

IMATGE BINÀRIA (“BIT IMAGE”). UNA VIA PER A LA REPRESENTACIÓ DE GRÀFICS D’ALTA QUALITAT

per

JORDI RIUS I GARCÍA

Departament d’Anàlisi. Institut Químic de Sarrià. Barcelona.

SUMMARY

A first study of bit image technique is carried out to use a printer, to edit high quality graphics. Possibilities of this technique are analyzed, special characters, non standard letters, features, maps and shadow scale, answer surfaces, mathematic functions with cartesian and polar coordinates. Several programmes in Basic language are carried out to obtain the above-mentioned representations.

The computer-printer communication is analyzed, profiting the communication port to improve the printing speed.

1. RESUM

Es realitza un primer estudi de la tècnica d’imatge binària com una via per aprofitar una impressora convencional per a la realització de gràfics de qualitat tècnica. Analitzant les possibilitats de l’esmentada tècnica per a diferents tipus de representacions, especialment les referents a caràcters especials, grafismes lliures, mapes i tonalitats d’ombra, superfícies de resposta, funcions d’una i/o dues variables independents, coordenades polars i cartesianes. Es posen a punt diferents programes en llenguatge Basic per a la realització de les diferents representacions estudiades.

S’analitza en profunditat la comunicació ordinador-impressora,

aprofitant la porta de comunicació entre ells, amb els guanys que això representa en velocitat i generalitat d'impressió.

2. INTRODUCCIÓ

Al treballar amb equips informàtics per a realitzar els càlculs i les mesures físiques més diverses, sovint es manifesta la necessitat d'obtenir una representació gràfica d'aquests resultats, ja que sobre el gràfic s'analitzen fàcilment l'evolució i tendències dels valors així com els punts singulars que es presenten.

A un ordinador hom hi pot acoblar diversos tipus d'unitats de sortida que permeten la representació gràfica dels resultats obtinguts prèviament. Tots ells, però, presenten diferències substancials en el mode d'efectuar el dibuix i en la qualitat del gràfic resultant.

Els equips que disposen d'un cap traçador ("plotter") són els més idonis pel dibuix de gràfics. Presenten un registre continu i d'alta qualitat afegit d'una gran versatilitat per a dibuixar en diferents colors i en la definició de la mida del gràfic. Però, no acostumen a ésser a l'abast de l'usuari llevat de situacions molt determinades.

La unitat impressora, que normalment es troba acoblada als sistemes informàtics per a l'edició de caràcters alfanumèrics, pot emprar-se també per a dibuixar, essent aquest, històricament, el primer recurs utilitzat. Els gràfics així obtinguts són, la majoria de vegades, molt imperfectes degut al baix nombre de caràcters per línia de que es disposa.

En certs tipus d'impressora, però, és possible modificar les rutines d'impressió gràfica de manera que es pot arribar a una alta resolució donant així una bona qualitat de dibuix i una notable precisió en la lectura dels gràfics obtinguts per aquest mètode. En aquest grup, els gràfics no són construïts per caràcters, sinó per una combinació dels seus punts constituents, de manera que el nombre d'espais útils per línia queda multiplicat pel nombre de columnes de punts que constitueixen un caràcter.

Donat que en un sistema informàtic de baix cost econòmic, no es disposa d'alta resolució, ni d'una unitat de sortida amb cap traçador i si que es té la possibilitat d'utilitzar una impressora que editi els caràcters per punts, resulta evident l'interès per a desenvolupar rutines de disseny gràfic que permetin el seu màxim aprofitament.

En aquestes impressores, la possibilitat de manejar independentment cadascuna de les agulles que constitueixen el capçal d'impressió, permet un joc extraordinari a l'hora de dibuixar qualsevol tipus de disseny gràfic, ja que les posicions dels punts sobre el paper, segons les seves coordenades, queden perfectament definides.

2.1. Objectius

En el present treball, es pretenen desenvolupar diferents rutines d'ús general per a la impressió d'alta resolució, emprant la impressora "EPSON MX-80/III". Al mateix temps, s'intenta aprofundir en el coneixement d'aquesta tècnica d'impressió i avaluar els seus possibles avantatges i inconvenients, en contra de les rutines d'impressió per caràcters.

2.2. Utilitatge

- * Microordinador "Video Genie II EG 3008".
- * Expansió de memòria "Expander EG 3014" de 32K RAM.
- * Unitat lectora de diskets "EG 400".
- * Impressora "EPSON MX-80/III".

3. "BIT IMAGE", TÈCNICA PER A LA IMPRESSIÓ D'ALTA RESOLUCIÓ

Al desenvolupar les rutines de dibuix d'alta resolució per a les impressores actuals, cal pensar en la tècnica del "bit image", ja que permet obtenir diferents tipus de dissenys gràfics amb molta bona precisió. Aquesta tècnica consisteix fonamentalment en poder manejar independentment i de forma controlada, les diferents agulles que es troben al capçal d'impressió, aconseguint-se així situar de forma molt precisa cadascun dels punts a representar en les diferents posicions del paper.

El "bit image" és una forma de codificar la informació; atès que el capçal de la impressora pot dibuixar vuit punts de cop disposats verticalment, cadascun d'ells pot assimilar-se a un dels bits que constitueixen la paraula amb la qual li arriba la informació. Les diferents columnes de punts impreses són la imatge dels bytes d'informació que arriben a la impressora, un punt imprès correspon a un bit alt (1) mentre que una posició en blanc és la imatge d'un bit baix (0). Així doncs el mot "bit image" pot traduir-se com "imatge de bit" o bé com "imatge en binari", donada la correspondència existent entre els bits d'informació i les agulles del capçal de la impressora.

3.1. El capçal d'impressió

És constituït per un suport de plàstic, sobre el qual s'hi acomoda un sistema electromecànic capaç d'accionar les agulles responsables de la impressió dels punts.

Les nou agulles del capçal, són disposades verticalment, essent la separació entre elles de $1/72''$. De les nou agulles només és possible accionar-ne vuit d'elles de cop, deixant sempre la superior o bé la inferior sense moure's, donat que la informació arriba codificada en paraules de vuit bits. La construcció del capçal amb nou agulles és només per afavorir la representació dels diferents tipus d'escriptura que es poden editar. Les diferents agulles emprades en la impressió s'accionen independentment per dispositius electromagnètics que són activats o no segons el senyal elèctric que hi arriba.

