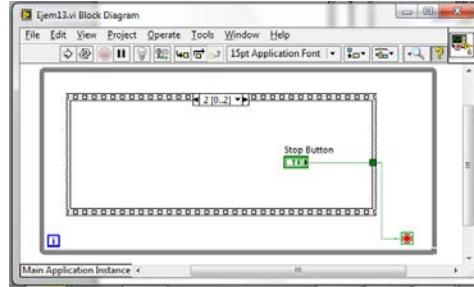
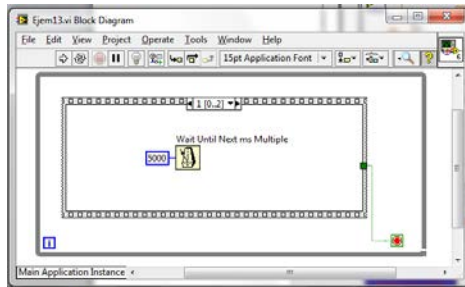
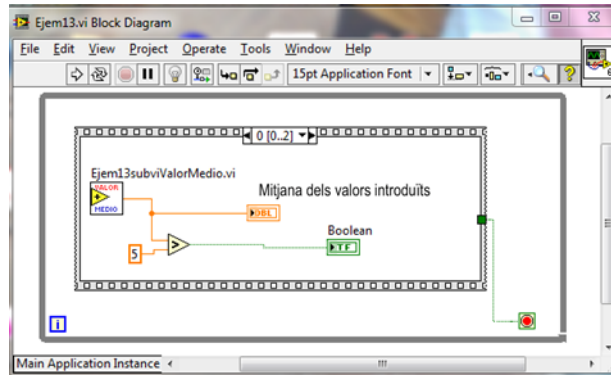
1.3. Creació automàtica de subprogrames

És una opció que permet estalviar molt de temps. Suposem que disposem d'un diagrama de blocs en el qual ens convindria que una part fóra un subVI, ja que possiblement s'utilitzarà més d'una vegada. Podem crear un subVI d'una manera molt senzilla, és la següent:

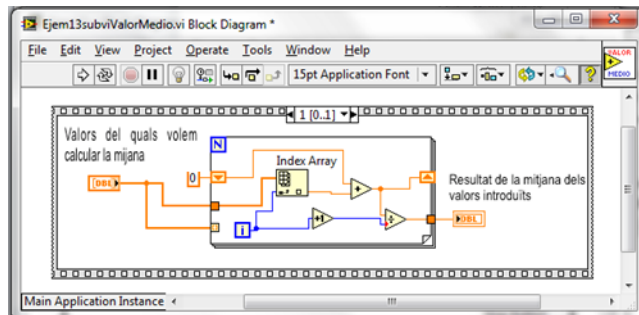
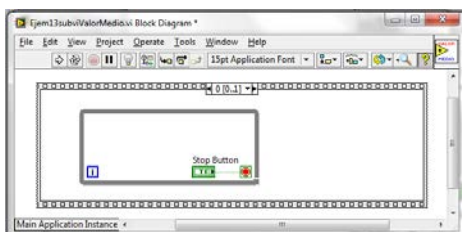
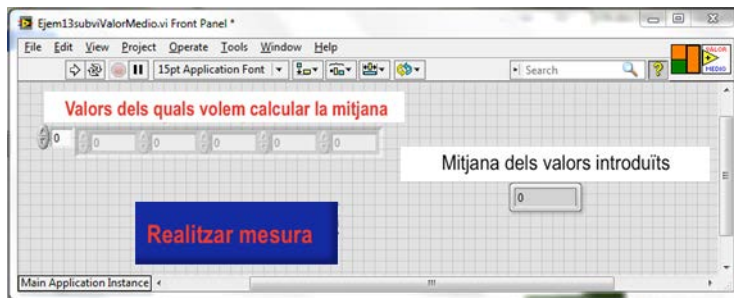
1. Marcar o seleccionar el bloc que volem que siga un subVI.
2. Triar l'opció *Create SubVI* del menú *Edit*.
3. Modificar la icona i connectar al nostre gust i guardar-ho amb el nom que més represente la seua funció.

A1 (A1.vi): Implementeu un programa que avalue si el valor mitjà d'una sèrie de nombres (no fixa) és major de cinc, si és cert que encén un led. Cada vegada que realitzeu la comparació ha de produir-se un temps d'espera de 5 segons. El valor mitjà ha de calcular-se mitjançant la implementació d'un SubVI el panell frontal del qual s'obrirà cada vegada que calcule el valor mitjà i que desapareixerà posteriorment. Comproveu que la mitjana dels nombres introduïts es fa correctament.





El subVI a implementar és:



Q 1 Quina és la funció de l'índex *array*?

.....

.....

.....

Q 2 Seria possible eliminar l'índex *array* i seguir fent bé la mitjana? Quina solució proposaríeu?

.....

.....

.....

2. VARIABLES LOCALS

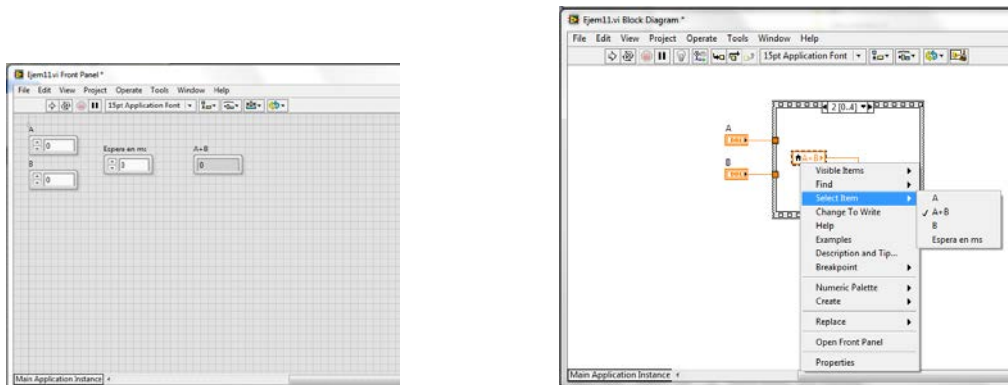
En el LabVIEW tots els controls i indicadors que s'introdueixen en el panell frontal generen un terminal en el diagrama de blocs. Aquests terminals són variables que s'identifiquen pel nom assignat a l'etiqueta. Però pot ocórrer que vulguem utilitzar el valor de certa variable en un altre subdiagrama d'un VI, o simplement guardar un valor intermedi. La forma més senzilla de fer-ho és generar variables locals.

En les variables locals les dades s'emmagatzemen en alguns dels controls o indicadors del panell frontal, per això aquestes variables **no són intercanviables entre diferents VI**. El principal avantatge d'aquestes variables és que una vegada creades no importa que el seu procediment siga d'un indicador o un control, ja que es podrà utilitzar en un mateix diagrama, tant d'entrada (escriptura) com de sortida (lectura), és a dir, podran ser modificades durant l'execució.

Tenim dues formes de generar-les:

1. En el Diagrama de Blocs seleccionem el control o indicador al qual volem associar una variable local. Despleguem el seu menú i hi seleccionem **Create/Local Variable**.
2. En el Diagrama de Blocs, dins del menú **Functions/Programming/Structures** seleccionem l'opció **Local Variable**. En fer-ho, s'hi crea un nou terminal en el diagrama de blocs. Aquest terminal ha d'assignar-se a un dels controls o indicadors del panell frontal. Per a això, cal desplegar el menú associat al nou terminal (per seleccionar-lo, premeu el botó dret del ratolí) i assignar-li l'ítem que interesse en l'aplicació desenvolupada.

Cada variable local té un menú associat que ens permet canviar-ne les característiques. A l'esquerra tenim el panell frontal d'un VI amb quatre elements, a la dreta tenim la variable local d'un dels VI en el diagrama de blocs, amb el seu menú desplegat.



Des d'allà podem canviar l'element al qual està associada la variable local, canviar de lectura a escriptura, etc.

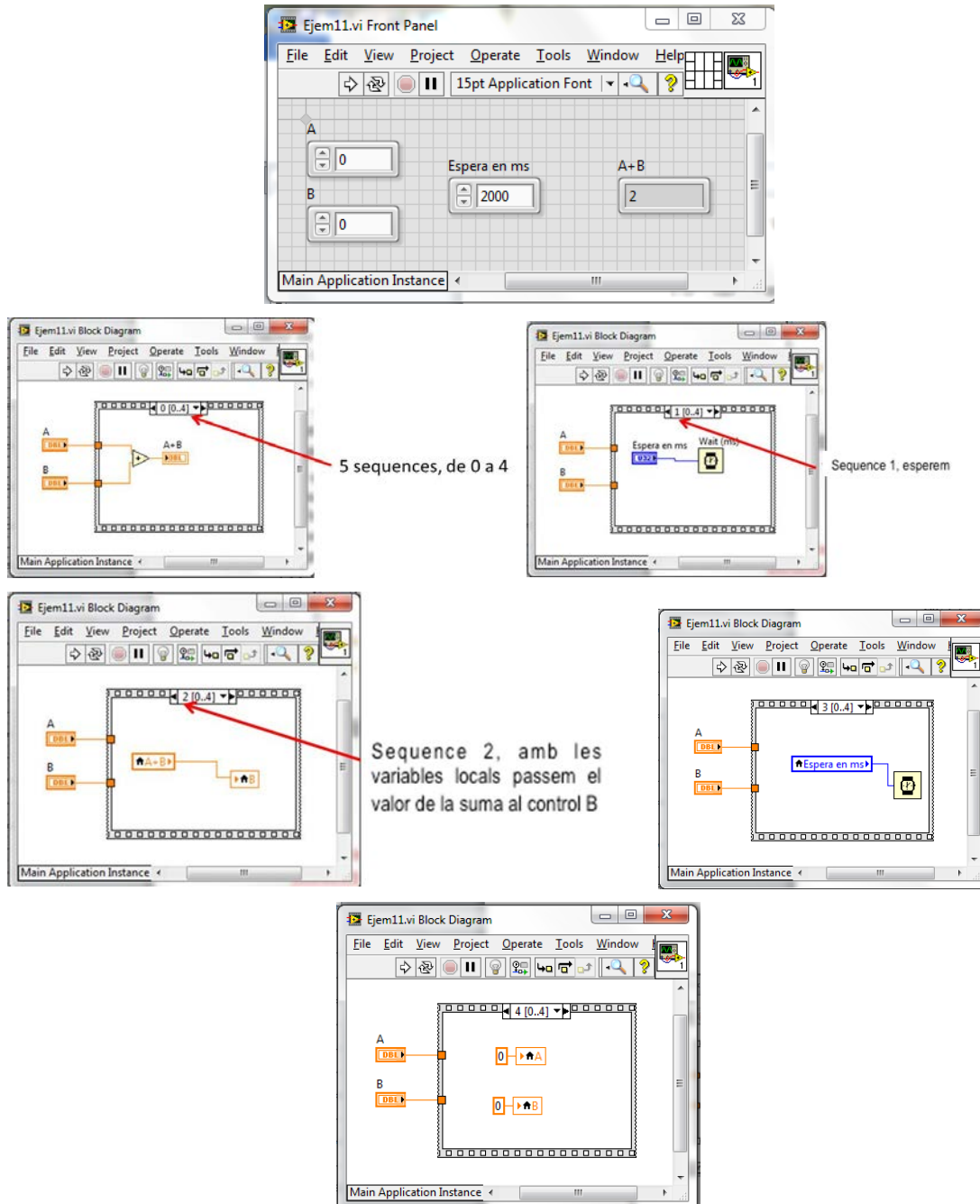
Change to Read o to Write → Permet escollir entre llegir o escriure en la variable local.

Select Item → Visualitza una llista de tots els controls/indicadors existents en el panell frontal i a partir d'ella escollirem el control/indicador al qual volem que faça referència la nostra variable. Per aquest motiu és necessari que cada control/indicador tinga una etiqueta d'identificació. Si en algun moment decidim canviar el nom d'identificació, serà necessari canviar-lo en tots els punts del programa, ja que el LabVIEW no n'actualitza els canvis.

Description and Tip → Permet afegir-hi comentaris.

Replace → Substitueix la variable local per qualsevol altra funció.

A 2 (A2 .vi): Desenvolpeu un programa que, utilitzant l'estructura *Staqued Sequence* i les variables locals, calcule l'operació A+B (*sequence 0*), espera un temps indicat per l'usuari (*sequence 1*), passa el resultat de l'operació a la variable d'entrada B (*sequence 2*), espera de nou el temps indicat (*sequence 3*), i finalment inicialitza els controls (A i B) a zero (*sequence 4*). El programa ha de tenir tres controls (A, B, espera) i un indicador (A+B). No han d'utilitzar-s'hi seqüències locals per passar la informació d'una seqüència a una altra.



Q 3 És possible executar el programa sense que el control Espera en ms estiga connectat directament a *Wait* (ms)? Raoneu la resposta.

.....

.....
.....
Q 4 En l'activitat A10 de la pràctica 1 hi havia un problema amb el comportament del botó de STOP. Aquest problema es pot solucionar utilitzant una variable local associada al botó STOP, ja que si utilitzem un control booleà (botó/polsador) podem canviar-ne el valor mitjançant l'ús d'una variable local associada a aquest control. És compatible qualsevol de les sis accions mecàniques possibles d'un botó/polsador amb l'ús de la seua variable local? Justifiqueu la resposta. (Propietat que es va utilitzar en A10.vi de la pràctica 1).

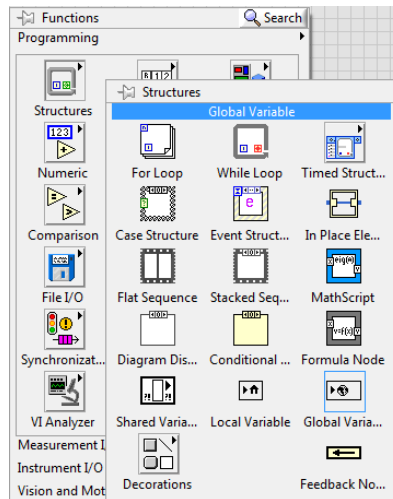
.....
.....
Q 5 Si solucionem el problema del comportament del STOP utilitzant la seua variable local. Què s'ha de modificar perquè cada vegada que s'execute el programa funcione sempre igual? Programeu la solució adequada.

3. VARIABLES GLOBALES

Com acabem de veure, en LabVIEW tots els controls i indicadors que s'introdueixen en el panell frontal generen un terminal en el diagrama de blocs. Aquests terminals són variables que s'hi identifiquen pel nom assignat a l'etiqueta. Però pot ocórrer que vulguem utilitzar el valor de certa variable en un altre subdiagrama o **un altre subVI**, o simplement guardar un valor intermedi. La forma més senzilla de fer-ho és generar variables globals.

Les variables globals son un tipus especial de VI, que únicament disposa de panell frontal, s'hi defineix el tipus de dada de la variable i el nom d'identificació imprescindible per després poder referir-nos a ella. Aquest tipus de variables **poden ser compartides per qualsevol VI**.

Per a crear-les, anem al diagrama de blocs, dins del menú **Functions/Programming/Structures** i seleccionem *Global Variable*.

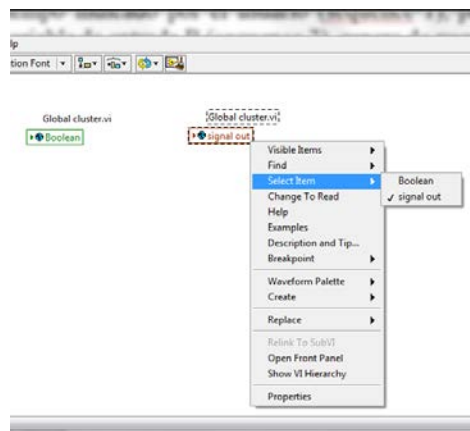


En fer-ho, apareix un nou terminal en el diagrama que es correspon amb un nou VI que inicialment està buit, ja que no conté cap variable. Per afegir-hi les variables es farà doble clic en el terminal i s'obrirà el seu panell frontal. Pot crear-se un VI per a cada variable global o per contra incloure-hi totes les variables en un únic VI, que és el cas més recomanat. Si una vegada tancat el VI volen afegir-s'hi més variables, tan sols hem d'obrir de nou el VI i afegir-les com si es tractés de qualsevol altre VI.

Per a afegir nous terminals en el diagrama de blocs que fan referència a variables globals ja creades, NO tornarem a executar la funció Global (ja que això crearia un nou VI), sinó que obrirem el fitxer ja existent de variables globals mitjançant l'opció "Select VI" de la paleta de funcions i des d'allà seleccionarem la variable global desitjada a través del menú desplegable. Una vegada seleccionada i posada en el diagrama de blocs, polsant sobre ella el botó dret del ratolí desplegarem un menú (vegeu la figura següent), en el qual podrem seleccionar l'element a què associem la variable global.

Per a inserir la mateixa variable global en diferents parts del VI en el qual es treballa cal anar a la **paleta Functions/select VI** i seleccionar-hi el VI associat a la variable global. De les variables incloses en aquest fitxer, cal seleccionar-hi l'adequada, com s'explica en el paràgraf anterior.

En la figura següent podem veure la mateixa variable global anomenada "Global cluster.vi" amb dues assignacions diferents: *boolean* i *signal out* d'escriptura. Podem canviar-les a lectura igual que les variables locals en el mateix menú desplegable.



Change to Read o to Write → Permet escollir entre llegir o escriure en la variable global.

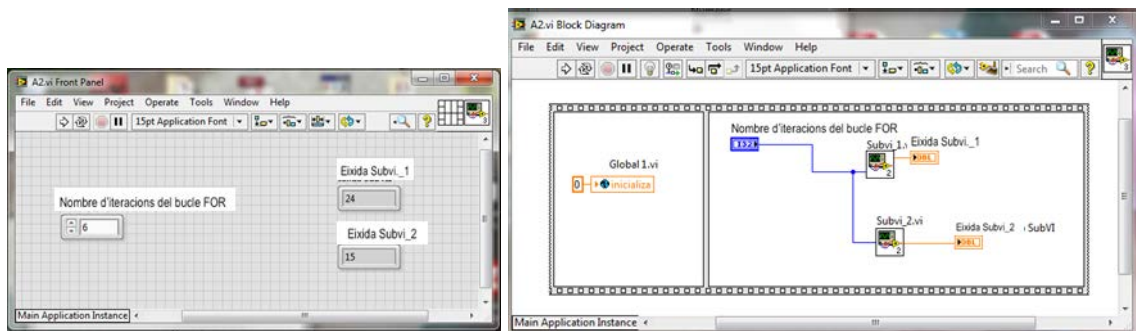
Select item → Visualitza una llista de tots els controls/indicadors existents en panell frontal de la variable global i n'escollirem el control/indicador a què volem que faça referència la nostra variable. Per aquest motiu és necessari que cada control/indicador tinga una etiqueta d'identificació. Si en algun moment decidim canviar el nom d'identificació serà necessari canviar-lo en tots els punts del programa ja que el LabVIEW no n'actualitza els canvis.

Open Front Panell → Obri el panell frontal de la variable global a la qual pertany el menú desplegat.

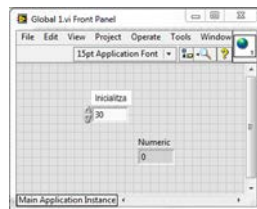
Description and Tip → Permet afegir-hi comentaris.

Replace → Hi substitueix la variable global per qualsevol altra funció.

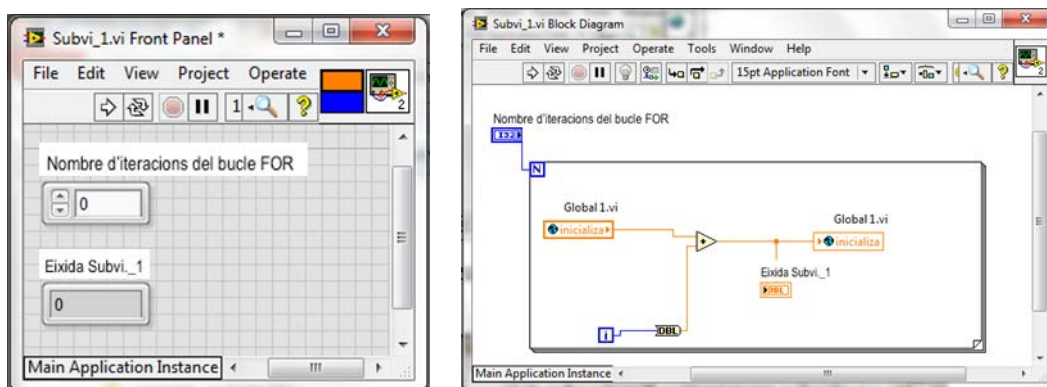
A 3 (A3 .vi): Implementeu un VI que accedisca a dos subVI (subvi_1.vi i subvi_2.vi), que escriguen i lliguen en la mateixa variable global.



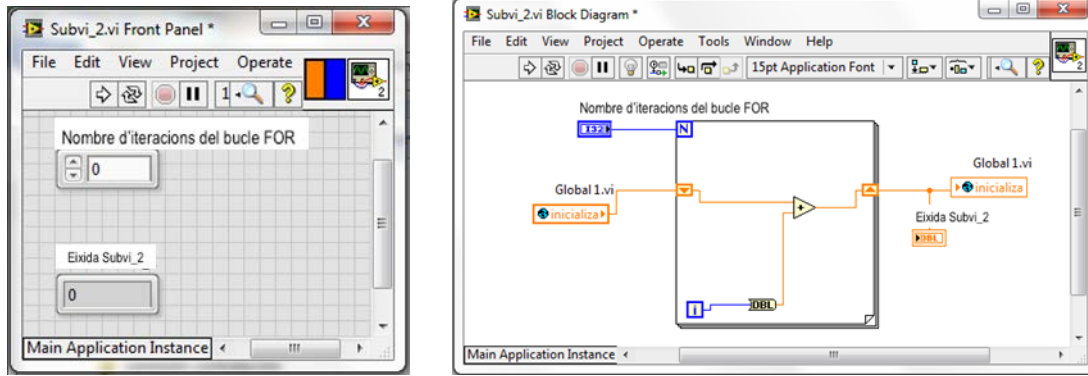
D'aquesta manera, el que fa el programa és inicialitzar el control anomenat "inicialitza" que es troba en la variable global anomenada variable global1.vi que veiem en la figura següent:



A continuació executen simultàniament dos subVI (subvi_1.vi i subvi_2.vi), i ens mostra la seua sortida. Aquests subVI són:



Aquest subvi_1.vi escriu N vegades en la variable global

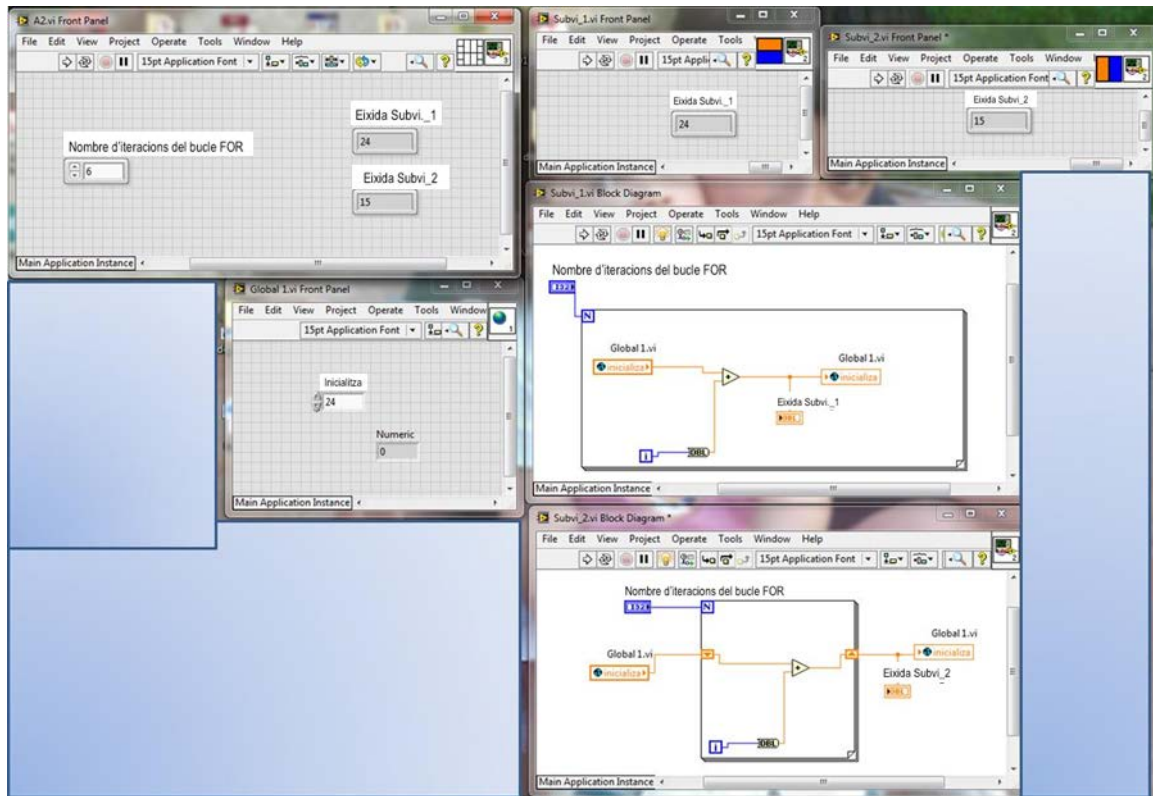


Aquest subvi_2.vi solament escriu una vegada en la variable global

Si els dos subVI tardaren el mateix a executar-se i el nombre d'iteracions fóra 6, les seues dues sortides donarien el mateix valor 15, d'acord amb la taula següent. Aquesta taula mostra els valors numèrics que prenen les entrades de l'operador suma i el seu resultat en cada iteració:

Bucle i	Operador Suma	
	Entrades	Eixides
0	0	0
1	1	1
2	2	3
3	3	6
4	4	10
5	5	15

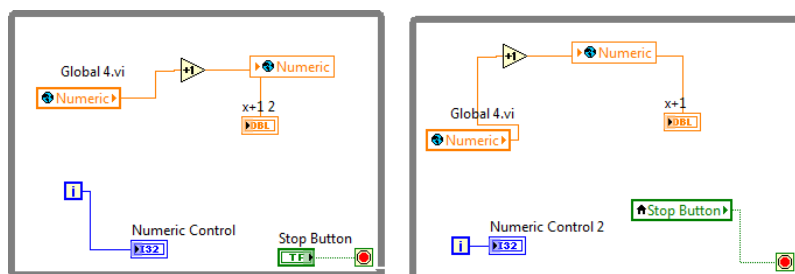
Però com que cada subVI té un temps d'execució diferent, solament una de les sortides ens donarà aquest valor. Per entendre el seu funcionament, obriu tots els programes i col·loqueu-los com s'indica en la figura següent:



De manera que els dos subVI tinguen activada l'execució ressaltada, i executem el programa principal. Així veurem com els dos subVI comencen a executar-se alhora amb la variable global inicialitza a zero, però un acaba abans que l'altre. De manera que el subVI que es queda actiu pren com a valor de la variable global inicialitzada el resultat del finalitzat, i a partir d'aquest valor continua fent el seu càlcul. Per això els dos subVI no tenen la mateixa sortida.

Executeu-los diverses vegades fins que n'entengueu el funcionament.

Les variables globals s'han d'utilitzar quan tenim un programa que adquireix dades que han de ser utilitzades per altres programes que s'estan executant simultàniament. Però si no les gestionem bé podem estar sobreescrivint la variable global des de diferents VI alhora, com passa en aquest exemple:



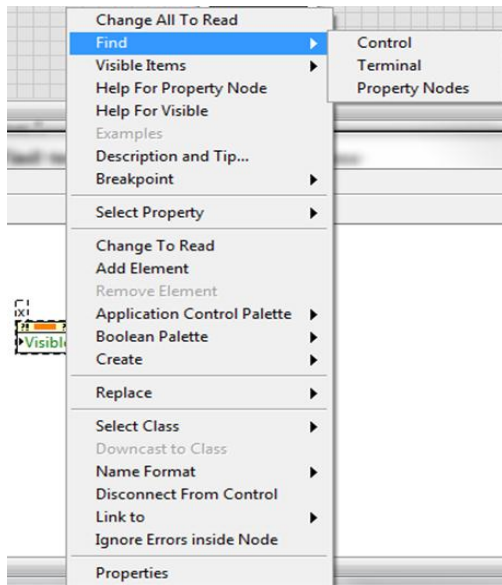
Si els dos bucles s'executen alhora després de llegir la variable global en el “while” de l'esquerra, LabView canvia l'execució al segon bucle “while”, que modifica la variable global. Quan LabView acaba l'execució del primer bucle escriu en la variable global, de manera que la dada que genera el segon bucle while és sobreescrit pel resultat del

primer. És a dir, mai sabem si el contingut de la variable global és el resultat del primer “while” o del segon. És el que s’anomena la condició de carrera.

4. Nodes d'atribut (*Property Node*)

Poden considerar-se com a variables que depenen únicament del terminal a partir del qual s'han creat i que permeten llegir o modificar atributs del panell frontal d'un control o indicador com poden ser: canviar el color, fer-lo invisible, desactivar-lo, canviar escales, etc. Per a crear un node d'atribut n'hi ha prou amb seleccionar l'opció **Create** del menú desplegable de l'objecte, en el qual apareixen, entre altres, dues possibles opcions que permeten crear bé una variable local o bé un node d'atribut, “*property node*”. Una vegada creat, pot utilitzar-se com a lectura o com a escriptura. Una petita fletxa a l'esquerra indica que és un node d'escriptura, mentre que una fletxa a la dreta indica que és un node de lectura.

Els nodes d'atribut tenen el seu propi menú desplegable tal com s'indica en la figura:



Change all to read/to write → Depenent de si el node és d'escriptura o de lectura, hi apareixerà una opció o una altra. A causa que cada node d'atribut pot tenir més d'un terminal, utilitzarem aquesta opció quan vulguem que tots ells siguin de lectura o d'escriptura.

Find control → Troba el control associat al node d'atribut en el panell frontal.

Find terminal → Troba el control associat al node d'atribut en el diagrama de blocs.

Find Property Nodes → Mostra tots els nodes d'atributs associats a un control/indicador.

Visible Items → Oculta o visualitza l'etiqueta identificadora del node d'atribut.

Description and Tip → Permet afegir-hi comentaris.

Select Property → Visualitza tots els atributs disponibles per al control associat al node d'atribut.

Change to Read/to Write → Canvia a mode d'escriptura o lectura únicament el node seleccionat.

