

Είσοδος-Έξοδος Ελεγχόμενη από Πρόγραμμα

4.1 Εισαγωγή

Σε οποιαδήποτε εφαρμογή μΥ-Σ που βασίζεται σε μικροεπεξεργαστή απαιτείται η μεταφορά δεδομένων σε κυκλώματα που βρίσκονται έξω από αυτόν. Η μεταφορά αυτή των δεδομένων δεν πρέπει να συγχέεται με τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ του μικροεπεξεργαστή (μΕ) και της μνήμης και ονομάζεται είσοδος-έξοδος ή E/E (input-output, I/O). Οι τρόποι με τους οποίους γίνεται και ελέγχεται η είσοδος και η έξοδος των δεδομένων μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Είσοδος-έξοδος ελεγχόμενη από το πρόγραμμα.
2. Είσοδος-έξοδος ελεγχόμενη με διακοπές.
3. Είσοδος-έξοδος ελεγχόμενη από ειδικό επεξεργαστή.

Οι τρεις αυτές μέθοδοι εισόδου-εξόδου διαφέρουν στο βαθμό στον οποίον ο μικροεπεξεργαστής αρχικοποιεί και ελέγχει τη μεταφορά των δεδομένων.

Με τις λειτουργίες εισόδου-εξόδου που ελέγχονται από το πρόγραμμα η μεταφορά των δεδομένων βρίσκεται κάτω από τον πλήρη έλεγχο του μικροεπεξεργαστή. Μια λειτουργία εισόδου-εξόδου γίνεται μόνο όταν κατά την εκτέλεση του προγράμματος υπάρχει μία εντολή εισόδου-εξόδου. Σε πολλές περιπτώσεις πριν να γίνει η μεταφορά των δεδομένων πρέπει να προσδιοριστεί αν η περιφερειακή συσκευή είναι σε θέση να επικοινωνήσει με τον μικροεπεξεργαστή. Αυτό εμπλέκει τον έλεγχο μιας ή περισσότερων εξωτερικών σημαιών ή bits κατάστασης που σχετίζονται με την περιφερειακή συσκευή E/E. Ο έλεγχος αυτός απαιτεί μεταφορά πληροφοριών στον μΕ, δηλαδή μια επιπρόσθετη λειτουργία E/E.

Αντίθετα, με τη μέθοδο εισόδου-εξόδου ελεγχόμενη με διακοπές, μια περιφερειακή συσκευή πληροφορεί απευθείας τον μικροεπεξεργαστή για την κατάστασή της στέλνοντας ένα σήμα σε μια είσοδο διακοπής του μΕ. Οι περισσότερες εισοδοί διακοπής των μικροεπεξεργαστών μπορούν να αδρανοποιηθούν από το πρόγραμμα με εντολές τύπου "Disable Interrupts"

(DI). Οι διακοπές που γίνονται όταν οι είσοδοι είναι αδρανοποιημένες, αγνοούνται.

Όταν διακόπτεται ένα πρόγραμμα που εκτελείται στον μE ο έλεγχος μεταβιβάζεται σε μια υπορουτίνα εξυπηρέτησης διακοπών. Η υπορουτίνα εκτελεί τη μεταφορά των δεδομένων, επιστρέφει τον έλεγχο στο κυρίως πρόγραμμα στο σημείο ακριβώς που είχε διακοπεί και η επεξεργασία συνεχίζεται.

Η ελεγχόμενη από το υλικό μεταφορά δεδομένων, συνήθως αποκαλούμενη Άμεση Προσπέλαση Μνήμης (Direct Memory Access, DMA), είναι η απευθείας μεταφορά δεδομένων μεταξύ μιας συσκευής εισόδου-εξόδου και της μνήμης. Ο επεξεργαστής δεν παίρνει καθόλου μέρος στην μεταφορά των δεδομένων από τη συσκευή στη μνήμη, εκτός από την παροχή πληροφοριών αρχικοποίησης στη συσκευή άμεσης προσπέλασης μνήμης (όπως την αρχική διεύθυνση της μνήμης και τον αριθμό των λέξεων που θα μεταφερθούν). Στη συνέχεια η συσκευή DMA παίρνει τον πραγματικό έλεγχο της μεταφοράς των δεδομένων. Οι συσκευές DMA χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μεταφορά με μεγάλη ταχύτητα ενός αριθμού λέξεων ή μιας ενότητας δεδομένων.

