

Sistemes de mesura amb ordinador personal: la instrumentació virtual (I)

Jordi Regalés i Barta*

Àrea d'Experiències del Gabinet d'Informàtica Educativa del PIE

La mesura en les tasques tècniques i científiques

Des de sempre un dels objectius de la ciència i la tècnica ha estat analitzar i modelitzar la realitat de la forma més objectiva possible a partir de l'experiència i del coneixement de què l'home ha disposat fins al moment. Quan s'analitza un fenomen, interessa poder-lo quantificar per tal de disposar d'una informació que permeti l'establiment de comparacions, la realització d'operacions numèriques i gràfiques, i experimentar-hi per poder efectuar-ne un control sobre el desenvolupament.

Els sentits del cos humà han estat el sistema primari per a l'observació i quantificació de fets i fenòmens. Quan aquests mitjans han resultat ineficaços per conèixer-los amb més exactitud, l'home ha hagut de construir enginyers que fossin sensibles a aquest fenomen. La mesura ha estat el mitjà per determinar la magnitud d'un determinat fet o fenomen. El coneixement d'una magnitud és el punt de partida per a l'estudi de les relacions de dependència entre variables, i això en definitiva permet un coneixement més acurat de la realitat.

La mesura des de sempre ha presentat problemes: les unitats bàsiques usades per les diferents cultures, els patrons de referència, la sensibilitat del sistema de mesura enfront de les interferències d'altres magnituds, la reducció dels errors, etc.

La mesura és doncs un dels pilars bàsics en què es fonamenten les tasques de recerca i aplicació en els camps científic i tecnològic. Tan és així que sense una millora en la qualitat de la mesura, aquests difícilment podrien avançar.

Els instruments: tecnologia analògica i tecnologia digital

Els instruments des de sempre han emprat *tècniques analògiques*; aquesta tecnologia és la que ha estat més a l'abast de l'home fins al desenvolupament de les *tècniques digitals* i la seva popularització a través dels circuits integrats de semiconductor.

*Jordi Regalés i Barta (Terrassa, 1957) és enginyer tècnic industrial per la Universitat Politècnica de Catalunya (1979) i professor de l'IPFP de Terrassa

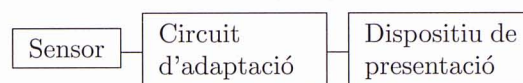


Figura 1: Esquema d'un instrument analògic

Quan es parla d'instruments i de mesures analògiques, ens referim al fet que un determinat fenomen es pot mesurar indirectament fent una *analogia* entre la magnitud del fenomen i el seu efecte sobre una altra que resulta més fàcil de copsar amb els nostres sentits. Així, per exemple, per mesurar una intensitat de corrent elèctric, habitualment s'ha emprat el galvanòmetre. Amb aquest s'obté un desplaçament angular de l'agulla que està en relació amb la intensitat del corrent que el travessa. S'estableix l'analogia entre el desplaçament de l'agulla i la variable mesurada.

Una de les tendències en la instrumentació ha estat la integració d'instruments en un de sol, compartint les parts comunes per tal d'augmentar-ne les prestacions i reduir-ne els costos. El galvanòmetre ha estat un dels elements més emprats per presentar de *mesures analògiques*. El fet de ser emprat per molts instruments diferents, ha facilitat la *integració d'instruments* en el mateix mòdul. Així en un comprovador elèctric habitualment disposem de diferents instruments per mesurar la intensitat del corrent, la diferència de potencial, la resistència, i en alguns s'incorporen les mesures de la freqüència, la temperatura i la capacitat.

Els instruments basats en la tecnologia analògica presenten diversos inconvenients: la fragilitat i/o delicadesa de l'estructura, la deriva dels paràmetres de funcionament al llarg del temps, els errors de lectura, etc., que van en detriment de la precisió de la mesura.

En generalitzar-se la tecnologia digital s'han resolt part dels problemes esmentats. Aquesta tecnologia es basa en l'operació de nombres expressats amb dígits, d'aquí ve el seu nom. El sistema de numeració binari és el fonament de càlcul dels sistemes digitals ja que resulta molt fàcil d'implementar amb circuits integrats de semiconductor.