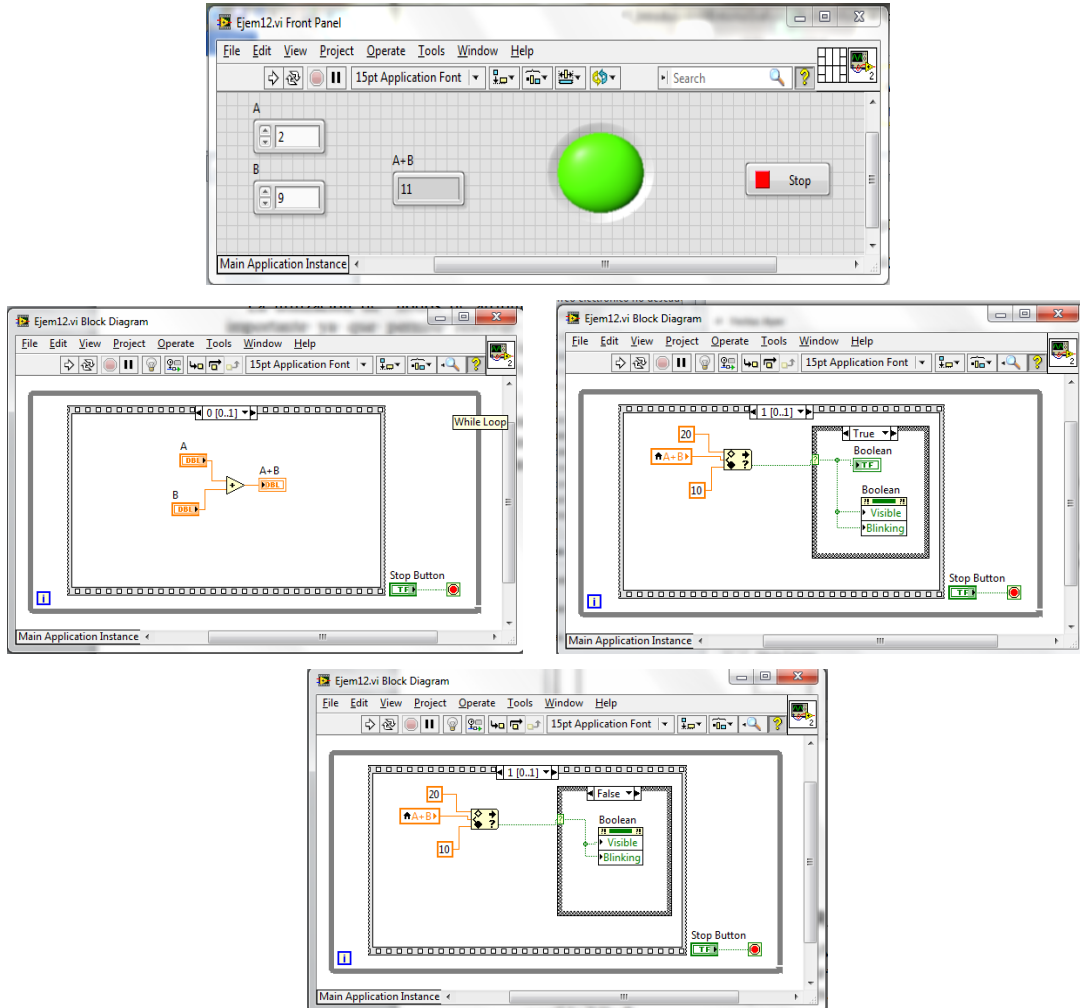
Add Element → Permet afegir-hi propietats que volem canviar.

Replace → Hi substitueix el node atribut per qualsevol altra funció.

Els atributs per a un control/indicador depenen del seu tipus, encara que molts d'ells són comuns.

La utilització de nodes d'atributs, així com la de variables locals, és molt important ja que permet resoldre de forma senzilla problemes d'una gran complexitat, que serien pràcticament impossibles de resoldre d'una altra manera. Per això és aconsellable que la seua utilització estiga totalment clara.

A 4 (A4.vi): Fent ús dels nodes d'atribut, implementeu un programa que, a partir de dues dades d'entrada, en realitze la suma. Si $A+B \in [10,20[$, hi ha d'aparèixer un led en la pantalla parpellejant; en cas contrari, el led ha de desaparèixer de la pantalla. El programa ha de finalitzar quan polsem el botó *Stop*.



A5 (A5.vi): Implementeu un programa que avale si el valor mitjà d'una sèrie de nombres (no fixa) és major de cinc, si és cert que encén un led. Cada vegada que realitze la comparació ha de produir-se una espera d'1 minut. Durant el temps d'espera un cartell, que després desapareixerà, ha d'indicar-ho i avisar que hi ha un temps d'espera. El valor mitjà ha de calcular-se mitjançant la implementació d'un SubVI el panell frontal del qual s'obrirà cada vegada que calcule el valor mitjà i que desapareixerà posteriorment. Comproveu que la mitjana dels nombres introduïts es fa correctament.

A 6 (A6.vi): Partint del programa solució A10.vi, desenvolupat en l'activitat 10 de la pràctica 1, modifiqueu el programa de manera que:

1.- El programa no iniciï el càlcul de les operacions fins que es polse un botó d'actualització.

2.- Si $A \text{ o } B \notin [10,4, 40]$ hi ha d'aparèixer un indicador tipus cadena que indique que s'està fora de rang.

3.- Si A i $B \in [10.4, 40]$ hi ha d'aparèixer l'indicador tipus cadena que indique que s'està dins de rang.

4.- Comproveu el rang dels valors d'entrada i actueu en conseqüència:

$A, B \in [10.4, 20] \rightarrow$ Actuen únicament els leds indicadors i els indicadors numèrics desapareixen.

$A, B \in [20.1, 29] \rightarrow$ Actuen els leds i s'hi visualitzen els resultats numèrics.

$A, B \in [29.01, 40] \rightarrow$ Només s'hi visualitzen els resultats en els indicadors numèrics i els leds indicadors desapareixen.

5.- Ha de ser possible introduir-hi noves dades sense interrompre l'execució del programa.

6.- Ha de ser possible sortir del programa en qualsevol moment que l'usuari ho desitge polsant solament un botó.

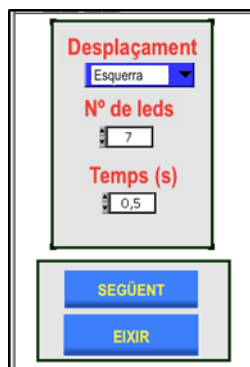
A 7 (A7 .vi): Creeu un programa format per diversos subIV que òbriguen diferents pantalles.

1a Pantalla

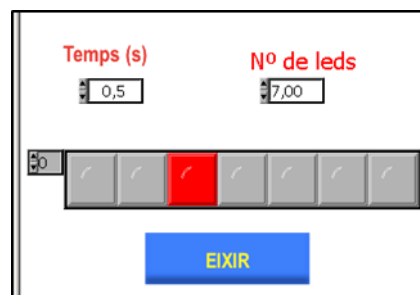
1. L'usuari ha de triar el temps que llueix cada led i el nombre de leds a visualitzar.
2. Si volem que es desplace d'esquerra a dreta, de dreta a esquerra o de manera contínua (cotxe fantàstic, és a dir, el led es desplaça de dreta a esquerra, en acabar d'esquerra a dreta, en acabar de dreta a esquerra i així successivament fins que l'usuari vulga acabar la seqüència. *Tots els leds han de lluir el mateix temps*).
3. Botons SEGÜENT per a passar a la pantalla següent (subVI) i botó SORTIR per a finalitzar l'execució del programa.

2a Pantalla

1. Mostrar els leds lluint en funció de l'opció triada.
2. Opció que permeti, en la mateixa pantalla, modificar temps i nombres de leds (el programa ha de canviar immediatament a la nova selecció).
3. Botó SORTIR per tornar a la pantalla principal sense donar per finalitzada l'execució del programa.



Front Panell del VI principal



Front Panell del SubVI

Com a ajuda per realitzar aquest exercici, implementeu aquests dos exemples:



Block Diagram, exemple 1



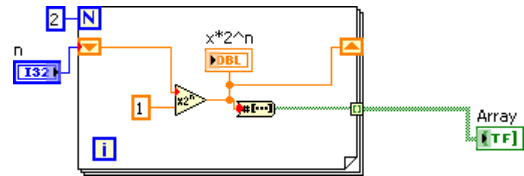
Front Panell, exemple 1



$x*2^n$
2

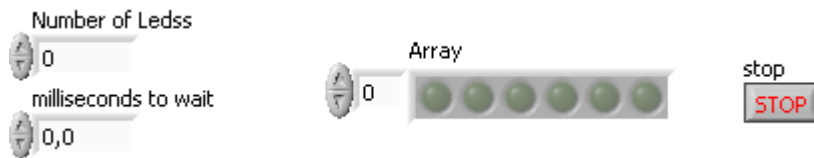


Front Panell, exemple 2

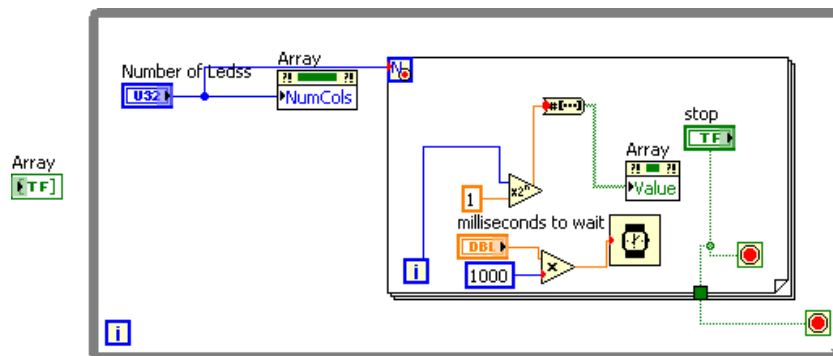


Block Diagram, exemple 2

Una vegada entesos aquests exemples i la relació entre ells, passeu a implementar el desplaçament d'esquerra a dreta:

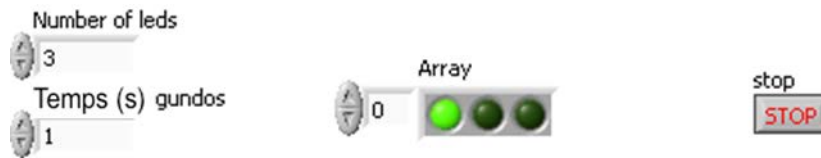


Front Panell

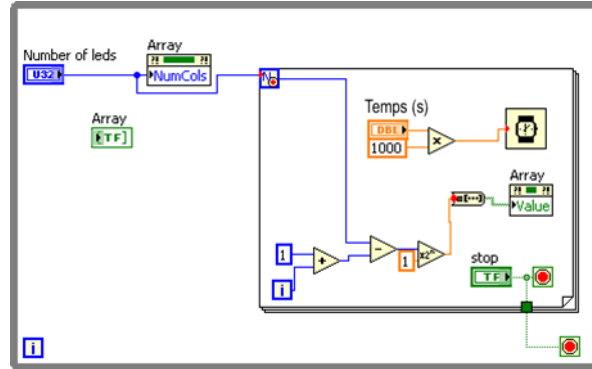


Block Diagram

Posteriorment, implementeu el desplaçament de dreta a esquerra:



Front Panell



Block Diagram

Una vegada entesos com es produeixen eixos desplaçaments, us toca pensar en el disseny de l'execució del “cotxe fantàstic” sense que el primer led i l'últim estiguen encesos el doble de temps que els altres.

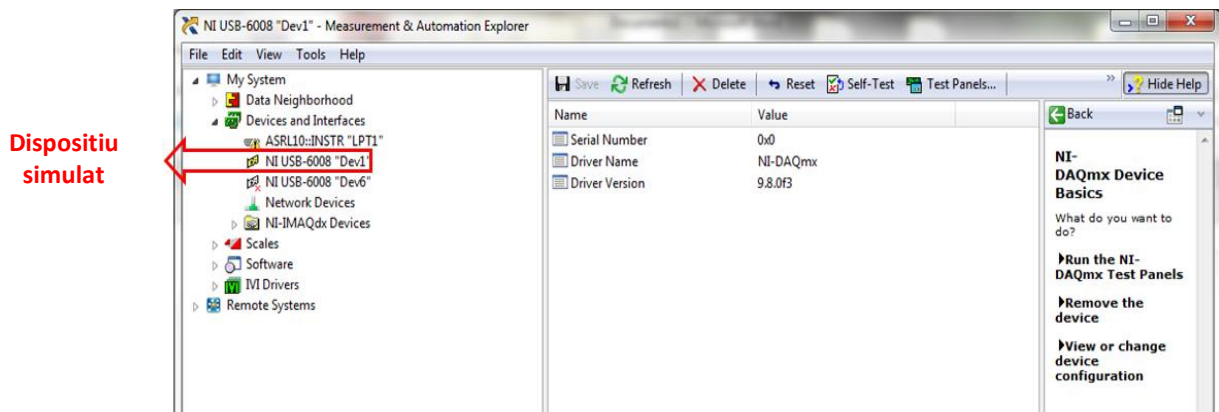
Per descomptat, aquesta no és l'única forma de programar-ho. Ni la millor. Se us n'ocorre una altra de més eficient o senzilla? Per exemple, utilitzar *Programming* → *Array* → *Rotate 1D array* o *Mathematics* → *Numeric* → *Data Manipulation* → [Programau-la en PropiaA7.vi](#)

Simulació d'un dispositiu

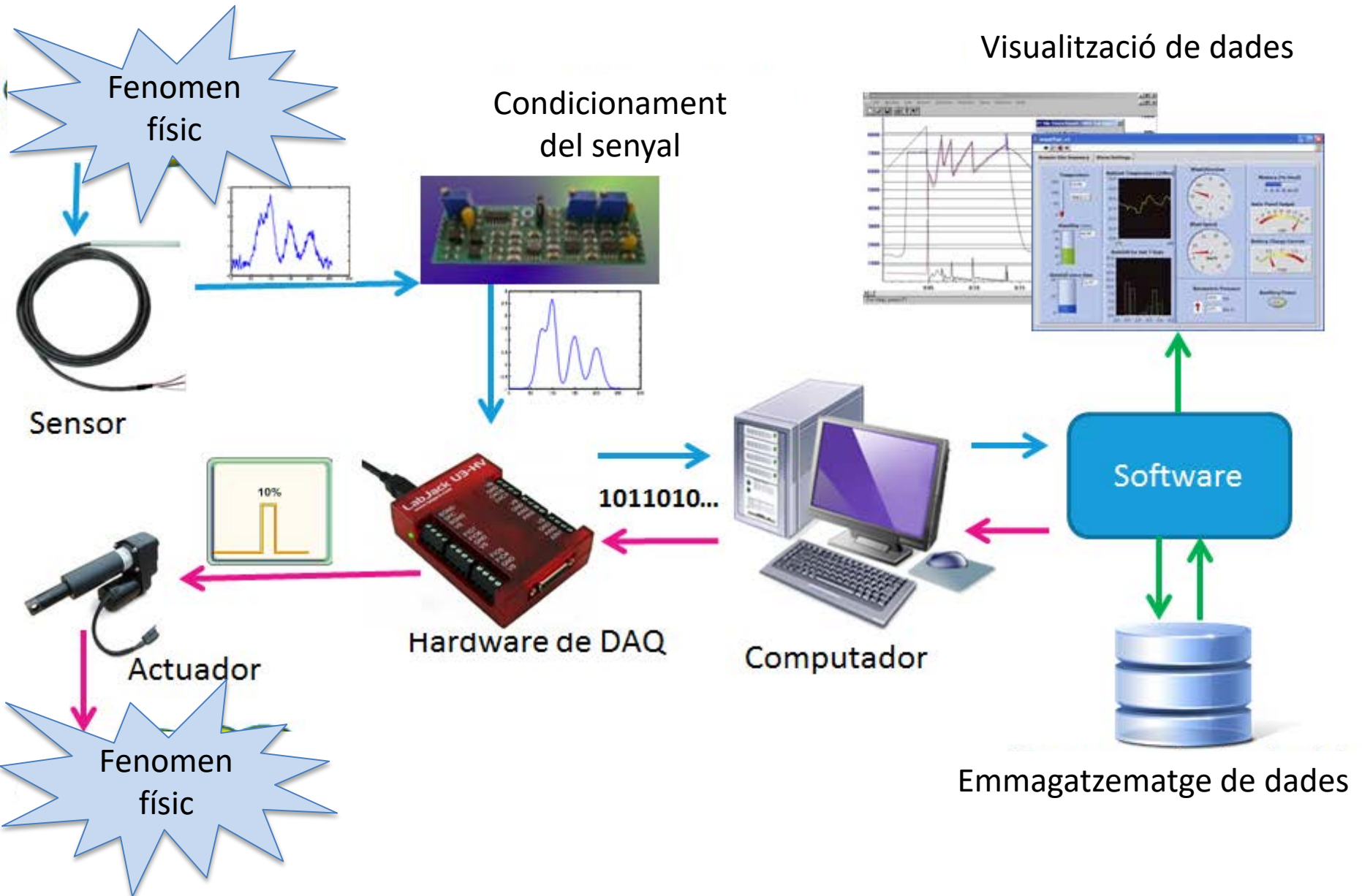
No sempre, quan comencem un disseny, tenim tots els instruments. Vegem com podem simular un dispositiu per començar a integrar-lo en el nostre sistema fins que el tinguem físicament. Per a això, hem de seguir els passos següents:

1. Obrir el **NI-MAX** (*Measurement and Automation Explorer*)
2. Col·locar-nos sobre **Devices and Interfícies**, prémer el botó dret del ratolí i seleccionar **Create New**.
3. S'obrirà una finestra de diàleg per poder seleccionar el dispositiu que volem afegir-hi. Seleccionarem **Simulated NI-DAQmx Device or modulated instrument** i haurem de prémer **Finish**.
4. Hi apareixerà una nova finestra de diàleg en la qual seleccionarem **USB DAQ→NI USB-6008** i premerem **OK**.

En acabar ens apareixerà, en l'arbre de configuració del MAX, el dispositiu simulat amb la seua icona en groc. Ja podem, des del MAX, obrir-ne els panells de test (**Test panels**) per veure-hi les diferents possibilitats del dispositiu, configurar-hi tasques i integrar-lo a la nostra programació.

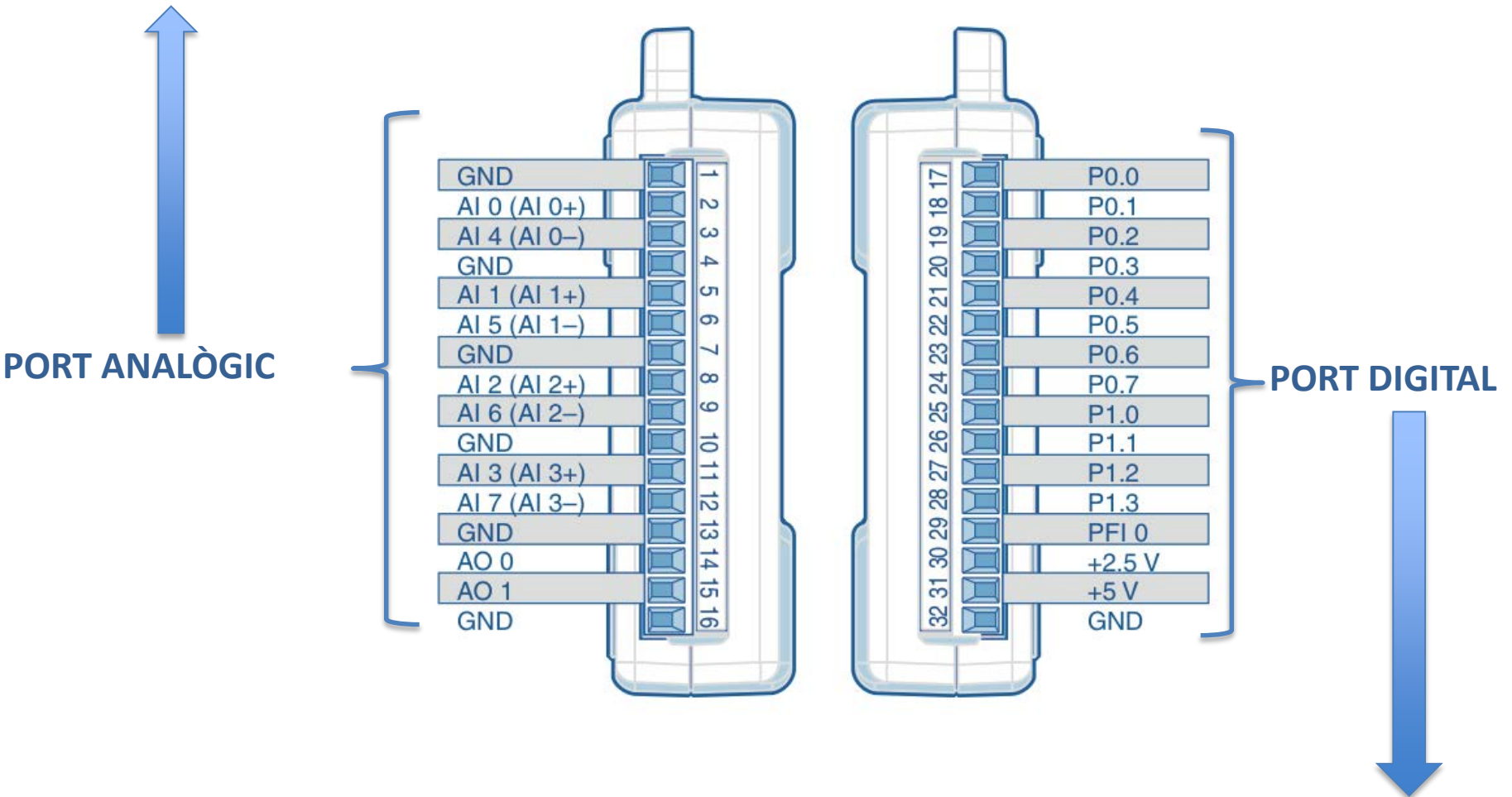


Pràctica 3 - Mesura de temperatura



PRÀCTICA 3-MESURA DE TEMPERATURA

PRÀCTICA 4-COMPROVACIÓ DE FILTRE PASSABAIX



PRÀCTICA 4-COMPROVACIÓ DE FILTRE PASSABAIX I ENCESA/APAGADA LEDS

PRÀCTICA 3-MESURA DE TEMPERATURA

8 ENTRADES REFERENCIADAES A MASSA

- AI0**=(AI0-GND)
- AI1**=(AI0-GND)
- AI2**=(AI0-GND)
- AI3**=(AI0-GND)
- AI4**=(AI0-GND)
- AI5**=(AI0-GND)
- AI6**=(AI0-GND)
- AI7**=(AI0-GND)

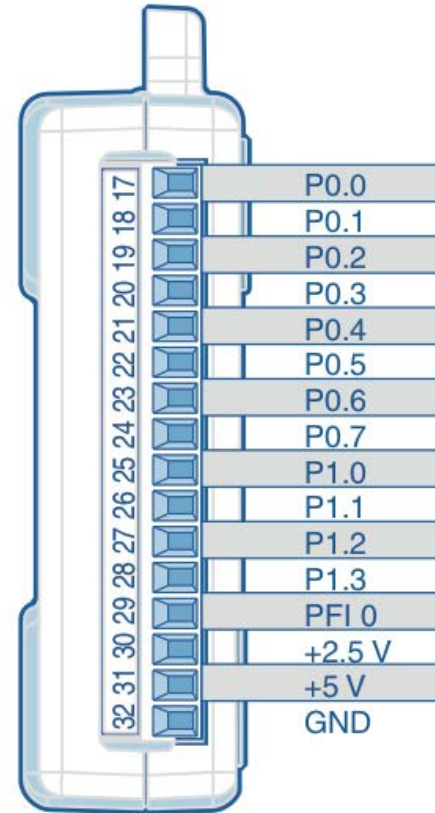
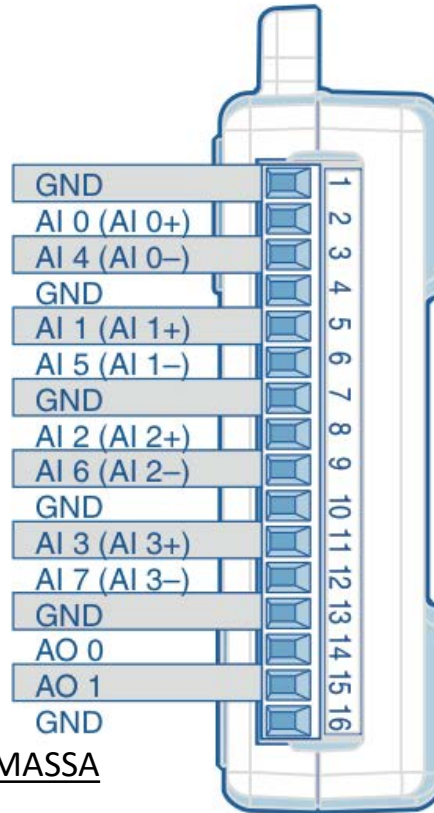
4 ENTRADES DIFERENCIAIS

- AI0** =(AI0-AI4)
- AI1**=(AI1-AI5)
- AI2**=(AI3-AI6)
- AI3**=(AI3-AI7)

2 SORTIDES REFERENCIADAES A MASSA

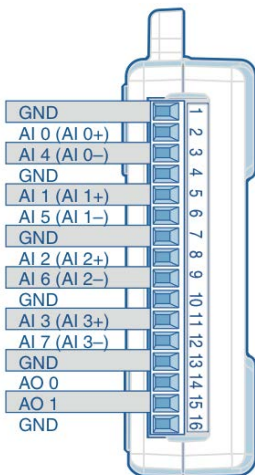
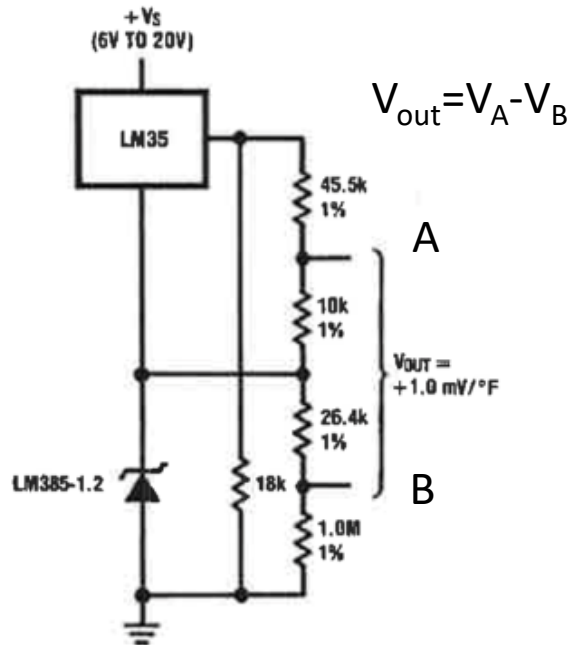
- A00** =(A00-GND)
- A01**=(A01-GND)

PORT ANALÒGIC



PORT DIGITAL

PROBLEMA 15. El circuit de la figura 13 implementa un termòmetre Fahrenheit. Per a això, utilitza una referència de tensió (LM385) amb tensió de sortida 1,235 V i un sensor de temperatura (LM35) de sensibilitat 10 mV/°C i sortida nul·la a 0°C. Demostreu que aquest circuit proporciona una tensió de sortida amb sensibilitat d'1 mV/°F. Dada: °F=(9/5)°C+32



Com funciona el sensor? (consulteu *datasheet*)

$$\text{Sensibilitat(LM35)} = \Delta V_{\text{LM35}} / \Delta T = 10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$$

Com funciona la referència de tensió? (consulteu *datasheet*)

Referència de tensió (LM385) amb $V_{\text{ref}} = 1.2 \text{ V}$

Com es pot mesurar V_{out} amb la DAQ? (consulteu *datasheet*)

Opció 1

Amb dues entrades referenciades a massa i realitzant la resta

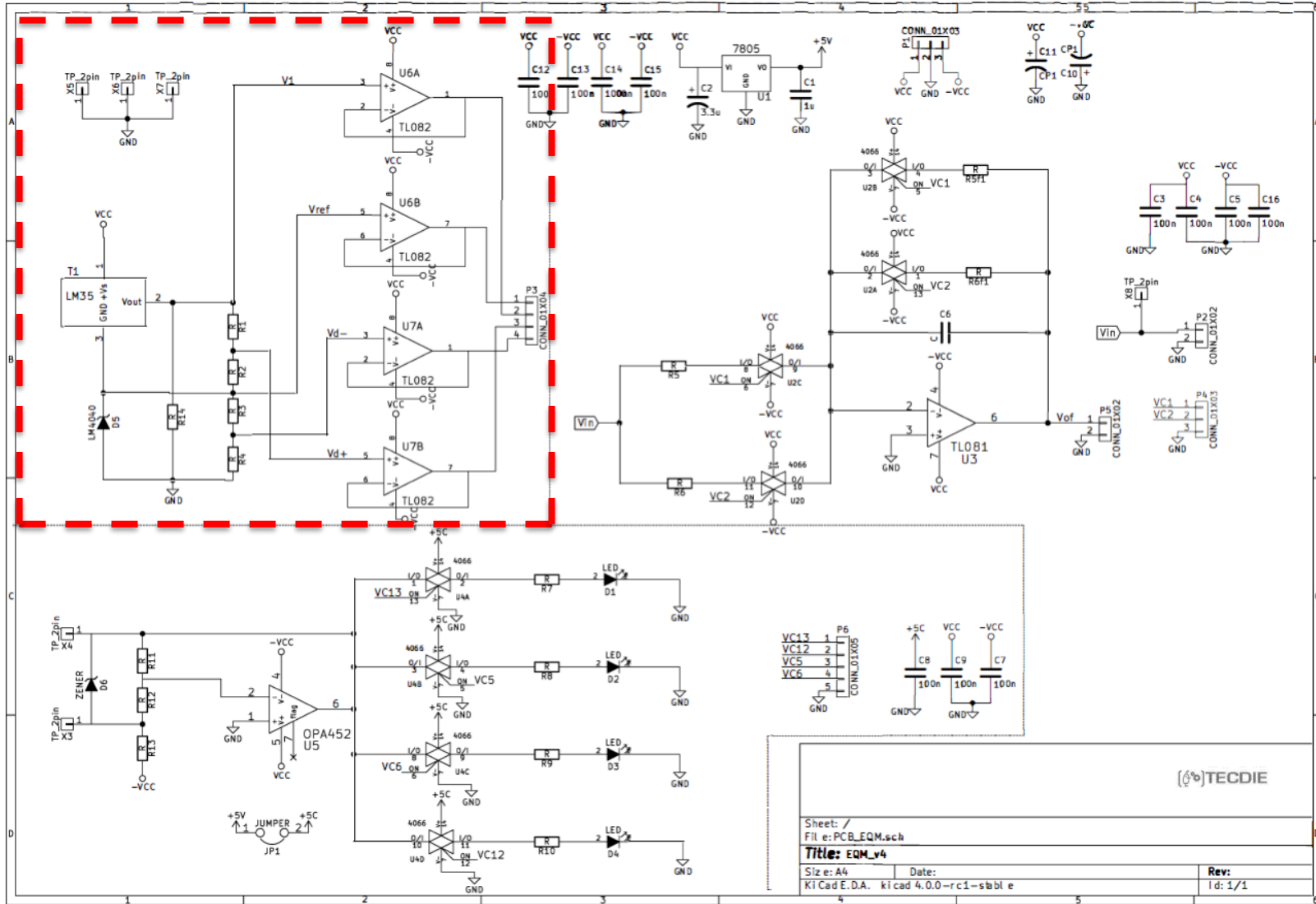
Per exemple, configurant les entrades referenciades a massa, connectant el punt A a l'entrada AI0 i el punt B a l'entrada AI1. Després ha de fer-se la resta d'ambdues entrada per programari.

Opció 2

Amb una entrada diferencial

Per exemple, configurant les entrades en mode diferencial, connectant el punt A a l'entrada AI0 i el punt B a l'entrada AI1. La lectura seria directa.