Η προσαρμογή μερικών περιφερειακών συσκευών σε έναν μικροεπεξεργαστή περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση ενός συνδυασμού των τριών αυτών μεθόδων μεταφοράς δεδομένων.

Οι θύρες εισόδου-εξόδου είναι συνήθως εξωτερικοί καταχωρητές. Μερικοί μικροεπεξεργαστές υποστηρίζουν σήματα ελέγχου που επιτρέπουν στους εξωτερικούς καταχωρητές που σχετίζονται με τις συσκευές εισόδου-εξόδου να καταλαμβάνουν έναν ξεχωριστό χώρο διευθύνσεων διάφορο από το χώρο διευθύνσεων της κύριας μνήμης. Όταν οι θύρες εισόδου-εξόδου αντιστοιχούν σε έναν ξεχωριστό χώρο διευθύνσεων αποκαλούνται ξεχωριστές θύρες E/E (isolated I/O) και οδηγούνται από ειδικές εντολές. Όταν οι θύρες E/E αντιστοιχούν στον κοινό χώρο διευθύνσεων με τη μνήμη, η τεχνική αυτή ονομάζεται E/E με απεικόνιση στη μνήμη (memory mapped I/O). Οι θύρες αυτές οδηγούνται με εντολές αναφοράς στη μνήμη.

Το σήμα ελέγχου $\text{IO}/\overline{\text{M}}$ του μE 8085A καθορίζει αν η διεύθυνση που δημιουργείται κατά τη μεταφορά δεδομένων αναφέρεται στη μνήμη ($\text{IO}/\overline{\text{M}}=0$, $2^{16}=64\text{k}$ θέσεις μνήμης των 8 bits) ή σε ξεχωριστό χώρο διευθύνσεων E/E ($\text{IO}/\overline{\text{M}}=1$).

Ο χώρος διευθύνσεων E/E χωρίζεται περαιτέρω με το σήμα ελέγχου $\overline{\text{RD}}=0$ σε χώρο διευθύνσεων εισόδου και με το $\overline{\text{WR}}=0$ σε χώρο διευθύνσεων εξόδου 256 θέσεων ο καθένας.

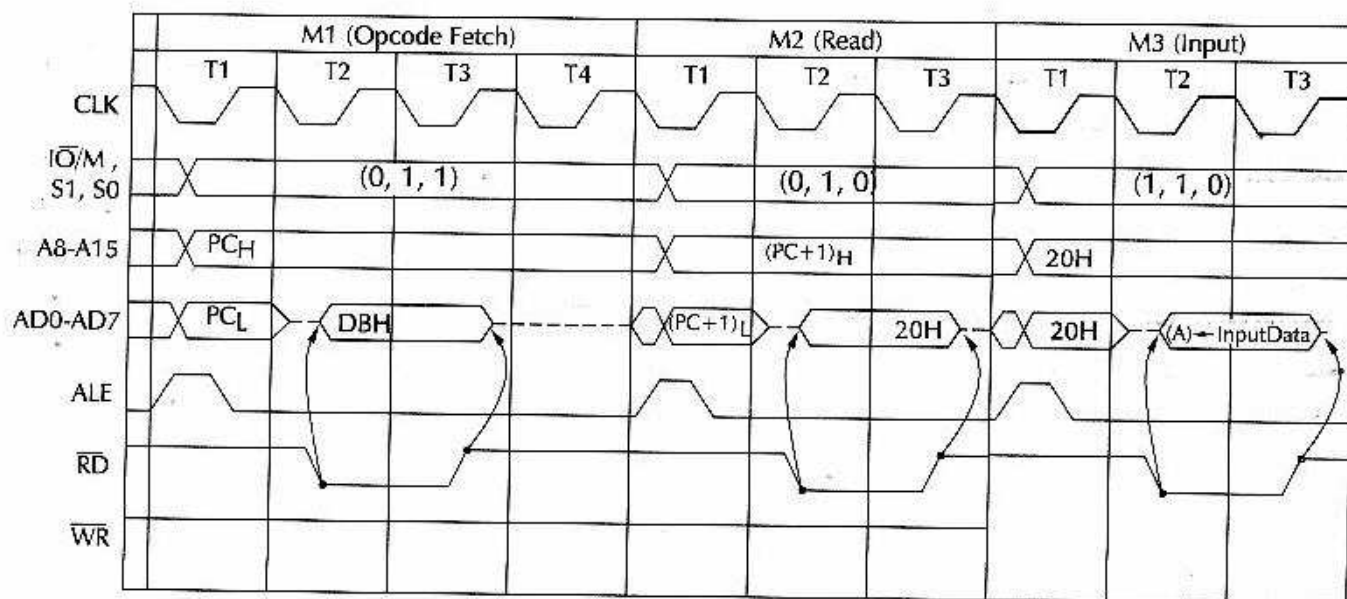
4.2 Είσοδος/Εξοδος και Κυκλώματα Επιλογής Συσκευών