Tot i que la base de càlcul és en sistema binari, l'usuari interacciona amb el sistema amb dígits decimals

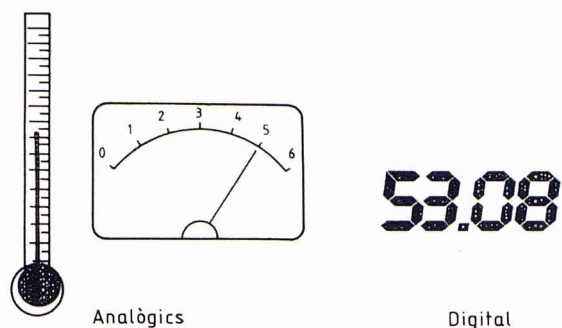


Figura 2: Dos visualitzadors analògics i un digital

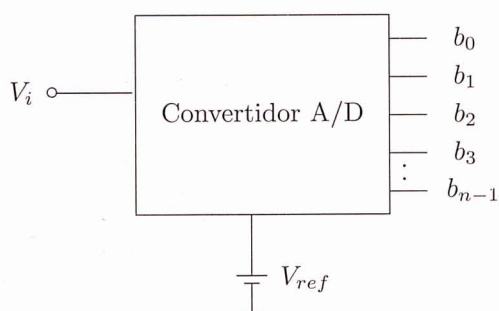


Figura 3: Esquema del convertidor A/D

o amb altres símbols diferents dels binaris.

Un instrument digital que mesura magnituds contínues no està totalment construït amb tecnologia digital, conté una part basada en tecnologia analògica. En el cas dels instruments amb galvanòmetre, per realitzar la mesura de magnituds no elèctriques el sistema ha de disposar d'un element sensible a la magnitud que cal mesurar (sensor) i ha de proporcionar aquesta informació en una magnitud elèctrica (senyal analògic). En els digitals aquesta part també existeix, i la diferència radica en la substitució del visualitzador analògic per un de digital. Per efectuar aquesta operació cal un dispositiu anomenat *convertidor analògic-digital* (CAD o ADC, *Analog-Digital-Converter*).

El convertidor AD disposa d'una entrada del senyal extern que cal mesurar (habitualment tensió), V_i , una tensió de referència, V_{ref} , i un conjunt de línies (bits) de sortida que generen un codi binari que està en relació amb el voltatge d'entrada. Així, per cada voltatge d'entrada s'obté un número codificat en binari.

Per a l'establiment d'aquesta correspondència intervenen una tensió de referència, V_{ref} , i el nombre de bits de la sortida (n):

$$N = \frac{V_i}{V_{ref}} 2^{n-1}$$

Així doncs, un instrument digital el podríem esquematitzar d'aquesta manera:

La funció de la secció analògica és essencialment idèntica a la d'un instrument analògic: hi ha l'element sensor que s'encarrega d'obtenir la informació de la variable externa i els circuits d'adaptació s'encarreguen de convertir la magnitud en una tensió proporcional. En aquesta secció hi ha els circuits que adequen el senyal, amplificant, aïllant, filtrant i linealitzant. El convertidor AD fa de pont entre les dues seccions. La part digital intervé en el tractament numèric de les dades i la preparació per visualitzar-les. Quan la secció digital incorpora un microprocessador i una determinada quantitat de memòria, la flexibilitat i la capacitat de càlcul augmenten enormement, per tant aquest tipus d'instrument pot proporcionar molta més informació d'una mateixa mesura que un d'analògic.

Els instruments digitals aporten, doncs, diferents avantatges sobre els analògics:

- precisió
- estabilitat dels elements de càlcul
- flexibilitat
- informació
- robustesa mecànica

L'adquisició de dades amb ordinador personal

L'enregistrament de dades que habitualment s'ha realitzat manualment apuntant sobre el paper el valor de les variables o a través d'un enregistrator gràfic avui dia és lluny de ser el més òptim, ja que els ordinadors personals poden fer aquesta operació sense requerir de forma permanent la presència humana.

Activitats com:

- supervisió de l'evolució d'un procés
- supervisió del comportament d'una màquina
- optimització de la gestió de recursos
- assajos de laboratori

necessiten analitzar moltes dades en temps real o en diferit i disposar d'aquesta informació al més ràpidament possible. Resoldre aquesta necessitat de forma eficient és possible amb sistemes de mesura que es connectin amb un ordinador. Aquest dóna un suport decisiu a aquestes tasques perquè disposa de les capacitats de:

- tractament de la informació
- representació gràfica

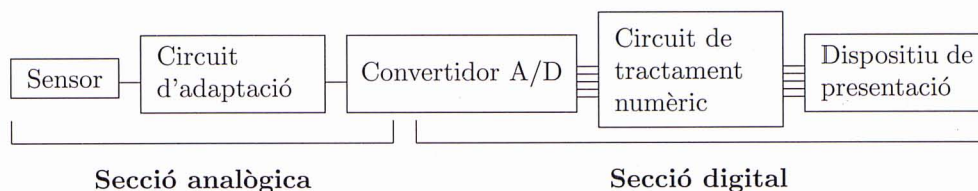


Figura 4: Esquema d'un instrument digital

- velocitat d'operació
- flexibilitat en les seves aplicacions
- preu raonable.

