

Câmpurile cuvântului de comandă sunt:

1. Adresa bufferului utilizat pentru transfer;
2. Contorul de cuvinte indică lungimea bufferului, deci numărul de cuvinte pe care le conține;
3. Câmpul de operație specifică operația care trebuie executată: o intrare, o ieșire sau alte operații;
4. Câmpul special indică o funcție specifică unui anumit dispozitiv de I/E, câteva din acestea fiind indicate în figură.

Canalul de I/E asigură transferul datelor între mai multe periferice și memorie. Canalul și UCP utilizează aceeași memorie, astfel că numărul de periferice este limitat de timpul de acces al memoriei. Unele unități rapide, ca discurile magnetice, pot utiliza un număr mare de cicluri de memorie. În acest caz, viteza UCP va fi micșorată, deoarece va trebui să aștepte terminarea unui acces la memorie de către canal înaintea utilizării memoriei.

### 2.4.3. Exemple de canale de I/E

#### 2.4.3.1. Canalul de I/E al calculatoarelor IBM System/370

În mod obișnuit, utilizarea canalelor de I/E a fost asociată cu calculatoarele mari (*mainframe*), din următoarele motive:

- Calculatoarele mari au în general memorii externe de mare capacitate;
- Cele mai multe calculatoare mari permit conectarea simultană a unui număr mare de utilizatori, de ordinul sutelor.

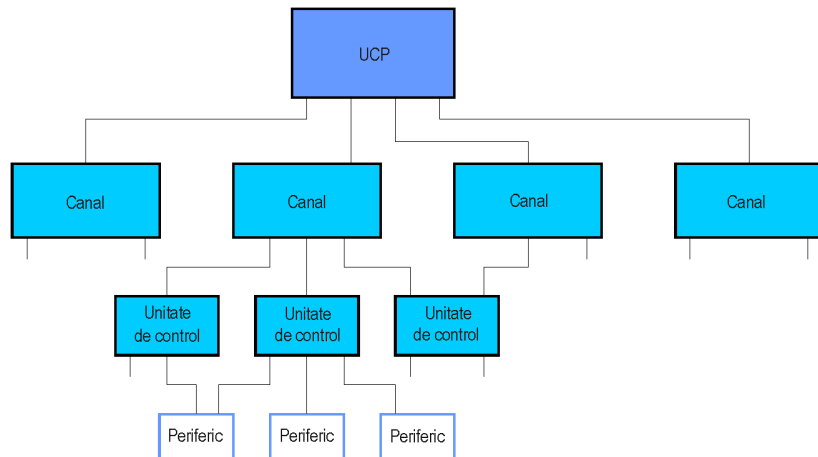
Utilizarea canalelor de I/E s-a extins la minicalculatoare și chiar la microcalculatoare. Cu toate acestea, cel mai cunoscut canal de I/E este cel utilizat la calculatoarele de tip *mainframe* ale IBM, cele mai multe dintre acestea fiind bazate pe arhitectura IBM System/370.

Figura 2.19 prezintă structura subsistemului de I/E pentru familia de calculatoare IBM 370 [17].

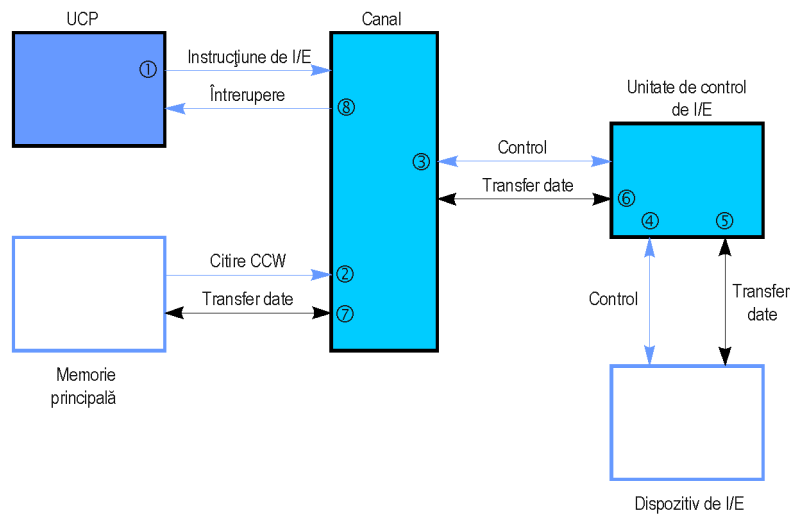
UCP controlează unul sau mai multe canale. Un canal poate fi un multiplexor la nivel de octet sau de bloc. Fiecare canal gestionează unul sau mai multe controlere de I/E, numite *unități de control*. La o unitate de control se conectează un set de periferice similare sau identice. De exemplu, la un controler de disc se conectează mai multe unități de disc.