Στην ξεχωριστή είσοδο-έξοδο η μεταφορά των δεδομένων γίνεται μόνο με τις εντολές **IN** και **OUT**. Οι εντολές αυτές είναι των δύο bytes. Στο πρώτο δίνεται ο κώδικας και στο δεύτερο η διεύθυνση της πόρτας E/E απόπου θα πάρουμε ή θα δώσουμε δεδομένα από ή προς τον καταχωρητή A αντίστοιχα. Η κάθε εντολή για να εκτελεστεί χρειάζεται τρεις κύκλους μηχανής. Ο πρώτος κύκλος είναι φυσικά ο κύκλος ανάκλησης της εντολής. Ο δεύτερος κύκλος είναι ανάγνωση της μνήμης, κατά τη διάρκεια του οποίου η διεύθυνση της θύρας των 8 bits μεταφέρεται από τη μνήμη στον μικροεπεξεργαστή και τοποθετείται στους καταχωρητές W και Z. Ο τρίτος κύκλος μηχανής είναι είτε ένας κύκλος ανάγνωσης είτε ένας κύκλος εγγραφής δεδομένων E/E κατά τη διάρκεια του οποίου γίνεται η πραγματική μεταφορά των δεδομένων από ή προς τη συσκευή E/E.

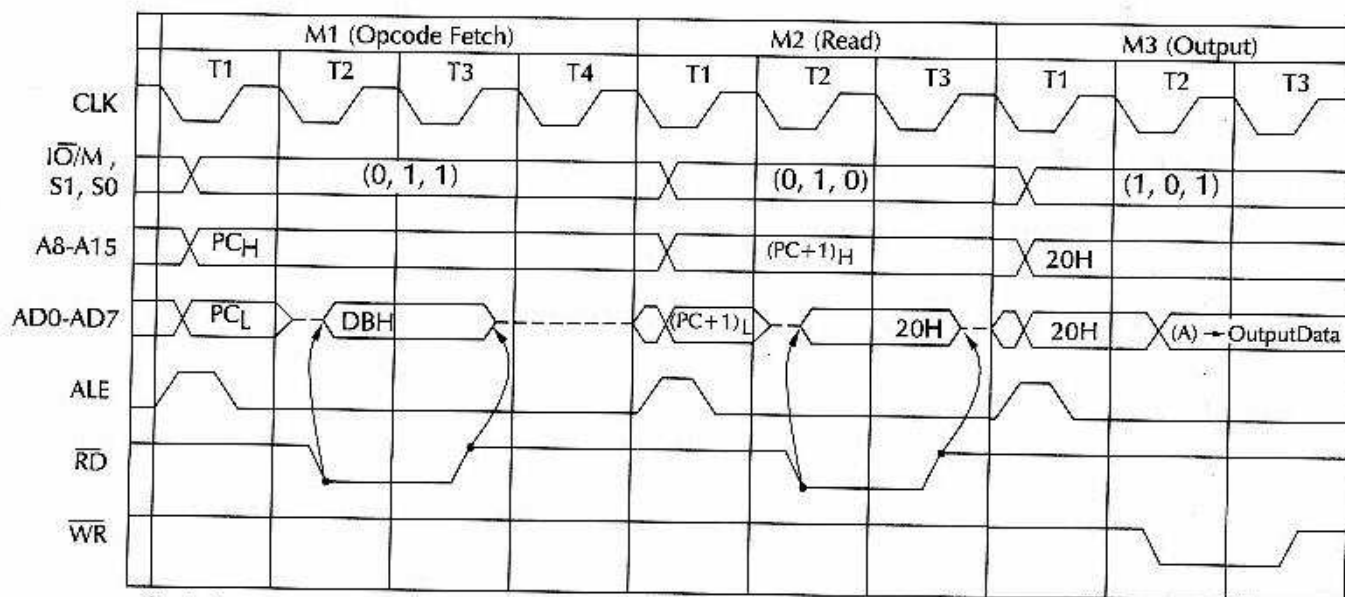
Κατά τη διάρκεια των κύκλων μηχανής ανάγνωσης ή εγγραφής δεδομένων E/E η διεύθυνση της θύρας των 8 bits που βρίσκεται στους καταχωρητές W και Z τοποθετείται στις γραμμές διευθύνσεων/δεδομένων AD0-AD7 και η ίδια τιμή στις γραμμές διευθύνσεων A8-A15 του διαδρόμου δεδομένων. Στο σχήμα 4.1 φαίνεται το διάγραμμα χρονισμού των κύκλων των εντολών **IN** και **OUT**. Τα σήματα ελέγχου ανάγνωσης (\overline{RD}) και εγγραφής (\overline{WR}) του 8085A καθορίζουν τον ακριβή χρόνο κατά τον οποίο ενεργοποιείται ένας