A la figura 2.1 es mostra la disposició de les diferents punts en el capçal d'impressió i la correspondència de cadascuna d'elles amb el bit que representen. S'observa que l'agulla inferior no pot utilitzar-se quan es treballa en "bit image" donada la correspondència existent entre les vuit agulles superiors i la informació que arriba al capçal d'impressió. L'última agulla només és accionada per a la impressió d'alguns caràcters i es activa per un senyal complementari del "bus" de dades.

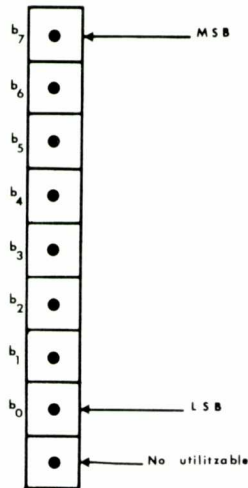


Fig. 2.1

El desplaçament horitzontal del capçal és controlat per un dels motors existents, que reb les ordres necessaries directament des de la CPU que governa tota la impressora. L'altre motor controla la progressió vertical del paper i reb també tota la informació ja processada per la CPU.

La informació s'envia des del microordinador codificada de forma inequívoca fins al capçal d'impressió de manera que aquest imprimeix una seqüència diferent de punts per a cada codi.

3.2. Instruccions d'accés al "bit image"

Per a treballar en "bit image", cal seleccionar prèviament el mode de treball de manera que la impressora reconegui la informació que li arriba i pugui desxifrar-la correctament.

A la impressora "EPSON MX-80/III" la sentència que dona entrada al mode gràfic té la següent estructura:

```
10 LPRINT CHR$(27);"X";CHR$(n1);CHR$(n2);
```

La seqüència LPRINT CHR\$(27), equivalència de ESC, selecciona un mode de treball diferent a l'estàndard, "X" complementa la estructura anterior podent prendre per a treballar en "bit image" dos valors diferents. Si X=K s'imprimeix amb densitat de punts senzilla (480 p.p.l), mentre que si X=L es selecciona la doble densitat d'impressió (960 p.p.l). L'expressió "X", pot substituir-se pel seu equivalent en ASCII així "K"=CHR\$(75) i "L"=CHR\$(76).

A la figura 2.2 es representa de forma esquemàtica la densitat senzilla i doble d'impressió.

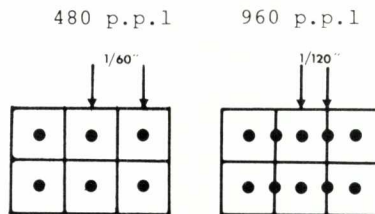


Fig. 2.2

Els valors de n_1 i n_2 fixen a la impressora de manera codificada el nombre de columnes de punts que caldrà editar en cada recorregut del capçal. Ambdós valors donen informacions complementàries, si n correspon al nombre de columnes de punts que es desitgen imprimir, $n_1 = (n) \text{ MOD } 256$ i $n_2 = \text{INT}(n/256)$. Per exemple si cal editar 400 columnes de punts $n_1 = 144$ i $n_2 = 1$. Atès que el nombre màxim de dades que caben en el "buffer" de la impressora és de 256, n_2 dóna el nombre de vegades que caldrà carregar-lo per complet, mentre que n_1 dóna la fracció de l'últim "buffer" que cal imprimir.

A continuació s'envia tota la informació corresponent a la línia que es vol editar i que serà reconeguda per la impressora com caràcters per a

representar en "bit image". Les dades s'envien mitjançant la següent instrucció:

```
20 LPRINT CHR$(X);
```

On X correspon al codi decimal de cadascuna de les columnes de punts que s'imprimeixen. Aquest valor ha d'ésser sencer i comprès entre 0 i 255, atès que la informació arriba al capçal en paraules de vuit bits, en qualsevol altre cas la impressora respon amb un missatge d'error.

Quan ja han estat impresos en "bit image" tots els punts fixats per n_1 i n_2 , la impressora torna automàticament a la situació a la qual es trobava anteriorment. Si s'envia informació en excés s'imprimeixen els caràcters fixats per n_1 i n_2 en "bit image" i a continuació s'editen els caràcters alfanumèrics que corresponen als codis ASCII sobrants. Al contrari, si no es treu vers la impressora tota la informació prevista aquesta queda bloquejada a l'espera de rebre més dades.

Quan la impressora és acoblada a un microordinador del tipus TRS-80, per particularitats pròpies del sistema, n_2 no pot prendre el valor 0; quan li correspon aquest valor, cal substituir-lo per 128, valor equivalent segons els codis de la impressora. Cal afegir que n_1 tampoc pot prendre els valors 0=NULL, 10=LF, 11=VT, 12=FF, ni poden editar-se els caràcters que els hi corresponen, atès que coincideixen amb codis interns de control i la impressora respon executant la funció corresponent a cada codi.

Per evitar aquest inconvenient cal treure la informació des de l'ordinador vers la impressora mitjançant una solució alternativa. Això s'aconsegueix si les dades són enviades per una porta del microordinador directament connectada a la impressora, d'aquesta manera l'ordinador no reconeix els codis que envia com propis.

En alguns equips informàtics existeix una adreça de memòria (RAM) que efectua les funcions de porta de sortida, de forma que pot emprar-se aquesta per a treure les dades des del microordinador. Donades les característiques de l'equip utilitzat per a desenvolupar aquest treball, podem treure les dades directament vers la impressora per l'adreça 14312 (H 37E8).

En aquest cas, les instruccions pel reconeixement del mode de treball són les següents:

```
10 POKE 14312,27:POKE 14312,X:POKE 14312,n1 :POKE 14312,n2
```

On X, n_1, n_2 corresponen als valors descrits anteriorment, mentre que les dades s'envien vers la impressora amb la següent sentència:

```
20 IF PEEK (14312) (>) 63 THEN 20 ELSE POKE 14312,X
```

On X correspon al codi decimal de la combinació de punts que es desitja imprimir.

D'aquesta manera poden enviar-se vers la impressora tots els valors de n_1 i n_2 , aconseguint-se que el flux de subministre de dades sigui l'idoni segons les necessitats d'impressió, atès que només es treuen dades quan la impressora es lliure.

3.3. Progressió del paper variable, complement del "bit image"

A cada desplaçament del capçal d'impressió poden editar-se de cop vuit línies de punts si s'aprofiten totes les agulles disponibles per a l'impressió, essent la separació vertical entre línies consecutives de $1/72''$.