Circuit (Pràctica 3)



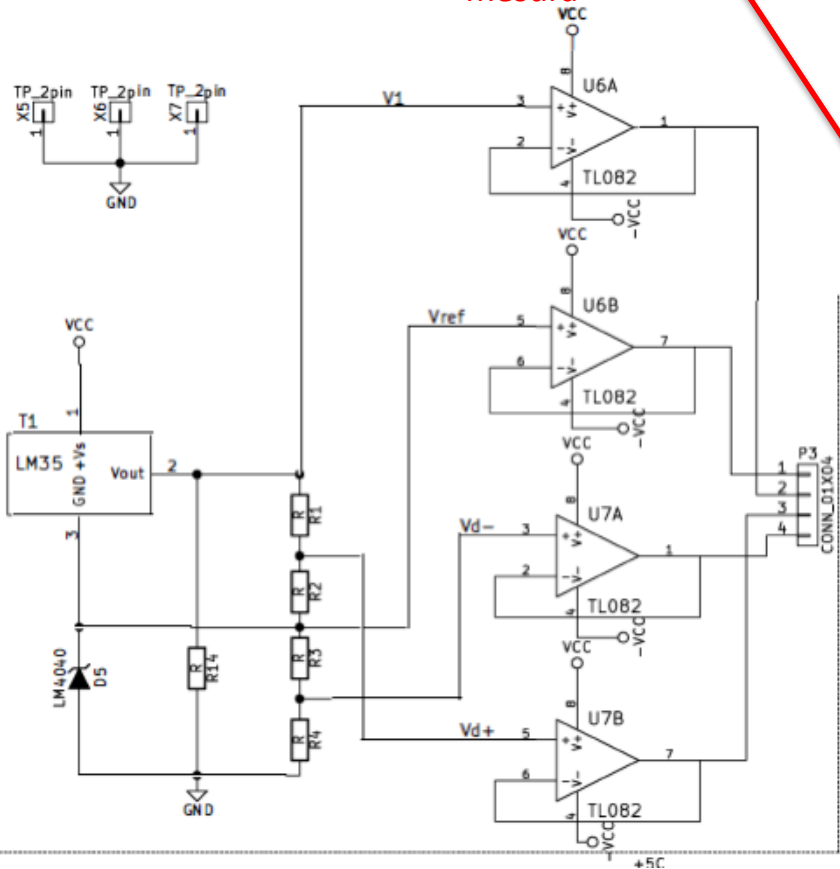
PRÀCTICA 3- Identificació dels punts de mesura, components, alimentació...

Connector de mesura

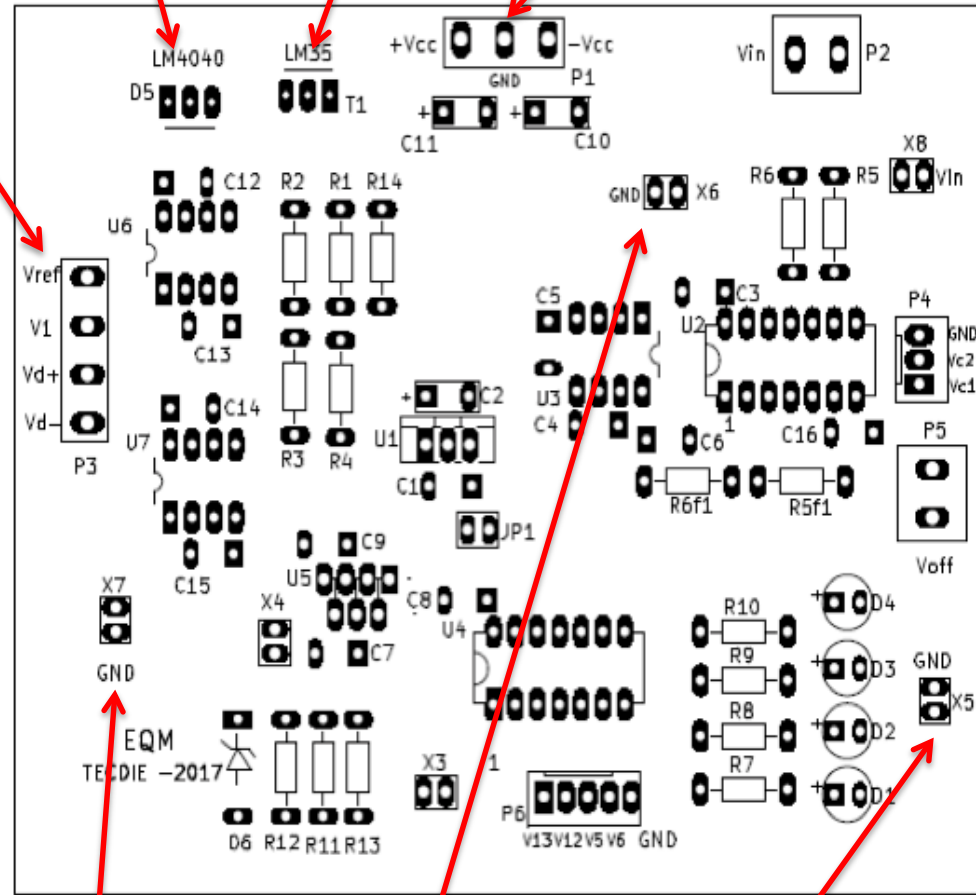
Referència de tensió

Sensor

Alimentació general de la pcb



Esquema elèctric.



Pin de massa (X7)

Pin de massa (X6)

Pin de massa (X5)

Esquema de components

PRÀCTICA 3: SISTEMA D'ADQUISICIÓ DE DADES AMB COMUNICACIÓ USB: TERMÒMETRE.

1. PRESENTACIÓ

L'objectiu d'aquesta pràctica consisteix a adquirir els coneixements bàsics i necessaris per a fer un ús correcte de targetes d'adquisició en la seua part analògica. Concretament, s'utilitzarà la targeta NI-USB6008 de National Instruments. Es tracta d'una targeta multifuncional bàsica i de cost baix.

2. OBJECTIUS

En finalitzar la pràctica, l'alumne haurà de ser capaç de:

- Verificar la instal·lació correcta de la targeta d'adquisició mitjançant l'ús del programari que proporciona National Instruments.
- Realitzar proves de programació i control de les diverses funcions que ofereix la targeta d'adquisició NI-USB6008 utilitzant els comandaments del LabVIEW.
- Crear els VI necessaris que permeten controlar i configurar la DAQ segons les necessitats analògiques de l'usuari.
- Dissenyar, implementar i programar un termòmetre digital.

3. FONAMENTS TEÒRICS

3.1. Targetes d'adquisició (DAQ)

En l'actualitat es disposa d'una gran varietat de targetes d'adquisició amb diversitat de prestacions i fabricants. Per això, és important conèixer quines són les seues prestacions amb la finalitat de triar la targeta que millor s'adapte a la nostra aplicació. Perquè el criteri de selecció siga efectiu, han de conèixer-se els següents conceptes:

Entrades analògiques: En relació amb les entrades, les prestacions que ofereix una targeta són, bàsicament, el nombre de canals, la freqüència de mostreig, la resolució i els nivells d'entrada. La majoria d'aquests paràmetres són configurables per programari.

El nombre de canals analògics s'especifica tant per a entrades referenciades a massa (*single-ended inputs*) com per a diferencials. Les entrades referenciades a massa s'utilitzen en aplicacions d'alt nivell, en les quals l'error introduït pel senyal en mode comú és menyspreable. Els senyals diferencials es basen en el fet que els dos terminals d'una entrada corresponen a dos terminals d'entrada de la DAQ, és a dir, no hi ha cap terminal referenciat a massa.

Freqüència de mostreig: Determina la velocitat a la qual es realitza la conversió analògica-digital. Una freqüència de mostreig elevada proporciona major qualitat de definició en el temps, alhora que augmenta el flux de dades cap al processador. Per tant, s'haurà de buscar un valor de compromís que faça òptim el funcionament del sistema. És fonamental, en tota adquisició, respectar el teorema de mostreig de Nyquist (per poder replicar amb exactitud -és a dir, sent matemàticament reversible íntegrament- la forma d'una ona és necessari que la freqüència de mostreig siga superior al doble de la màxima freqüència a mostreig).

Resolució: Indica el nombre de bits que utilitza el convertidor analògic-digital per quantificar els nivells de senyal analògic.

Nivells d'entrada: Són els límits d'entrada de tensió de la DAQ. És molt comú diferenciar entre senyals unipolars i bipolars. Els senyals unipolars admeten únicament nivells de tensió positius mentre que els senyals bipolars permeten les dues polaritats.

Eixides analògiques: Moltes incorporen eixides analògiques. Les característiques tècniques són bàsicament les comentades per a les entrades.

Ports digitals: Són línies d'entrada/eixida digitals. Els paràmetres més importants són el nombre de línies disponibles, la velocitat a la qual poden transferir les dades i la capacitat de control dels diferents dispositius. Poden ser configurats com a línia o bit a bit com a entrada/eixida.

Temporitzadors: Són línies molt útils per a aplicacions, com ara explicar les vegades que es produeix un esdeveniment, generar bases de temps per a processos digitals o generació de polsos.

3.2. Targeta NI-USB6008 OEM

En la figura següent podem veure la targeta d'adquisició NI-USB 6008 OEM en les seues dues versions, convencional i base. La versió base serveix per a integrar-la fàcilment en qualsevol sistema d'instrumentació propi que l'usuari necessite dissenyar.



Fig. 1. Targeta d'adquisició NI-USB6008 en les seues dues presentacions.

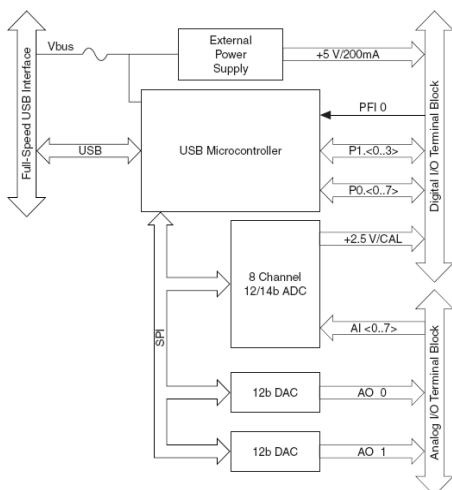


Fig. 2. Diagrama de blocs de la DAQ NI-USB6008.

La Figura 2 mostra el diagrama de blocs de la DAQ NI-USB6008. Es tracta d'una targeta de cost baix les característiques principals de la qual son:

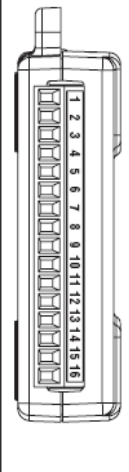
La Figura 2 mostra el diagrama de blocs de la DAQ NI-USB6008. Es tracta d'una targeta de cost baix les característiques principals de la qual son:

- 8 canals referenciats a massa amb 11 bits de resolució.
- 4 canals diferencials amb 12 bits de resolució.
- 12 entrades/eixides digitals, en dos ports de 7 i 4 elements.
- Una referència de tensió de 2.5V
- Una font de tensió de 5 V i 200 mA.
- 1 temporitzador.

Les especificacions tècniques estan en el full d'especificacions de la targeta.

En la figura següent tenim l'assignació de terminals:

Table 4. Analog Terminal Assignments

Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

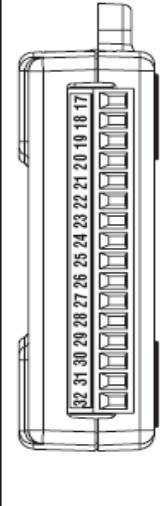
Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Fig. 3. Assignació de terminals de la targeta d'adquisició NI-USB6008. A l'esquerra eixides (AO, referenciades a terra i diferencials) i entrades analògiques (AI). A la dreta ports digitals (P1 de 4 elements i P0 de 8 elements).

3.3. Instal·lació de la targeta NI-USB6008.

La targeta d'adquisició NI-USB6008 és de tipus *Plug&Play* i per tant la seua instal·lació és immediata. No obstant això, National Instruments proporciona el programari NI-DAQmx, que permet verificar el funcionament correcte de la targeta. Per a això, hi inclou una llibreria de VI que permet controlar les diferents funcions de la targeta d'adquisició. Per a accedir a les esmentades VI ha de seguir-se la seqüència següent: **Inici** → **Tots els Programes** → **Nacional Instruments** → **Measurement & Automation**. D'ara endavant, anomenarem MAX el programa *Measurement & Automation Explorer*. En el panell de l'esquerra del MAX despleguem **Devices&Interfícies** i apareixerà NI USB-6008 “Dev1” si s'ha instal·lat correctament o “Devn” en què n és el nombre de vegades que s'ha connectat en un USB diferent a l'actual o s'han connectat diferents DAQ al mateix USB.

Si hi polsem a sobre, en el panell de la dreta, en el contenidor **Settings** (part superior del panell) ens apareixerà, entre altres informacions, el seu número de sèrie i en la part inferior del panell, en el contenidor, **External Calibration**, les dades sobre el seu últim calibratge.

En la part superior del panell de la dreta podem executar el **Self Test** per veure si el dispositiu està correctament instal·lat. Amb l'opció **Test Panels** haurem d'obrir un VI amb el qual podrem comprovar si totes les entrades i eixides, tant analògiques com digitals, i comptadors de la targeta funcionen correctament:

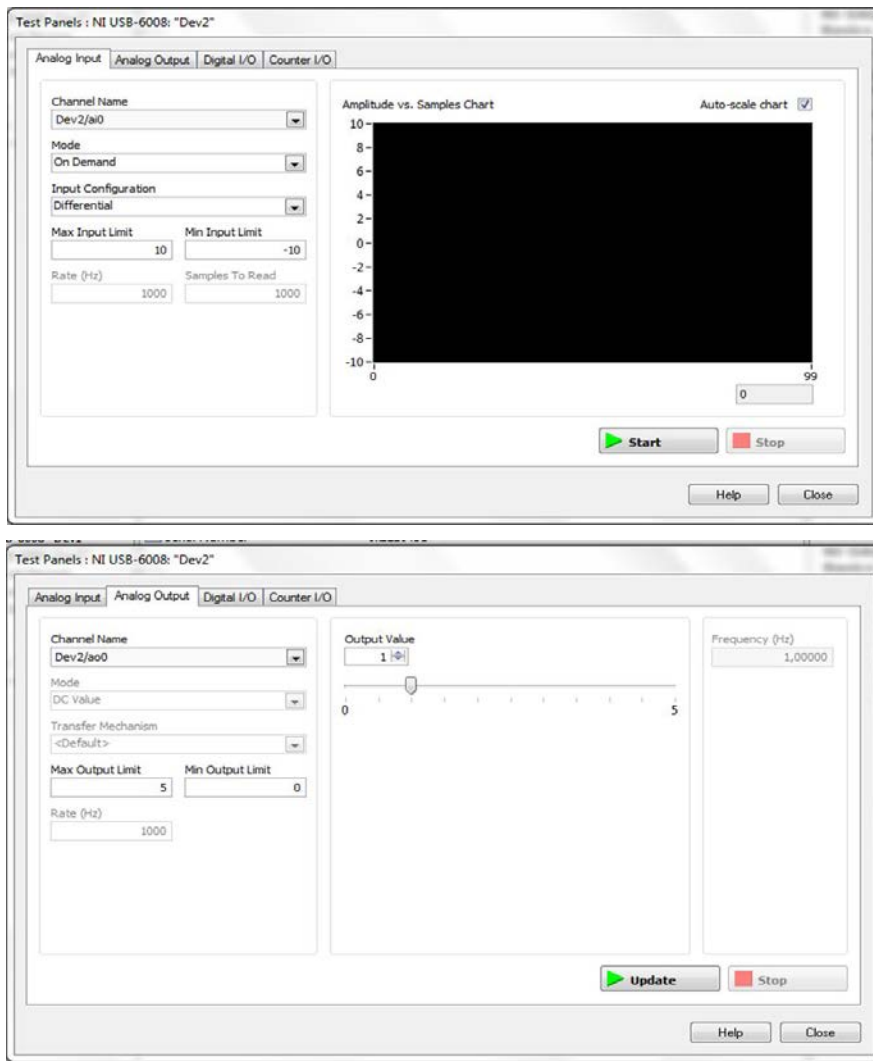


Fig. 4. Panells que es poden seleccionar en *Test Panels* de *Measurement and Automation Explorer* quan es té instal·lada una DAQ.

A l'hora d'utilitzar les entrades analògiques de la DAQ, cal seleccionar-hi l'entrada a utilitzar i la seua configuració: **mode d'adquisició** sota demanda, continu o finit i el **tipus d'entrada** referenciada a terra o diferencial, així com el rang de valors entre els quals es treballarà. Com veiem, en la figura anterior s'ha seleccionat de la DAQ anomenada Dev2, la seua entrada analògica (ai) zero (0) en adquisició a demanda en mode diferencial amb una rang de tensions entre -10 V a 10 V.

Per veure com funciona hem de cablejar l'eixida analògica AO0 a l'entrada analògica AI3 i des dels *Test Panels* li donarem un valor de 2 V DC a l'AO0 (Fig. 4) i veurem en la pestanya corresponent a les entrades analògiques que, en l'entrada AI3, tenim aquests 2 V si l'hem configurat correctament. Doneu-li diferents valors a AO0 i comproveu-los amb AI3. Per acabar doneu-li a AO0 el valor de 0 V.

Q 1 Com heu programat l'AI3 per poder visualitzar els 2 V correctament?

.....

.....

Q 2 Quin és el nom del vostre dispositiu?

.....

Q 3 Per què quan mesurem des de fa temps el mateix valor d'un senyal DC apareixen en la gràfica (Fig. 4) uns pics de tensió? (Ajuda LSB, CAD)

.....

.....

.....

.....

Tornant al MAX i seleccionant la DAQ instal·lada amb el ratolí, en polsar el botó dret, hi apareix un menú desplegable amb algunes opcions més:

Fig. 5. Menú desplegable sobre la DAQ activa (símbol usb negre) en *el Measurement and Automation Explorer*. Símbol USB en groc: DAQ simulada.

3.4. Llibreria per a maneig de targetes d'adquisició

El LabVIEW ofereix diverses llibreries d'adquisició de dades que proporcionen a l'usuari una eina de treball d'ús fàcil i permet disposar d'una major flexibilitat quant a maneig de les DAQ. Per a accedir a les llibreries, se segueix la seqüència següent partint de la paleta principal de funcions: **Functions** → **Measurement I/O** → **NI DAQmx**.

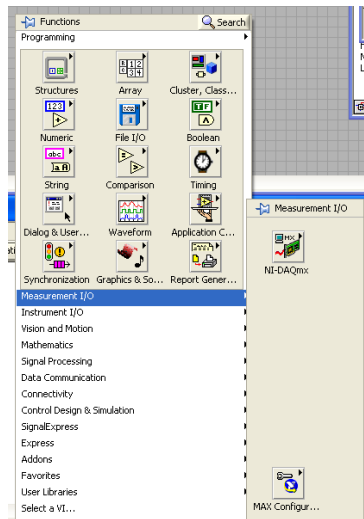


Fig. 6. Accés a la llibreria *Data Acquisition*.

3.5. Measurement Input/Output→NI-DAQmx-Data Acquisition.

La llibreria d'adquisició conté un gran nombre de VI que permeten a l'usuari manejar fàcilment les DAQ. A continuació s'explica el funcionament dels més comuns utilitzats en el control i configuració de la targeta NI-USB6008. La figura següent mostra els diferents VI que caldrà utilitzar en la pràctica.

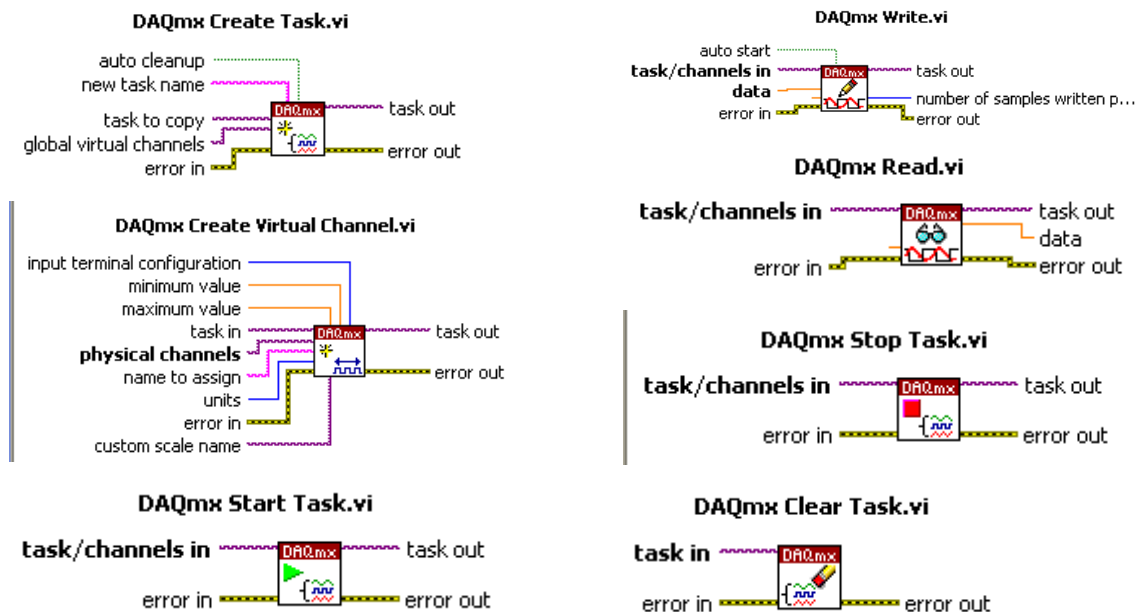


Fig. 7. Llibreries del menú DAQmx

Cada vegada que es vol controlar una funció de la targeta es pot crear una tasca que s'identificarà amb una certa configuració mitjançant l'ús del VI “*DAQmx Create Task.vi*”. Aquesta tasca romandrà oberta durant l'execució del programa. Si a causa de l'aplicació desenvolupada és necessari canviar la configuració de la targeta, haurà d'obrir-se una nova tasca, i tancar prèviament l'anterior. Per a això, s'haurà d'utilitzar el VI denominat “*DAQmx Clear Task.vi*”. Els VI “*DAQmx Start Task.vi*” i “*DAQmx Stop Task.vi*” indiquen en quin moment s'inicia o es deté la tasca. A més, abans d'utilitzar la DAQ ha d'indicar-se quina funció es realitzarà (si es tracta d'entrades o eixides analògiques, entrades o eixides digitals o comptadors). Per a això, s'utilitza el VI “*DAQmx Create Virtual Channel.vi*”, que és un VI polimòrfic.

Finalment, és necessari donar l'ordre d'escriptura o de lectura depenent de l'aplicació desenvolupada. Per a això, es fa ús dels VI “*DAQmx Write.vi*” i “*DAQmx Read.vi*”, que són VI polimòrfics, per poder especificar què volem escriure i què volem llegir.

4. ACTIVITATS I DESENVOLUPAMENT EXPERIMENTAL.

4.1. Familiaritzar-nos amb la programació i ús analògic de la DAQ

A1.- Creeu un VI (**A1.vi**) que permeti controlar el nivell de les eixides analògiques AO0 (pin 14) i AO1 (pin 15). L'usuari ha d'indicar en quin moment vol aplicar els nous nivells de tensió i quan vol parar el programa. Comproveu amb l'oscil·loscopi o el multímetre el valor assignat a aquestes eixides.

El primer que hem de fer és analitzar l'enunciat per poder fer un diagrama de flux que ens resumisca la programació que hem de fer:

1. Hem de treballar amb una DAQ, per la qual cosa cal configurar-la perquè faci el que necessitem (*controlar el nivell de les eixides analògiques AO0 i AO1*). Per a això:

1.1. Creeu una tasca.

1.2. Configureu les eixides analògiques perquè generen l'eixida amb la tensió que necessitem.

- 1.3. Inicieu la tasca.
 - 1.4. Escriviu en les eixides els valors que volem tindre amb el format adequat: analògica de múltiples canals (2) d'una mostra en format 1D DBL.
 - 1.5. Deteniu la tasca.
 - 1.6. Allibereu tots els recursos que hem reservat per poder comunicar-nos amb la targeta.
2. L'usuari ha de decidir quan es canvien els valors de les eixides de la DAQ (l'usuari ha d'indicar en quin moment vol aplicar-hi els nous nivells de tensió)

Com veiem, hi ha dos passos generals a seguir, de manera que una opció per a realitzar-los, en aquest ordre, és utilitzar una estructura **Sequence**. En la segona seqüència, com que hem d'esperar a prendre una decisió, intuïm que serà necessari utilitzar una estructura **While**.

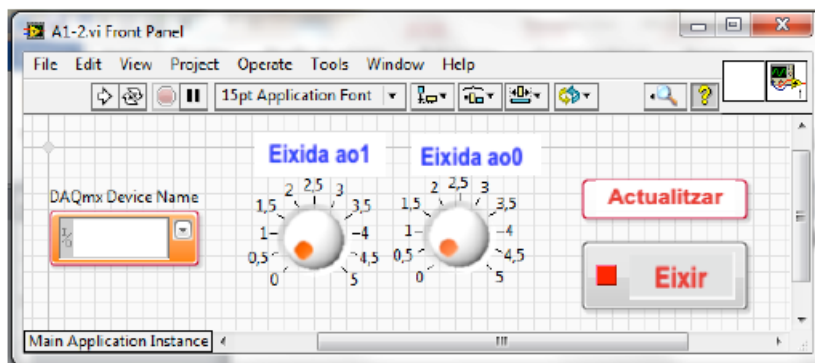


Fig. 8. Panell de control d'A1.vi amb DAQmx Device Name.

Per a crear el desplegable que ens permetrà triar el nom de la targeta, cal anar a **Front Panell Controls**→**Modern, Silver o Classic**→**I/O** →**DAQmx Name Controls**→**Device**.

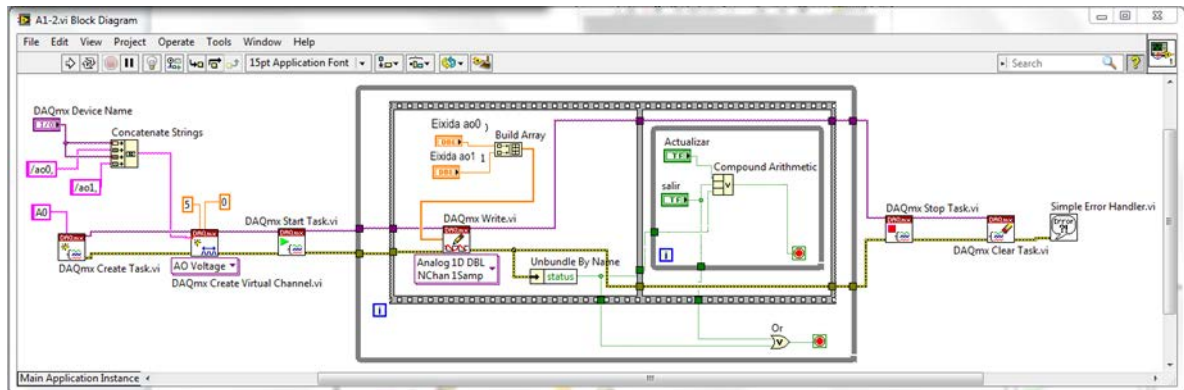


Fig. 9. Programació d'A1.vi. En el futur utilitzeu *stacked sequence*.

Cal configurar el VI DAQmx Write.vi com a múltiples canals d'una sola mostra i format 1D DBL:

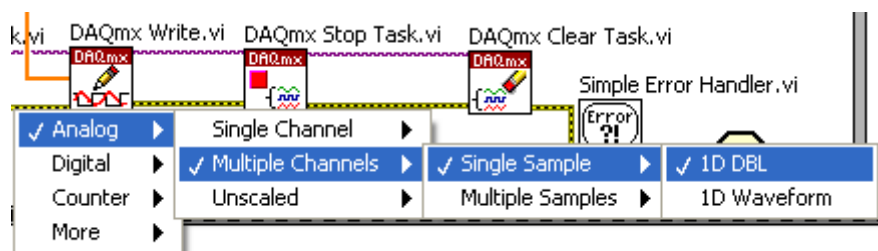


Fig. 10. Com configurar l'escriptura de les entrades analògiques de la DAQ.

Executeu el programa diverses vegades, amb execució ressaltada i sense ella, fins que entengueu com funciona el programa i què és el que fa cada bloc i cada estructura.

Si en algun moment hem de polsar l'opció **Abort Execution** des de la barra d'eines, haurem de tancar el LV (no solament el VI) i tornar-lo a llançar, ja que haurem deixat una tasca oberta amb els seus registres i posicions de memòria ocupats, i cal alliberar-los.

Q 4 Quina és la funció de *l'Unbundle By Name Status*?

.....

.....

.....

.....

Q 5 En aquesta activitat, quin és el nom que se li ha donat a la tasca?

.....

Q 6 Si executem el programa amb la configuració que veiem en el panell de control de la pàgina 7, donarà un error. Per què? Com ho solucionaríeu?

.....

.....

.....

Per a eliminar el “*coerce*” que apareix en *DAQmx Create Virtual Channel.vi*, podem utilitzar el *DAQmx Physical Channel (Controls→Modern, Silver o Classic→ I/O →DAQmx Name Controls→DAQmx Physical Channel)*. Per a això, una vegada que s'ha col·locat en el panell principal, es desplega el menú que té associat, es selecciona *I/O Name Filtering* i, en la nova finestra que apareix en *I/O Type*, se seleccionen les eixides analògiques (Fig. 11.):

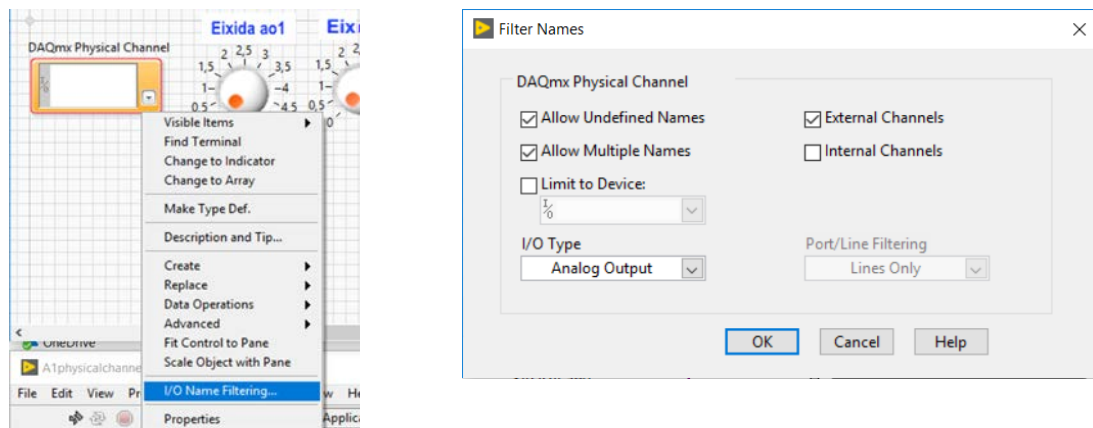


Fig. 11. Com configurar el control *DAQmx Physical Channel*.

Ara tornem al *Front Panell* i, com que volem treballar amb les dues eixida alhora, des d'aquest control seleccionem *Browse* i després de polsar la tecla *Shift* (sense deixar-la anar) hi seleccionem les dues eixides:

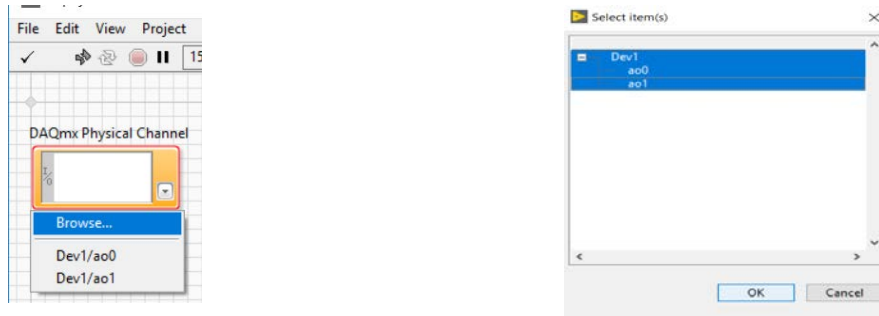


Fig. 12. Com configurar el *DAQmx Physical Channel* per a treballar amb les dues eixides alhora.