απομονωτής τριών καταστάσεων της θύρας εισόδου για να οδηγήσει το διάδρομο δεδομένων ή τον ακριβή χρόνο κατά τον οποίο μια θύρα εξόδου μανταλώνει τα δεδομένα που έχουν τοποθετηθεί στο διάδρομο δεδομένων από τον μικροπολογιστή. Το σχήμα 4.1α δείχνει τη σχέση του χρονισμού για τον 8085A μεταξύ της διαθεσιμότητας της διεύθυνσης της θύρας και του σήματος \overline{RD} κατά τη διάρκεια του κύκλου μηχανής ανάγνωσης δεδομένων εισόδου. Το σχήμα 4.1β δείχνει τη σχέση του χρονισμού μεταξύ της διεύθυνσης της θύρας και του σήματος ελέγχου \overline{WR} κατά τη διάρκεια του κύκλου μηχανής εγγραφής δεδομένων εξόδου.

Για τις θύρες εισόδου, ένα εξωτερικό κύκλωμα αποκωδικοποίησης συνδυάζει τα σήματα \overline{RD} και IO/\overline{M} και τη διεύθυνση της θύρας και παράγει έναν μοναδικό παλμό επιλογής συσκευής εισόδου για κάθε θύρα εισόδου. Ο παλμός αυτός παράγεται μόνο κατά τη διάρκεια του κύκλου μηχανής ανάγνωσης δεδομένων εισόδου μιας εντολής **IN** που απευθύνεται στην συγκεκριμένη θύρα. Ο παλμός επιλογής συσκευής εισόδου ενεργοποιεί τον buffer τριών καταστάσεων της θύρας εισόδου. Αν εξαιτίας ενός σχεδιαστικού ή προγραμματιστικού σφάλματος, ο απομονωτής τριών καταστάσεων δύο ή περισσότερων θυρών, ή μια θύρα και μια συσκευή μνήμης ενεργοποιηθούν ταυτόχρονα οδηγούν και οι δύο τον διάδρομο δεδομένων και προκαλούν σύγκρουση του διαδρόμου (bus contention).

