

Robòtica Industrial

Enginyeria en Informàtica
Curs 2004 / 2005

Primera Pràctica

Francisco José Aguilar Celdrán
Sergio Blanco Cuaresma

Taula de Continuts

1. Enunciat.....	3
2. Anàlisi del problema i decisions de disseny.....	4
3. Estructura i disseny de l'aplicació.....	5
4. Implementació.....	6

1. Enunciat

Objectiu

Implementació d'un programa en llenguatge RAPL que permeti que un braç robot CRS A255 serveixi un màxim de tres copes de cava. El programa haurà d'executar-se a la controladora del robot i realitzarà les següents accions cada vegada que s'executi:

1. Col·locar tres espelmes formant un triangle.
2. Demanar per teclat el nombre N de copes que han de ser servides, amb un màxim de tres copes.
3. Col·locar N sotacopes al voltant de les espelmes.
4. Col·locar N copes a sobre dels sotacopes anteriors.
5. Agafar una ampolla i fer el moviment necessari per vessar el suposat líquid contingut a l'ampolla dins de les copes corresponents.
6. Agafar cada copa successivament i oferir-la a un suposat convidat, deixant-la anar quan es polsi una tecla.

Les espelmes, sotacopes, copes i ampolla estaran situades inicialment de manera que se simplifiqui tot el procés.

S'haurà de procurar que el nombre de punts agafats amb la controladora del robot sigui baix.

Es valorarà la utilització de subrutines que permetin reaprofitar codi.

Lliurament

La pràctica es realitzarà en grups de dues persones com a màxim i serà lliurada abans de l'examen de primera convocatòria de l'assignatura. El lliurament consistirà en una demostració pràctica al laboratori i una documentació de la implementació realitzada. Aquesta documentació es remetrà dins d'un sobre amb el nom dels estudiants clarament visible i amb totes les pàgines numerades i sense grapar.

A més de la documentació impresa, s'enviarà a l'adreça *magarcia@etse.urv.es* un missatge amb el codi font de la pràctica.

2. Anàlisi del problema i decisions de disseny

És necessari dur a terme un conjunt de passos fora de línia per establir de forma prèvia les condicions necessàries per al desenvolupament normal de la tasca a realitzar. Caldrà establir diferents localitzacions movent el robot manualment amb el Teach Pendant i guardant els posicionaments en localitzacions de la controladora, que posteriorment s'exportaran per poder obtenir-ne les coordenades.

Primerament cal establir les posicions inicials de tots els elements, en la part oposada a la zona de treball on es situaran les posicions finals dels objectes a manegar. En les posicions inicials de tots els objectes es tractarà de minimitzar el nombre de punts a emmagatzemar, de manera que tot i que tenim tres sotacopes, tres espelmes i tres copes, només guardarem un punt inicial per a cadascun d'aquests elements.

La disposició inicial de les espelmes estarà configurada per una torre vertical amb les tres espelmes una damunt de l'altra, emmagatzemant el punt inicial a les coordenades de l'espelma superior i desplaçant després en l'eix z aquesta localització per poder agafar les altres espelmes.

La configuració inicial de les copes s'establirà de forma que es guardi la posició inicial de la primera copa, ubicada amb la base de la copa damunt la taula i no a l'inversa, i per poder obtenir les restants copes només calgui fer un desplaçament respecte de la posició inicial. El desplaçament es realitzarà en funció de l'angle de gir de l'articulació base del robot, girant quinze graus per a cada nova copa. Les copes s'agafaran pel punt més estret de la part inferior de la copa.

Una vegada establertes les copes, la disposició dels sotacopes decidida serà damunt de les copes, de forma centrada, podent així la pinça del robot agafar un dels extrems del sotacopa sense tenir cap obstacle ja que la copa situa en una posició elevada respecte de la taula el sotacopes. Es realitzarà el mateix gir de quinze graus per obtenir els altres sotacopes de les restants copes.