Així doncs a l'hora d'editar dissenys gràfics, que necessitin més d'una passada del capçal per a la seva impressió, cal ajustar la progressió del paper de forma que la separació entre punts successius sigui sempre la mateixa, que la distància entre l'última línia d'un escombrat i la primera del següent sigui idèntica a la que hi ha entre punts veïns d'un mateix escombrat.

A la impressora "EPSON MX-80/III", és possible aconseguir-ho de dues formes diferents:

3.3.1. ESC A

Permet ajustar l'avanç vertical del paper en fraccions de $1/72''$. L'estructura de la sentència que dona aquesta ordre és la següent:

```
10 LPRINT CHR$(27);"A";CHR$(N)
```

On N correspon al valor $N/72''$ fixat pel desplaçament del paper, N pot prendre valors sencers entre 1 i 85, en qualsevol altre cas la impressora respon amb un missatge d'error.

3.3.2. ESC 3

Amb aquesta instrucció la progressió del paper pot ajustar-se d'una manera més precisa, donat que poden fixar-se fraccions de $1/216''$ en l'avanç vertical del paper. La instrucció que governa aquest control té la següent estructura:

```
10 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(N)
```

On N correspon al valor $N/216''$ al qual es vol ajustar la progressió del paper, el valor de N ha d'ésser sencer i comprès entre 0 i 255.

En qualsevol de les dues opcions, per aconseguir que la separació entre punts consecutius sigui sempre la mateixa, cal ajustar el salt de línia a $8/72''$, donat que a cada escombrat s'imprimeixen vuit punts de cop.

4. DIFERENTS APLICACIONS DEL "BIT IMAGE"

Es desenvolupen algunes de les possibilitats que ofereix la tècnica del "bit image" pel dibuix de diferents tipus de dissenys gràfics. Al mateix temps es donen algunes aplicacions pràctiques que serveixen pel tractament i presentació de resultats fets per ordinador.

4.1. Disseny de caràcters especials

Donades les característiques del "bit image", existeix la possibilitat de poder imprimir qualsevol tipus de caràcter no establert internament previ el seu disseny i codificació, car aquesta tècnica permet moure independentment les diferents agulles que componen el capçal d'impressió.

El primer pas a realitzar per a editar aquest tipus de caràcters és fer el disseny del grafisme a representar sobre una plantilla i precedir posteriorment a la seva codificació.

Es codifica per columnes independents, a cada línia segons el seu ordre li correspon un valor diferent, l'ordre de les línies s'estableix des de la inferior (\emptyset) fins la superior (7), corresponent-li a cada filera de punts el valor 2^{ordre} . La suma dels valors corresponents a les línies que han d'ésser impreses dins d'una mateixa columna dóna la seva representació codificada.

Com exemple pràctic de disseny i codificació d'un caràcter d'aquest tipus es mostra la representació del símbol " \pm " (fig. 3.1). A la quarta columna són plenes les fileres 1, 3, 4, 5, 6 i 7, el seu codi de representació vindrà donat per $c = 2^1 + 2^3 + 2^4 + 2^5 + 2^6 + 2^7 = 250$. Quant la impressora rebí la informació de dibuixar el caràcter amb codi 250, imprimirà la combinació de punts que es troba a la quarta columna i no podrà imprimir-ne cap altra. En definitiva, al codificar es converteix la imatge en binari de cada columna en la seva imatge decimal.

Com exemple del que s'ha exposat anteriorment es presenta en la figura 3.2 l'execució del programa "ALFA", en la qual es representen totes les lletres gregues minúscules, sovint emprades com a símbols de diferents magnituds en totes les branques de la ciència.

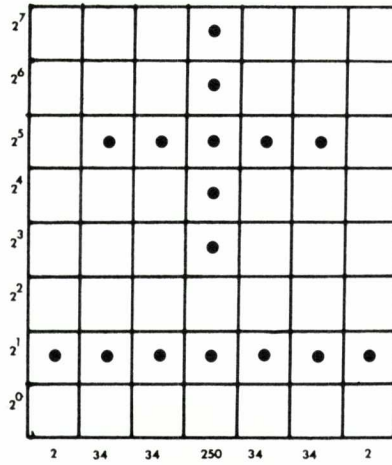


Fig. 3.1

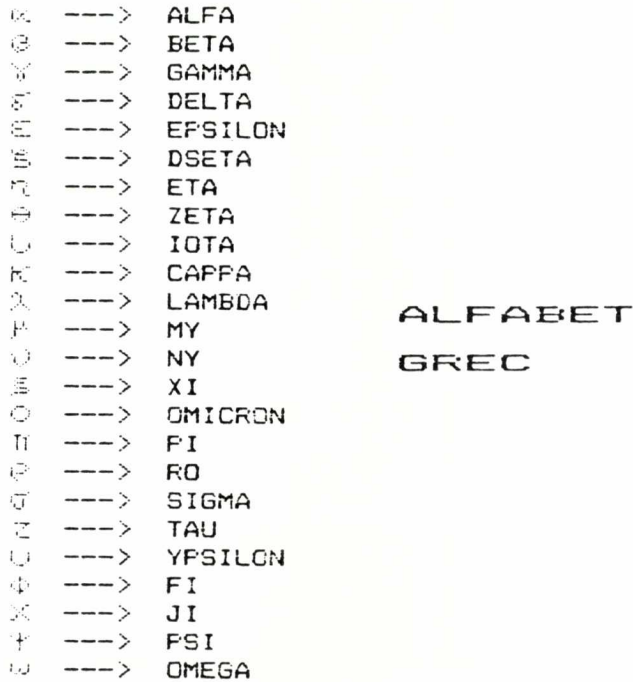


Fig. 3.2

Hom pot observar que, previ disseny i codificació, la impressora pot editar qualsevol tipus de caràcter, donant així la possibilitat a l'usuari de dissenyar els seus propis grafismes per a millorar la presentació dels resultats obtinguts.

4.2. Disseny de dibuixos

Com ampliació del que s'ha exposat en el capítol 3.1, la impressora permet també, previ disseny i codificació, l'edició de diferents tipus de dibuixos, ja que tot dibuix pot ésser construït per la juxtaposició de diferents grafismes. Així doncs els dissenys gràfics que necessitin més de vuit línies de punts per a la seva edició, són tractats com a dibuixos i construïts per agrupació de diferents caràcters prèviament definits.