Així l'ordinador personal integrat en un sistema de mesura esdevé un complement molt valuós que millora l'eficàcia en les tasques científiques i tècniques on la informació proporcionada pels instruments pot ser fàcilment tractada i representada. Els resultats, a més d'obtenir-se en el camp estrictament tècnic, també s'obtenen en l'econòmic.

La problemàtica que es planteja és com es pot integrar l'ordinador en un sistema de mesura. El procediment més primitiu és utilitzar el port de comunicacions de l'ordinador (port RS-232C) amb el qual van equipats tots els ordinadors. En molts instruments digitals la seva incorporació pot ser de sèrie o bé opcional però no presenta grans dificultats ja que comparteixen el mateix tipus de tecnologia.

L'ordinador, per comunicar-se amb l'instrument, necessita el programa adequat que interrogui l'instrument a través del port de comunicacions i obtingui el valor de la mesura. A partir d'aquí el programa, que ja té el valor a la memòria, entre altres accions pot transferir la informació al disc (*streamer*) i efectuar les operacions numèriques i gràfiques que faci falta per a l'aplicació concreta.

Aquest port ha estat àmpliament incorporat a instruments digitals com termòmetres, pHmetres, balances, etc.

Aquest sistema té diferents avantatges:

- L'instrument pot treballar de forma autònoma i en connexió amb l'ordinador.
- L'ordinador, a més d'auxiliar en la tasca d'adquisició de dades, en el seu tractament, en la presentació i l'enregistrament en disc, es pot emprar en altres aplicacions com l'elaboració de documents, la gestió, etc.
- El cable de connexió entre l'instrument i l'ordinador inicialment pot arribar als 15 metres. A través d'un laç de corrent la distància pot ser molt més gran.

- En cas de fallida de l'ordinador, l'instrument pot continuar mesurant.

Apareixen però limitacions importants:

- Un port RS-232C només pot comunicar-se amb un instrument.
- La velocitat de transferència d'informació del port de comunicacions és limitada, com a màxim 1Kbytes/s.
- El nombre de ports sèrie en un ordinador sol ser limitat. En màquines amb sistema operatiu MS-DOS amb bus AT o arquitectura de bus ISA (*Industry Standard Architecture*) només pot disposar de dos ports sèrie.

Per tal de superar aquests inconvenients hi ha diferents propostes dels fabricants de sistemes de mesura amb ordinador personal. Hi ha una generació d'instruments anomenats programables que es connecten a l'ordinador a través d'un port especialitzat, que ha estat progressivament normalitzat, conegut amb les sigles IEEE-488 i també com bus GPIB (*General Purpose Interface Bus*). En la seva darrera versió suporta un conjunt de comandes unificades sota el nom de SCPI (*Standard Commands for Programmable Instrumentation*) que facilita la programació i la interrogació dels instruments, sobretot la intercanviabilitat. Aquest bus ha estat incorporat gradualment pels fabricants a instruments, en models de gamma alta, tals com oscil·loscopis, generadors de senyal, fonts d'alimentació, analitzadors d'espectre, etc.

Els avantatges d'aquest bus són:

- Que ha estat especialment pensat per a la connexió d'instruments.
- El llenguatge de comandes normalitzat.
- Que té el suport d'importants fabricants d'instruments.
- Que en el mateix port poden connectar-se fins a 14 instruments.
- Que la longitud màxima del cable pot ser de 20 m, amb instruments a cada 4 m.

