

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

Jordi Regalés i Barta *

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

Substitució de l'instrument dedicat: l'instrument virtual

A la primera part d'aquest article es descrivia com l'adquisició de dades amb instruments programables connectats a l'ordinador a través d'un port genèric, com l'RS-232C, o a través d'un port especialitzat, com l'IEEE-488, comporta 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.

Dèiem també que 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 en augment progressivament, moltes de les funcions d'anàlisi assignades actualment al *software* es van integrant en el *hardware*. Aquest és el cas de les plaques DSP (*Digital Signal Processing*) que disposen de funcions complexes d'anàlisi de senyals.

Finalment, indicàvem que 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 en aquest aspecte es poden agrupar en tres:

- *softwares* conduïts a base de menús
- *softwares* amb programació icònica i menús
- *softwares* d'instrumentació virtual.

En aquesta segona part de l'article ens centrarem més en la darrera opció. Veurem que la combinació d'una placa d'adquisició i un mòdul de programa per adquirir dades constitueix el concepte d'instrument virtual, ja que en cobrir les mateixes mesures que un instrument dedicat, funcionalment el substitueix i a un cost molt inferior, situant la "intelligència" del sistema de mesura

*Jordi Regalés i Barta (Terrassa, 1957) és enginyer tècnic industrial per la Universitat Politècnica de Catalunya (1979) i professor de l'IPFP de Terrassa. Aquest article arribà a la redacció el mes de març de 1993

a l'ordinador i no a l'instrument pròpiament dit. Això permet que l'usuari pugui adaptar l'aplicació a les seves necessitats, atès que una bona part de les prestacions vénen determinades pel programa de l'instrument virtual que l'usuari elabora i que pot modificar en qualsevol moment. En canvi, a l'instrument dedicat les funcions estaven definides i limitades pels circuits i el plafó de control.

Amb un sistema de mesura amb ordinador personal, constituït per una placa, uns condicionadors de senyal i els programes adequats, podríem disposar de les funcions d'un oscil·loscopi digital, un analitzador d'espectres, un freqüencímetre, un generador de senyal, etc. La llista d'aplicacions pot ser tan àmplia com necessitats de la mesura, i s'haurien de canviar bàsicament els sensors i el codi del programa que fa les funcions d'instrument.

El *software* té un paper primordial en aquest camp, tant, que la potència d'un sistema de mesura resideix més en el programa que no pas en la part del *hardware*, tot i que són dos elements indissociables. El valor afegit a aquests sistemes són les funcions d'anàlisi que incorporen, com filtres digitals, transformades de Fourier, funcions estadístiques, etc. De fet s'associa el concepte d'instrument virtual al mòdul de programa que gestiona l'equip de mesura.

Un dels aspectes més importants d'un instrument virtual és la interfície d'usuari. Aquesta part és la que diferencia més uns programes d'instrumentació virtual d'altres. La forma en què l'usuari accedeix a les funcions, opcions i resultats de la mesura és el que dona més ergonomia al conjunt. El disseny del plafó frontal de l'instrument ha de proporcionar una interacció rica i intuïtiva que permeti una fàcil manipulació de l'instrument, i aquesta resulta més eficaç com més semblança mantingui la seva aparença amb el plafó frontal de l'instrument dedicat. L'ús d'interfícies gràfiques d'usuari (GUI) juntament amb l'ús intensiu i coherent del ratolí proporcionen aquestes prestacions.

El *software* d'un instrument virtual consta de:

- un plafó d'interacció amb l'usuari
- un mòdul de gestió del plafó i control dels instruments o plaques

- un conjunt de mòduls de comunicació amb els instruments.

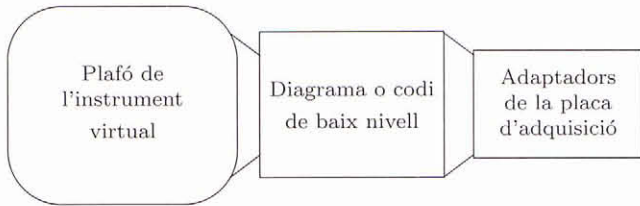


Figura 1: Estructura d'un instrument virtual

La interacció amb l'usuari i la forma de modificació dels paràmetres de l'instrument –part representada pel plafó frontal– és el que diferencia bàsicament els diferents estadis de desenvolupament dels programes d'aquest estil.