Abans de l'edició del dibuix, cal fer el disseny gràfic sobre una plantilla, de manera que tot el dibuix quedi construït per agrupació de diferents tipus de caràcters. A continuació cal determinar el nombre i la forma de tots ells per a efectuar el seu disseny i codificació. Posteriorment es codifica el dibuix d'acord amb l'ordre assignat a cadascun dels diferents caràcters.

Els nivells de precisió i exactitud assolits en el dibuix final varien segons la forma del dibuix i la mida dels diferents grafismes constituents. Representant diferents combinacions de punts, poden aconseguir-se diverses intensitats de grisos com els que es mostren a la figura 3.3..

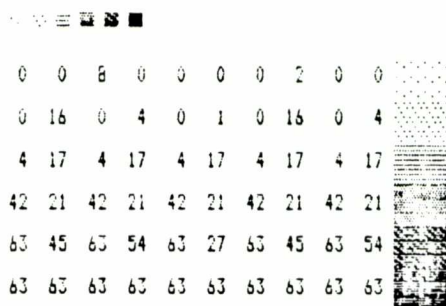


Fig. 3.3

Això, junt amb la bona resolució que presenten aquests dibuixos, s'aprofita per a desenvolupar el projecte MAPCAT/84, que dona la distribució comarcal de Catalunya per províncies, assignant a cadascuna de les diferents comarques un sombrejat més o menys intens segons el valor d'una variable fixada prèviament per l'usuari. En la figura 3.4 es presenta l'edició de la província de Barcelona dibuixada mitjançant aquesta tècnica.

.BARCELONA

MapCAT/83

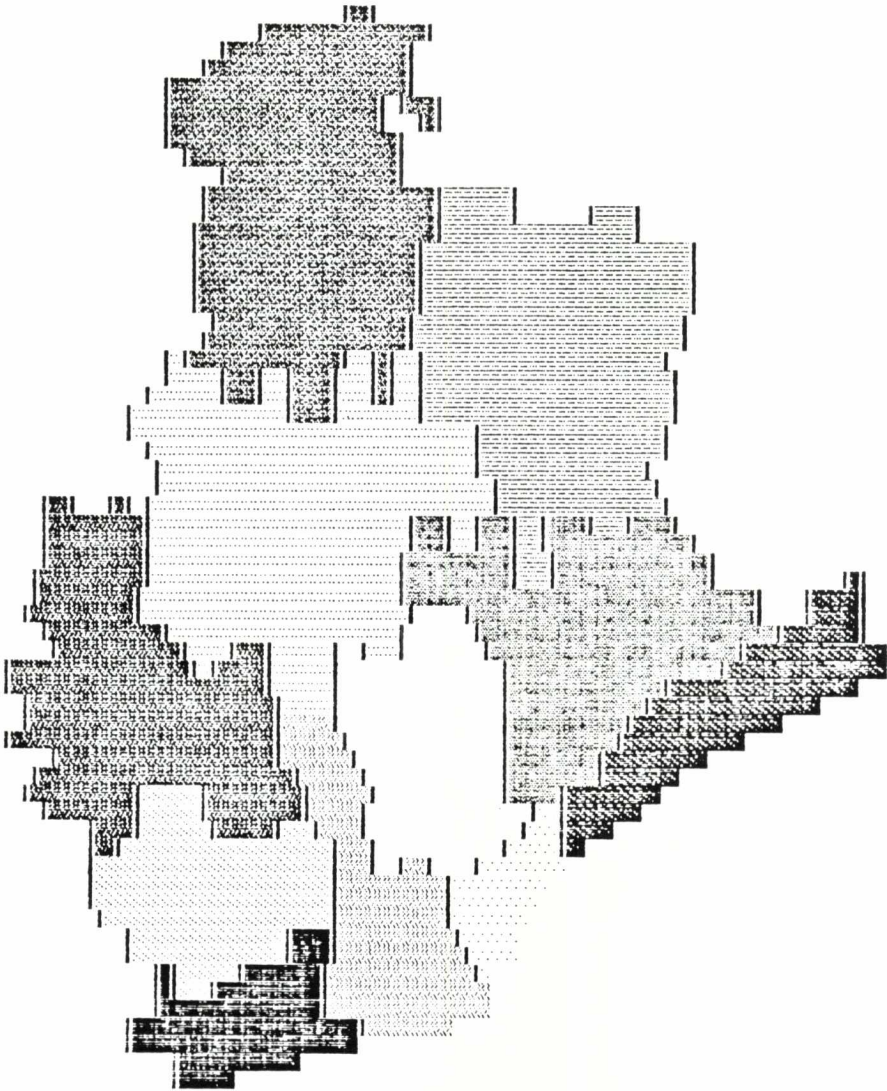


Fig. 3.4

4.3. Gràfics

La tècnica del "bit image" pot aprofitar-se també per a dibuixar gràfics de diferents funcions matemàtiques o representar dades experimentals sobre uns eixos de coordenades graduats. Els gràfics que s'obtenen són d'alta qualitat i amb un nivell de precisió més alta que els construïts manualment sobre un paper mil·limetrat de la mateixa mida, essent el temps d'execució també és curt. Tot això fa que aquesta tècnica sigui idònia per a la representació dels diferents tipus de gràfics que sovint són necessaris per a l'expressió de resultats.

Abans d'efectuar el dibuix de qualsevol gràfic cal vigilar certs factors que condicionen la forma de realitzar la representació.

En primer lloc cal veure com venen donades les dades a representar, ja que, segons la seva estructura, les rutines d'impressió han de plantejar-se de modes diferents. Les dades poden ésser bàsicament de dos tipus, un conjunt de valors on per a cada valor de la variable independent se'n troba un i només un de la variable dependent o bé una taula on per un mateix valor de les abscisses apareixen diferents valors de les ordenades.

Cal tenir en compte també que ambdós eixos de representació no són iguals ni en longitud ni en precisió, així doncs segons es faci l'assignació d'eixos s'obtidran diferents representacions, ja que en un cas les posicions dels punts a cada línia venen determinades pels valors de les abscisses i en l'altre són les ordenades qui assenyalen les posicions dels punts.