Pel que fa l'ampolla s'agafarà amb la pinça en diagonal per tal de què no rellisqui en elevar-se i desplaçar-se agafada a la pinça.

En establir les posicions inicials, el següent pas serà ubicar les posicions finals de tots els elements, on sí que es guardaran tots els punts i no es calcularan en funció de punts inicials. Les espelmes, sotacopes i copes situaran manualment amb el Teach Pendant cercant posicions en forma de triangle per a totes elles verificant a més que en cap de les posicions es força una posició extrema del robot que pugui portar a moviments impossibles degut a les restriccions de les articulacions. S'ha decidit que els sotacopes es col·locaran abans que les espelmes per tal d'evitar col·lisions amb les espelmes en ubicar els sotacopes. Les copes es situaran damunt de cada sotacopes de forma centrada.

Per passar de les localitzacions inicials a les localitzacions finals s'ha definit un punt de pas pel qual passaran tots els moviments entre les dues parts de l'àrea de treball. A més, es definirà una posició base per a servir les copes, des de la qual el braç robot s'inclinarà i a la que tornarà a pujar abans d'inclinar-se a servir una altra copa. Només resta doncs ubicar manualment els tres punts amb l'ampolla inclinada just damunt de cada copa, de forma que es faci el gest de plenar cada copa des de la posició base de servei a la posició de plenat de cada copa. Finalment es guardarà una posició per oferir la copa a l'usuari, i una posició intermitja entre les tres copes a servir de forma que el braç

robot pugui accedir sense risc de tombar cap copa a agafar les diferents copes a servir una vegada plenes.

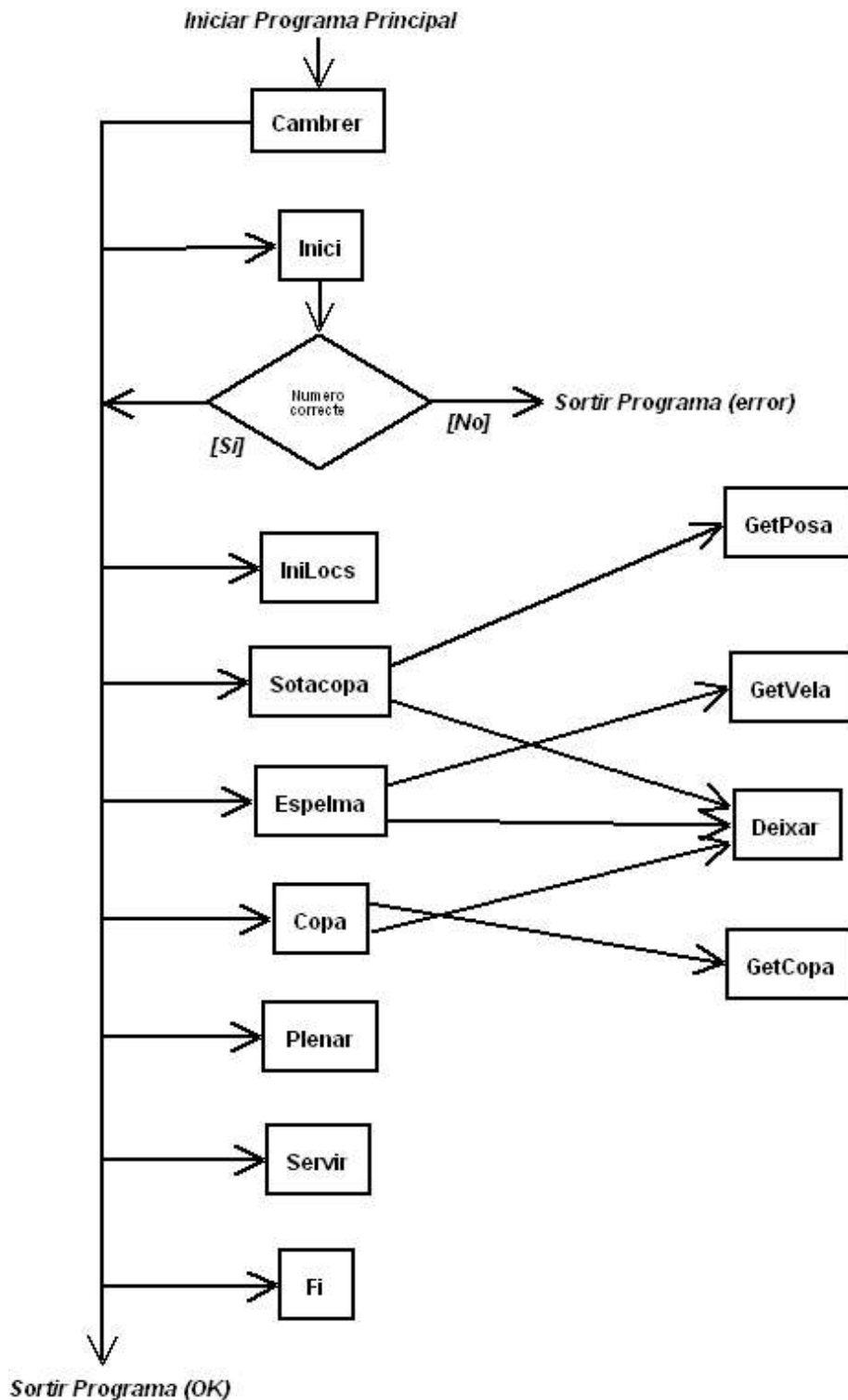
Totes les localitzacions que s'empraran en el programa seran carregades directament des del codi font de l'aplicació, de manera que no es suposarà que calgui carregar-les prèviament a la controladora del robot, sinó que es definiran al propi codi font, on estaran guardades les diferents coordenades de cada punt. En finalitzar el programa les esmentades localitzacions, així com les diferents variables que s'utilitzin, s'esborraran per tal de treballar de la forma més polida possible i no deixar informació inútil en la controladora, donat que totes les localitzacions i variables tenen àmbit global a tots els programes carregats en la controladora.