Elaboració d'instruments virtuals

L'elaboració d'un instrument virtual ha de partir de les especificacions requerides per a la mesura i de l'equip d'adquisició de dades. El pas següent és la construcció del mòdul de programa que permetrà a l'usuari obtenir els resultats de la mesura i poder modificar els paràmetres de l'instrument. Els recursos emprats per a l'elaboració de l'instrument virtual i la interfície d'usuari és el que diferencia els diversos estadis del *software*. Pel que fa a les eines emprades en la seva construcció podem trobar-nos amb:

1. Programació des de qualsevol llenguatge de programació d'alt nivell.
2. Programació des d'un llenguatge emprant llibreries amb funcions preestablertes.
3. Utilització de programes d'alt nivell que assisteixen

en la generació automàtica del codi en un llenguatge de programació estàndard.

4. Entorns de programació icònica.

La facilitat de programació d'un instrument virtual és creixent segons la llista de les eines esmentades. Els *softwares* de l'última opció ofereixen una espectacular reducció del temps d'aprenentatge i d'elaboració d'aplicacions. Té, però, inconvenients com la necessitat d'ordinadors potents (elevada velocitat de procés, molta capacitat de memòria, coprocessador aritmètic), o un cost més elevat en l'adquisició dels paquets.

La definició d'instrument virtual s'adreça més a aquell *software* que és capaç de simular en pantalla, en forma gràfica, el plafó de l'instrument real amb els dispositius de presentació de dades –pantalles, indicadors, etc.–, i amb la possibilitat d'interacció directa sobre els controls de l'instrument –selectors, interruptors, etc.–. Aquest conjunt és el que es diu *interfície gràfica d'usuari*.

L'evolució actual dels equips i programes informàtics camina cap a aquest tipus d'entorns, en què la interacció és més intuïtiva i dels quals Windows és el millor exponent. Aquest entorn es caracteritza bàsicament per:

1. La superació de la barrera de memòria de DOS, 640 Kb. Les aplicacions poden disposar de grans quantitats de memòria, ja sigui RAM o memòria virtual a disc, per a les dades i per al codi de programa.
2. La facilitat d'intercanviar i compartir informació entre aplicacions.
3. L'estructura de la interfície gràfica d'usuari és consistent en totes les aplicacions, això facilita i redueix el temps d'aprenentatge.

Un indicatiu clar d'aquest aspecte és l'emigració de la majoria de productes comercials cap aquest entorn.

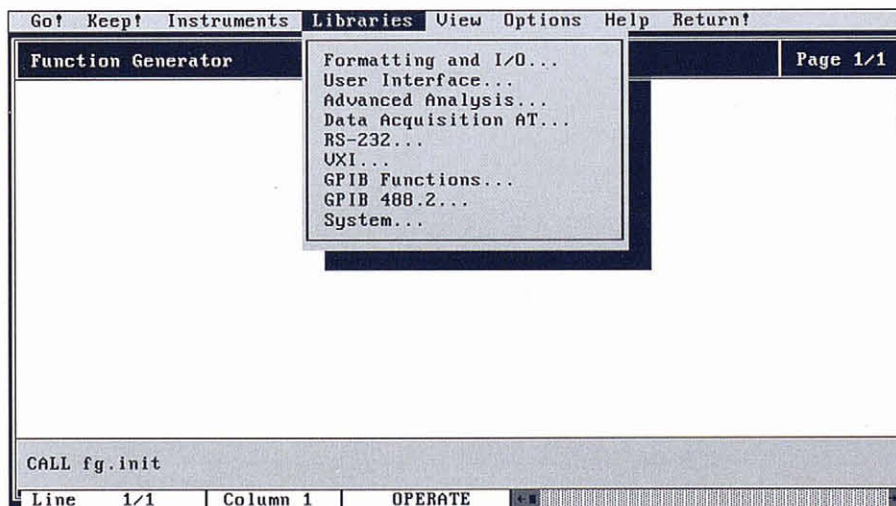


Figura 2: Ambient de programació LabWindows

En aquest moment ens trobem amb programes de les diferents etapes de desenvolupament, des d'un gestor purament textual a complicades interfícies gràfiques que emulen instruments reals amb tota mena de detalls.