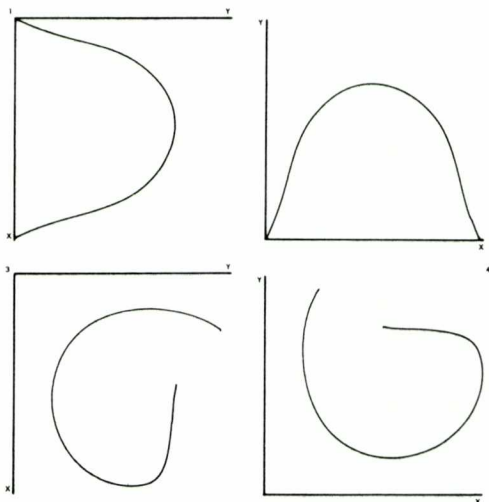


Fig. 3.5

Pel que s'ha exposat, les representacions de gràfics poden plantejar-se de quatre maneres diferents, dues segons l'estructura de les coordenades i dues segons es faci l'assignació d'eixos per a cada variable; aquests quatre tipus es presenten en la figura 3.5.

Hom observa que, entre el gràfic 1 i la resta, existeix una clara diferència a l'hora d'efectuar la seva representació. Mentre que en el primer cas només hi ha un punt a cada línia en tots els altres n'hi pot haver un o més d'un, per a aquest motiu les rutines d'anàlisi de les dades i de dibuix cal plantejar-les de manera diferent. Això fa abordar les representacions de dues formes, una per a les funcions del tipus $y=f(x)$, que són les més freqüents per a la descripció dels diferents fenòmens físics i químics, i l'altra per a les funcions de tipus paramètric, que a l'hora de resoldre certs tipus de problemes poden ésser també interessants.

4.3.1. Característiques generals dels gràfics

* Els punts del gràfic són impresos per línies horitzontals en grups de vuit. Cada grup de vuit línies es denomina escombrat del capçal d'impressió. A cada línia d'un mateix escombrat li correspon un valor diferent de la variable que es representa en aquest eix.

* L'eix que es pren en el sentit de progressió del paper és constituït per 640 punts, impresos en 80 escombrats de 8 punts cadascun. La distància que separa dos punts consecutius és de $1/72$ ".

* L'eix que es pren en sentit transversal del paper és constituït per 960 punts. La separació entre punts consecutius és de $1/120$ ".

* El temps d'impressió és variable i depèn de diversos factors, com són el nombre de punts que es deu imprimir, la forma o la rutina d'impressió utilitzada.

Donada la utilitat que té per a l'usuari d'un microordinador l'edició de gràfics amb una bona precisió dels resultats obtinguts, és convenient el desenvolupament de programes que executin aquesta feina.

4.4. El projecte "GRAFTRAC"

S'implementa un programa estàndard en llenguatge Basic que ofereix diverses possibilitats a l'usuari per a poder dibuixar diferents tipus de gràfics emprant la tècnica del "bit image".

4.4.1. Estructura i descripció del programa

El programa "GRAFTRAC" és constituït per dues parts diferencia-

des. La primera, on es generen els valors a partir d'una funció matemàtica del tipus $y=f(x)$ en un interval donat de la variable independent (XO, XM), calculant-se 641 parells de valors (X(J), Y(J)) seqüencialment a partir de l'origen del interval i amb un pas constant fins al valor superior. La segona part del programa permet l'edició dels parells de valors sobre uns eixos de coordenades.

Prèviament a la impressió, cal calcular les posicions que ocupen els punts dins cada línia i cada escombrat. Es cerquen els valors màxim i mínim d'abscisses (XM, XO) i ordenades (YM, YO) i es fixa un pas constant en ambdós eixos (DX, DY) segons el nombre de punts de cadascun; a continuació es calcula la posició (P) dels punts de l'escombrat i el seu ordre (C). La posició ve donada per les ordenades mentre que l'abscissa fixa l'ordre.

A continuació es fa la imatge de cada escombrat a la memòria del microordinador per a poder editar-la. Per a la impressió dels punts per escombrats successius, es troben les posicions màxima (PM) i mínima (PI). Amb el valor de PI es calculen el nombre d'espais en blanc que no cal imprimir (N), tenint en compte que cada caràcter està format per 12 columnes de punts i que deu posicions són necessàries per a l'eix d'abscisses.

Amb les valors de les posicions màxima i mínima de cada escombrat, es calculen els valors necessaris per a l'edició en "bit image" (M1 i M2) de la forma descrita en el capítol 2. Seguidament s'edita la porció de l'eix d'abscisses, es salten N espais en blanc i s'imprimeix la imatge de l'escombrat enmagatzemat a la memòria del microordinador.

La informació s'envia vers la impressora per la porta 14312 (H 37E8) quan aquesta es troba lliure, amb les instruccions anteriorment descrites. Es restableixen les condicions inicials, avança el paper i comença l'anàlisi de les vuit línies següents.

Aquesta seqüència d'operacions es repeteix fins a imprimir l'última línia.

Amb aquesta estructura s'aconsegueix un programa curt i de fàcil execució que afavoreix la velocitat d'impressió, doncs s'aconsegueix que el fluxe de dades vers la impressora sigui l'ídoni.

4.4.2. Característiques dels gràfics

Els gràfics obtinguts, s'ajusten a les característiques generals exposades en el punt 3.1, però presenten les següents particularitats:

* Es treballa amb doble densitat d'impressió (960 p.p.l), de manera que s'aconsegueix la màxima precisió, i ajustant el salt de línia a 8/72".

* L'eix d'abscisses es pren en el sentit de progressió del paper, mentre que el d'ordenades es pren transversalment.

* L'eix d'abscisses es constituït per 641 punts, de manera que la primera posició, corresponent al valor mínim, cau sobre l'eix d'ordenades, les 640 restants són repartides en 80 escombrats de 8 punts cadascun. L'eix creix de dalt a baix.

* L'eix d'ordenades, que és constituït per 960 punts, creix d'esquerra a dreta i només té 951 posicions vàlides per a la representació, ja que 10 punts són utilitzats per a assenyalar les graduacions de l'eix d'abscisses a cada desplaçament del paper.

* El temps d'impressió d'un gràfic és variable i depèn lleugerament de la seva forma, però, és el voltant dels 5' per a qualsevol funció del tipus $y=f(x)$.

Diferents resultats del programa poden observar-se en les figures 3.6 i 3.7.

4.4.3. Altres rutines gràfiques

Es desenvolupen a partir de la rutina d'impressió original algunes variants que poden ésser d'utilitat per a obtenir diferents tipus de gràfics. Les modificacions desenvolupades són només un exemple i ha d'ésser cada usuari qui adapti les possibilitats que ofereix aquesta tècnica a les seves necessitats particulars.