Perquè l'usuari no haja de fer aquest procés cada vegada, fem que aquest siga el valor per defecte (sobre el control clic botó dret ratolí, busqueu i seleccioneu l'opció).

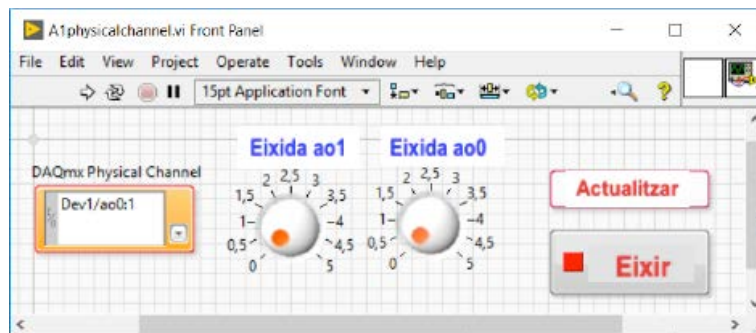


Fig. 13. Panell de control d'A1.vi amb *DAQmx Physical Channel*.

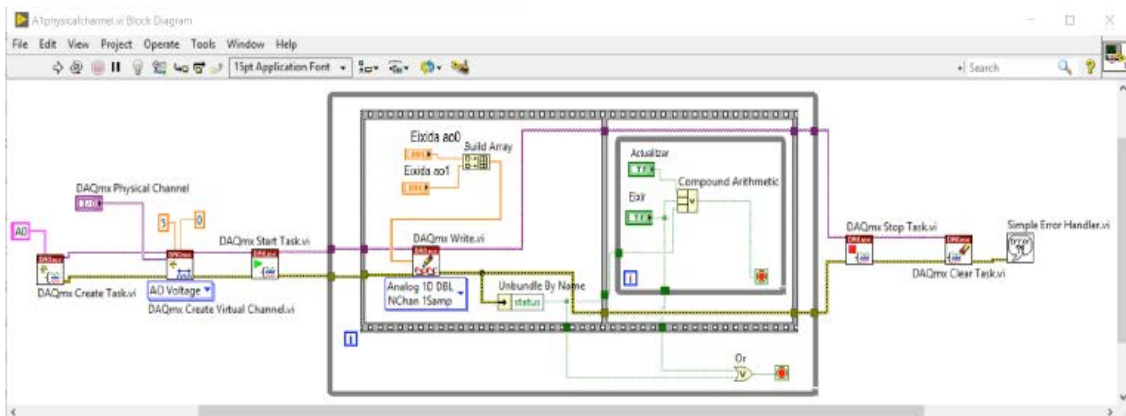


Fig. 14. Programació d'A1.vi amb *DAQmx Physical Channel*. En el futur utilitzeu *stacked sequence*.

A.2.- A partir de l'exercici anterior, creeu un VI (**A2.vi**) que permeti controlar les eixides analògiques i adquirir els senyals connectats a les entrades analògiques referenciades a massa. Per fer el programa més senzill, la inicialització de les entrades i els seus valors s'hauran de fer a través d'un subVI *A2subvi.vi* (vegeu el panell frontal i el diagrama de blocs -Fig. 17-). Per a comprovar el funcionament del programa, connecteu les dues eixides analògiques de la DAQ a dues de les seues entrades analògiques i comproveu que mostren el valor programat. **En acabar de fer proves, poseu les eixides a zero volts.**

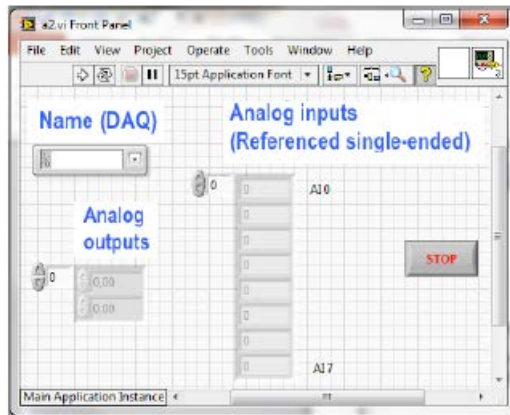


Fig. 15. Panell de control d'A2.vi.

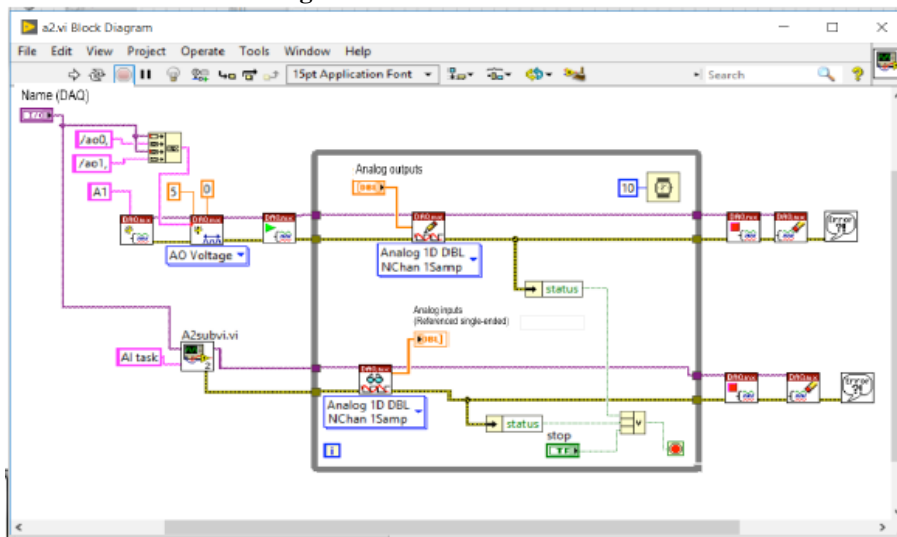


Fig. 16. Programació d'A2.vi.

Sub VI *A2subvi.vi*:

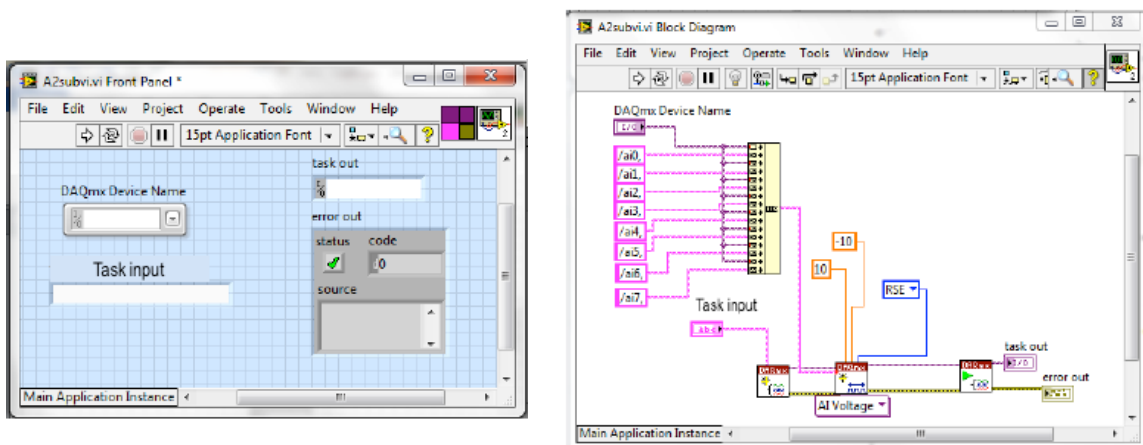


Fig. 17. Panell de control i programació d'A2subvi.vi.

Q7 Aquest subVI no es pot executar de forma independent, per què?

.....

.....

.....

.....

Q 8 Quin és el nom de les tasques que s'utilitzen en l'activitat A2?

.....

Q 9 Es podria donar el mateix nom a ambdues tasques? Justifiqueu la resposta

.....

.....

.....

Q 10 Què ocorrerà si executem el VI principal de l'A2 amb la configuració que apareix en la Fig. 15? Esmeneu l'error i programeu-lo

.....

.....

.....

Q 11 En executar qualsevol dels programes principals anteriors (A1 i A2), les entrades no cablejades donen un valor proper a 1.4 V. A què es deu? (Ajuda: vegeu el full d'especificacions de la DAQ)

.....

.....

.....

.....

.....

Q 12 Com eliminaríeu el “*coerce*” que apareix en l'AOVoltage del sub VI A2subvi.vi i en AOVoltage del principal A2.vi ? Programeu-ho.

.....

.....

.....

Q 13 Aquesta DAQ per a les entrades analògiques referenciades a terra té una resolució d'11 bits amb un rang de tensió d'entrada de ± 10 V. Quin és el seu LSB?

.....

.....

.....

Q 14 Configureu els indicadors de les entrades analògiques perquè no mostren els decimals corresponents a la incertesa que es comet amb el LSB de la DAQ.

.....

.....

A.3.- A partir de l'exercici anterior, creeu un VI (**A3.vi**) que permeti controlar les eixides analògiques i adquirir els senyals connectats a les entrades analògiques diferencials. Les entrades diferencials les podem veure en la Fig. 18: Com que estan en mode diferencial, la DAQ considera que solament té 4 entrades AIO, AI1, AI2 i AI3

(Fig. 21). Cadascuna d'aquestes entrades té una entrada positiva i una entrada negativa. Per a mesurar les dues eixides analògiques en mode diferencial, l'eixida AO0 ha d'anar a AI0+=AI0 i l'eixida AO1 ha d'anar a AI0-=AI4. És a dir, estem fent la resta de les dues entrades, que és tindre l'entrada diferencial (Fig. 19). Per a fer el programa més senzill, la inicialització de les entrades i els seus valors es farà a través d'un subVI *A3subvi.vi* (vegeu Fig. 19, Fig. 20 i Fig. 21). Per a comprovar el funcionament del programa, connecteu les dues eixides analògiques de la DAQ a una entrada analògica diferencial (l'eixida AO0 ha d'anar a AI0= AI0+ i l'eixida AO1 ha d'anar a AI4=AI0-) i comproveu que mostren el valor programat (la resta de les dues eixides).

TABLE 4. Analog Terminal Assignments

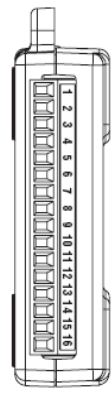
Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Fig. 18. Distribució entrades i eixides analògiques DAQ.

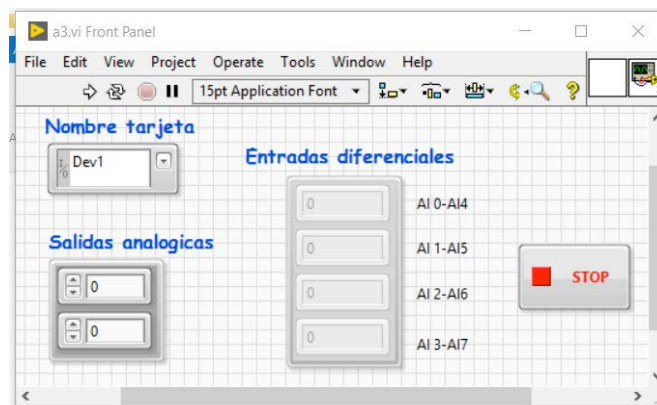


Fig. 19. Panell de control d'A3.vi

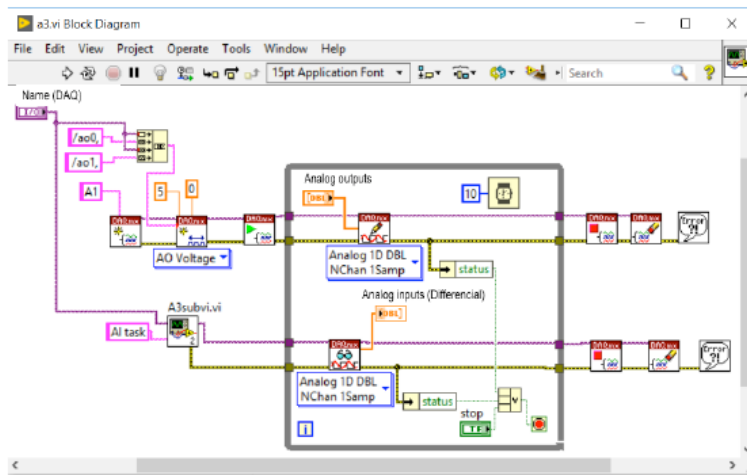


Fig. 20. Programació d'A3.vi.

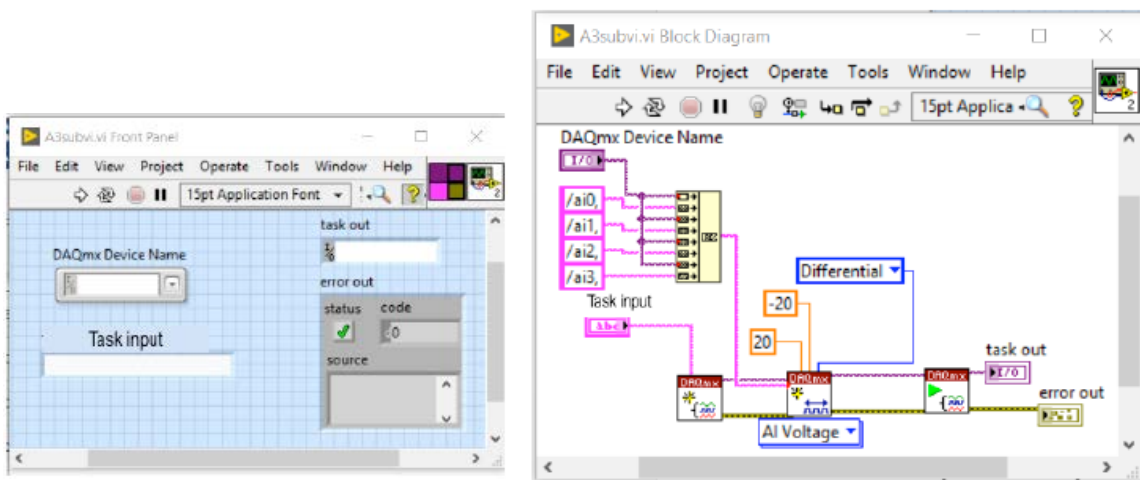


Fig. 21. Panell de control i programació d'A3subvi.vi. La tensió ha d'estar limitada a ± 20 V si volem guany unitat, és a dir que cada entrada puga mesurar fins a ± 10 V. Si limitem a ± 10 V l'entrada permetrà fins a ± 5 V, el guany s'ajusta a 2.

Q 15 Què ocorre si l'eixida AI4 no està connectada a res (a l'aire)? (Ajuda: vegeu full d'especificacions de la DAQ)

.....

Q 16 Com eliminaríeu el “coerce” que apareix en l'AIVoltage del subVI A3subvi.vi i en AOVoltage del principal A3.vi? Programeu-ho.

.....

.....

Q 17 Aquesta DAQ per a les entrades analògiques diferencials té una resolució de 12 bits amb un rang de tensió d'entrada de ± 10 V en cada pin, però pot mesurar ± 20 V ($10 - (-10) = 20$, en aquest cas el màxim i el mínim connectats a AIVoltage ha de ser $+20$ V i -20 V, perquè el guany intern siga 1). Quin és el seu LSB?

.....

.....

.....
Q 18 Configureu els indicadors de les entrades analògiques perquè no mostren els decimals corresponents a la incertesa que es comet amb el LSB de dóna DAQ. Programeu-ho.
.....
.....

4.2. Disseny i implementació d'un termòmetre digital.

Aplicarem el que hem après amb la DAQ en els apartats anteriors per a adquirir la tensió d'eixida d'un sensor de temperatura i convertir aquesta tensió en la temperatura en graus centígrads que mesura el sensor. Ho farem de dues maneres: amb mesures de tensió referenciades a terra i amb mesures de tensió diferencials.

L'esquemàtic del circuit que utilitzarem podem veure'l en la Fig. 22. Cada parella disposarà d'una PCB i haurà de posicionar els components electrònics com es mostra en la Fig. 23. La cara inferior de la PCB es pot veure en la Fig. 24; la cara superior de la PCB es pot veure en la Fig. 25. **Aquestes figures s'han de tenir SEMPRE damunt de la taula quan es treballa amb la PCB.** Cal saber trobar-hi els circuits de cada sessió, els seus components i els punts de mesura que necessitem. En la Fig. 26 es pot veure l'esquemàtic corresponent a aquesta sessió. És el circuit de condicionament del sensor de temperatura LM35 (estudieu i analitzeu el seu full de dades tècniques, “*data sheet*”) amb la referència de tensió LM4040-Z-2.5 (estudieu i analitzeu el seu full de dades tècniques, “*data sheet*”) i els TL082 que eviten l'efecte de càrrega provocats per la impedància d'eixida d'aquest circuit condicionador i la impedància d'entrada de les entrades analògiques de la DAQ. Aquest circuit ja s'ha explicat a la classe de teoria/problemes, per la qual cosa no en repetirem ací l'explicació.

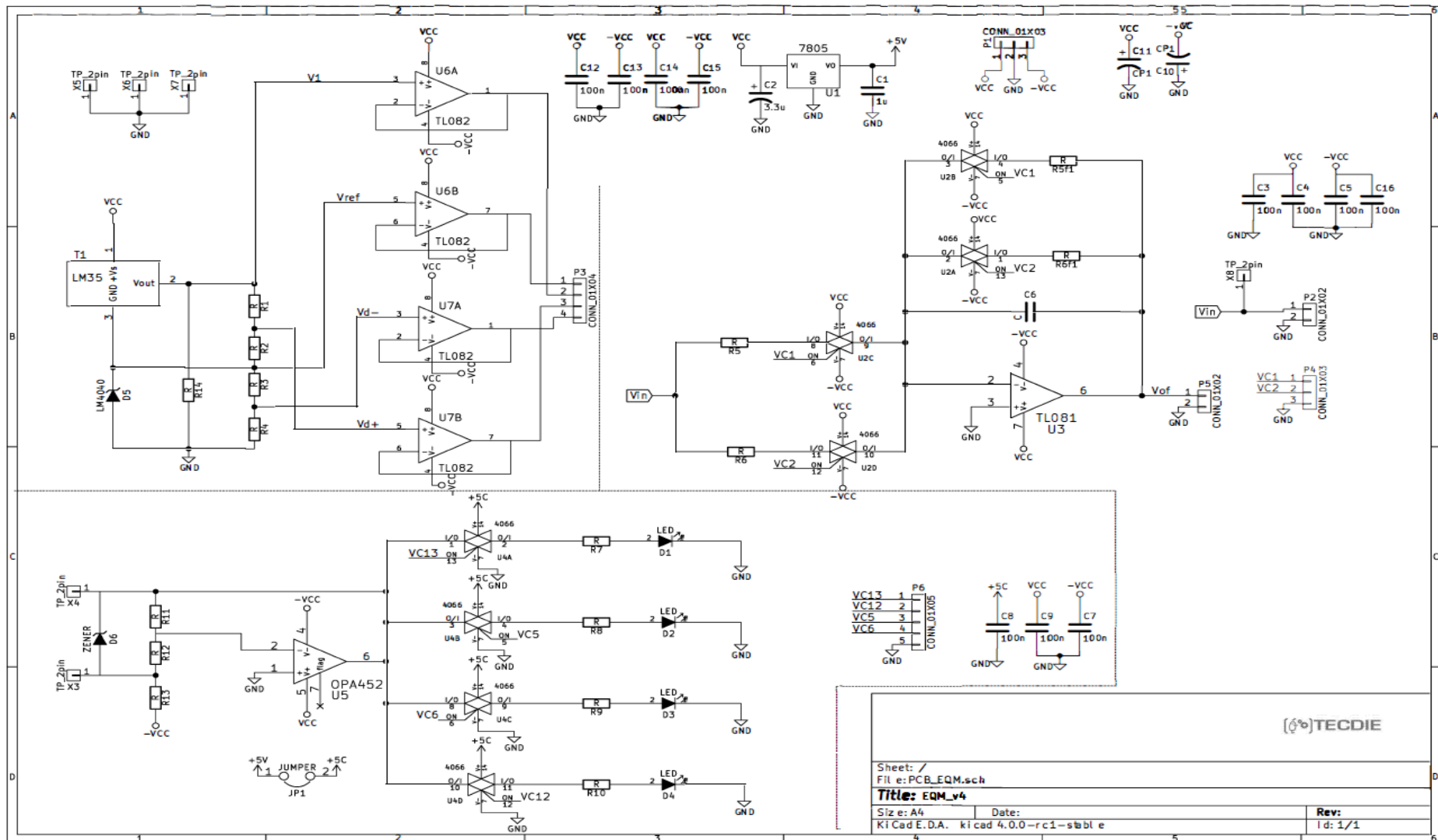


Fig. 22. Esquemàtic de tota l'electrònica implementada en la PCB que utilitzarem en les sessions de laboratori.

Pàgina deixada en blanc intencionadament.

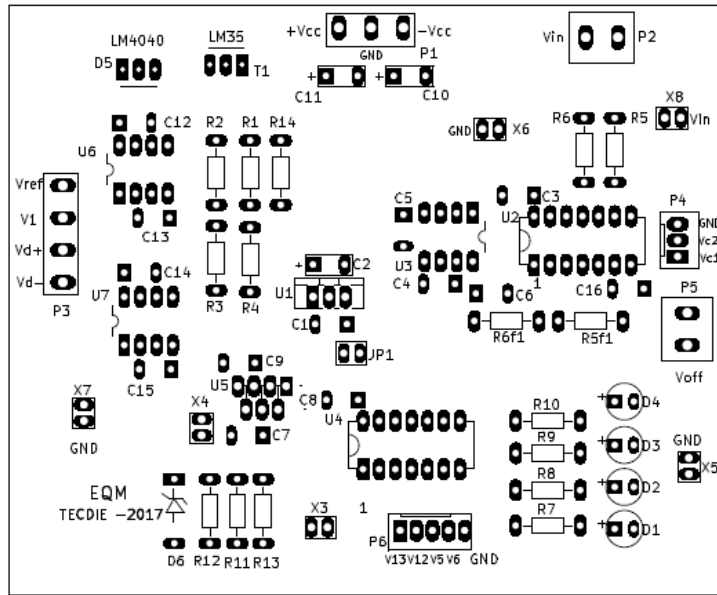


Fig. 23. Posicionat dels components en la PCB.

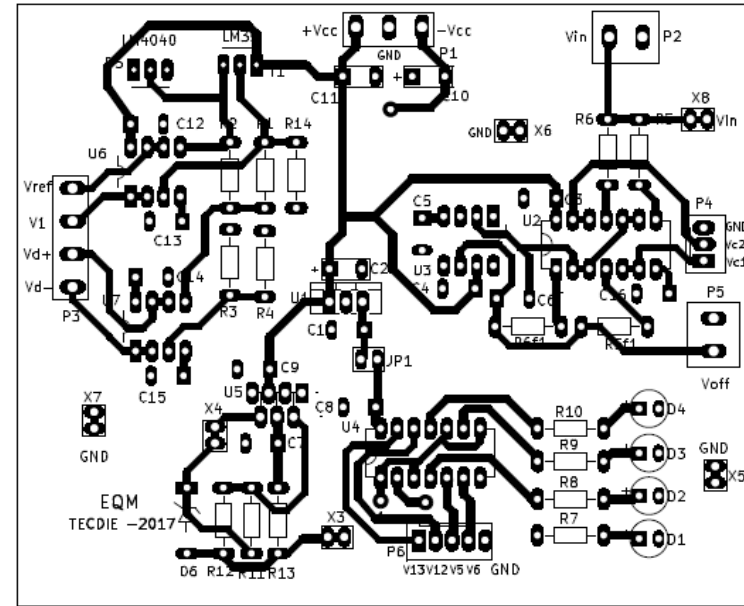


Fig. 24. Pistes de la cara inferior de la PCB.

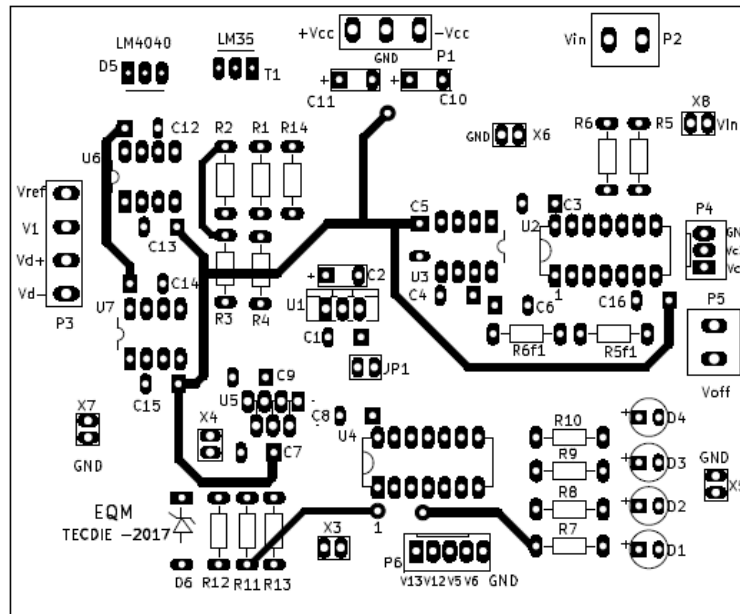


Fig. 25. Pistes de la cara superior de la PCB.

Pàgina deixada en blanc intencionadament.

En la Fig. 26 es mostra l'esquemàtic del circuit condicionador del sensor de temperatura LM35. Localitzeu-ne els components en la Fig. 23, Fig. 24, i Fig. 25, estudieu la distribució de les pistes i comproveu-ne les connexions amb el multímetre. Localitzeu els punts de mesura i l'alimentació del circuit. **Aquesta placa estarà alimentada per una tensió de ± 10 V (connector P1 Fig. 23).**

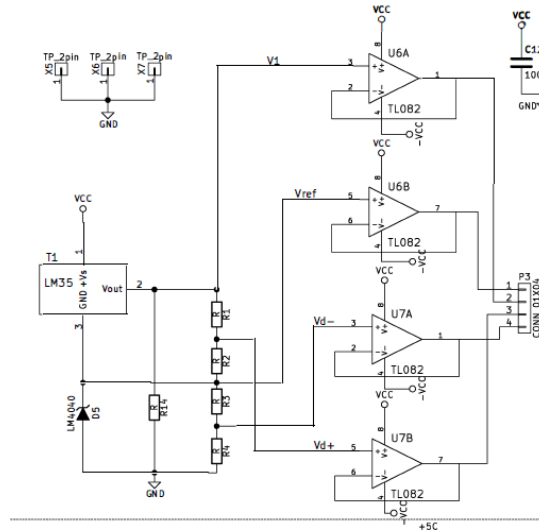


Fig. 26. Esquemàtic del circuit condicionador del sensor de temperatura LM35.

Q 19 Quina tensió s'espera en V_{ref} ? (consulteu *data sheet* LM4040-Z-2.5)

.....

Q 20 Quina equació teòrica s'espera en $V1$? (consulteu *data sheet* LM35 i el circuit de la Fig. 26) Quina informació proporciona?

.....

Q 21 Quina equació teòrica s'espera en $Vd+$? (consulteu *data sheet* LM35 i el circuit de la Fig. 26) Quina informació proporciona?

.....

Q 22 Quina equació teòrica s'espera en $Vd-$? (consulteu *data sheet* LM35 i el circuit de la Fig. 26) Quina informació proporciona?

.....

Q 23 Quina equació teòrica s'espera si mesurem $(Vd+-Vd-)$? Quina informació proporciona?

.....

Q 24 Engegueu la part del circuit corresponent a la Fig. 26 i comproveu que les respostes a les qüestions 19 a 23 són correctes. Realitzeu les mesures amb el multímetre.

	Valor teòric esperat	Valor experimental mesurat	Er(%)
Vref			
V1			
Vd+			
Vd-			
(Vd+-Vd-)			
T			

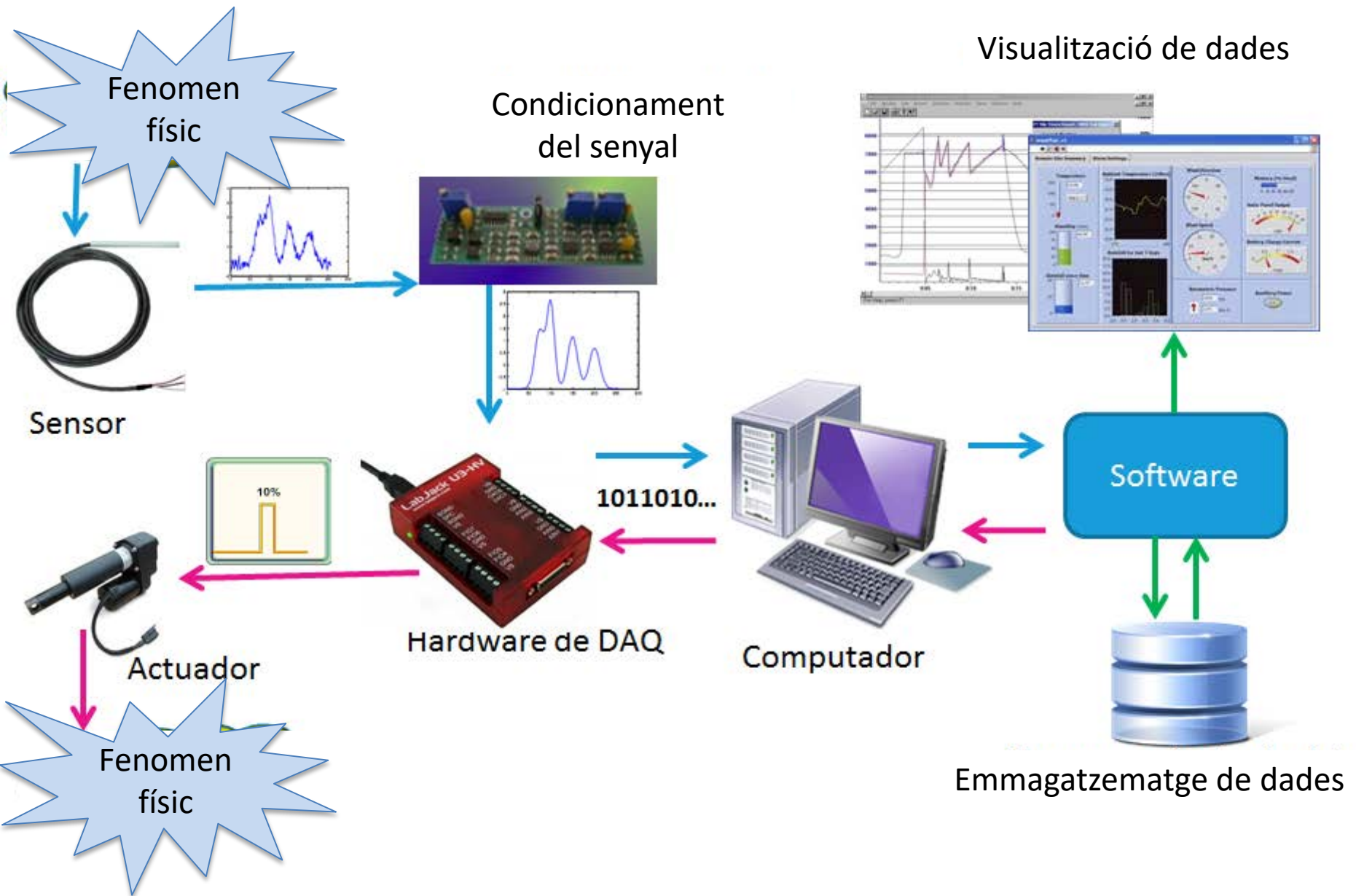
A.4.- (termòmetre digital.vi.) Apliqueu el que hem après en la primera part d'aquesta pràctica sobre la DAQ per a adquirir la tensió de eixida d'un sensor de temperatura i convertiu aquesta tensió en la temperatura en graus centígrads que mesura el sensor. Es farà de dues maneres, amb mesures de tensió referenciades a terra i amb mesures de tensió diferencials. Per a això, dissenyeu un programari:

1. Que guie l'usuari per a connectar correctament la PCB a la DAQ a fi de fer les mesures referenciades a terra.
2. Que demane a l'usuari la sensibilitat del sensor utilitzat, el valor de la referència de tensió utilitzada i el valor de totes les resistències utilitzades.
3. Que l'usuari pugui visualitzar aquests valors sempre que ho necessite, sense que estiguen en pantalla contínuament.
4. En qualsevol moment ha de permetre triar entre fer les mesures referenciades a terra o diferencials i guiar l'usuari perquè ho faci correctament.
5. Que el programa guie l'usuari per a connectar correctament la PCB a la DAQ per fer les mesures en mode diferencial o referenciades a terra, segons decideixi l'usuari.
6. Que quan l'usuari ho requereixi, el programa adquireixi V1, Vref, Vd+, Vd- referenciades a terra i mostri en temps real els valors mesurats.
7. Amb els valors adquirits referenciats a terra i el valor de la sensibilitat introduït per l'usuari, que proporcione la temperatura mesurada pel sensor utilitzant les dues opcions possibles a través de V1 i Vref i a través de $Vd=(Vd+ - Vd-)$.
8. Quan es facen les mesures en mode diferencial de Vref i $Vd=(Vd+ - Vd-)$, que mostri en temps real els valors mesurats i el valor corresponent a la temperatura mesurada.
9. En qualsevol moment ha de permetre eixir correctament del programa.