Productes comercials per a la creació d'instruments virtuals

Com ja s'ha dit a l'apartat anterior, en aquest moment ens trobem amb productes comercials de totes les generacions, ara bé només ens referirem a aquells que poden resultar de més interès.

La programació d'instruments virtuals al nivell més baix i per tant més laboriós és l'entorn de programació en els llenguatges convencionals –BASIC, Pascal, C– en les diverses variants de versions i marques comercials. D'una banda els fabricants proporcionen els fitxers d'adaptació, per a entorn DOS, de les seves pròpies plaques, i molts ja disposen també de les llibreries d'enllaç dinàmic (DLL) per a la programació des de l'entorn Windows (aquest és el cas, en el moment de la redacció d'aquest article, de National Instruments, Keithley i Data Translation) amb llenguatges específics com C++, Turbo Pascal for Windows o Visual Basic. D'altra banda hi ha llibreries que faciliten la creació d'entorns gràfics d'usuari i amb funcions d'anàlisi que disminueixen el temps necessari per a la creació d'aplicacions. Aquest és el cas del paquet *Software for Science, Engineering and Industry* de Quinn-Curtis Software, que diferents fabricants de plaques subministren en versions adaptades als seus productes. Estan disponibles en Turbo Pascal, en Turbo C i en Microsoft C. Inclou funcions de gestió d'impressores, control de ratolí, representacions gràfiques, rutines de gràfics en temps real, control PID, linealització de la resposta de termoparells, ajust de corbes, anàlisi de Fourier, comunicació a través del port sèrie RS-232, etc.

D'aquestes llibreries se'n facilita el codi font amb el qual el programador pot conèixer com han estat elaborades i modificar-les, si s'escau. A més la llicència dona dret a incorporar les funcions en programes autònoms (*run time*) sense càrrec addicional. Un segon estadi serien els paquets d'assistència a la programació a través de menús guiats que faciliten l'accés a llibreries d'instruments i realitzen la generació del codi en un llenguatge convencional. Aquest és el cas de LabWindows de National Instruments, que funciona sota l'entorn MS-DOS. A partir de l'accés a diferents opcions de menú es va fabricant el plafó frontal de l'instrument (interfície gràfica) i es van relacionant les opcions amb les funcions de la placa d'adquisició i els instruments dedicats connectats via RS-232 o IEEE-488, i les llibreries d'anàlisi.

El resultat d'aquest procés és el llistat d'un programa en ordres de Microsoft C, QuickC i QuickBasic, a les quals el programador pot afegir altres línies de programa. Posteriorment el programa es pot compilar i se

n'obté una versió que es pot executar independentment (*run time*). En aquest cas cal disposar de la llicència individual per a versions compilades.

El resultat final és un instrument virtual amb un plafó gràfic en el qual l'usuari visualitza i té la possibilitat de modificar i ajustar determinats paràmetres de l'instrument.

L'entorn LabWindows disposa de les eines de depuració i detecció d'errors com les de qualsevol llenguatge i d'un sistema d'ajuda en línia que faciliten la tasca del programador. A més integra una àmplia llibreria de funcions d'anàlisi i una altra d'instruments amb connexió GPIB i VXI. Disposava també de funcions per fer el control de dispositius exteriors, amb llaç obert i amb llaç tancat.

Respecte als sistemes de programació directa del codi, aquest sistema redueix el temps necessari per a l'elaboració del programa i amb resultats d'una qualitat de presentació molt més alta que en els casos anteriors.

Un tercer estadi serien els paquets d'adquisició per a l'usuari final, amb els quals aquest confecciona la seva aplicació a través de *programació gràfica o icònica*. Permeten la programació d'aplicacions molt ràpidament i amb un temps d'aprenentatge relativament curt respecte als anteriors. A més possibiliten la realització d'aplicacions a mida, claus en mà. Hi ha dues generacions de programes, els de versió per a l'entorn DOS i els de l'entorn Windows; la majoria, però, han evolucionat i actualment (1992) es comercialitzen en les dues versions.