Για λειτουργίες εξόδου δεδομένων, εξωτερικά λογικά κυκλώματα αποκωδικοποίησης συνδυάζουν τα σήματα \overline{WR} , IO/\overline{M} και τη διεύθυνση της θύρας εξόδου και δημιουργούν έναν μοναδικό παλμό επιλογής συσκευής εξόδου για κάθε θύρα εξόδου.



α. Διάγραμμα χρονισμού εκτέλεσης εντολής εισόδου δεδομένων (IN 20H)



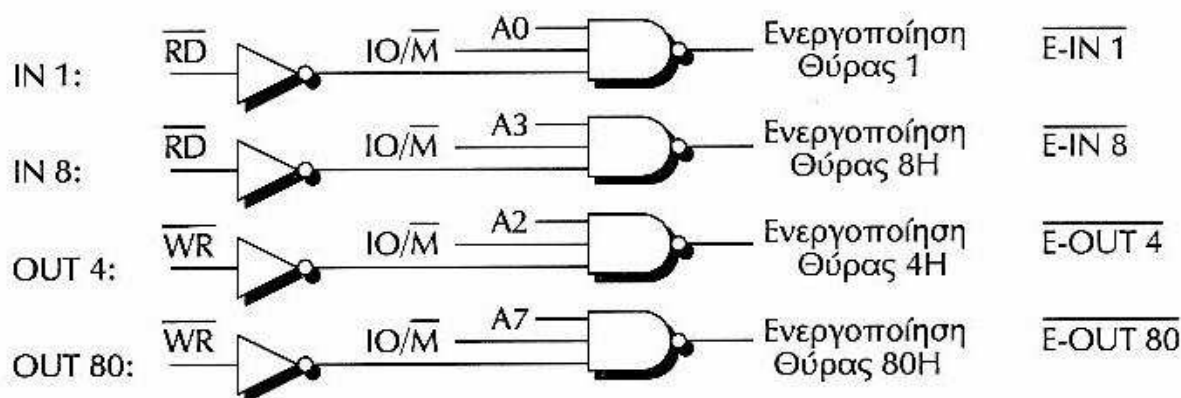
β. Διάγραμμα χρονισμού εκτέλεσης εντολής εξόδου δεδομένων (OUT 20H)

Σχήμα 4.1 Διαγράμματα χρονισμού E/E για τον 8085A

Ο παλμός αυτός δημιουργείται κατά τη διάρκεια του κύκλου μηχανής εγγραφής δεδομένων εξόδου μιας εντολής OUT που απευθύνεται στη θύρα και ενεργοποιεί τον καταχωρητή της θύρας εξόδου. Κανονικά κάθε παλμός επιλογής συσκευής εξόδου ενεργοποιεί μια μοναδική θύρα εξόδου. Παρ' όλα αυτά είναι δυνατόν και συχνά χρήσιμο να επιλέγονται ταυτόχρονα δύο ή περισσότερες θύρες εξόδου.

Ο σχεδιασμός των λογικών κυκλωμάτων επιλογής συσκευών ποικίλει, ανάλογα με πόσες συσκευές εισόδου-εξόδου χρειάζονται σε ένα σύστημα και από τη λογική των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (ICs) που συνιστούν τις θύρες εισόδου και εξόδου. Αν χρειάζεται μόνο μια θύρα εισόδου και μια θύρα εξόδου, προφανώς δεν χρειάζεται αποκωδικοποιητής διευθύνσεων. Το σήμα ελέγχου IO/\overline{M} συνδυάζεται με το σήμα \overline{RD} για να δημιουργήσει ένα σήμα ανάγνωσης εισόδου ($\overline{IO}/\overline{RD}$) και με το σήμα \overline{WR} για να δημιουργήσει ένα σήμα εγγραφής εξόδου ($\overline{IO}/\overline{WR}$). Τα σήματα αυτά ελέγχουν άμεσα τον buffer εισόδου και τον μανταλωτή εξόδου αντίστοιχα. Σε περιπτώσεις που απαιτείται μόνο μία θύρα τα περιεχόμενα του byte της διεύθυνσης της θύρας είναι αδιάφορα, αλλά το byte δεν μπορεί ποτέ να παραληφθεί από την εντολή.