1. Gràfics amb reomplert vertical

S'observa en alguns tipus de gràfics, per raó de la seva forma, que les zones de màxima pendent queden poc definides, ja que els punts que defineixen la corba es troben molt espaiats. Atès que no és possible la representació de més punts per manca d'espai a l'eix d'abscisses, s'uneixen els punts consecutius mitjançant una línia recta amb l'afany de guanyar definició. En la figura 3.8 es presenta el gràfic que dona els nivells de SO_2 a Barcelona al llarg de 1983. El gràfic, que s'obté sense efectuar la modificació abans esmentada, correspon a la figura 3.9 on l'únic que s'aprecia es un núvol indefinit de punts.

2. Gràfics sobreposats

Aquesta rutina permet la representació simultània d'un conjunt de funcions del tipus $y_i=f_i(x)$, de manera que sigui fàcil l'observació de diferències i similituds en cada punt de les funcions que es representen. La rutina d'impressió és del mateix tipus que la descrita anteriorment, però, a les coordenades s'hi afegeix un nou índex per a distinguir les

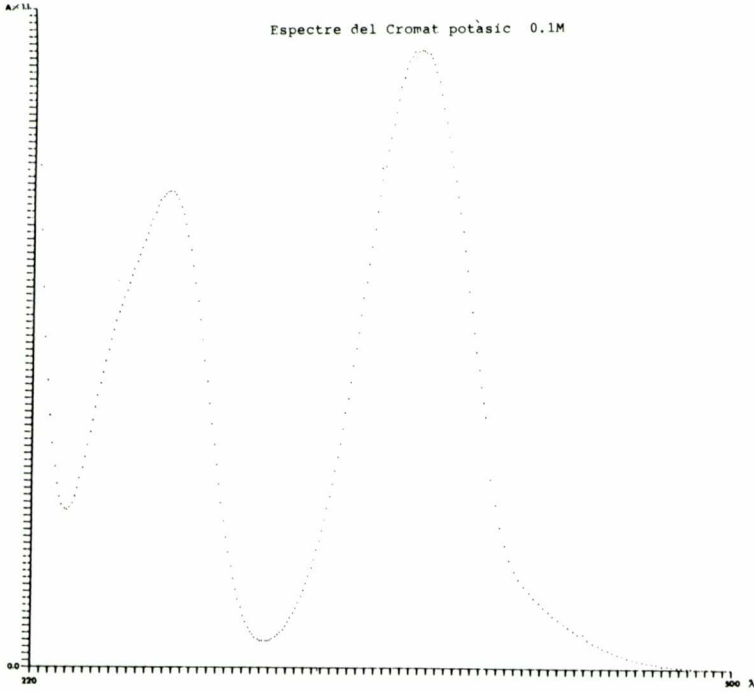


Fig. 3.6

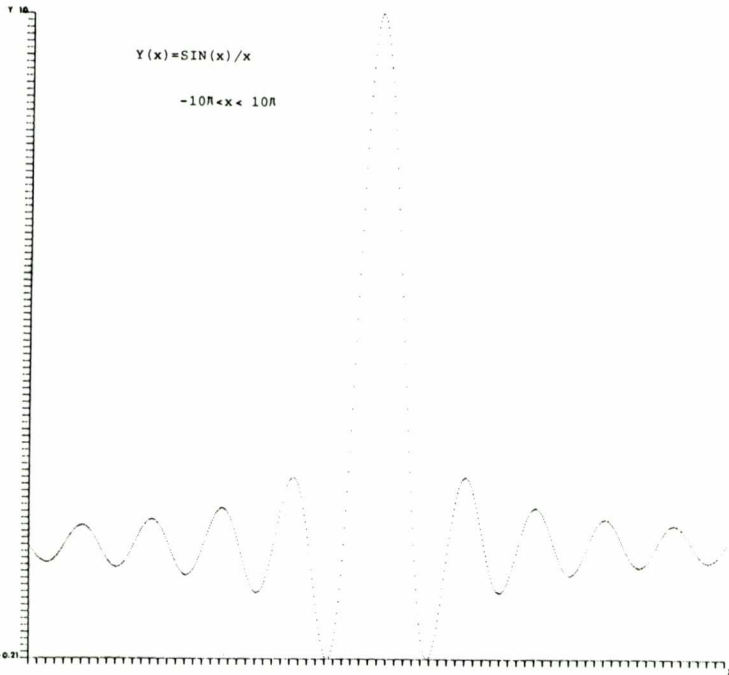


Fig. 3.7

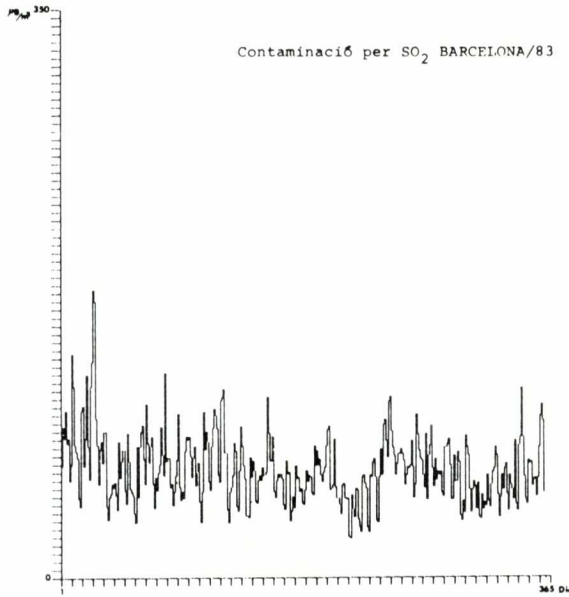


Fig. 3.8

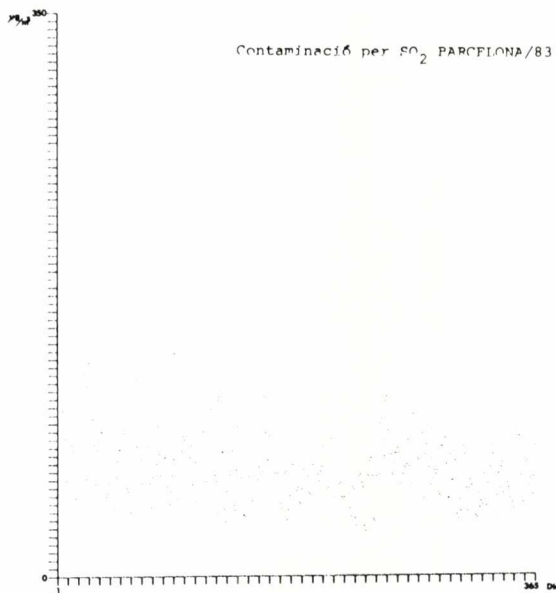


Fig. 3.9

que corresponen a cada funció. A la figura 3.10 s'observa un exemple d'aquest tipus de representacions.