La programació gràfica o icònica es basa en la disposició d'un conjunt d'operadors associats a un símbol gràfic –icona– que proporciona un conjunt de funcions, i que en ser gràfic suggereix molt més que un menú literal i en facilita la identificació. Uns exemples d'icones, emprades per gairebé tots els programes són:



Figura 3: Icones d'operacions a disc

Corresponen a un disquet, i s'hi relacionen les operacions genèriques a disc, la lectura o l'escriptura de dades. Com aquestes n'hi ha d'altres per a les diferents opcions que ofereix cada paquet. La relació entre els operadors, icones, s'estableix amb línies de connexió que fan la unió lògica entre cada part.

A la figura 5 es pot veure un senzill exemple de programació d'una aplicació, que pren dades d'una placa amb convertidor analògic-digital (A/D). Aquest senyal es va escrivint de forma continuada al disc; a més se'n treu la transformada ràpida de Fourier (FFT), i es realitza un filtratge de banda (DF). La sortida d'aquests

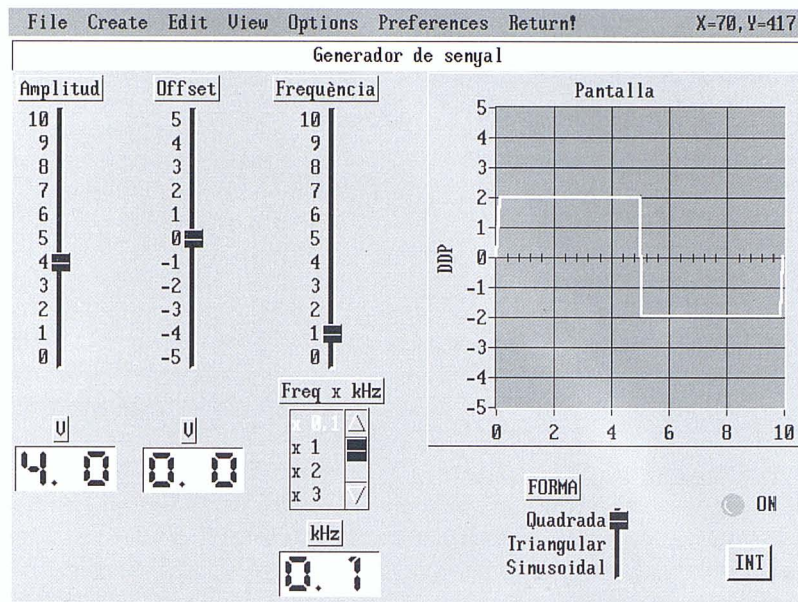


Figura 4: Disseny del plafó frontal d'un generador de senyal amb LabWindows

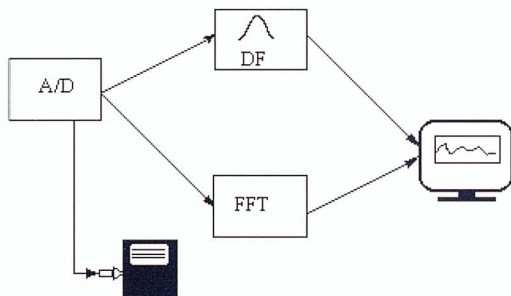


Figura 5: Exemple de programació icònica

dos operadors es porta a la pantalla per visualitzar-ne l'evolució.

Els sistemes de programació icònica disposen a més de les sentències de programació clàssiques com els condicionals (*if*) i els bucles (*while* i *for*).

Tot plegat fa que un usuari amb uns coneixements elementals dels conceptes de programació sigui capaç de generar aplicacions de mesura i control, sense haver d'escriure cap línia de programa.