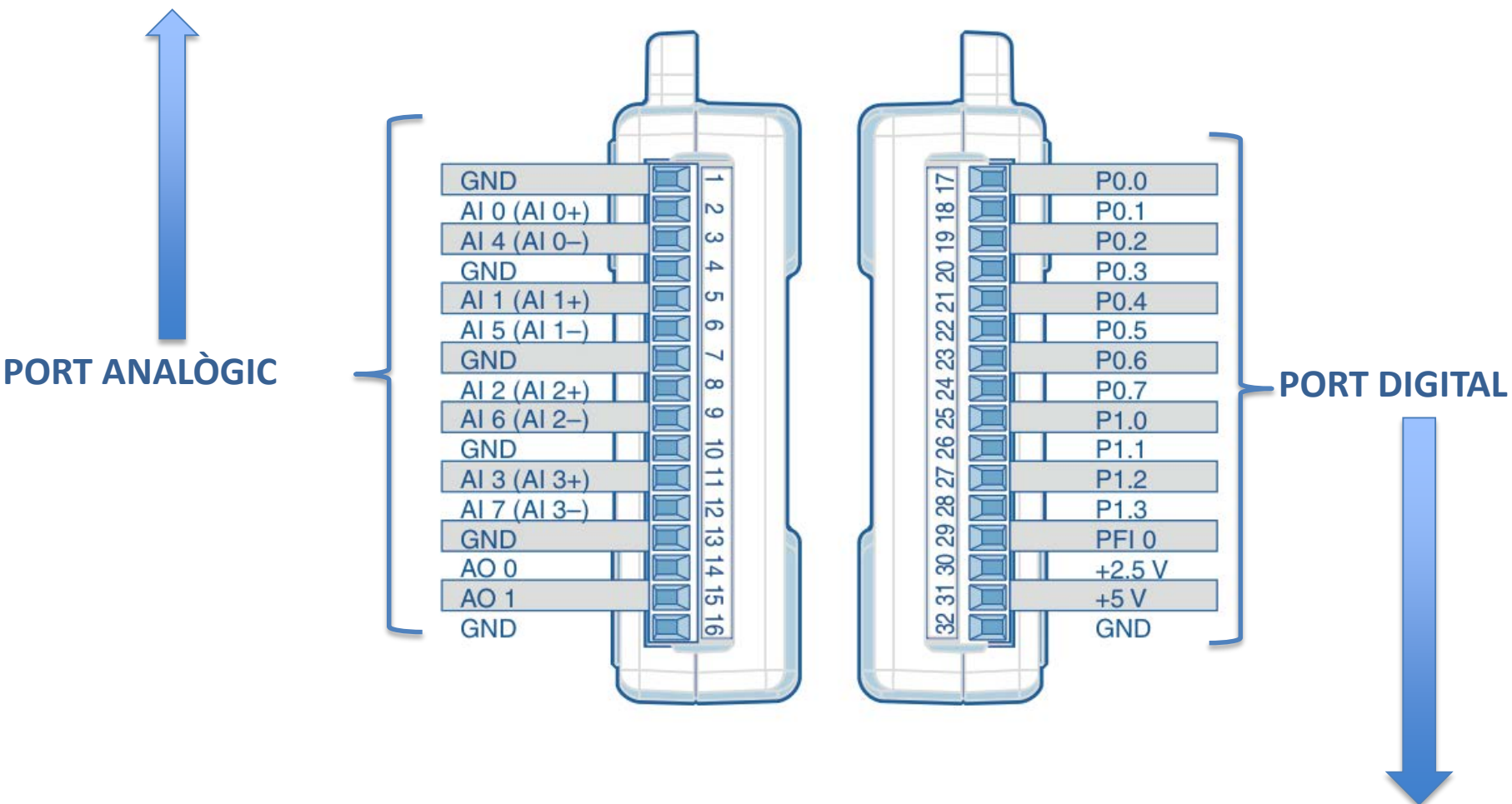
Aquest programari es dirà **termòmetre digital.vi**.

Cal tindre en compte que el programa no solament ha de funcionar sinó que ha d'estar ben programat. Per a això, abans de començar a programar cal pensar un diagrama de flux, pensar com ho faríeu tractant d'agrupar en subVI tot el programari que s'utilitze en diversos punts del programa, amb la finalitat d'optimitzar el codi i la seua depuració al màxim. Es valorarà una interfície gràfica intuïtiva i agradable per a l'usuari.

Pràctica 4 – Control leds



PRÀCTICA 3 -MESURA DE TEMPERATURA



PRÀCTICA 4-COMPROVACIÓ DE FILTRE PASSABAIX I ENCESA/APAGADA DE LEDS

PRÀCTICA 4-Control de leds

8 ENTRADES REFERENCIADAS A MASSA

- AI0**=(AI0-GND)
- AI1**=(AI0-GND)
- AI2**=(AI0-GND)
- AI3**=(AI0-GND)
- AI4**=(AI0-GND)
- AI5**=(AI0-GND)
- AI6**=(AI0-GND)
- AI7**=(AI0-GND)

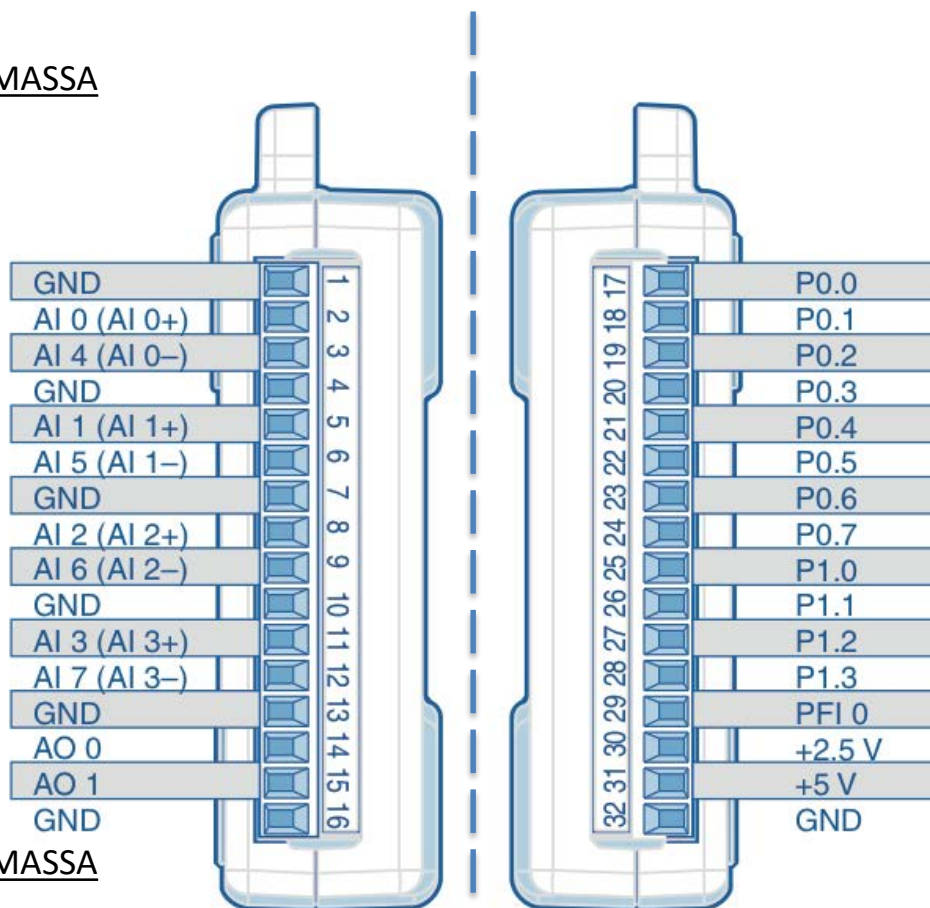
4 ENTRADES DIFERENCIAIS

- AI0** =(AI0-AI4)
- AI1**=(AI1-AI5)
- AI2**=(AI3-AI6)
- AI3**=(AI3-AI7)

2 SORTIDES REFERENCIADAS A MASSA

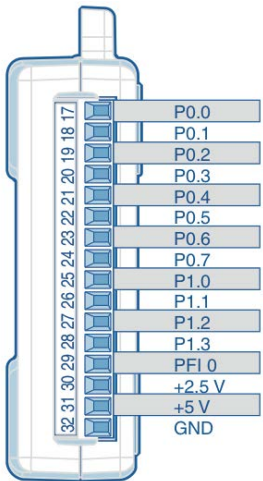
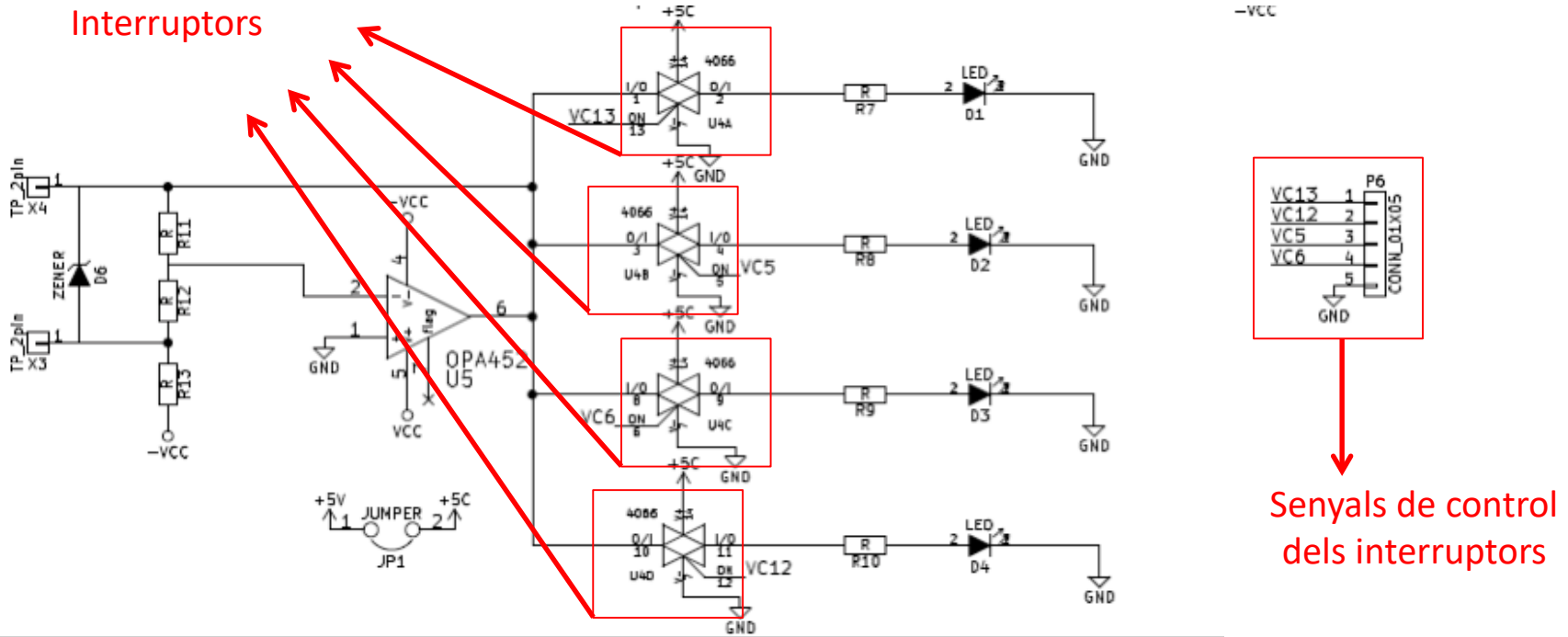
- A00** =(A00-GND)
- A01**=(A01-GND)

PORT ANALÒGIC



PORT DIGITAL

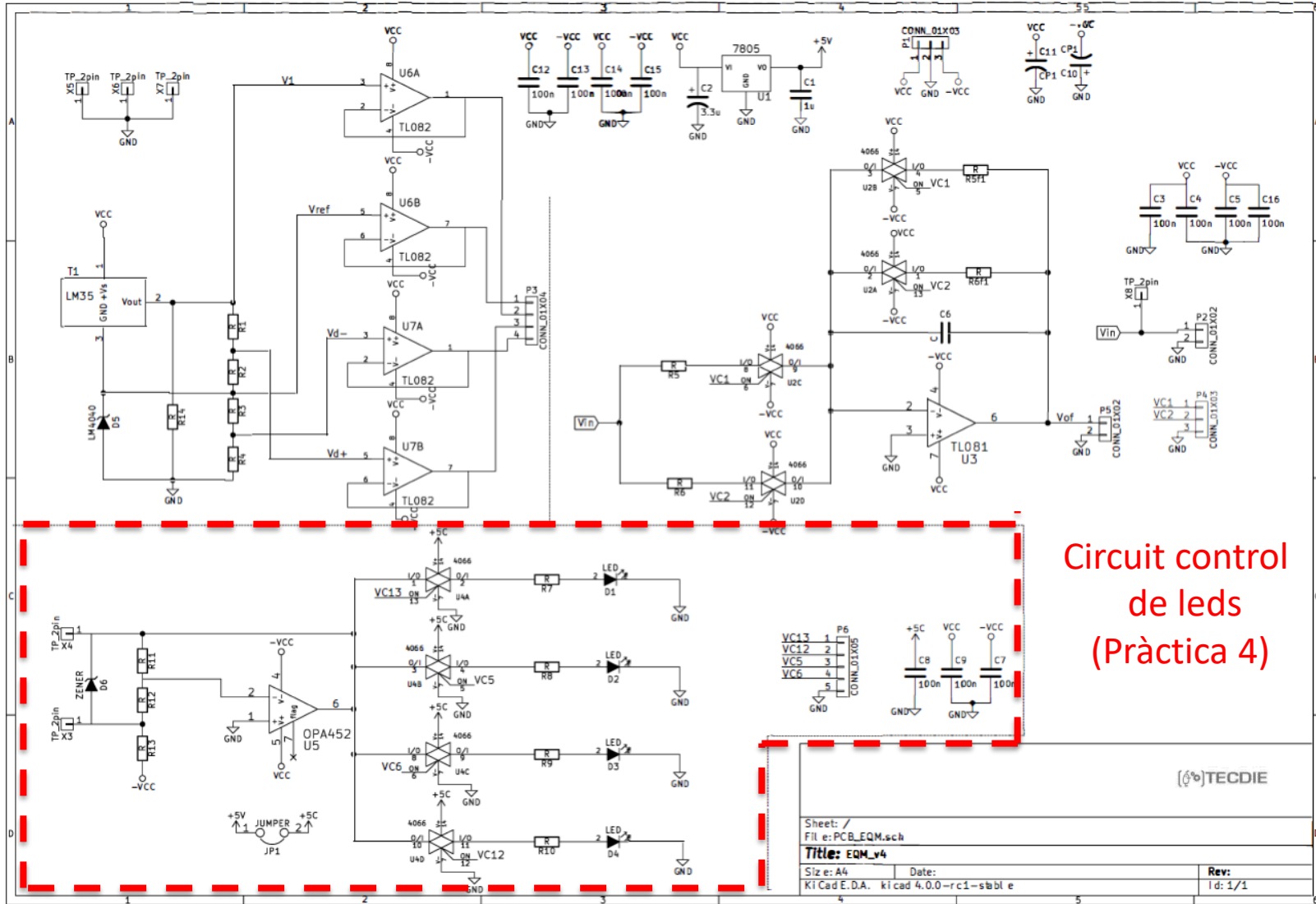
Circuit explicat en teoria (**PROBLEMA 9** del butlletí associat a les referències de tensió) al qual se li han afegit quatre interruptors en l'etapa de sortida.



Com funcionen els ports digitals de la DAQ?

(pràctica 4 d'EQM)

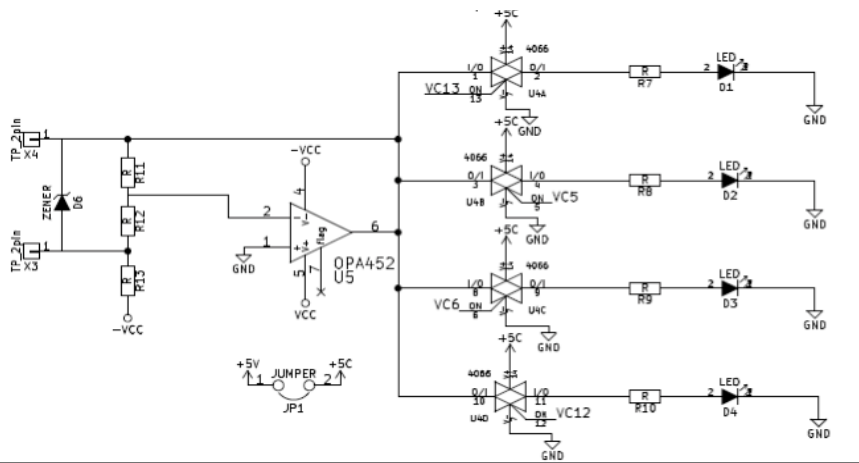
És necessari utilitzar **quatre sortides d'un port digital**; cadascuna d'elles controlarà un interruptor.



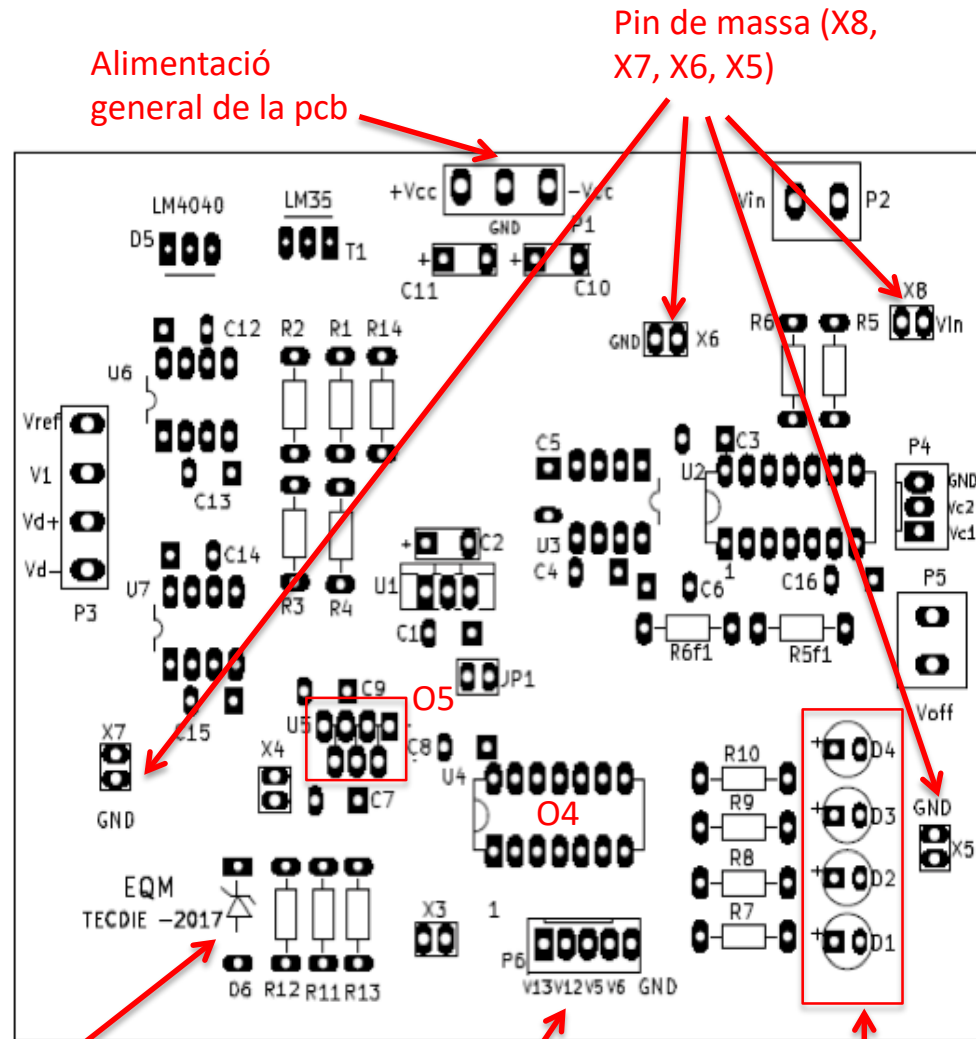
PRÀCTICA 4- Identificació dels punts de mesura, components, alimentació...

O4-Interruptors (4066)

O5-Amplificador operacional (OPA452)



Esquema elèctric



Alimentació general de la pcb

Pin de massa (X8, X7, X6, X5)

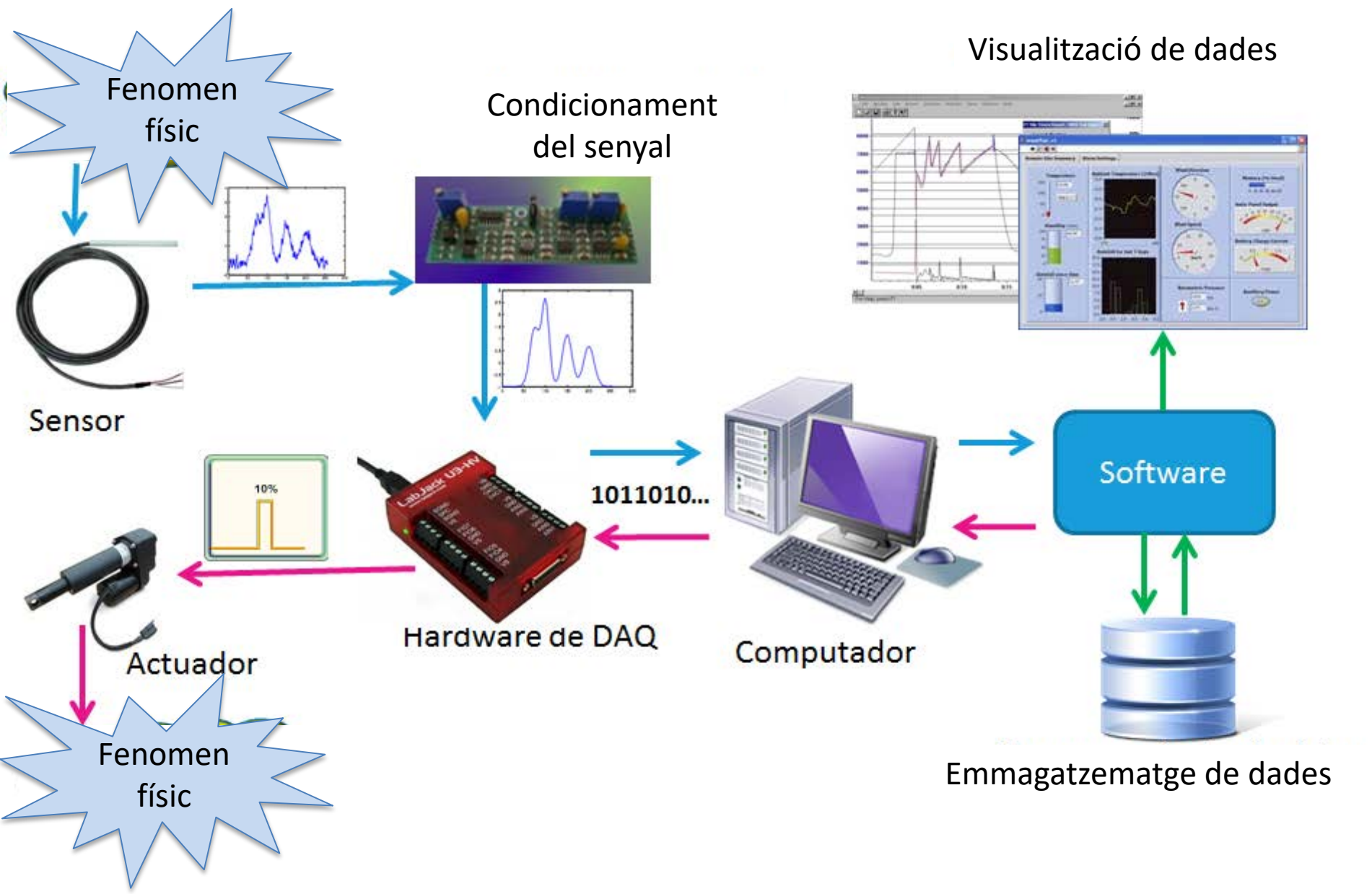
Zener

Connector senyals de control (VC12, VC13, VC5, VC6)

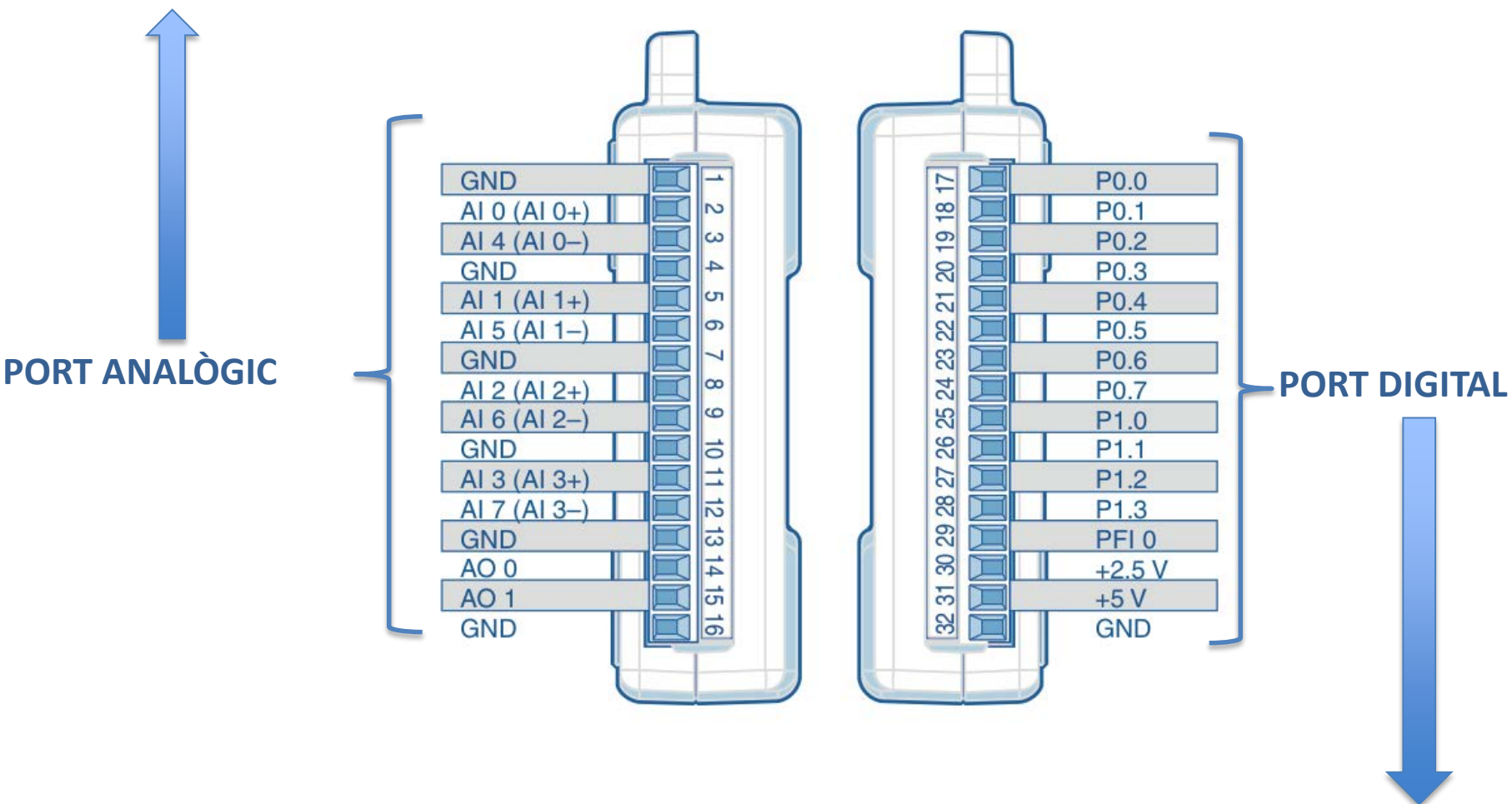
Leds

Esquema de components

Pràctica 4 (II) – Filtre passabaix



PRÀCTICA 3-MESURA DE TEMPERATURA



PRÀCTICA 4-COMPROVACIÓ DE FILTRE PASSABAIX I ENCESA/APAGADA DE LEDS

PRÀCTICA 4-Control de filtros passabaix programables

8 ENTRADES REFERENCIADAS A MASSA

- AI0**=(AI0-GND)
- AI1**=(AI0-GND)
- AI2**=(AI0-GND)
- AI3**=(AI0-GND)
- AI4**=(AI0-GND)
- AI5**=(AI0-GND)
- AI6**=(AI0-GND)
- AI7**=(AI0-GND)

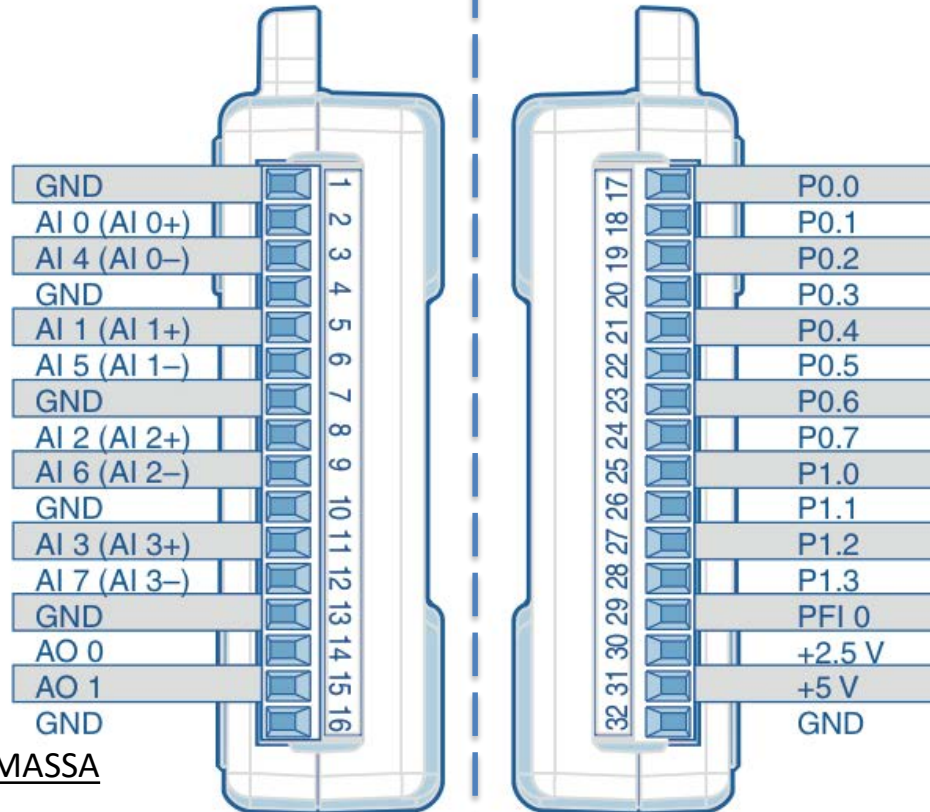
4 ENTRADES DIFERENCIAIS

- AI0** =(AI0-AI4)
- AI1**=(AI1-AI5)
- AI2**=(AI3-AI6)
- AI3**=(AI3-AI7)

2 SORTIDES REFERENCIADAS A MASSA

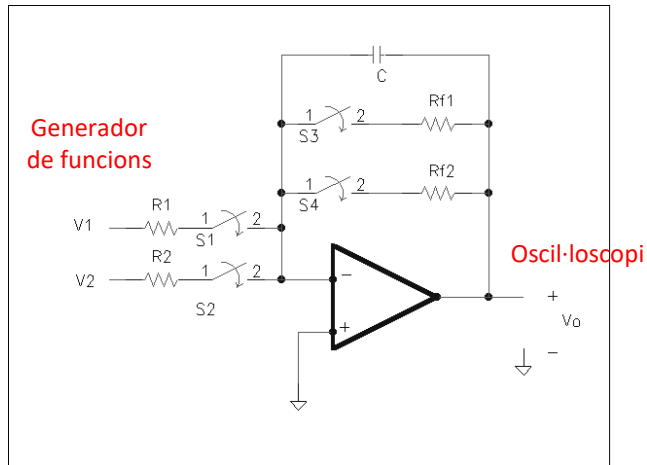
- A00** =(A00-GND)
- A01**=(A01-GND)

PORT ANALÒGIC



PORT DIGITAL

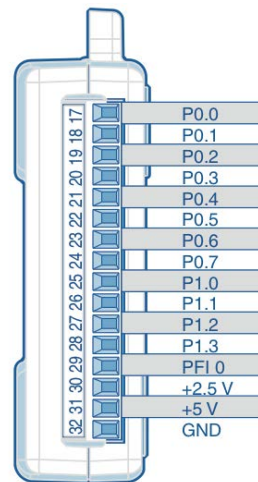
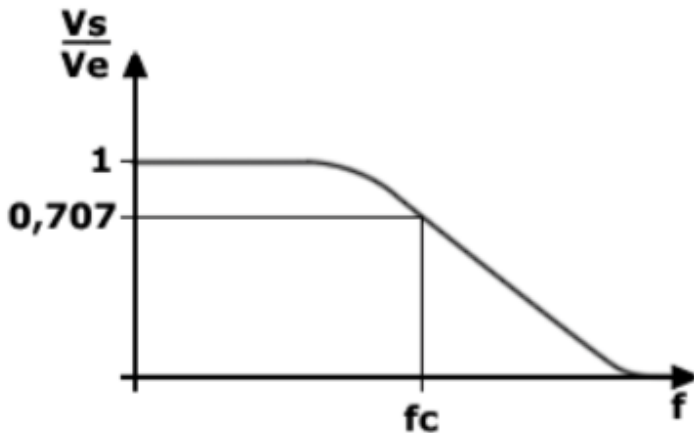
PROBLEMA 7. El circuit de la figura correspon a un filtre passabaix amb freqüència de tall i guany en la banda passant programable, de manera que es particularitza l'acció de filtrat per a cadascun dels canals d'entrada. Per a això s'ha optat inicialment per utilitzar el circuit integrat model 4066, format per quatre interruptors analògics tipus SPST. Per a cadascun d'ells es té: $r_{ONmed} = 125 \Omega$.