Aleshores, el funcionament general del l'aplicatiu serà el següent:

- Ubicar-se en les condicions inicials d'origen.
- Demanar a l'usuari el nombre de copes a servir (N).
- Establir les localitzacions.
- Col·locar N sotacopes en les posicions finals
- Col·locar N espelmes en les posicions finals (decisió de disseny, una espelma per persona).
- Col·locar N copes sobre els sotacopes.
- Agafar l'ampolla i servir cada copa.
- Deixar l'ampolla en la posició inicial.
- Repetir N vegades el gest d'agafar la copa i servir-la a l'usuari deixant-la anar quan es demani.
- Tornar a les condicions inicials d'origen.
- Esborrar les localitzacions.

3. Estructura i disseny de l'aplicació

Segons l'anàlisi del funcionament plantejat en l'anterior apartat, les decisions de disseny preses, i les localitzacions obtingudes en la part de treball fora de línia, s'ha dissenyat el següent programa en RAPL per tal de realitzar la tasca requerida amb un programa que estigui estructurat en mòduls funcionals segons les diferents parts de l'aplicació:



Com es mostra en el diagrama anterior, tot el flux del programa es gestiona des del modul principal Cambrer des del qual s'obté inicialment el nombre de copes que l'usuari desitja que es serveixin, i en cas de ser un valor correcte, entre 1 i 3, es procedeix a la execució seqüencial dels diferents mòduls del programa, on inicialment es carreguen les localitzacions en la controladora. Els mòduls SotaCopa, Espelma i Copa tenen cadascun d'ells un submodul GetPosa, GetVela i GetCopa respectivament en els quals el robot agafa l'objecte corresponent i el porta al punt de pas, seguidament, un submòdul comú Deixar ubica els objectes en la seva posició de destí. Una vegada tots els objectes estan preparats en la taula en les seves posicions finals s'executa el mòdul Plenar en el qual el robot agafa l'ampolla, serveix les copes corresponents i torna a deixar l'ampolla al punt d'origen. Finalment en el mòdul Servir el robot agafa les copes d'una a una i les porta al punt de servei per a oferir-les a l'usuari deixant-les anar quan l'usuari ho determina per teclat. En el mòdul Fi s'esborren les localitzacions i variables del programa i es retorna a la posició inicial del robot.