Un dels productes de programació icònica que respon més fidelment a la definició d'instrument virtual és LabView de National Instruments. LabView és un entorn de programació icònica que ha aparegut en versió Windows per a PC i per a estacions de treball SUN en el segon semestre de 1992; abans només estava disponible sobre Apple Macintosh. La principal característica és la rapidesa amb què es poden generar instruments virtuals amb un plafó gràfic que disposi de diversitat de recursos

per a la presentació de dades i de controls interactius. La presentació és realment impecable.

La creació d'un instrument virtual parteix de la construcció del plafó frontal amb recursos gràfics tals com pantalles de presentació de dades, indicadors numèrics, indicadors termomètrics, indicadors d'agulla etc., i controls interactius com interruptors, selectors, botons, etc. El resultat és una interfície interactiva, clara i d'ús intuïtiu. La construcció no implica més que triar el tipus de presentador o control, assignar-li un identificador i ubicar-lo sobre la pantalla, a usant el ratolí com a dispositiu indicador.

El pas següent és la programació de l'instrument virtual, és a dir, dotar de contingut lògic el plafó frontal. Per procedir a aquesta operació no s'ha d'escriure cap línia de programa, tot es construeix amb programació gràfica, tal com s'ha descrit anteriorment. En aquest cas cal entrar en un altre ambient, el de l'edició del diagrama de l'instrument. Cadascun dels elements del plafó frontal disposa d'una icona amb una etiqueta que l'identifica. Per completar la programació se seleccionen els blocs o icones de funcions de la paleta i se'ls connecta amb fils per passar les dades d'un a l'altre. Les icones responen a rutines d'adquisició, funcions aritmètiques o complicades funcions d'anàlisi, operacions de lectura o escriptura a disc, estructures de programació, altres instruments virtuals, etc.

El programa disposa d'eines per al desenvolupament, la prova i la depuració de l'aplicació. Hi ha una finestra d'ajut que proporciona informació de cada icona i les seves connexions. Els diagrames de programació de l'instrument, en ser gràfics i contenir les opcions incor-