Com funciona l'opció "terminació de sortida" del generador de funcions? (consulteu pràctica 3 instrumentació)

És necessari conèixer les característiques de l'equip per assegurar-se que el senyal connectat es correspon amb l'indicat pel panell frontal del generador de funcions

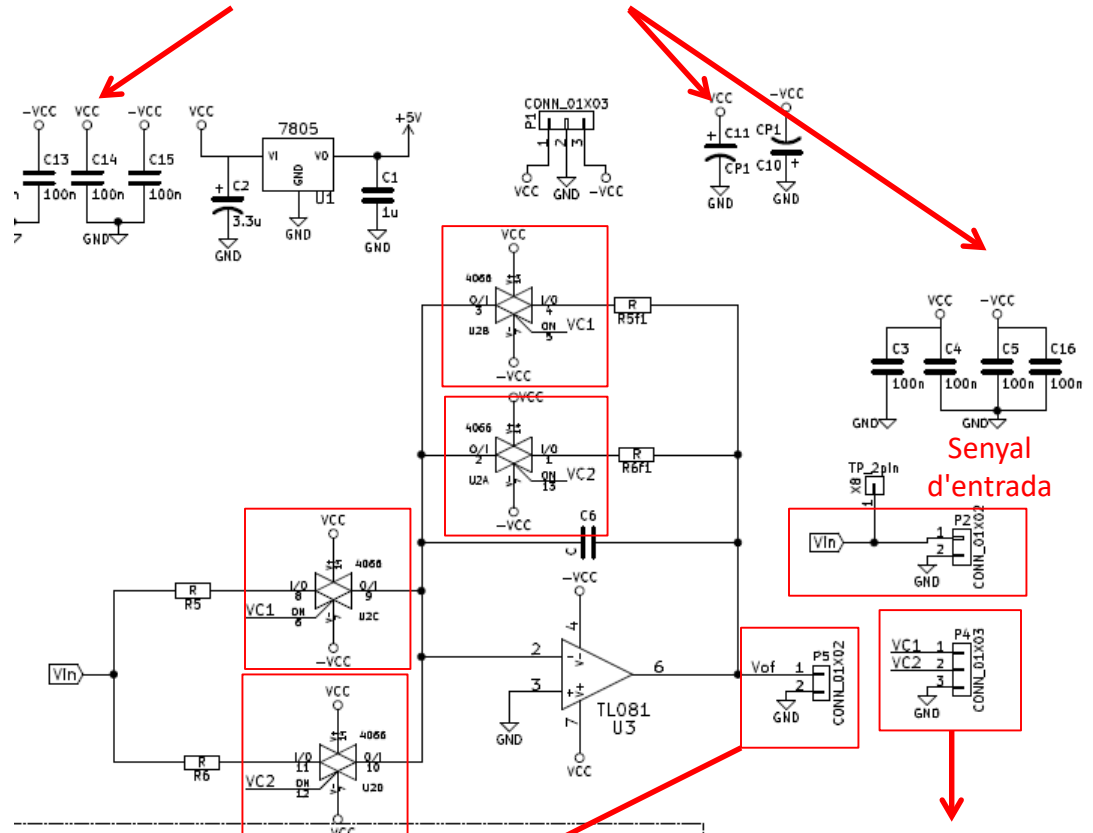
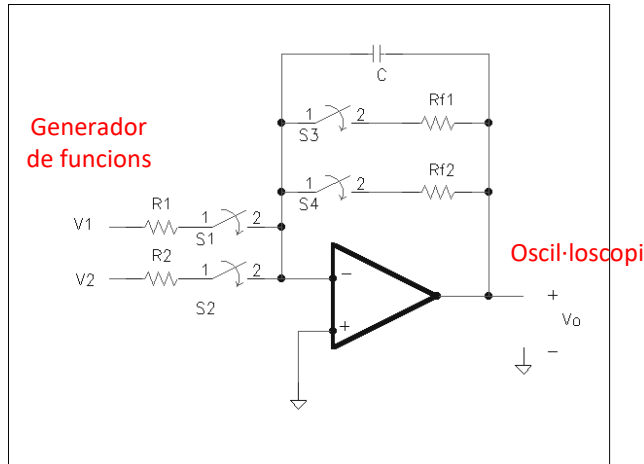
Com funcionen els ports digitals de la DAQ? (pràctica 4 d'EQM)



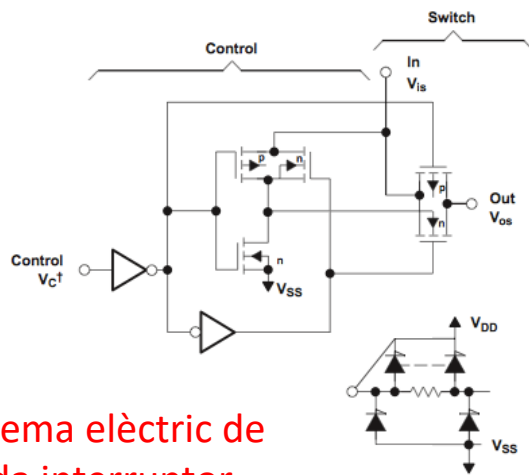
És necessari utilitzar dues sortides d'un port digital, cadascuna d'elles controlarà dos interruptors simultàniament.

PROBLEMA 7. El circuit de la figura correspon a un filtre passabaix amb freqüència de tall i guany en la banda passant programable, de manera que es particularitza l'acció de filtrat per a cadascun dels canals d'entrada. Per a això s'ha optat inicialment per utilitzar el circuit integrat model 4066, format per quatre interruptors analògics tipus SPST. Per a cadascun d'ells es té: $r_{ONmed} = 125 \Omega$.

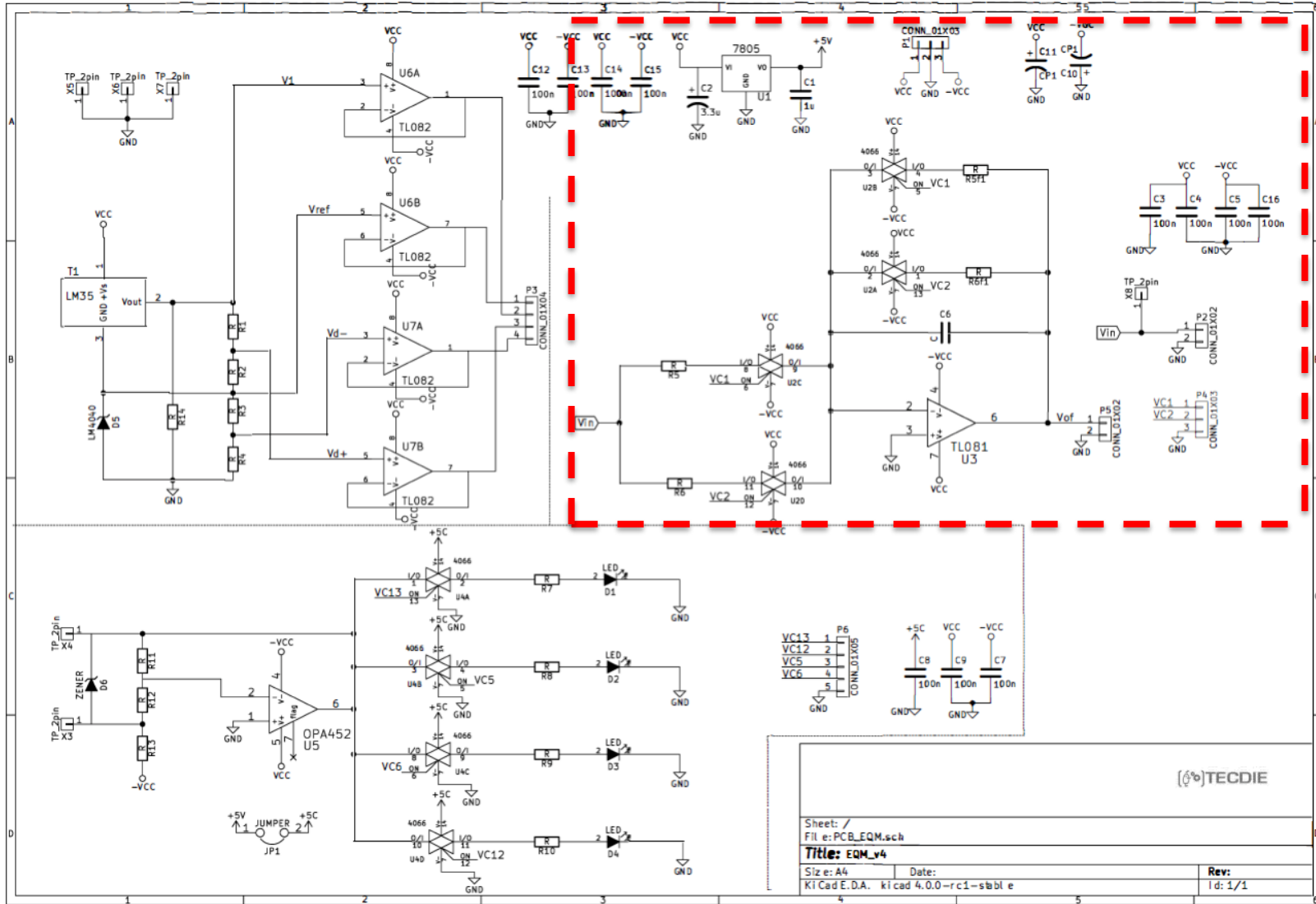
Condensadors de desacoblament



Esquema elèctric de cada interruptor



Circuit filtre passabaix (Pràctica 4)



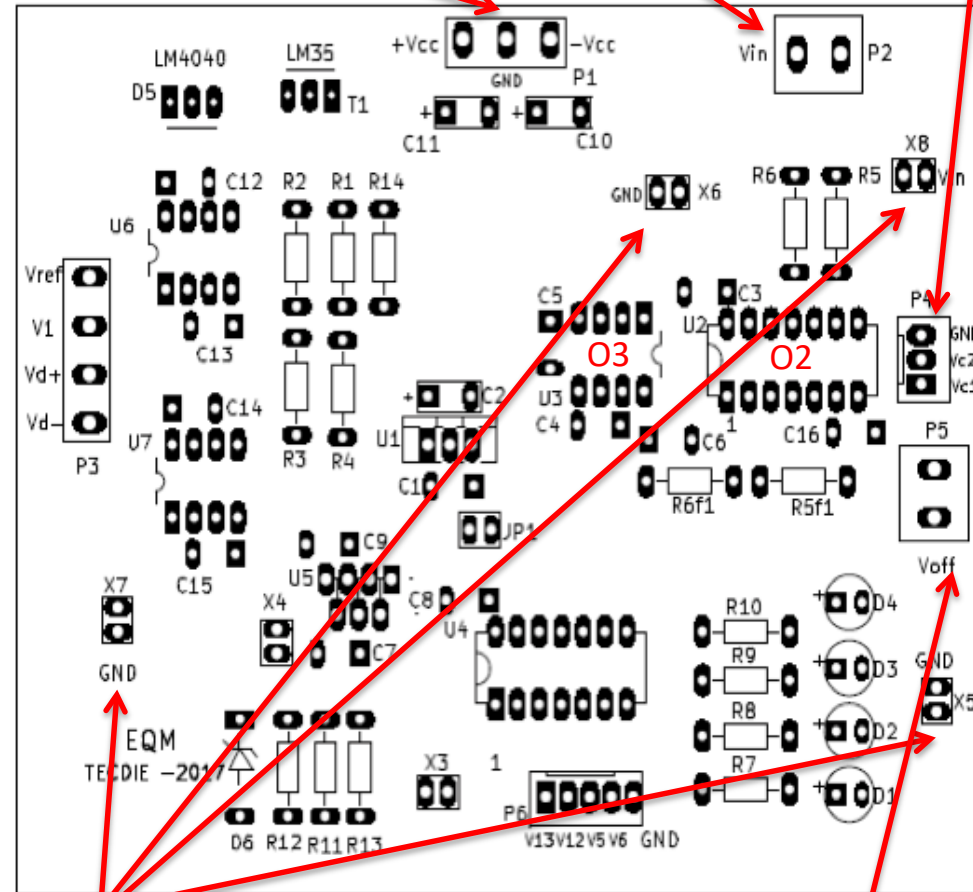
PRÀCTICA 4- Identificació dels punts de mesura, components, alimentació...

O2-Interruptors (4066)
O3-Amplificador operacional (TL081)

Connector de senyal d'entrada Vin

Connector senyals de control VC1, VC2

Alimentació general de la pcb



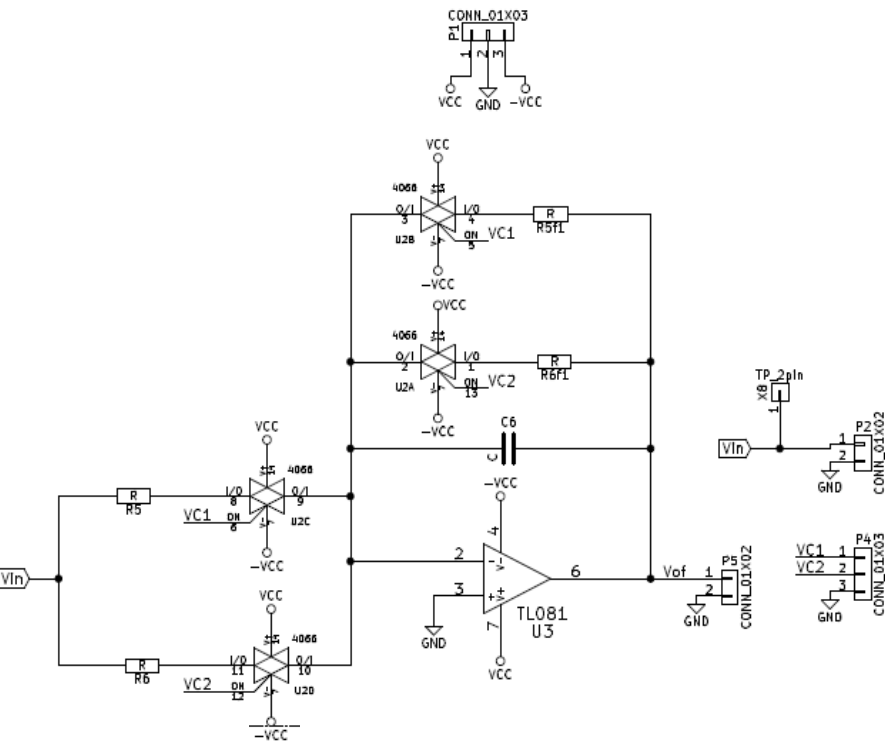
Pin de massa (X8, X7, X6, X5)

Pin de massa (X6)

Connector senyal de sortida

Esquema de components

Esquema elèctric



PRÀCTICA 4: SISTEMA DE CONTROL DIGITAL AMB COMUNICACIÓ USB: CONTROL D'UNA AGRUPACIÓ DE LEDS, GUANY I FREQUÈNCIA DE TALL EN FILTRES.

1. PRESENTACIÓ

L'objectiu d'aquesta pràctica consisteix a adquirir els coneixements bàsics i necessaris per a fer un ús correcte de targetes d'adquisició en la seua part digital. Concretament s'utilitzarà la targeta NI-USB6008 de National Instruments. Es tracta d'una targeta multifuncional bàsica i de baix cost.

2. OBJECTIUS

En finalitzar la pràctica l'alumne haurà de ser capaç de:

- Verificar la correcta instal·lació de la targeta d'adquisició mitjançant l'ús del programari que proporciona National Instruments.
- Realitzar proves de programació i control de les diverses funcions que ofereix la targeta d'adquisició NI-USB6008 utilitzant els comandos del LabVIEW.
- Crear els VI necessaris que permeten controlar i configurar la DAQ segons les necessitats de l'usuari.

3. FONAMENTS TEÒRICS

3.1. Targetes d'adquisició (DAQ)

En l'actualitat es disposa d'una gran varietat de targetes d'adquisició amb diversitat de prestacions i fabricants. Per això, és important conèixer quines són les seues prestacions amb la finalitat de triar la targeta que millor s'adapte a la nostra aplicació. Perquè el criteri de selecció siga efectiu, han de conèixer-se els conceptes següents:

Entrades analògiques: Les prestacions que ofereix una targeta en relació amb les entrades són, bàsicament, el nombre de canals, la freqüència de mostreig, la resolució i els nivells d'entrada. La majoria d'aquests paràmetres es poden configurar per programari.

El nombre de canals analògics s'especifica tant per a entrades referenciades a massa (*single-ended inputs*) com per a diferencials. Les entrades referenciades a massa s'utilitzen en aplicacions d'alt nivell en el qual l'error introduït pel senyal en mode comuna és menyspreable. Els senyals diferencials es basen en el fet que els dos terminals d'una entrada es corresponen amb dos terminals d'entrada de la DAQ, és a dir, no hi ha cap terminal referenciat a massa.

Freqüència de mostreig: Determina la velocitat a la qual es realitza la conversió analògica-digital. Una freqüència de mostreig elevada proporciona una major qualitat de definició en el temps, alhora que augmenta el flux de dades cap al processador. Per tant, s'haurà de buscar un valor de compromís que faça òptim el funcionament del sistema. És fonamental, en tota adquisició, respectar el teorema de mostreig de Nyquist (per

poder replicar amb exactitud -és a dir, que siga matemàticament reversible íntegrament- la forma d'una ona és necessari que la freqüència de mostreig siga superior al doble de la màxima freqüència a mostreig).

Resolució: Indica el nombre de bits que utilitza el convertidor analògic-digital per quantificar els nivells de senyal analògic.

Nivells d'entrada: Són els límits d'entrada de tensió de la DAQ. És molt comú diferenciar entre senyals unipolars i bipolars. Els senyals unipolars admeten únicament nivells de tensió positius, mentre que els senyals bipolars permeten les dues polaritats.

Eixides analògiques: Moltes incorporen eixides analògiques. Les característiques tècniques són bàsicament les comentades per a les entrades.

Ports digitals: Són línies d'entrada/eixida digitals. Els paràmetres més importants són el nombre de línies disponibles, velocitat a la qual poden transferir les dades i capacitat de control de diferents dispositius. Poden ser configurats com a línia o bit a bit com a entrada/eixida.

Temporitzadors: Són línies molt útils per a aplicacions com ara explicar les vegades que es produeix un esdeveniment, generar bases de temps per a processos digitals o generació de polsos.

3.2. Targeta NI-USB6008 OEM

En la figura següent podem veure la targeta d'adquisició NI-USB 6008 OEM en les seues dues versions, convencional i base (*board*). La versió base serveix per a integrar-la fàcilment en qualsevol sistema d'instrumentació propi que l'usuari necessite dissenyar.



Fig. 1. Targeta d'adquisició NI-USB6008 en les seues dues presentacions.

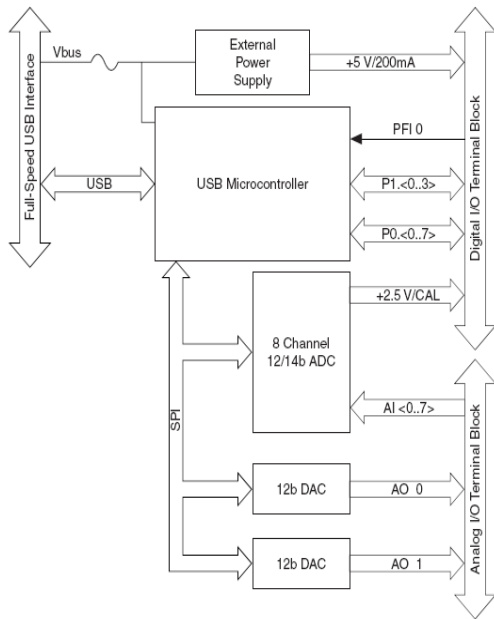


Fig. 2. Diagrama de blocs de la DAQ NI-USB6008.

La Figura 2 mostra el diagrama de blocs de la DAQ NI-USB6008. Es tracta d'una targeta de baix cost les característiques principals de la qual són:

La Figura 2 mostra el diagrama de blocs de la DAQ NI-USB6008. Es tracta d'una targeta de baix cost les característiques principals de la qual són:

- 8 canals referenciats a massa amb 11 bits de resolució.
- 4 canals diferencials amb 12 bits de resolució.
- 12 entrades/eixides digitals, en dos ports de 7 i 4 elements.
- Una referència de tensió de 2.5 V
- Una font de tensió de 5 V i 200 mA.
- 1 temporitzador.

Les especificacions tècniques estan en el full d'especificacions de la targeta.

En les figures següents tenim l'assignació de terminals:

TABLE 4. Analog Terminal Assignments

Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Fig. 3. Assignació de terminals de la targeta d'adquisició NI-USB6008. A l'esquerra eixides (AO, referenciades a terra i diferencials) i entrades analògiques (AI). A la dreta ports digitals (P1 de 4 elements i P0 de 8 elements).

3.3. Instal·lació de la targeta NI-USB6008.

La targeta d'adquisició NI-USB6008 és de tipus Plug&Play i, per tant, la seua instal·lació és immediata. No obstant això, National Instruments proporciona el programari NI-DAQmx, que permet verificar el funcionament correcte de la targeta. Per a això, inclou una llibreria de VI que permet controlar les diferents funcions de la targeta d'adquisició. Per a accedir a aquestes VI s'ha de seguir la seqüència següent: **Inici** → **Tots els Programes** → **Nacional Instruments** → **Measurement & Automation**. D'ara endavant anomenarem MAX el programa Measurement &

Automation Explorer. En el panell de l'esquerra despleguem **Devices&Interfícies** i hi apareixerà NI USB-6008 “Dev1”, si s'ha instal·lat correctament, o “Devn”, que és el nombre de vegades que s'ha connectat en un USB diferent a l'actual.

Si polsem sobre ell, en el panell de la dreta, en el contenidor **Settings** (part superior panell) ens apareixeran, entre altres informacions, el seu número de sèrie i en la part inferior del panell, en el contenidor **External Calibration**, les dades sobre el seu últim calibratge.

En la part superior del panell de la dreta podem executar el **Self Test** per veure si el dispositiu està correctament instal·lat. Amb l'opció **Test Panels** obrim un VI amb el qual podem comprovar si totes les entrades i eixides, tant analògiques com digitals, i comptadors de la targeta funcionen correctament. En la pràctica anterior vam veure les entrades i eixides analògiques, veiem ara els ports digitals:

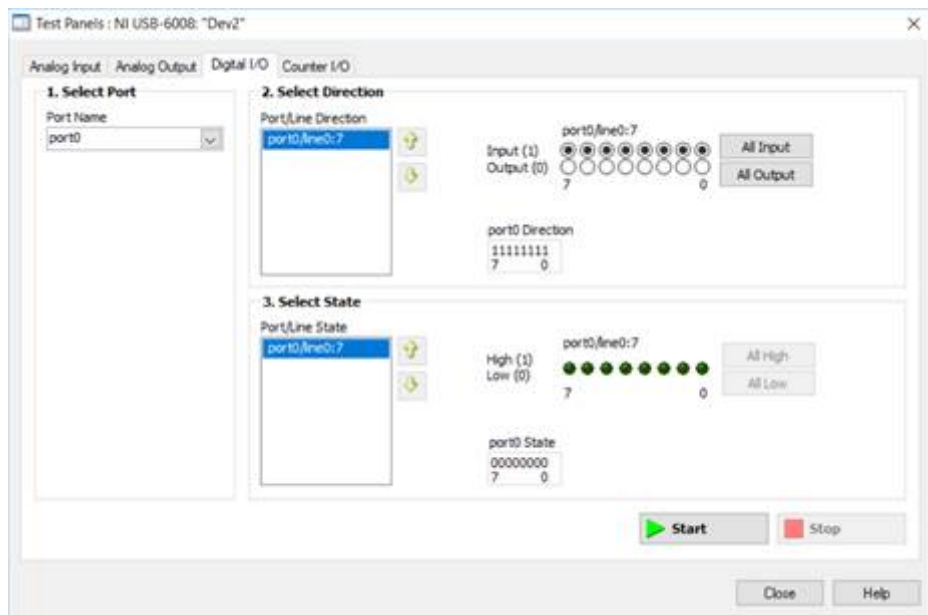


Fig. 4. Panell digital que es pot seleccionar en Test Panels de Measurement and Automation Explorer quan es té instal·lada una DAQ.

A l'hora d'utilitzar els ports de la DAQ, cal seleccionar el port digital a utilitzar i la seua configuració: cada element del port pot ser una entrada o una eixida segons les necessitats, o tots els elements poden estar treballant com a entrades o com a eixides. En la Fig. 4, el port 0 té totes les línies configurades com a entrades.

En la Fig. 5 tenim al port 0 amb la línia 0 i la línia 2 configurades com a eixides i la resta de línies configurades com a entrades.

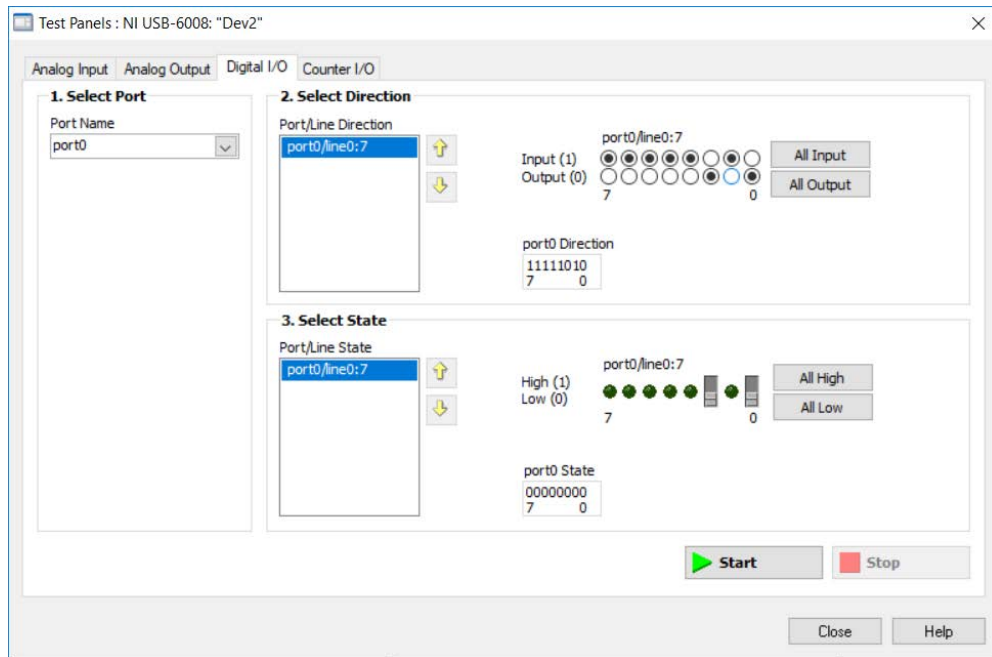


Fig. 5 Test panel del port 0 amb la línia 0 i la línia 2 configurades com a eixides i la resta de línies configurades com a entrades.

Per veure com funciona hem de cablejar tots els connectors dels ports digitals i amb el multímetre veurem la tensió que hi ha en les línies 0 i 2 del port zero, que canvia en canviar l'estat de l'interruptor de la Fig. 5 i pulsar **Start**. Llavors tindrem el panell de test de la Fig. 6.