4. Implementació

Fitxer "Cambrer.txt"

```
; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Programa Principal que gestiona tot el proces del cambrer.
; Us: RUN CAMBRER
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
GOSUB INICI
IF NCOPES > 3 THEN 1
READY
GOSUB INILOCS
GOSUB SOTACOPA NCOPES
GOSUB ESPELMA NCOPES
GOSUB COPA NCOPES
GOSUB PLENAR NCOPES
GOSUB SERVIR NCOPES
GOSUB FI
GOTO 2
1 PRINTF 1,'ERROR, EL NOMBRE DE COPES HA DE ESTAR ENTRE 1 I 3.'
2 RETURN
$
```

Fitxer "Inici.txt"

```
; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma que obte el numero de copes a servir.
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
PRINTF 1 '\N'
PRINTF 1,'PRACTICA 1 DE ROBOTICA INDUSTRIAL : ROBOT CAMBRER'
PRINTF 1 '\N\R'
PRINTF 1,'INTRODUIR EL NOMBRE DE COPES A SERVIR: '
INPUT NCOPES
RETURN
$
```

Fitxer "Inilocs.txt"

```
; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma de inicialitzacio de les diverses localitzacions
; utilitzades en el programa. Es deixa el robot en la posicio
; incial READY amb l'eina del canell oberta.
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
POINT COPAINI, +390.1902, -360.8144, +025.9605, -042.7600, +032.8274, +001.3050
POINT POSAINI, +354.7762, -321.8043, +187.9962, -042.2100, +007.0199, +092.0699
POINT VELAINI, +447.2500, -145.8810, +38.9690, +161.9350, +89.3930, -178.6950
POINT BOTEINI, +2.4540, -426.0360, +128.5460, -89.6700, +5.1970, +3.3300
POINT POSAF[0], +49.5380, +498.9480, +38.6630, +84.3300, +42.3900, +90.3150
POINT POSAF[1], -24.8418, +349.1248, +040.7207, +94.0699, +42.3900, +90.3150
POINT POSAF[2], +183.8170, +352.3590, +37.4640, +62.4500, +42.3900, +90.3150
POINT COPAF[0], +63.2000, +534.3730, +26.3490, +83.2550, +31.7470, +0.0000
POINT COPAF[1], -11.6270, +397.6020, +27.2150, +91.6750, +31.7700, +0.0000
POINT COPAF[2], 214.3320, +382.6400, +28.6350, +60.7450, +34.0650, +0.0000
POINT VELAF[0], +98.2830, +407.8100, +18.5180, -103.5500, +89.3930, -178.6950
POINT VELAF[1], +65.4100, +459.0190, +18.7020, -98.1100, +89.3930, -178.6950
POINT VELAF[2], +136.0070, +461.9620, +20.4310, -106.4050, +89.3930, -178.6950
POINT PUNTPAS, +389.0440, -2.1050, +417.3940, -0.3100, +31.7700, +0.0000
POINT BOTEF[0], +133.6929, +478.8341, +237.5516, +074.4000, +017.5500, -058.5900
POINT BOTEF[1], +088.7495, +365.4511, +277.9409, +076.3500, +017.5500, -058.5900
POINT BOTEF[2], +093.6694, +408.8180, +305.2813, +077.0949, +010.5075, +099.8999
POINT POSFI, +217.6691, +567.0475, +491.0652, +069.0000 -000.9000, +000.0000
```



```
POINT POSSERV, +118.5737, +379.9952, +445.3345, +072.6699, -000.900, +000.0000
POINT SERVEI, +092.7372, +364.8866, +070.6142, +075.7399, +034.0650, +000.000
READY
OPEN
FINISH
RETURN
$
```