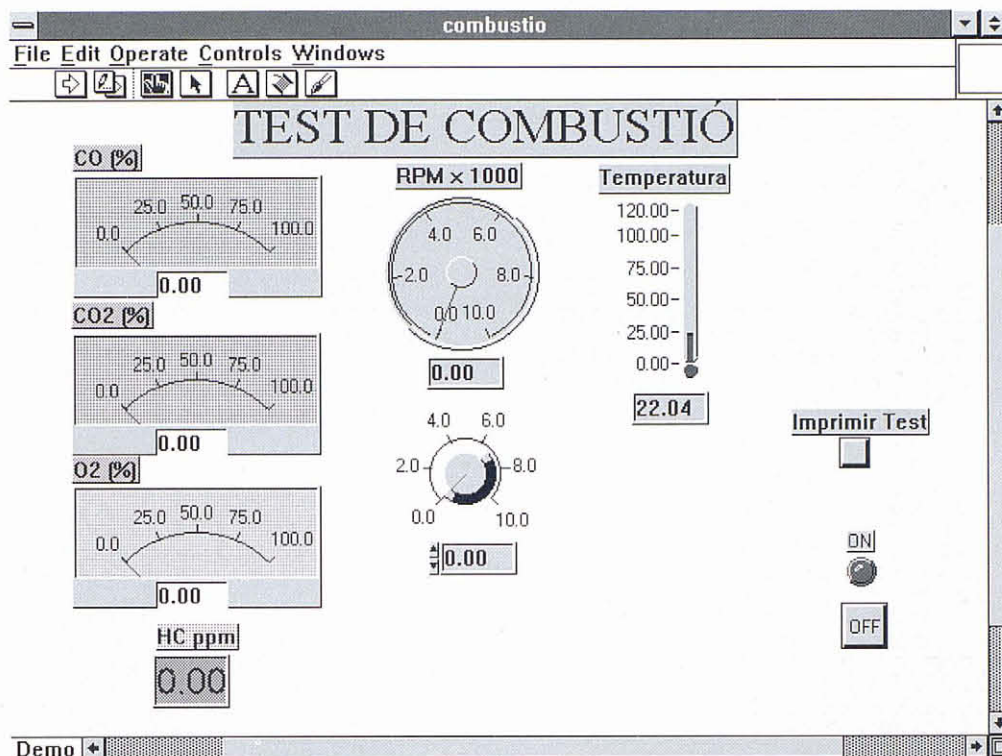


Figura 6: Plafó frontal d'instrument virtual amb LabView

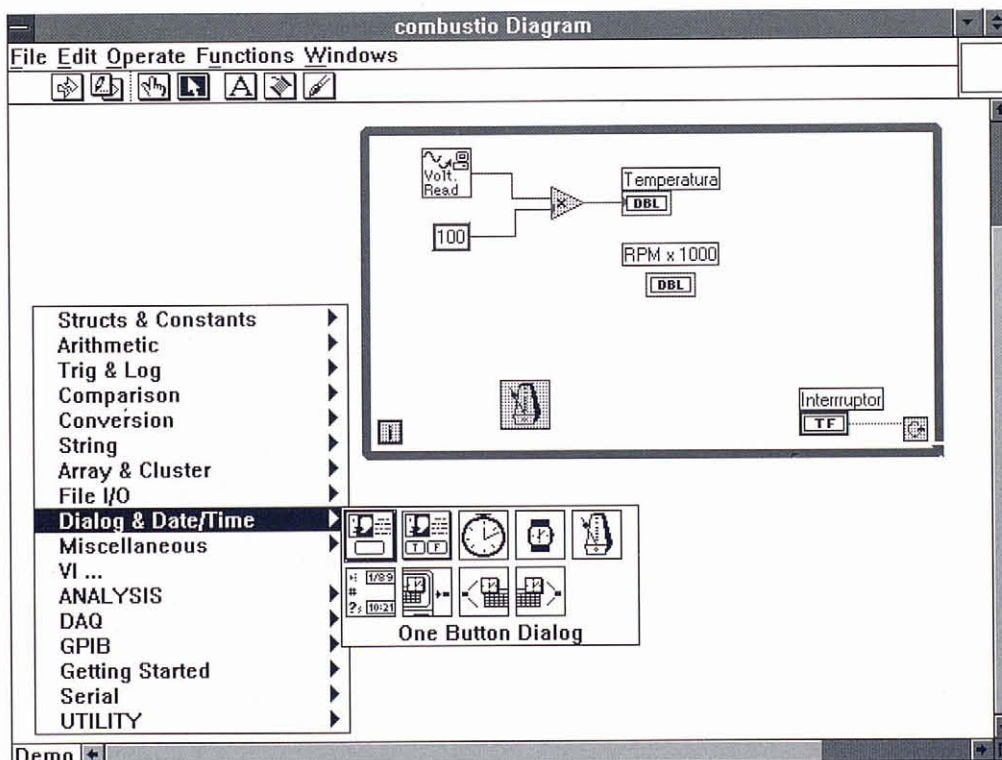


Figura 7: Diagrama de programació gràfica

porades, constitueixen un sistema d'autodocumentació que facilita la comprensió i el seguiment d'una aplicació per tal de procedir-ne a la modificació i el manteniment.

El sistema de programació permet la modularitat perquè la icona d'un diagrama de blocs d'un instrument pot ser a la vegada un instrument virtual. Aquesta capacitat és de gran potència ja que facilita la programació descendent i permet dividir un instrument en sub-instruments. Això possibilita la creació de llibreries d'instruments virtuals que es poden emprar individualment, o bé com a integrants d'un sistema.

A més de les eines de construcció d'interfícies gràfiques i de programació del flux de dades, disposa d'un conjunt ampli de llibreries que suporten diferents plaques d'adquisició, instruments amb port de comunicació RS-232, instruments amb bus GPIB, instruments amb norma VXI.

Les llibreries d'anàlisi de dades són un aspecte molt important d'aquest paquet ja que incorporen una àmplia varietat de tècniques i eines d'anàlisi numèrica i gràfica, tals com funcions estadístiques, regressions, integració i diferenciació en el domini del temps, transformada ràpida de Fourier, anàlisi de finestres (*windowing*), etc., i substitueixen així les funcions de fulls de càlcul especialitzats en aquest tipus de tractament. També incorporen eines per a la generació de senyals i el filtratge digital. Tot plegat fa que disposem de sistemes d'adquisició i anàlisi integrats en la mateixa aplicació.