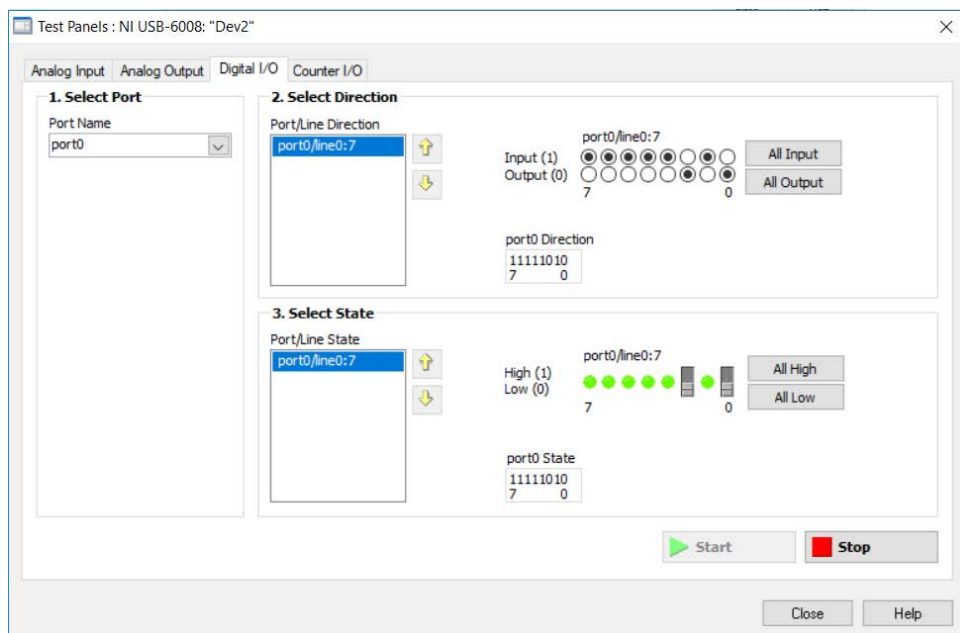


Fig. 6. Test panel del port 0 amb la línia 0 i 1 configurades com a eixides digitals.

Per defecte, els ports digitals estan en estat alt a 5V a través d'una resistència de 4.7 k Ω (configuració interna en col·lector obert, Fig. 7).

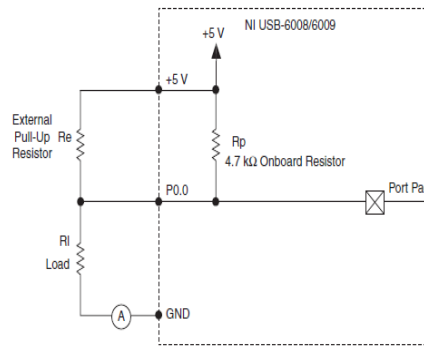


Fig. 7. Configuració interna de les línies dels ports digitals de NIDAQ 6008.

Q 1 Quantes línies té el port 1?

.....

.....

Q 2 Com es poden configurar?

.....

.....

.....

3.4. Llibreria per a maneig de targetes d'adquisició

El LabVIEW ofereix diverses llibreries d'adquisició de dades que proporcionen a l'usuari una eina de treball de fàcil ús i permet disposar d'una major flexibilitat quant a maneig de les DAQ. Per a accedir a les llibreries se segueix la seqüència següent partint de la paleta principal de funcions: **Functions** → **Measurement I/O** → **NI DAQmx**.

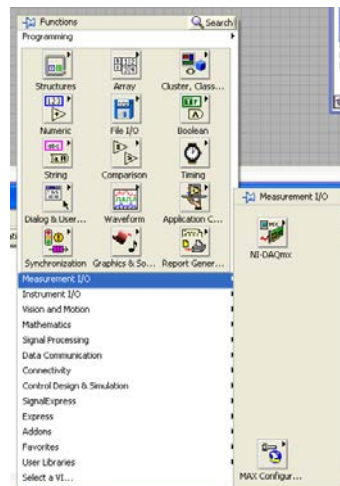


Fig. 8. Accés a la llibreria Data Acquisition.

3.5. Measurement Input/Output→NI-DAQmx-Data Acquisition.

La llibreria d'adquisició conté gran nombre de VI que permeten a l'usuari manejar fàcilment les DAQ. A continuació s'explica el funcionament dels més comuns utilitzats en el control i configuració de la targeta NI-USB6008. La figura següent mostra els diferents VI que s'utilitzaran en la pràctica.

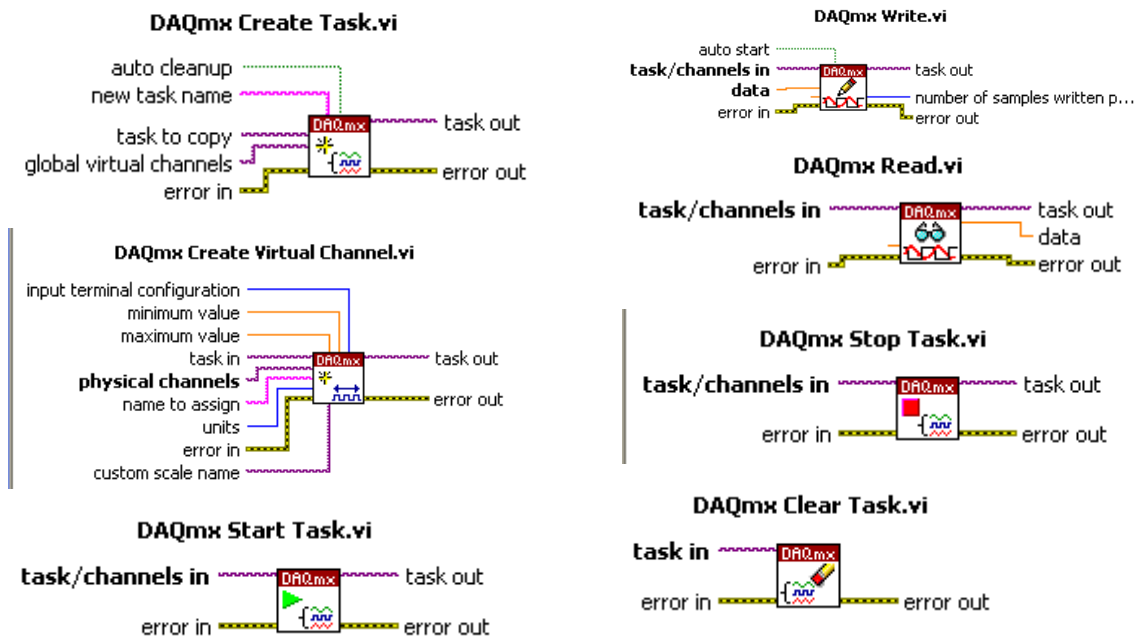


Fig. 9. Llibreries del menú DAQmx

Cada vegada que es vol controlar una funció de la targeta es pot crear una tasca que s'identificarà amb una certa configuració mitjançant l'ús del VI “**DAQmx Create Task.vi**”. Aquesta tasca romandrà oberta durant l'execució del programa. Si a causa de l'aplicació desenvolupada és necessari canviar la configuració de la targeta, haurà d'obrir-se una nova tasca i tancar prèviament l'anterior. Per a això, caldrà utilitzar el VI denominat “**DAQmx Clear Task.vi**”. Els VI “**DAQmx Start Task.vi**” i “**DAQmx Stop Task.vi**” indiquen en quin moment s'inicia o es deté la tasca. A més, abans d'utilitzar la DAQ s'ha d'indicar quina funció es vol realitzar (si es tracta d'entrades o eixides analògiques, entrades o eixides digitals o comptadors). Per a això, s'utilitza el VI “**DAQmx Create Virtual Channel.vi**”, que es un VI polimòrfic.

Finalment, és necessari donar l'ordre d'escriptura o de lectura depenent de l'aplicació desenvolupada. Per a això, es fa ús dels VI “**DAQmx Write.vi**” i “**DAQmx Read.vi**”. Que són VI polimòrfics per poder especificar què volem escriure i què volem llegir.

4. ACTIVITATS I DESENVOLUPAMENT EXPERIMENTAL.

4.1. Familiaritzar-nos amb la programació i ús digital de la DAQ

A1.- Crear un VI (**A1.vi**) que permeti controlar els ports digitals com a eixides digitals. L'usuari ha de poder canviar-ne els nivells de tensió a demanda. S'ha de omprovar amb el multímetre el valor assignat a aquestes eixides. **En acabar de fer proves, s'han de posar les eixides digitals a zero.**

Si en algun moment hem de polsar l'opció Abort Execution des de la barra d'eines, haurem de tancar LV i tornar-lo a llançar, ja que haurem deixat una tasca oberta amb els seus registres i posicions de memòria ocupats, i cal alliberar-los.

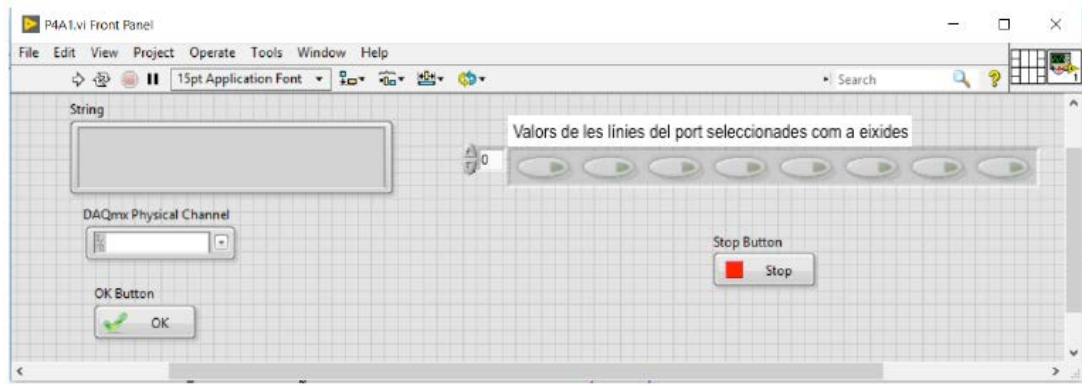


Fig. 10. Panell frontal d'A1.vi, no tots els seus elements seran visibles simultàniament.

Per poder seleccionar els ports digitals en DAQmx Physical Channel hem de:

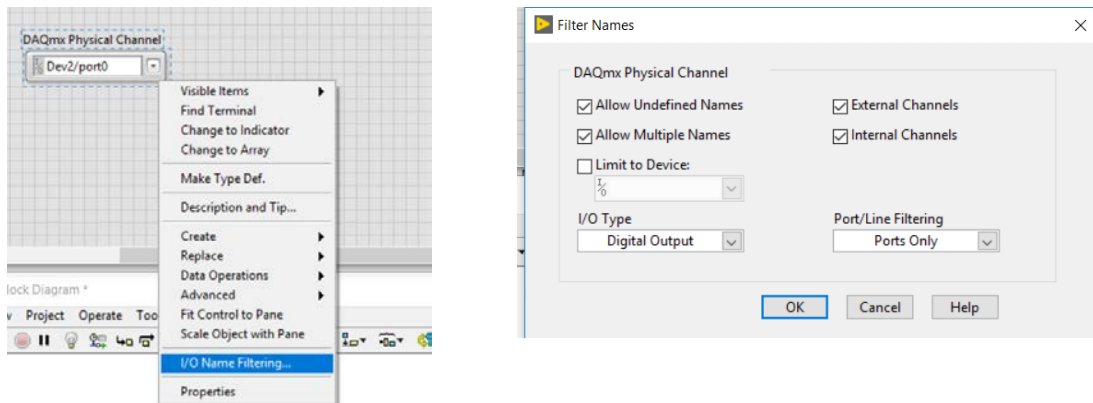


Fig. 11. Com seleccionar les eixides digitals des de DAQmx Physical Channel.

Q 3 Si executem el VI tal com apareix en la Fig. 10, donarà diversos errors? Raona la resposta.

.....

.....

.....

Per a evitar un d'aquests errors en la programació, està el bloc amb el rètol “s'activa l'array d'eixides”.

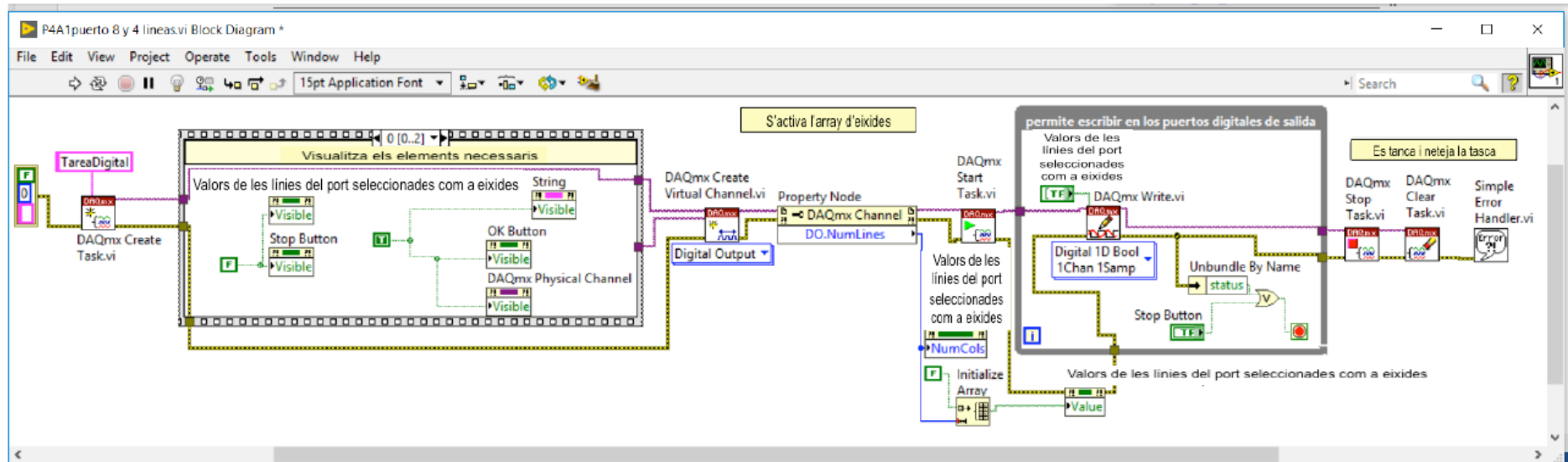
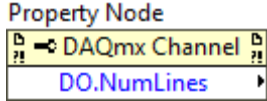


Fig. 12. Diagrama de bloc d'A1.vi *sequence 0*.

Per a obtenir el Property node DAQmx Channel,  configurat com apareix en la Fig. 12, cal anar al menú Functions→Measurement I/O→NIDAQmx→Channel Node (Fig. 13).

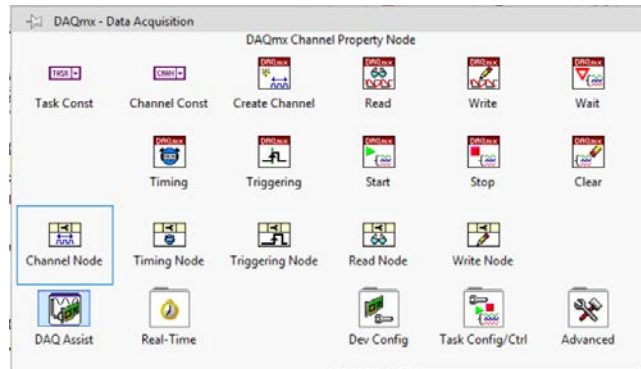
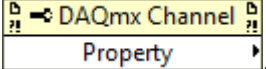
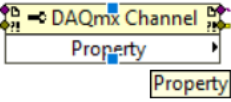


Fig. 13. Localització del Channel Node.

En col·locar-lo en el diagrama de blocs, el seu aspecte serà . Posem

el cursor sobre Property , premem el botó esquerre del ratolí i seleccionem:

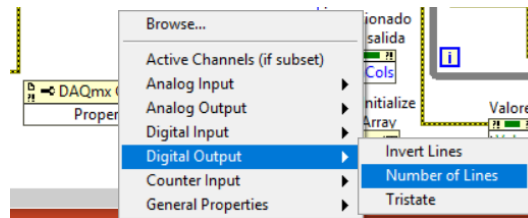


Fig. 14. Configuració de Channel Node per a saber quines són les línies del port digital triat.

En les figures següents tenim la programació de les diferents seqüències del *staqued sequence*.

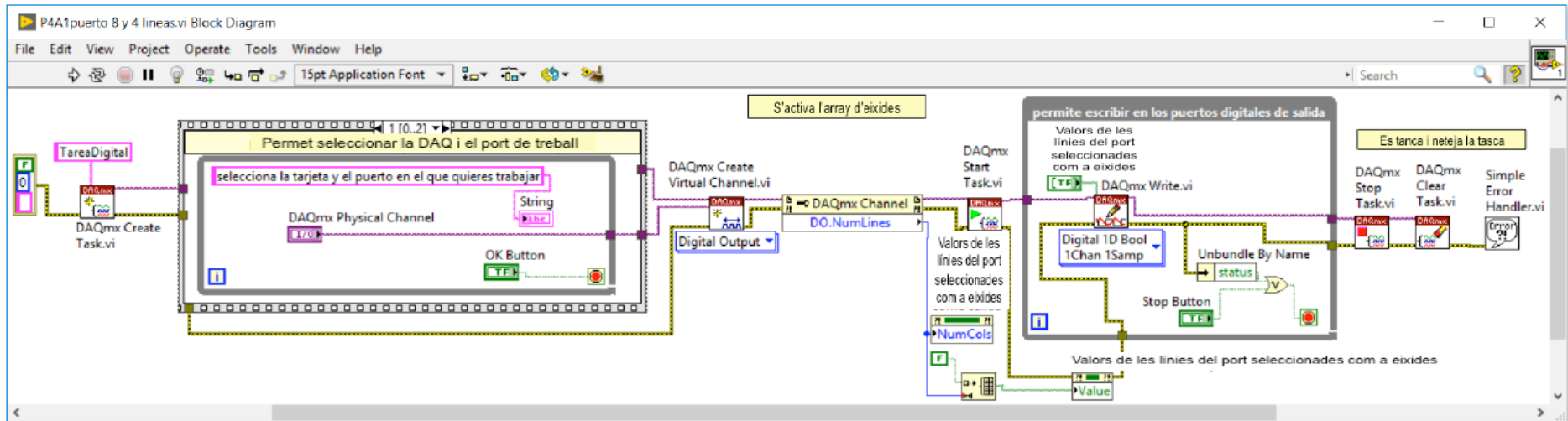


Fig. 15. Diagrama de bloc d'A1.vi sequence 1.

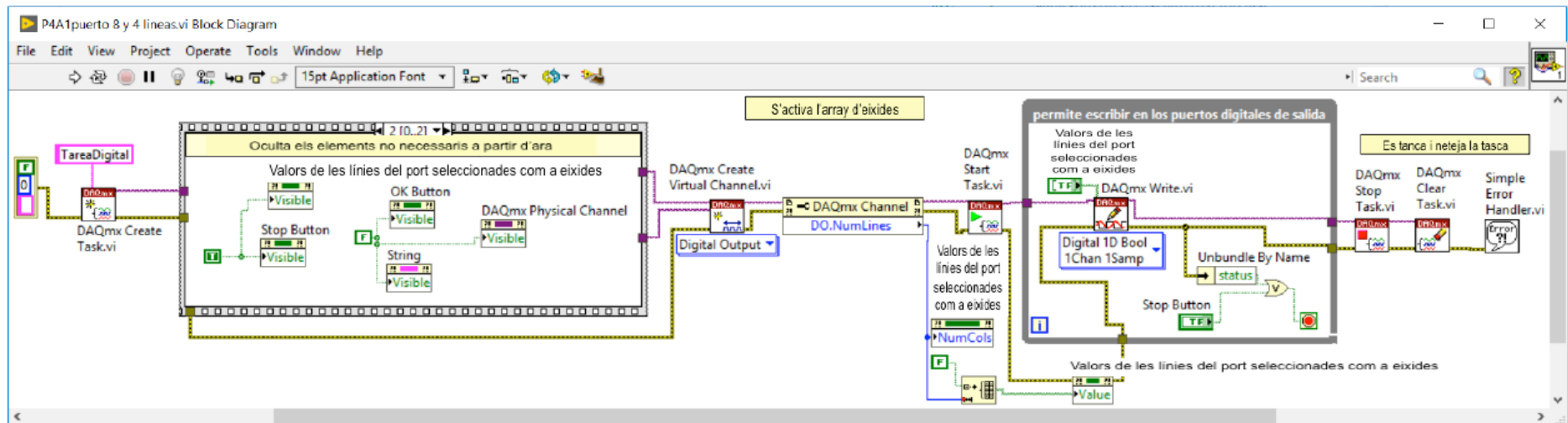


Fig. 16. Diagrama de bloc d'A1.vi sequence 2.

Q 4 Quina és la funció de l'*Unbundle By Name* "Status" en aquest VI?

.....

.....

Q 5 Quina és la funció del *property name* "Num Cols" en aquest VI?

.....

.....

Q 6 Quina és la funció del *property name* "Value" en aquest VI?

.....

.....

Q 7 Com eliminaries el "coerce" en l'entrada *Dimension Size* de l'element *Initialize array* en aquest VI? Programa-ho. (Ajuda: Repassa P3)

.....

.....

En acabar de fer proves, poseu les eixides digitals a zero.

A2.- Creeu un VI (**A2.vi**) que permeti controlar el port digital 1 o part d'ell com a eixides digitals i el port digital 0 o part d'ell com a entrades. L'usuari ha de poder canviar-ne els nivells de tensió a demanda i visualitzar-ne l'estat a través dels elements configurats com a entrada. Per comprovar el funcionament del programa i la DAQ cal **recordar cablejar adequadament cada bit d'eixida a un bit d'entrada**. **En acabar de fer proves, poseu les eixides digitals a zero.**

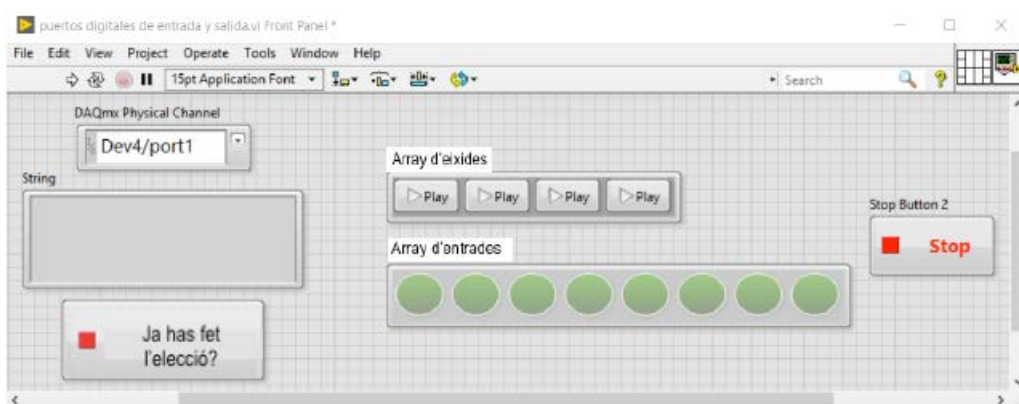


Fig. 17.- Panell frontal d'A2.vi, no tots els seus elements seran visibles simultàniament.

Com s'utilitza la DAQ NI-6008 i el panell frontal és el de la Fig. 17, l'agrupació d'eixides ha d'estar assignada al port digital 1 de la DAQ i l'agrupació d'entrada ha d'estar assignada al port digital 0.

Q 8 Per què creus que l'assignació anterior ha de ser així? Raona la teua resposta.

.....

.....

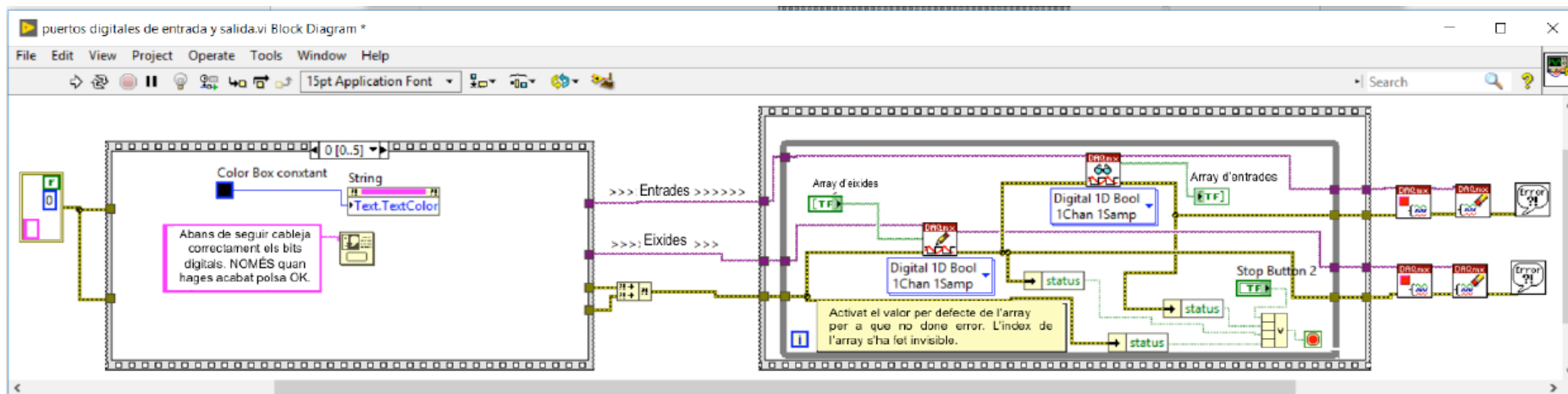


Fig. 18. Diagrama de bloc d'A2.vi *sequence 0*.

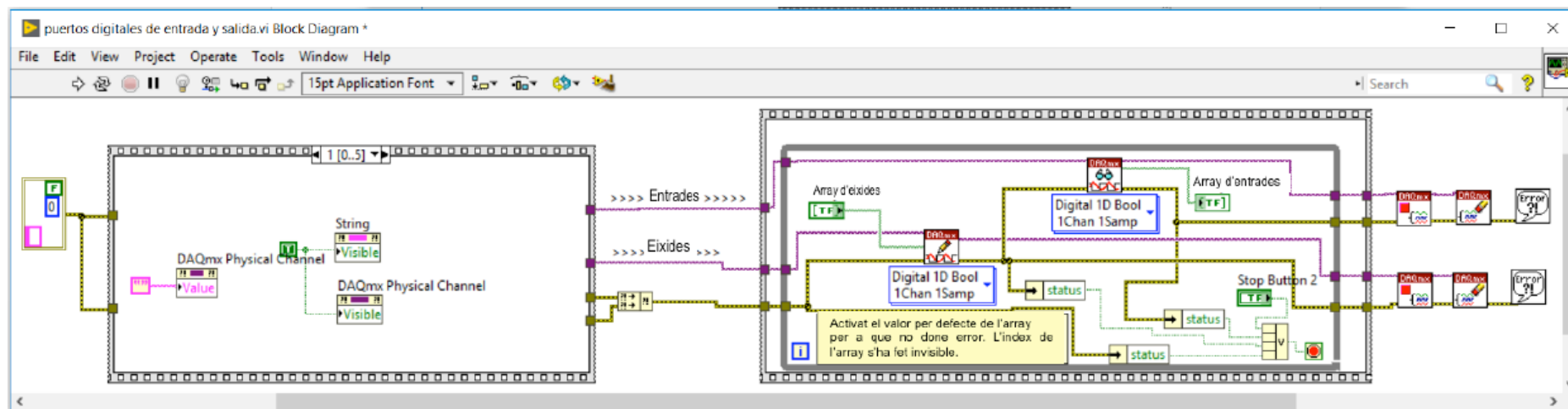


Fig. 19. Diagrama de bloc d'A2.vi *sequence 1*.

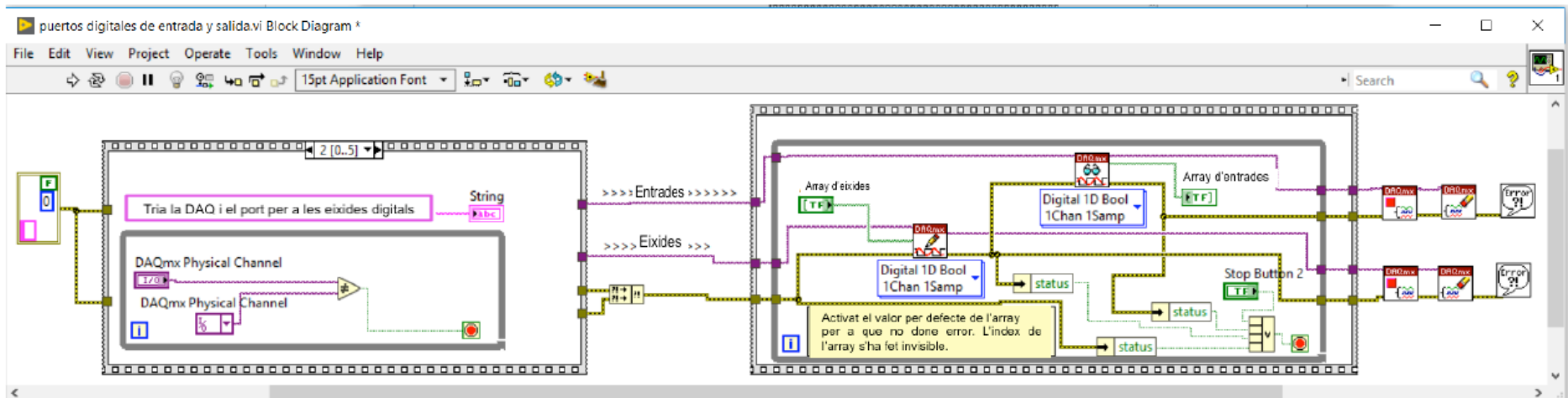


Fig. 20. Diagrama de bloc d'A2.vi *sequence 2*.

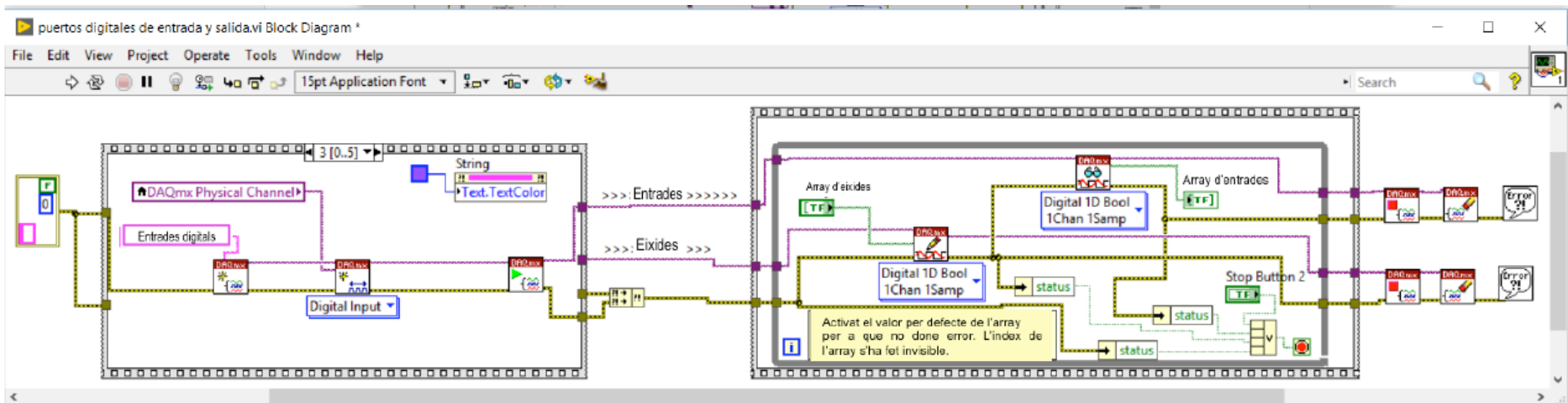


Fig. 21. Diagrama de bloc d'A2.vi *sequence 3*.