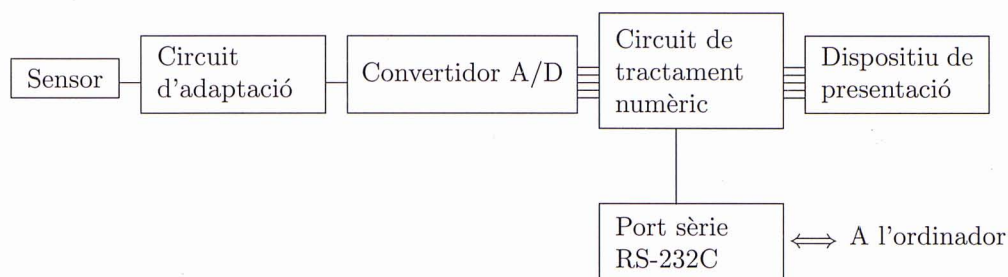


Figura 5: Instrument digital amb port RS-232C

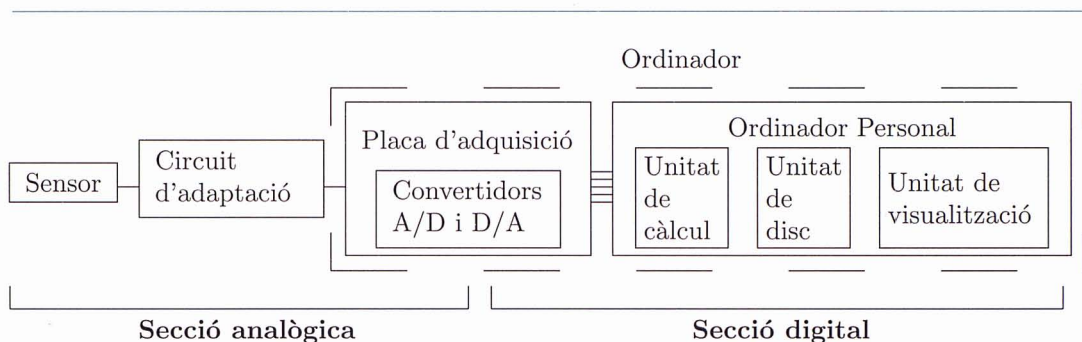


Figura 6: Sistema d'adquisició en placa

- Que la velocitat de transferència és d'1 Mbyte/s.

Aquestes dues opcions són les més emprades per connectar *instruments dedicats* a un ordinador. Posteriorment han aparegut altres solucions com els instruments en targeta, instal·lables en armaris (*racks*) amb busos normalitzats, com el VME i el VXI, i les targetes d'adquisició de dades instal·lades en el bus intern de l'ordinador. Vegem amb més detall aquesta darrera opció.

En els sistemes de mesura basats en plaques d'adquisició inserides en el bus de l'ordinador, aquest constitueix una part insubstituïble dins del conjunt. L'ordinador, conjuntament amb el software controla el funcionament de tot el sistema. El concepte d'instrument dedicat evoluciona vers el concepte d'*instrument versàtil*. L'ordinador incorpora algunes de les funcions comunes dels instruments i a més hi afegeix altres capacitats com la flexibilitat en el tractament numèric, la presentació i l'enregistrament de dades.

La secció analògica, és a dir, la captació d'informació (sensors), els condicionadors del senyal (filtratge, aïllament, amplificació i linealització), són funcions assumides per la circuiteria externa, encara que cada vegada és més freqüent que algunes d'aquestes funcions les resolgui un programa.

Al bus intern de l'ordinador s'installa la placa d'adquisició de dades, i aquesta incorpora el convertidor AD que transforma la tensió analògica present

a l'entrada en un format numèric comprensible per la unitat central. A partir d'aquí, l'ordinador, amb el programa adient, disposa de la informació per tal de tractar-la numèricament, enregistrar-la en disc, presentar-la en pantalla o bé produir-ne una còpia impresa. L'esquema és semblant al d'un instrument digital, en el qual s'ha substituït la part de tractament i de presentació per l'ordinador.

En aquest sistema el programa que gestiona l'adquisició, el tractament, la visualització, i la resta de funcions com l'enregistrament en disc i la impressió, és importantíssim i insubstituïble a l'hora d'obtenir resultats. A l'ordinador s'han integrat els elements comuns d'un sistema de mesura, en això radica la versatilitat, la flexibilitat i la potència d'aquests sistemes. Amb el mateix equip, canviant només la secció analògica i modificant el programa, podem elaborar instruments diferents i adaptats a les necessitat de la mesura. Els fabricants ofereixen un ventall ampli de complements hardware i software per tal de poder fer efectiu tot un sistema d'aquestes característiques.

El sistema de mesura s'ha de completar amb els sensors i circuits complementaris que facilitin una tensió proporcional i dins els marges admissibles per la placa. Actualment moltes de les funcions encomanades a l'electrònica externa, com la linealització i el filtratge, poden ser assumides pel programa que controla una determinada aplicació.