Una altra prestació és el funcionament en ordinadors connectats en xarxa local, que permet l'intercanvi d'informació entre estacions de treball durant l'execució d'aplicacions. Suporta també l'intercanvi dinàmic de dades (DDE, Dinamic Data Exchange) entre aplicacions de l'entorn Windows que també ho suportin.

Aquest producte, amb les prestacions esmentades, no hi ha dubte que és un dels més avançats dins el sector i que està a l'alçada de l'evolució que estan experimentant els entorns gràfics. La flexibilitat que presenta en la realització d'aplicacions a mida n'és una de les característiques més apreciables.

Evidentment que per desenvolupar tota la potencialitat d'aquest paquet cal un ordinador realment potent. LabView per funcionar necessita com a mínim un ordinador amb processador 386DX a 33MHz, i es recomana un 486DX a 25 MHz o superior. A més 8 Mb de memòria RAM i un espai de disc dur de 4Mb.

Instrumentació virtual i ensenyament

L'ús de la instrumentació virtual s'està consolidant fonamentalment en laboratoris d'investigació i en les aplicacions industrials "claus en mà", on es poden dissenyar equips a mida per tal de satisfer de forma ràpida i econòmica les necessitats concretes de mesura, encara que la seva finalitat no és exclusivament aquesta.

La facilitat d'utilitzar una interfície gràfica que

emula les funcions de l'instrument dedicat està orientada a ser utilitzada en tasques dins l'entorn industrial i de serveis en què es fan mesures de forma habitual. Hi ha dues motivacions especials per adoptar aquest tipus d'instrument: el personal operador que està familiaritzat amb els instruments clàssics i a més, si des del punt de vista funcional les mesures són rutinàries, la interacció entre l'instrument i l'usuari, que ha de ser el més amable i senzilla possible. Aquests aspectes han d'afavorir un aprenentatge ràpid de l'eina i una simplificació en les operacions d'ajust que millorin els resultats. D'altra banda, si les tasques de mesura són canviants és important que el sistema disposi d'una flexibilitat suficient en el canvi entre aplicacions i que tingui un cost relativament reduït, mantenint uns trets comuns entre elles.

En aquesta perspectiva l'aportació de la instrumentació virtual a l'ensenyament pot ser molt important als diferents nivells educatius, fonamentalment l'universitari i el secundari, i, en la mesura que apareguin eines adequades, també l'ensenyament primari. La integració d'aquestes eines es pot realitzar des del punt de vista instrumental i des del punt de vista curricular. Aquesta integració cada vegada és més possible per la dotació generalitzada de recursos informàtics de caire general, a més de la integració progressiva d'aquests en aules i laboratoris específics.

La instrumentació virtual permet realitzar l'emulació d'instruments de difícil abast per als centres d'ensenyament. En aquest sentit cal valorar la reducció de costos que a mitjà termini pot aportar aquest sistema encara que els avantatges no són en termes absoluts sinó relatius, ja que aquesta opció permet entrar en altres camps on les aportacions de la tecnologia són importants des del punt de vista conceptual i procedimental.

Un altre aspecte que cal valorar en la instrumentació virtual és la simplificació de les operacions d'un instrument per tal de facilitar l'aprenentatge. En poder realitzar el disseny d'un instrument a mida es poden simplificar moltes de les funcions que no tenen un interès educatiu immediat i mantenir les essencials. L'instrument virtual, en estar format en part per un mòdul de programa (*software*), té el valor afegit de poder funcionar independentment dels recursos físics (*hardware*). Això permet activitats prèvies d'aprenentatge de l'instrument sense haver de disposar de l'equip complet, és a dir prescindint del *hardware*, i fent una simulació d'adquisició de dades per *software*. Ens podem plantejar també que l'instrument incorpori eines de tractament posterior, de manera que aquestes s'utilitzin a partir de fitxers de dades que hagin estat capturats amb el sistema complet.