După cum se poate observa în figură, o unitate de control poate fi conectată la mai multe canale, iar un periferic poate fi conectat la mai multe unități de control. Astfel se asigură mai multe căi fizice între UCP și un periferic,

iar în cazul în care o cale este ocupată sau este invalidată, se poate utiliza o altă cale.



**Figura 2.19.** Structura sistemului de I/E a calculatoarelor IBM 370.



**Figura 2.20.** Execuția unei operații la canalul de I/E IBM 370.

Există trei tipuri de *directive de I/E*:

- Instrucțiuni de I/E ale UCP;
- Comenzi de canal;
- Ordine pentru unitățile de control.

Fiecare tip se utilizează pentru controlul operațiilor de I/E la nivele hardware diferite și asigură nivele diferite de detaliere în ceea ce privește operațiile de I/E. În Figura 2.20 se prezintă etapele de execuție a unei operații de I/E.

Etapele de execuție sunt următoarele:

1. UCP inițiază operația de I/E printr-o instrucțiune de I/E adresată unui canal de I/E.
2. Canalul citește din memorie unul sau mai multe *cuvinte de comandă ale canalului* (*Channel Command Word - CCW*), și execută comenzile sau instrucțiunile acestor cuvinte.
3. Pe baza comenzilor din CCW, canalul transmite ordine pentru una din unitățile sale de control. În timpul operației de I/E, se transferă informații de control între canal și unitatea de control.
4. Pe baza ordinelor recepționate de la canal, unitatea de control transmite semnale de control unuia din dispozitivele sale. În timpul transferului de date, se pot transmite semnale între unitatea de control și dispozitiv.
- 5, 6, 7. Pentru o operație de citire, datele sunt transferate de la dispozitiv la canal, iar apoi de la canal direct în memoria principală. Pentru o operație de scriere, secvența este inversă.
8. După terminarea unei operații de I/E (cu succes sau cu o eroare), canalul generează o întrerupere către UCP.

UCP comunică direct cu canalele de I/E prin semnale dedicate de control, și indirect prin zone rezervate de memorie. Formatele cuvintelor asociate cu operațiile canalelor sunt prezentate în Figura 2.21.

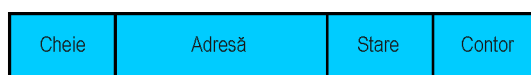
*Instrucțiunile de I/E* cuprind trei câmpuri:

- Codul operației;
- Adresa canalului;
- Adresa dispozitivului.

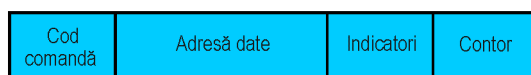
Codul operației specifică una din cele opt instrucțiuni de I/E. Acestea sunt următoarele:



(a) Formatul instrucțiunilor de I/E



(b) Formatul cuvântului de stare al canalului



(c) Formatul cuvântului de comandă al canalului

**Figura 2.21.** Structura cuvintelor utilizate la canalul IBM 370.

- Start I/E (*Start I/O - SIO*);
- Start I/E cu eliberare rapidă (*Start I/O Fast Release - SIOF*);
- Test canal (*Test Channel*);
- Test I/E (*Test I/O*);
- Oprire I/E (*Halt I/O*);
- Reluare I/E (*Resume I/O*);
- Oprire dispozitiv (*Halt Device*);
- Memorare identificare canal (*Store Channel Identification*).