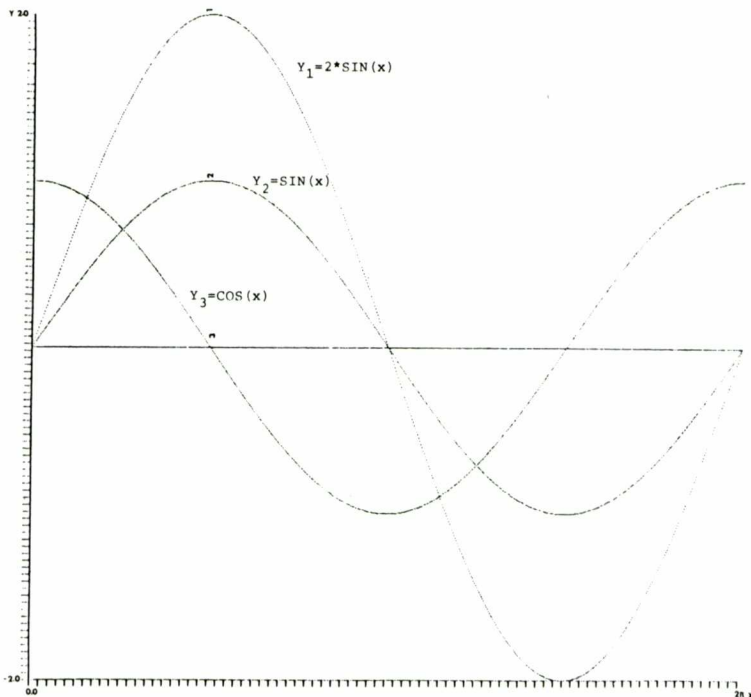


Fig. 3.10

3. Corbes de tipus paramètric

A l'hora de representar funcions on les coordenades són expressades per equacions de tipus paramètric, cal tenir en compte que sovint per un mateix valor de les abscisses es presenten diferents valors de les ordenades. Ja que a cada línia el nombre de punts a imprimir és variable, caldrà per a cada valor de les abscisses cercar totes les ordenades que li corresponguin.

L'assignació d'eixos, en aquest cas, es fa a l'inrevés, és a dir l'eix d'abscisses es pren en sentit transversal del paper i creix d'esquerra a dreta mentre que el d'ordenades es pren en el sentit de progressió del paper i creix de baix a dalt.

La rutina de dibuix, en aquest cas, analitza els valors de les ordenades i efectua l'assignació de la línia a la que corresponen respecte a l'origen, mentre que la posició dins d'una línia ve donada pel valor de l'abscissa.

L'eix d'abscisses, en aquest tipus de gràfics, només té 940 posicions vàlides per a la representació, atès que el dibuix queda emmarcat pels quatre costats per a facilitar la seva lectura.

El temps d'impressió d'un gràfic d'aquesta mena és més llarg que el de funcions del tipus $y=f(x)$, car es fa l'anàlisi a cada línia de tots els punts a representar. El temps mig pel dibuix d'una funció d'aquest tipus en la que cal representar 2000 punts és al voltant de 1 h. 30'.

En la figura 3.11 es dóna un exemple, on la funció es genera per coordenades polars i es fa la seva representació cartesiana.

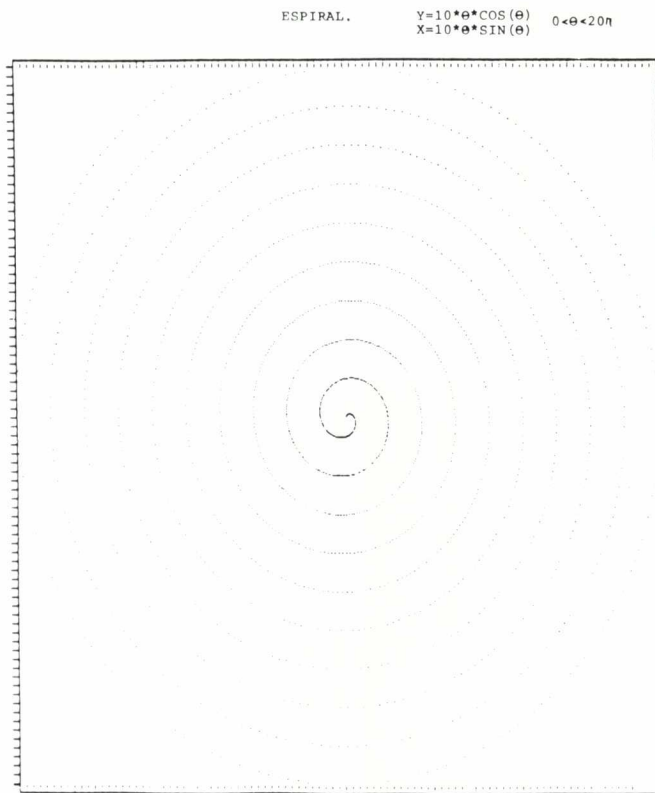
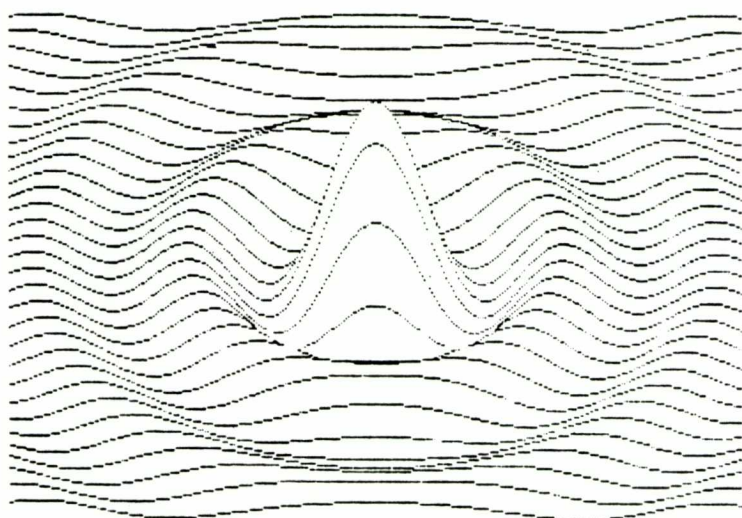