Όταν σ' ένα σύστημα απαιτούνται περισσότερες από μία θύρες εισόδου και εξόδου, όπως συμβαίνει συνήθως, η διεύθυνση της θύρας αποκωδικοποιείται για να δημιουργήσει παλμούς ελέγχου συσκευής για κάθε θύρα εισόδου και εξόδου. Η απλούστερη μέθοδος αποκωδικοποίησης είναι η γραμμική μέθοδος επιλογής.

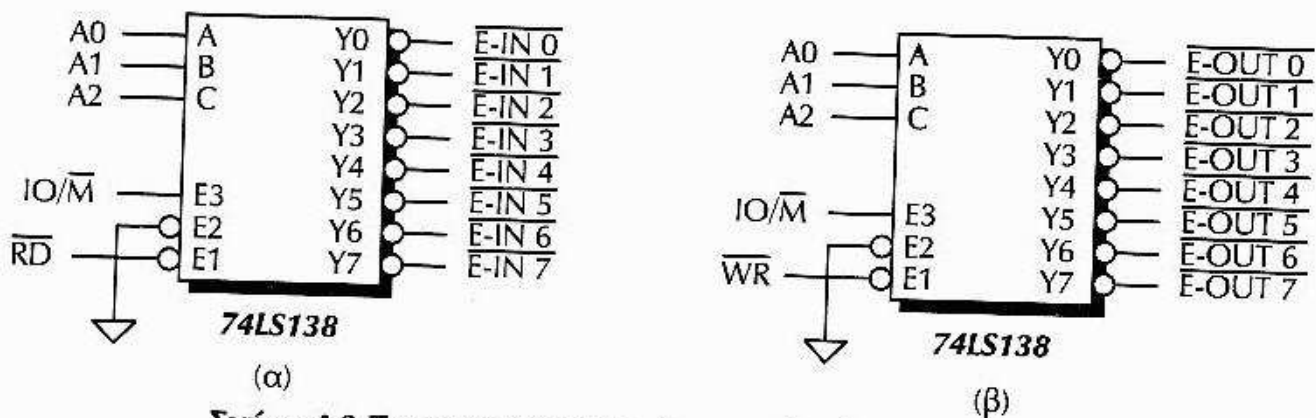


Σχήμα 4.2 Κυκλώματα υλοποίησης της γραμμικής επιλογής των συσκευών εισόδου και εξόδου.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τα λιγότερα λογικά κυκλώματα, όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πολύ για 8 θύρες εξόδου και το πολύ για 8 θύρες εισόδου (Διευθύνσεις: 01, 02, 04, 08, 10H, 20H, 40H, 80H). Με τη μέθοδο αυτή ένα bit διεύθυνσης συσχετίζεται αποκλειστικά με μια θύρα E/E και συνδυάζεται λογικά με τα σήματα IO/\overline{M} και \overline{RD} ή \overline{WR} για να δημιουργήσει έναν παλμό επιλογής συσκευής εισόδου ή εξόδου (σχ. 4.2). Ο παλμός επιλογής συσκευής έχει τον ίδιο χρονισμό με το σήμα \overline{RD} ή \overline{WR} με μόνη διαφορά τον χρόνο απόκρισης του λογικού κυκλώματος επιλογής συσκευής. Όταν το σήμα \overline{RD} αντιστραφεί και οδηγηθεί σε μια πύλη NAND μαζί με τα σήματα A_3 και IO/\overline{M} δημιουργείται ένας παλμός επιλογής συσκευής εισόδου $\overline{E-IN8}$ (input device enable pulse) όταν εκτελείται η

εντολή IN 8. Το σήμα αυτό συνδέεται στην είσοδο επίτρεψης ενός απομονωτή τριών καταστάσεων και καθορίζει τότε ο απομονωτής οδηγεί το διάδρομο. Αν το ολοκληρωμένο κύκλωμα του απομονωτή έχει πολλές εισόδους επίτρεψης, το εσωτερικό λογικό κύκλωμα αποκωδικοποίησης του απομονωτή μπορεί να επαρκεί ώστε να μην χρειάζονται εξωτερικές λογικές πύλες.