Fitxer "Sotacopa.txt"

```
; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma de que coloca el numero de sotacopes especificat
; en les posicions finals corresponents, a partir de les
; respectives posicions inicials i passant per un punt de pas.
; US: GOSUB SOTACOPA [NUM_COPEs]
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
! INDEX = 0
SPEED 40
; MOVE PUNTPAS
DO
GOSUB GETPOSA INDEX 50 POSAINI POSSERV
GOSUB DEIXAR 20 POSAF[INDEX]
MOVE PUNTPAS
! INDEX = INDEX + 1
WHILE INDEX < %0
DVAR INDEX
RETURN
$
```

Fitxer "Espelma.txt"

```
; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma de que coloca el numero de espelmes especificat
; en les posicions finals corresponents, a partir de les
; respectives posicions inicials i passant per un punt de pas.
; US: GOSUB ESPELMA [NUM_COPEs]
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
! INDEX = 0
SPEED 80
MOVE PUNTPAS
FINISH
DO
GOSUB GETVELA VELAINI PUNTPAS
GOSUB DEIXAR 30 VELAF[INDEX]
MOVE PUNTPAS
SHIFT VELAINI BY 0,0,-10
! INDEX = INDEX + 1
WHILE INDEX < %0
DVAR INDEX
RETURN
$
```

Fitxer "Copa.txt"

```
; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma de que coloca el numero de copes especificat
; en les posicions finals corresponents, a partir de les
; respectives posicions inicials i passant per un punt de pas.
; US: GOSUB COPA [NUM_COPEs]
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
! INDEX = 0
SPEED 80
MOVE PUNTPAS
```

```

FINISH
DO
GOSUB GETCOPA INDEX 50 COPAINI PUNTPAS
GOSUB DEIXAR 50 COPAF[INDEX]
FINISH
MOVE PUNTPAS
! INDEX = INDEX + 1
WHILE INDEX < %0
DVAR INDEX
RETURN
$

```

Fitxer "Getposa.txt"

```

; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma que agafa el numero de posagot que indica el primer
; parametre aproximant-se la distancia del segon parametre a
; la localitzacio referenciada pel tercer parametre, i movent-se
; finalment a la localitzacio del quart parametre.
; Us: GOSUB GETPOSA [NUM_POSAGOTS] [LONGITUD] [LOC_POSA] [PUNT_PAS]
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
APPRO %2, %1
! OFFSET = -15 * %0
JOINT 1, OFFSET
FINISH
SPEED 20
DEPART -%1
FINISH
CLOSE
FINISH
Z %1
FINISH
SPEED 80
MOVE %3
RETURN
$

```

Fitxer "Getvela.txt"

```

; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma que agafa el numero de espelma que indica el primer
; parametre, ubicada en la localitzacio del segon parametre.
; El tercer valor es el punt intermig de pas a posicions finals.
; Us: GOSUB GETVELA [LOC_ESPELMA] [PUNT_PAS]
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
APPRO %0, 50
FINISH
SPEED 20
MOVE %0
FINISH
CLOSE
FINISH
DEPART 30
FINISH
SPEED 80
MOVE %1
RETURN
$

```

Fitxer "Getcopa.txt"

```

; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma que agafa el numero de copa que indica el primer
; parametre aproximant-se la distancia del segon parametre a

```

```
; la localitzacio referenciada pel tercer parametre, i movent-se
; finalment a la localitzacio del quart parametre.
; Us: GOSUB GETCOPA [NUM_COPA] [LONGITUD] [LOC_COPA] [PUNT_PAS]
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
APPRO %2, %1
! OFFSET = -15 * %0
JOINT 1, OFFSET
FINISH
SPEED 20
DEPART -%1
FINISH
CLOSE
FINISH
Z %1
FINISH
SPEED 80
MOVE %3
RETURN
$
```