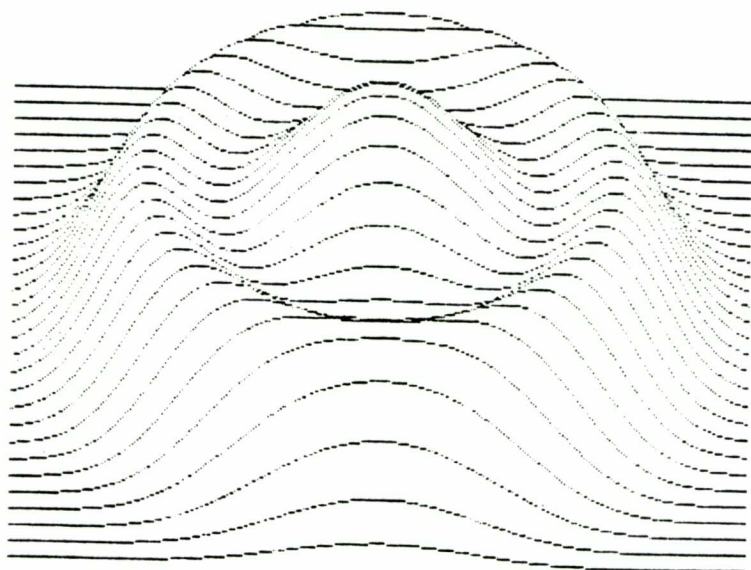
Fig. 3.11

4. Gràfics tridimensionals (J.I Bartolomew 1984)

Mitjançant aquest programa, poden representar-se funcions de tres variables, donant sensació de relleu, com s'observa en les figures 3.12 i 3.13.



$$Z = 10 \cdot \frac{\sin(\sqrt{X^2 + Y^2})}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \quad \begin{matrix} (-15 \leq X \leq 15) \\ (-15 \leq Y \leq 15) \end{matrix}$$



$$Z = 15 \cdot \exp(-(X^2 + Y^2)/50) + 8 \cdot \exp(-(\sqrt{X^2 + Y^2} - 10)^2) - 4$$

Fig. 3.12 i 3.13

Donades les característiques d'aquests gràfics, en els quals cal esborrar línies que els defineixen per a donar sensació tridimensional, s'han de construir a la memòria del microordinador, ja que, a mida que es van creant línies, cal esborrar-ne d'anteriors. La construcció d'aquests gràfics pot ésser problemàtica quant a la seva grandària i l'espai de memòria ocupat, per tant cal treballar amb mides més reduïdes que les emprades fins ara.

Un cop construït el gràfic sencer a la memòria de l'ordinador, es treu tota la informació per escombrats successius vers la impressora. S'obtenen excel·lents resultats i donen a aquesta tècnica la possibilitat d'efectuar diferents dibuixos de superfícies de resposta, sovint emprades en el tractament de dades analítiques.

5. AVALUACIÓ DE RESULTATS

5.1. Gràfics de funcions

Bàsicament es desenvolupen dos tipus de rutines d'impressió diferents. Una que permet dibuixar qualsevol tipus de funció, independentment de com siguin generats els seus parells de valors i del nombre de punts que calgui imprimir, i una altra, específica per a funcions del tipus $y=f(x)$, en la qual, si bé es limiten les representacions que poden editar-se, es millora en molt el temps d'impressió.

Als gràfics obtinguts emprant la tècnica del "bit image", la distància horitzontal entre posicions successives és de 0.21 mm., mentre que la separació vertical entre punts veïns és de 0.35 mm., de manera que si no es presenten salts o discontinuïtats el dibuix dóna sensació de continuïtat.

Mitjançant aquesta tècnica, pot efectuar-se la representació gràfica de qualsevol conjunt de valors, ja siguin experimentals o matemàtics, amb una precisió i exactitud notables, essent els gràfics obtinguts d'una alta qualitat.

5.2. Dibuixos i grafismes

A l'edició de dibuixos i grafismes també s'aconsegueixen excel·lents resultats, donada la possibilitat que ofereix el "bit image" de definir amb molta precisió la forma del dibuix.

S'observa que, previ disseny i codificació, pot editar-se qualsevol tipus de dibuix i grafisme, que sovint són d'utilitat en la presentació de

resultats editats per ordinador, atès que és perfectament compatible el "bit image" amb l'edició de caràcters alfanumèrics dins una mateixa línia.

El principal inconvenient a l'utilitzar aquesta tècnica per a l'edició de gràfics i dibuixos, és l'elevat temps d'impressió emprat per a les diferents edicions. Donat el gran nombre de punts per línia i la poca capacitat del "buffer" de la impressora, la impressió d'una línia completa requereix carregar-lo quatre vegades, amb la corresponent pèrdua de temps. Cal afegir també, que quan la impressora treballa en mode gràfic, només imprimeix unidireccionalment. Aquests dos factors limiten la velocitat d'impressió tot i que les rutines de càlcul siguin òptimes.

Amb tot, els diferents avantatges trobats amb l'ús del "bit image" per a l'edició de gràfics i dibuixos superen amplement els inconvenients existents. Així doncs cal aprofundir en el coneixement d'aquesta tècnica per arribar a l'optimització del temps necessari per a l'edició de les representacions desitjades.

6. AGRAÏMENTS

Aquest treball, dut a terme al Departament de Química Analítica de l'Institut Químic de Sarrià, correspon a un resum del treball de fi de carrera de l'autor que expressa el seu profund agraïment al Dr. Xavier Tomàs i Morer, director del projecte, pel seu ajut i col·laboració.

L'autor agraeix també l'ajuda de tots aquells companys i professors que d'una manera anònima han col·laborat desinteressadament en la realització d'aquest treball.

BIBLIOGRAFIA

- * Bartholomew, J. I. *Computing Today*, 15-8. (Feb. 1984).
- * Farrando Boix, R. *Mundo Electrónico* 121, 93. (1982).
- * Goodwin, M. D. *80 Micro* 298-11. (Des. 1982).
- * Keller, M. *80 Micro*. 282-94. (Jun. 1983).
- * Muntané, F. *Condal, Ll.T.F.C I.Q.S* (1971).
- * *Manual EPSON MX-80/III*. EPSON Corp. (1982).