Els principals avantatges d'aquest sistema són: la

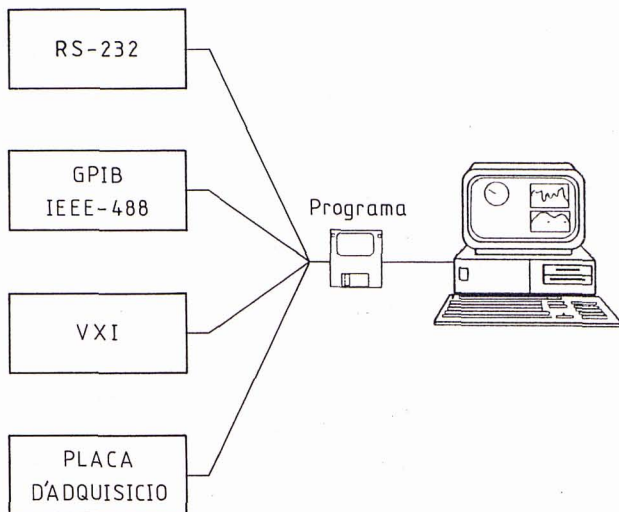


Figura 7: Integració dels instruments en un ordinador personal

versatilitat, la flexibilitat, la potència de tractament i l'economia.

En definitiva, la tendència que està experimentant el camp de la instrumentació és el de la *connectivitat dels instruments* amb l'ordinador i entre si.

De l'instrument dedicat a l'instrument virtual

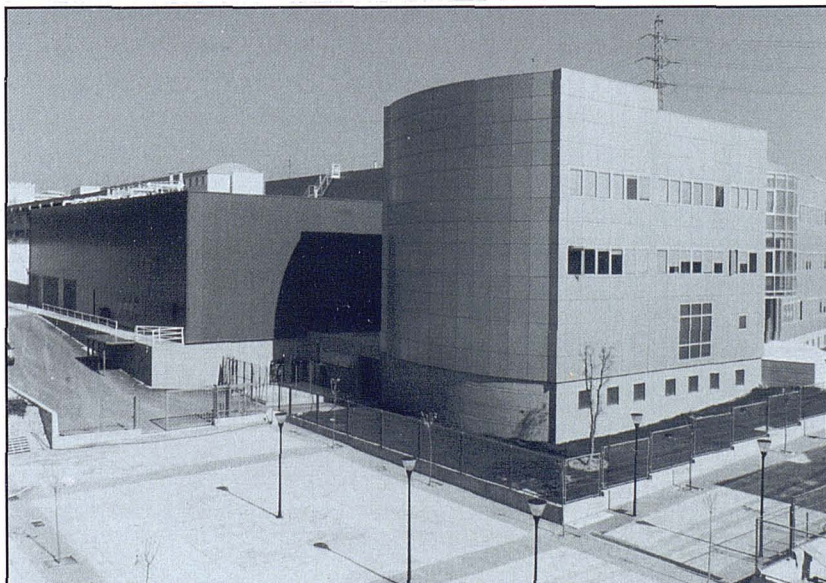
L'adquisició de dades amb instruments programables connectats a l'ordinador a través d'un port genèric, com el RS-232C, o a través d'un port especialitzat, com el

IEEE-488, implica una gran inversió econòmica en instruments dedicats, només justificada per la necessitat d'obtenir elevades prestacions pel que fa a la velocitat i la precisió, i, en alguns casos, per la distància entre l'equip de mesura i l'ordinador. Moltes de les aplicacions de mesura en què l'ordinador té un paper important no necessiten arribar a prestacions tan elevades i es poden resoldre de forma més econòmica i polivalent emprant plaques d'adquisició de dades en el bus de l'ordinador. Val a dir, però, que les prestacions en aquest camp van progressivament en augment, i moltes de les funcions d'anàlisi assignades actualment al software es van integrant al hardware. Aquest és el cas de les plaques DSP (*Digital Signal Processing*) que disposen de funcions complexes d'anàlisi de senyals.

Les aplicacions de mesura amb ordinador personal, per esdevenir el que anomenàvem *instrument versàtil*, necessiten un software que faciliti precisament aquesta versatilitat. Les opcions disponibles per a això es poden agrupar en tres tipus:

- softwares conduïts per mitjà de menús
- softwares amb programació icònica i menús
- softwares d'instrumentació virtual

A la segona part d'aquest article ens centrarem en aquesta darrera opció. Veurem que la combinació d'una placa d'adquisició de dades i un mòdul de programa per adquirir-les constitueixen el concepte d'*instrumentació virtual* que cobreix les mateixes mesures que un instrument dedicat, és a dir, que funcionalment el substitueix, i que ho fa a un preu molt inferior.



L'edifici del Centre Nacional de Microelectrònica a Bellaterra