Fitxer "Deixar.txt"

```
; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma que deixa l'objecte amb l'index indicat pel primer
; parametre en la posicio indicada pel tercer parametre, fent
; una aproximacio des de la distancia del segon parametre.
; Us: GOSUB DEIXAR [LONGITUD] [LOCALITZACIO]
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
APPRO %1, %0
SPEED 15
MOVE %1
FINISH
OPEN
FINISH
DEPART %0
SPEED 80
RETURN
$
```

Fitxer "Plenar.txt"

```
; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma que plena el numero de copes especificat, agafant
; previament l'ampolla de la seva posicio inicial i servint a
; cada copa amb el gest adequat. Es retorna finalment l'ampolla
; a la seva posicio inicial.
; Us: GOSUB PLENAR [NUM_COPEs]
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celdran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
! INDEX = 0
SPEED 80
APPRO BOTEINI, 50
SPEED 15
MOVE BOTEINI
FINISH
CLOSE
FINISH
Z 50
SPEED 80
MOVE POSSERV
DO
SPEED 40
MOVE BOTEF[INDEX]
SPEED 80
MOVE POSSERV
```

```

! INDEX = INDEX + 1
WHILE INDEX < %0
DVAR INDEX
MOVE PUNTPAS
APPRO BOTEINI, 50
SPEED 20
MOVE BOTEINI
FINISH
OPEN
FINISH
DEPART 50
SPEED 80
MOVE PUNTPAS
RETURN
$

```

Fitxer "Servir.txt"

```

; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma que ofereix als usuaris les NCOPES demanades,
; esperant a que l'usuari premi 'enter' per deixar anar la copa
; des de la posicio final de servei del cambrer.
; Us: GOSUB SERVIR [NUM_COPEs]
; Autors: Francisco José Aguilar Celldran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
! INDEX = %0 - 1
SPEED 80
DO
MOVE PUNTPAS
MOVE POSSERV
MOVE SERVEI
APPRO COPAF[INDEX], 30
FINISH
SPEED 20
MOVE COPAF[INDEX]
FINISH
CLOSE
FINISH
DEPART 20
SPEED 80
JOINT 1, -50
MOVE POSFI
PRINTF 1 '\n'
PRINTF 1, 'COPA OFERIDA, PREMIER 'ENTER' PER AGAFAR-LA: '
INPUT AGAFAR
OPEN
FINISH
! INDEX = INDEX - 1
WHILE INDEX >= 0
DVAR INDEX
DVAR AGAFAR
RETURN
$

```

Fitxer "Fi.txt"

```

; *****
; Practica 1 de Robotica Industrial - Cambrer Robotitzat
; Subprograma que esborra del controlador les variables creades
; en els subprogrames INICI i INILOCS. Es mostra a mes un missatge
; indicant la correcta finalitzacio i es torna a la posicio READY.
; Autors: Francisco Jose Aguilar Celldran i Sergio Blanco Cuaresma.
; *****
! CONTADOR = 0
DO
DLOC COPAF[CONTADOR]
DLOC POSAF[CONTADOR]
DLOC VELAF[CONTADOR]

```

```
DLOC BOTEF[CONTADOR]
! CONTADOR = CONTADOR + 1
WHILE CONTADOR < NCOPE$
DVAR NCOPE$
DVAR CONTADOR
DLOC PUNTPAS
DLOC POSSERV
DLOC COPAINI
DLOC POSAINI
DLOC VELAINI
DLOC BOTEINI
DLOC POSFI
DLOC SERVEI
READY
PRINTF 1 '\n'
PRINTF 1,'EL CAMBRER HA SERVIT CORRECTAMENT LES COPES DEMANADES. QUE VAGI DE GUST!'
PRINTF 1 '\n'
RETURN
$
```