Aquests darrers aspectes són interessants des del punt de vista instrumental i d'organització de la classe, on l'alumne és un usuari del sistema i en treu un rendi-

ment funcional, perquè ja és un fet important en ell mateix com un element més la integració curricular de la tecnologia de la informació. És un aspecte genèric que es pot aplicar als diversos nivells educatius.

El disseny, elaboració, implantació i manteniment d'instruments virtuals requereixen uns professionals amb una formació específica en el camp de la mesura, la instrumentació i en especial en l'adquisició de dades amb ordinador. Actualment aquesta formació és assumida pels mateixos fabricants, i habitualment està adreçada a enginyers i científics que en fan el disseny i l'elaboració. L'ensenyament universitari i el professional haurien d'anar assumint aquestes noves tecnologies en les diferents especialitats més relacionades amb la instrumentació. És en aquest camp que les aplicacions curriculars específiques han de tenir en compte aquestes innovacions per tal d'actualitzar el bagatge tècnic i científic dels futurs professionals per a aquests nous entorns de treball.

Nota del comitè editorial: *Els termes software i hardware es corresponen en català normalitzat amb els termes programari i maquinari respectivament. Es recomana utilitzar-los quan s'adrecin a un públic no especialitzat.*

Bibliografia

Especial Adquisició de dades, *Revista Española de Electrónica*, núm. 443, octubre de 1991.

CÉSAR ALONSO-CORTÉS i BEATRIZ DELGADO, *LabWindows 2.1; PC World*, novembre de 1992.

La Revista de Física

és una nova publicació de la Societat Catalana de Física

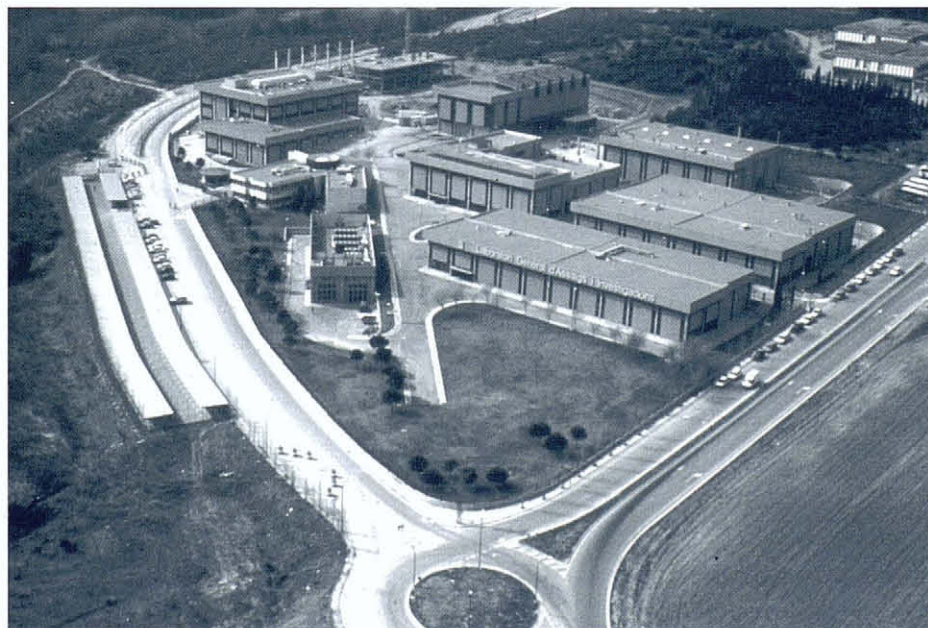
El seu antecedent immediat són els Treballs de Física, sèrie iniciada al 1979, primera revista especialitzada en Física publicada a Catalunya, que hi continua apareixent.

Revista de física

La Societat Catalana de Física

és una filial de l'Institut d'Estudis Catalans creada el 1986 a partir de la Secció de Física de l'antiga Societat Catalana de Ciències la qual, al seu torn, havia estat fundada l'any 1931.

La Societat Catalana de Física és, doncs, una entitat jove que té les seves arrels en la tradició més genuïna de la recerca en Física a Catalunya.



Els edificis del Laboratori General d'Assaigs i Investigacions