Instrucțiunea SIO se utilizează pentru inițierea unei operații de I/E care implică determinarea stării unui dispozitiv, controlul dispozitivului și efectuarea transferului de date între dispozitiv și memoria principală. Instrucțiunea SIOF este similară cu SIO, dar în acest caz UCP este eliberată imediat, înaintea determinării stării dispozitivului selectat.

Canalul adresat răspunde la fiecare instrucțiune de I/E pe care o execută. De asemenea, canalul setează codurile de condiție din cuvântul de stare al programului (PSW). Aceste coduri indică dacă dispozitivul sau canalul este ocupat sau disponibil, dacă este operațional, dacă operația de I/E a fost lansată cu succes, și dacă a fost depus în memorie un cuvânt de stare de către canal.

Formatul cuvântului de stare este prezentat în Figura 2.21(b). Acest cuvânt este memorat întotdeauna la adresa 64 din memorie. Primul câmp conține o *cheie de acces* de 4 biți asociată cu fiecare bloc de 2 KB sau 4 KB de memorie, asigurând un mecanism de protecție împotriva accesului neautorizat în zona de memorie a altui program. Câmpul de *adresă* conține adresa următoare

ultimului cuvânt de comandă care a fost executat de canal. Câmpul de *stare* conține starea dispozitivului și a canalului și eventualele erori care au apărut în timpul transferului. *Contorul* conține numărul de cuvinte care nu au fost transferate încă (dacă transferul s-a terminat cu succes, acest câmp conține zero).

Canalul răspunde la o instrucțiune SIO sau SIOF prin citirea adresei primului cuvânt de comandă al canalului (*Channel Command Word* - CCW). Această adresă se află în locația 72 din memorie. Formatul CCW este indicat în Figura 2.21(c). *Codul comenzii* specifică operația de executat, de exemplu: citire, scriere, citirea stării dispozitivului, execuția unei funcții de control specifice dispozitivului (care nu implică transferul datelor, ca poziționarea mecanismului de acces la disc), sau înlănțuirea între mai multe cuvinte CCW care nu se află în locații contigue. *Adresa datelor* indică adresa de început a zonei de memorie utilizată pentru transfer. *Contorul* indică numărul de octeți care trebuie transferați. *Biții indicatori* specifică informații suplimentare despre operația de executat, de exemplu:

- *Înlănțuirea datelor*, utilizată pentru transferul datelor din sau în zone necontigue de memorie;
- *Înlănțuirea comenzilor*, utilizată pentru execuția mai multor cuvinte CCW printr-o singură instrucțiune SIO sau SIOF;
- *Salt*, care indică o operație de citire fără transferul datelor.

Un program de canal constă dintr-unul sau mai multe cuvinte CCW. Cuvintele multiple sunt executate prin înlănțuire și ramificație. În cazul înlănțuirii, la terminarea unei comenzi canalul va încărca următorul cuvânt CCW. Comanda *Transfer In Channel* permite modificarea ordinii de execuție a cuvintelor CCW. La terminarea unei operații, canalul memorează starea operației în cuvântul de stare al canalului și generează un semnal de întrerupere pentru UCP.

#### 2.4.3.2. Procesorul de I/E Intel 8089

Conține două canale independente de I/E, fiecare din ele combinând caracteristicile unei UCP cu cele ale unui controler DMA: pot executa programe, ca și UCP, având în jur de 50 de tipuri de instrucțiuni, și pot efectua transferuri DMA. Este direct compatibil cu procesorul 8086 configurat în modul maxim.

##### Principii de funcționare

Comunicarea UCP cu procesorul de I/E (PIE) are loc în două moduri:

- Modul de inițializare;
- Modul de comandă.