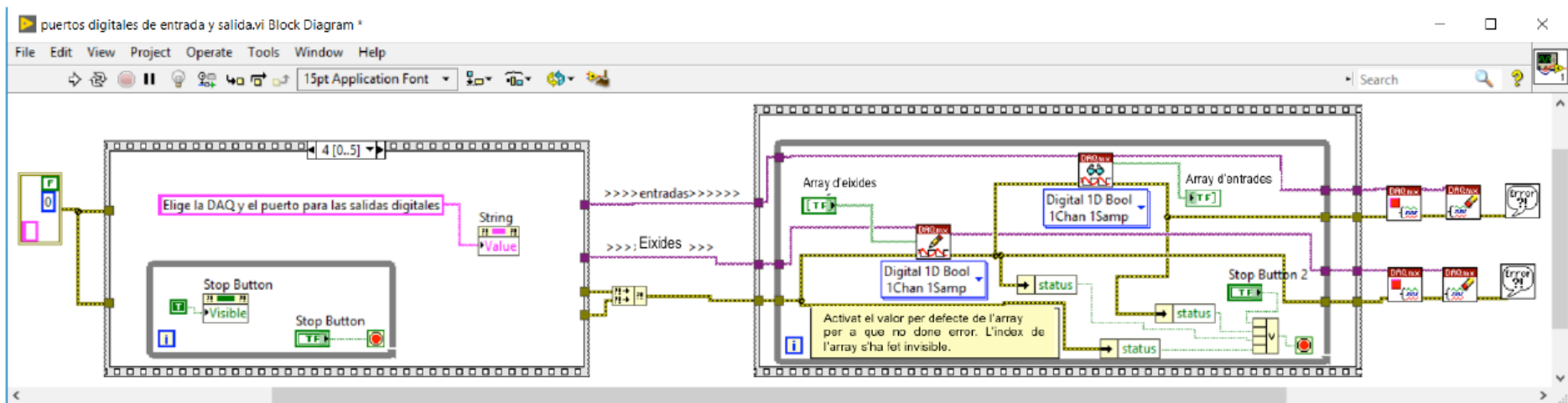


Fig. 22. Diagrama de bloc d'A2.vi *sequence 4*.

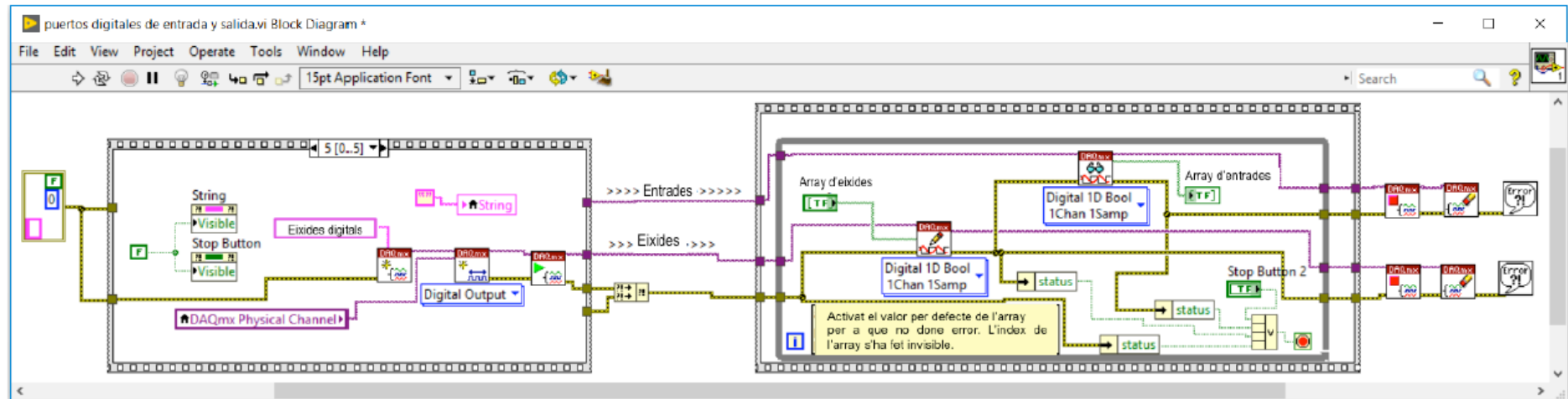


Fig. 23. Diagrama de blocs d'A2.vi *sequence 5*.

Q 9 Quan actua el botó *STOP*?

.....
.....

Q 10 Com canviaries la programació d'A2.vi perquè el botó *STOP* solament estiga visible quan puga actuar?

.....
.....

Q 11 Amb la programació d'A2 és possible que el botó *STOP* actue quan es polse? Programa la solució, tot mantenint l'accessibilitat del programa per a l'usuari final.

.....
.....

Q 12 Quin és l'estat per defecte de les eixides que no estan cablejades? A què es deu? Ajuda: Manual de característiques de DAQ6008.

.....
.....

4.2. Disseny i implementació d'un control digital d'il·luminació.

Explicarem tot seguit el que hem après amb la DAQ als apartats anteriors per a controlar quatre interruptors CMOS que ens permeten encendre i apagar segons la voluntat de l'usuari una agrupació de leds.

L'esquemàtic del circuit que utilitzarem podem veure'l en la Fig. 24. Cada parella disposarà d'una PCB i haurà de posicionar-ne els components electrònics, com es mostra en Fig. 25. La cara inferior de la PCB es pot veure en la Fig. 26, la cara superior de la PCB es pot veure en la Fig. 27. **Aquestes figures s'han de tindre SEMPRE damunt de la taula quan es treballa amb la PCB.** Cal saber trobar-hi els circuits de cada sessió, els seus components i els punts de mesura que necessitem. En la Fig. 28 es pot veure l'esquemàtic corresponent a aquesta sessió, és el circuit de condicionament que a través del CD4066B (CI de 4 interruptors CMOS bidireccionals, cal estudiar i analitzar la seua fitxa tècnica) i amb l'amplificador de potència OPA452 (cal estudiar i analitzar el full de dades tècniques, “*data sheet*”) permeten controlar l'encesa i l'apagat dels leds a través de les eixides digitals de la DAQ. Aquest circuit ja s'ha explicat a la classe de teoria/problemes per la qual cosa no repetirem ací l'explicació.

Pàgina deixada en blanc intencionadament.

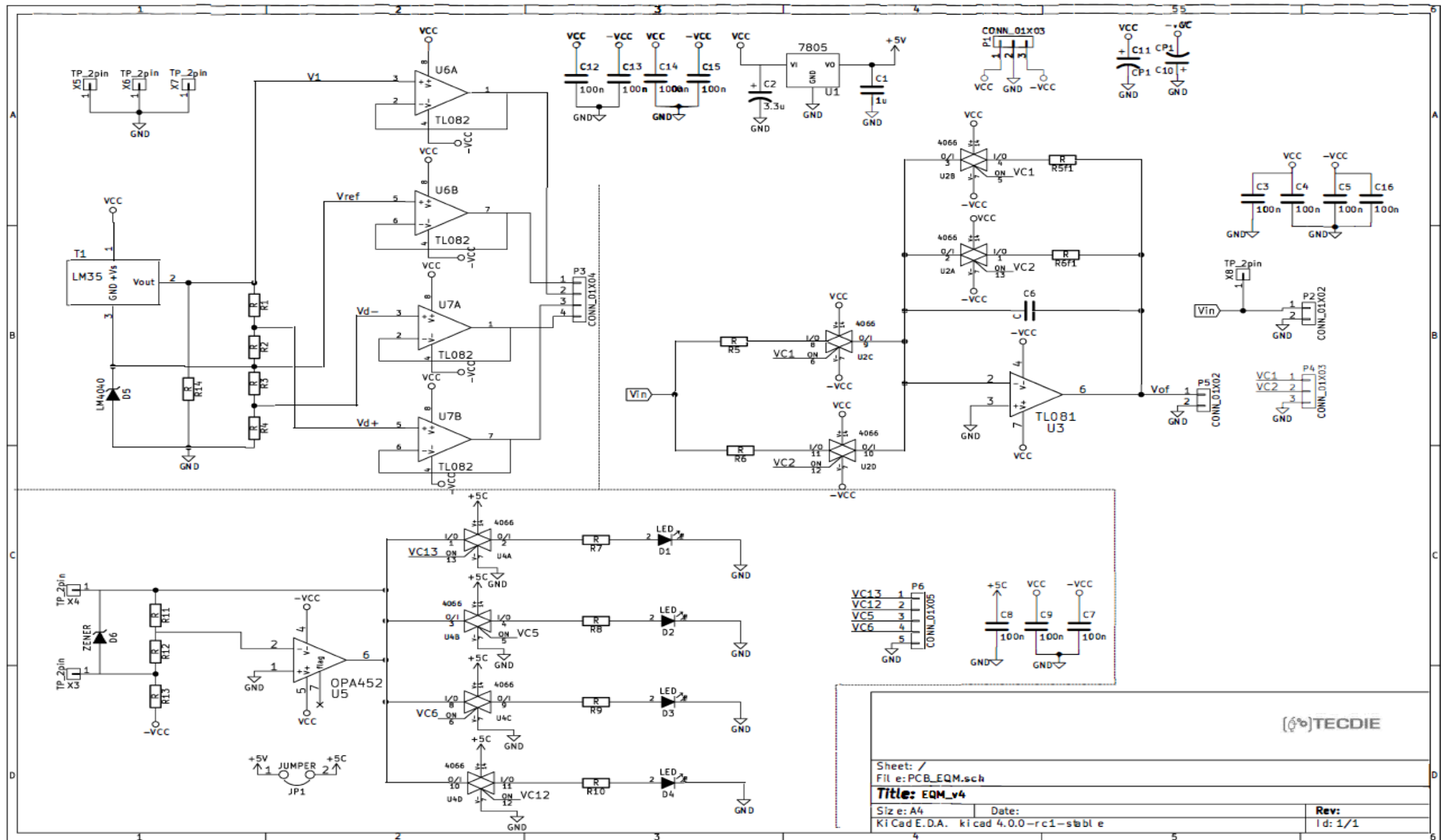


Fig. 24. Esquemàtic de tota l'electrònica implementada en la PCB que utilitzarem en les sessions de laboratori.

Pàgina deixada en blanc intencionadament.

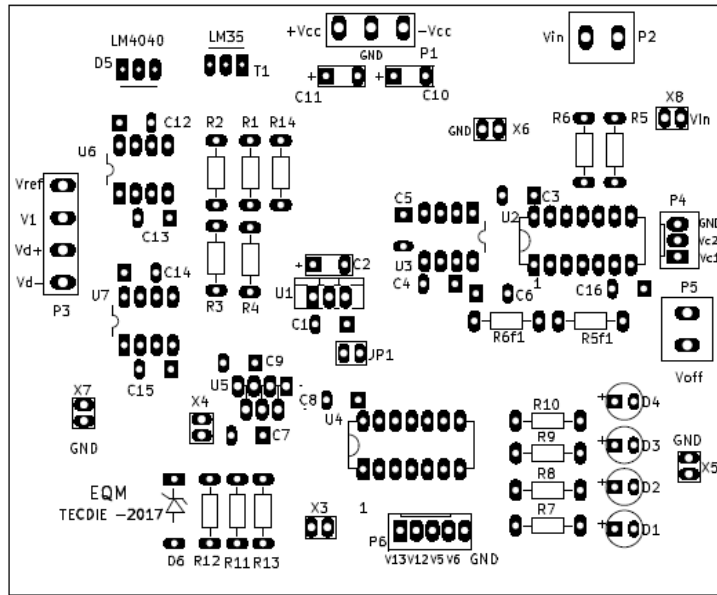


Fig. 25. Posicionat dels components en la PCB.

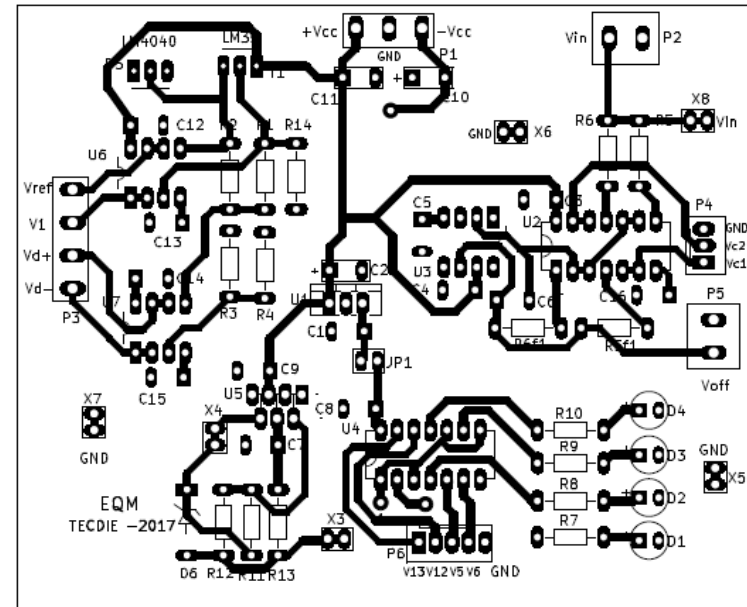


Fig. 26. Pistes de la cara inferior de la PCB.

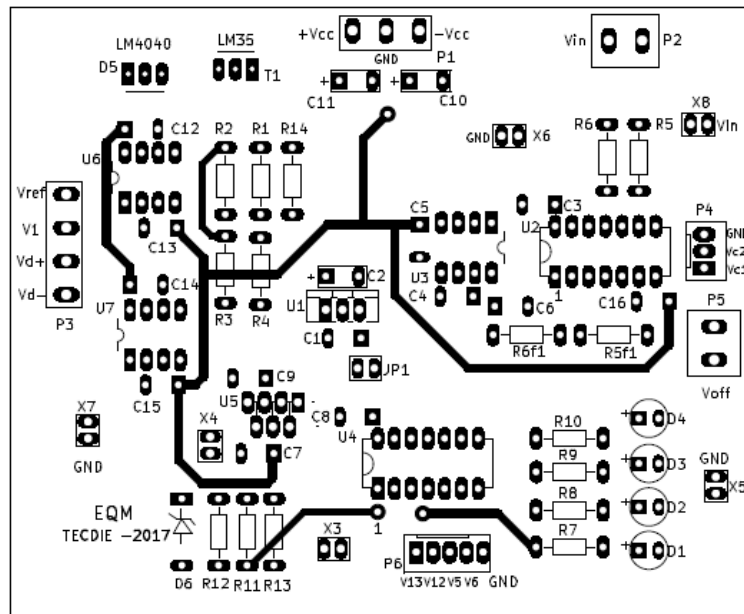


Fig. 27. Pistes de la cara superior de la PCB.

Pàgina deixada en blanc intencionadament.

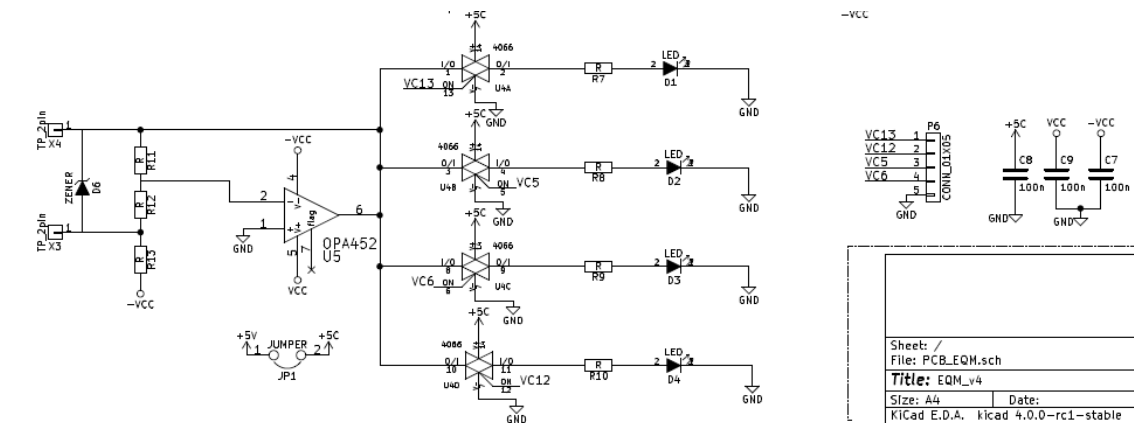


Fig. 28. Esquemàtic del circuit que ens permetrà controlar l'agrupació de leds a través de CD4066B

S'han de localitzar en la Fig. 25, Fig. 26 i Fig. 27 els components de l'esquemàtic de la Fig. 28, estudiar la distribució de les pistes tot comprovant les connexions amb el multímetre, localitzar els punts de mesura i l'alimentació del circuit. **Aquesta placa estarà alimentada a una tensió de $\pm 10\text{ V}$ (connector P1 Fig. 25).**

A3.- Cal fer un programa (**A3.vi**) que faci que, a petició de l'usuari, els 4 leds llueixin d'esquerra a dreta, de dreta a esquerra i de forma contínua. L'usuari ha de poder canviar el mode en que canvia l'encesa dels leds, el temps que llueix cada led i eixir del programa quan ho desitge. Sense esperar que acabe cap procés que estiga actiu. Per activar els interruptors s'han d'utilitzar les eixides digitals de la DAQ6008 connectada correctament a P6 (Fig. 28). A més, el programa ha de guiar l'usuari per a connectar correctament la DAQ al PC i a la PCB. **Quan s'haja de connectar la DAQ a la PCB per a pràctiques, abans de donar l'alimentació de la placa cal executar el programa de l'A1 per posar a zero les eixides. Per defecte estan a 5 V. A partir d'ací ja es pot activar la PCB.**

Si en algun moment hem de polsar l'opció *Abort Execution* des de la barra d'eines, haurem de tancar LV i tornar-lo a llançar, ja que haurem deixat una tasca oberta amb els seus registres i posicions de memòria ocupats, i cal alliberar-los.

4.3. Disseny i implementació d'un control de guany i freqüència de tall en filtres.

Aplicuem el que hem après amb la DAQ als apartats anteriors per a controlar quatre interruptors bidireccionals integrats en el CD4066B (CI de 4 interruptors CMOS bidireccionals, estudiar i analitzar-ne la fitxa tècnica) que ens permeti canviar el guany i la freqüència de tall d'un filtre. En la Fig. 29 es pot veure l'esquemàtic corresponent a aquest apartat. Localitzar en la Fig. 25, Fig. 26 i Fig. 27 els components de l'esquemàtic de la Fig. 29, estudiar la distribució de les pistes comprovant les connexions amb el multímetre, localitzar els punts de mesura i l'alimentació del circuit. **Aquesta placa estarà alimentada a una tensió de $\pm 10\text{ V}$ (connector P1 Fig. 25).** V_{in} és un senyal sinusoidal de 1kHz i una amplitud de pic a pic de 1V sense nivell DC. És a dir, $V_{max}=0.5V$ i $V_{min}=-0.5V$ configurant el generador de funcions amb l'eixida en alta impedància (Vist en DEF de 2n de GIET, pràctica 1, segona sessió i en Instrumentació i Equips Electrònics de 3º de GIET, pràctica 3). Abans de connectar aquesta forma d'ona

al circuit a través V_{in} (connector P2) cal comprovar en l'oscil·loscopi que s'ha programat correctament.

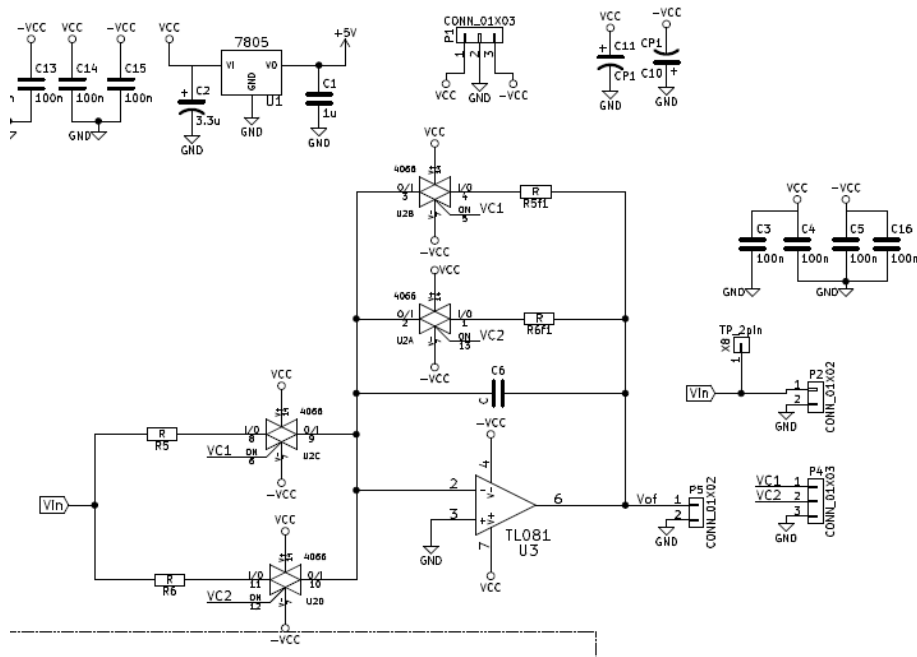



Fig. 29. Esquemàtic del circuit que ens permetrà controlar el guany i la freqüència de tall d'un filtre.

A4.- Cal fer un programa (**A4.vi**), que faça que, a petició de l'usuari, s'activen els interruptors necessaris per a aconseguir 3 guanys i 3 freqüències de tall diferents en el filtre implementat en la placa. L'usuari ha de poder canviar tots dos paràmetres en qualsevol moment que ho necessite i eixir del programa quan ho desitge, sense esperar que acabe cap procés que estiga activat. Per a activar els interruptors, s'han d'utilitzar les eixides digitals de la DAQ6008 connectada correctament a P4 i a GND (Fig. 29). A més, el programa ha de guiar l'usuari per a connectar correctament la DAQ al PC i a la PCB, demanar a l'usuari les dades necessàries perquè el programa pugui calcular i mostrar a l'usuari el guany i la freqüència de tall que tindrà el filtre en cada combinació seleccionada.

Si en algun moment hem de polsar l'opció *Abort Execution* des de la barra d'eines, haurem de tancar LV i tornar-lo a llançar, ja que haurem deixat una tasca oberta amb els seus registres i posicions de memòria ocupats, i cal alliberar-lo.

 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Departament d' Enginyeria Electrònica	GRAU EN ENGINYERIA ELECTRÒNICA DE TELECOMUNICACIÓ
	Sistemes i Equips de Mesura (EQM)

Qüestions que heu de saber resoldre en finalitzar les sessions pràctiques si heu entès els programes i que poden formar part del test que l'alumnat resoldrà quan acabe cada sessió pràctica:

PRÀCTICA 1

Activitat A4.vi

Q 1. Per què si no volem generar més de 4 nombres aleatoris, la comparació la fem amb el número 3?

.....

Q 2 Com és que ens apareix una agrupació (*array*) de quatre elements i en el terminal iteració ens apareix un 3?

.....

Activitat A5.vi

Q 3 Quin nombre aleatori surt a l'exterior pel registre de desplaçament inferior de l'esquerra del primer bucle FOR, el primer nombre aleatori generat o l'últim?

.....

Q 4 Quin nombre aleatori surt a l'exterior pel registre de desplaçament de la dreta del primer bucle FOR, el primer nombre aleatori generat o l'últim?

.....

Q 5 Per què en el segon bucle FOR no ha estat necessari cablejar el comptador N?

.....

Q 6 Per què en el segon bucle FOR els túnels d'entrada tenen un color diferent? Quina és la seua funció?

.....

Q 7 Què ocorre si el control d'iteració és diferent de 4? Es fa correctament la mitjana pels dos processos? Com ho corregiries?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Activitat A8.vi

Q 8 El bucle FOR superior solament fa bé la mitjana si el bucle s'executa 4 vegades. Per què? Com ho corregiries? Programa la solució en [soluciona8.vi](#).

.....
.....
.....
.....
.....

Activitat A10.vi

Q 9 El bucle FOR inferior solament fa bé la mitjana si el bucle s'executa 4 vegades. Per què? Què ocorre si s'executa més vegades?

.....
.....
.....
.....
.....

Q10 En el codi mostrat com a solució d'A10 hi ha un errada, aquesta fa que el codi no execute exactament el que es demana en l'enunciat. Quina és?

.....
.....
.....

Q 11 Per què hi ha vegades que premem el botó *stop* i no ens fa cas?

.....
.....
.....

Q 12 Com ho solucionaries?

.....
.....

Q 13 Aquest VI funciona però no és la millor solució, ja que el codi es pot optimitzar. Quina seria la teua solució?

PRÀCTICA 2

Activitat A1.vi

Q 1 Quina és la funció de l'índex *array*?

.....
.....
.....

Q 2 Seria possible eliminar-lo i seguir fent bé la mitjana? Quina solució proposaries?

.....
.....
.....

Activitat A2.vi

Q 3 És possible executar el programa sense que el control “Espera” en ms estiga connectat directament a `Wait(ms)`? Raona la resposta i programa-la en [soluciona2.vi](#)

.....
.....
.....

Q 4 En l'A10 de la pràctica 1 hi havia un problema amb el comportament del botó STOP. Aquest problema es pot solucionar utilitzant una variable local associada al botó STOP, ja que si utilitzem un control booleà (botó/polsador) podem canviar-ne el valor mitjançant l'ús d'una variable local associada a aquest control. És compatible qualsevol de les sis accions mecàniques possibles d'un botó/polsador amb l'ús de la seua variable local? Justifica la resposta. (Propietat que es va utilitzar en A10.vi de la pràctica 1).

.....
.....
.....

Q 5 Si en el Solucionari 10.vi resollem el problema del comportament de la tecla *STOP* utilitzant la seua variable local. Què s'ha de modificar perquè cada vegada que s'execute el programa funcione sempre igual?

.....
.....
.....

PRÀCTICA 3

Apartat 3.3.

Q 1 Com has programat l'activitat AI3 per a poder visualitzar els 2 V correctament?

.....
.....

Q 2 Quin és el nom del teu dispositiu?

.....

Q 3 Per què quan fa temps que mesurem el mateix valor d'un senyal DC apareixen en la gràfica (Fig. 4) uns pics de tensió? (Ajuda LSB, CAD).

.....
.....
.....
.....

Activitat AI.vi

Q 4 Quina és la funció de *l'Unbundle By Name Status*?

.....
.....
.....

Q 5 Quin és el nom que se li ha donat a la tasca?

.....

Q 6 Si executem el programa amb la configuració que veiem en el panell de control de la pàgina 7 de la pràctica 3, donarà un error. Per què? Com ho solucionaries? Programa-ho.

.....
.....
.....
.....

Q 7 Aquest subVI no pot executar-se de forma independent, per què?

.....
.....
.....
.....

Q 8 Quin és el nom de les tasques que s'utilitzen en l'activitat A2?

.....

Q 9 Es podria donar el mateix nom a ambdues tasques? Justifica la resposta.

.....
.....
.....
.....

Q 10 Què ocorrerà si executem el VI principal de l'A2 amb la configuració que apareix en la Fig.15? Arregla l'error i programa'l.

.....
.....
.....

Q 11 En executar qualsevol dels programes principals A1 i A2, les entrades no cablejades donen un valor d'1.4 V. A què es deu? (Ajuda: vegeu full d'especificacions de la DAQ).

.....
.....
.....
.....

Q 12 Com eliminaries el “*coerce*” que apareix en l'activitat AIVoltage del subVI A2subvi.vi.i en AOVoltage del principal A2.vi ? Programa-ho.

.....
.....
.....

Q 13 Aquesta DAQ per a les entrades analògiques referenciades a terra té una resolució d'11 bits amb un rang de tensió d'entrada de ± 10 V. Quin és el seu LSB?

.....
.....
.....

Q 14 Configura els indicadors de les entrades analògiques de l'activitat A2.vi perquè solament mostren els decimals corresponents a l'error que es comet amb el LSB de la DAQ.

.....
.....

Activitat A3.vi

Q 15 Què ocorre si l'eixida AI4 no està connectada a res (a l'aire)? (Ajuda: vegeu full d'especificacions de la DAQ).

.....

Q 16 Com eliminaries el “coerce” que apareix en l'AIVoltage del subVI A3subvi.vi i en AOVoltage del principal A3.vi? Programa-ho.

.....
.....
.....

Q 17 Aquesta DAQ per a les entrades analògiques diferencials té una resolució de 12 bits amb un rang de tensió d'entrada de ± 10 V en cada pin, però pot mesurar ± 20 V ($10 - (-10) = 20$, en aquest cas el màxim i el mínim connectats a AIVoltage ha de ser $+ 20$ V i $- 20$ V, perquè el guany intern siga 1). Quin és el seu LSB?

.....
.....
.....

Q 18 Configura els indicadors de les entrades analògiques perquè no mostren els decimals corresponents a la incertesa que es comet amb el LSB de la DAQ. Programa-ho.

.....
.....

Apartat 4.2

Q 19 Quina tensió s'espera en V_{ref} ? (consulta *data sheet* LM4040-Z-2.5).

.....
.....

Q 20 Quina equació teòrica s'espera en V1? (consulta *data sheet* LM35 i el circuit de la Fig. 26). Quina informació proporciona?

.....
.....
.....

Q 21 Quina equació teòrica s'espera en V_{d+} ? (consulta *data sheet* LM35 i el circuit de la Fig. 26). Quina informació proporciona?

.....
.....
.....

Q 22 Quina equació teòrica s'espera en V_{d-} ? (consulta *data sheet* LM35 i el circuit de la Fig. 26). Quina informació proporciona?

.....
.....
.....

Q 23 Quina equació teòrica s'espera si mesurem $(V_{d+}-V_{d-})$? Quina informació proporciona?

.....
.....
.....

Q 24 Engega la part del circuit corresponent a la **i** comprova que les respostes en les qüestions 19 a 23 són correctes. Realitza les mesures amb el multímetre.

	Valor teòric esperat	Valor experimental mesurat	Er(%)
V_{ref}			
V_1			
V_{d+}			
V_{d-}			
$(V_{d+}-V_{d-})$			
T			

PRÀCTICA 4

Apartat 3.3.

Q 1 Quantes línies té el port 1?

.....
.....

Q 2 Com poden configurar-se?

.....
.....
.....

Activitat A.1.

Q 3 Si executem el VI tal com apareix en la figura 10, donarà diversos errors? Raona la resposta.

.....
.....
.....

Q 4 Quina és la funció de l'*Unbundle By Name* "Status" en aquest VI?

.....
.....

Q 5 Quina és la funció del *property name* "Num Cols" en aquest VI?

.....
.....

Q 6 Quina és la funció del *property name* "Value" en aquest VI?

.....
.....

Q 7 Com eliminaries el "coerce" en l'entrada "Dimension Size" de l'element "Initialize array" en aquest VI? (Ajuda: Repassa P3).

.....
.....

Activitat A2.vi

Q 8 Per què creus que l'assignació anterior ha de ser així? Raona la teua resposta.

.....
.....

Q 9 Quan actua el botó *STOP*?

.....
.....

Q 10 Com canviaries la programació d'A2.vi perquè el botó *STOP* solament estiga visible quan pugui actuar-hi?

.....
.....

Q 11 Amb la programació d'A2 és possible que el botó *STOP* actue quan es polse?

.....
.....

Q 12 Quin és l'estat per defecte de les eixides que no estan cablejades? A què es deu? Ajuda: Manual de característiques de DAQ6008.

.....
.....