Ένα μειονέκτημα της γραμμικής επιλογής είναι η πιθανότητα να προκληθεί ζημιά στο υλικό από προγραμματιστικό λάθος. Αν η διεύθυνση της θύρας δεν αποκωδικοποιείται πλήρως, δύο ή περισσότερες θύρες εισόδου μπορεί να επιλεγούν ταυτόχρονα. Π.χ. θεωρήστε ένα κύκλωμα γραμμικής επιλογής που περιέχει μία θύρα εισόδου 1 και μία θύρα εισόδου 2 που επιλέγονται από τα bits A0 και A1 αντίστοιχα. Αν από προγραμματιστικό λάθος χρησιμοποιηθεί η εντολή IN 9H αντί της IN 8H ή της IN 1 θα επιλεγούν ταυτόχρονα οι θύρες εισόδου 1 και 8H καταστρέφοντας πιθανώς τους απομονωτές τριών καταστάσεων.



Σχήμα 4.3 Παραγωγή των σημάτων επιλογής για 8 συσκευές:
α) εισόδου, β) εξόδου δεδομένων.

Επομένως, όταν χρησιμοποιείται γραμμική επιλογή, πρέπει να προσέχουμε ιδιαίτερα ώστε να εξασφαλίζεται ότι δύο θύρες δεν επιλέγονται ταυτόχρονα.

Αφού υπάρχουν μόνο 8 μοναδικά bits διευθύνσεων στη διεύθυνση θύρας, μόνο 8 θύρες εισόδου και 8 θύρες εξόδου μπορούν να επιλεγούν με τη μέθοδο γραμμικής επιλογής. Η παράλειψη των αποκωδικοποιητών που απαιτούνται για να αποκωδικοποιήσουν τους συνδυασμούς των bits της διεύθυνσης της θύρας, αποτελεί όμως σημαντική οικονομία στα μικρά συστήματα.

Όταν απαιτείται μεγάλος αριθμός από θύρες, τότε η χρήση αποκωδικοποιητών είναι επιβεβλημένη. Εστω για παράδειγμα ότι θέλουμε 8 θύρες εισόδου και 8 θύρες εξόδου δεδομένων. Οι παλμοί για την επιλογή τους μπορούν να δημιουργηθούν με τα κυκλώματα του σχήματος 4.3 και θα αντιστοιχούν στις διευθύνσεις 00 έως 07. Για να έχουμε πλήρη

αποκωδικοποίηση (δηλαδή να ληφθούν υπόψη και οι άλλες γραμμές διευθύνσεων A_3-A_7), αρκεί να οδηγήσουμε στην είσοδο E_2 το λογικό OR των σημάτων A_3-A_7 .

4.3 E/E με Απεικόνιση Μνήμης (Memory mapped I/O)

Το να έχουμε ξεχωριστές εντολές εισόδου-εξόδου δεν είναι πάντα απαραίτητο. Οι εντολές που χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ ΚΜΕ και μνήμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για E/E. Σ' αυτή την περίπτωση, οι θύρες E/E κατασκευάζονται έτσι ώστε να συμπεριφέρονται ακριβώς σαν διευθύνσεις μνήμης και μπορούν να προσπελαστούν με τα ίδια σήματα ελέγχου \overline{RD} , \overline{WR} και $IO/\overline{M}=0$. Συγκεκριμένα, οι καταχωρητές που σχετίζονται με τις θύρες E/E συμπεριφέρονται σα θέσεις μνήμης. Αυτή η τεχνική που χρησιμοποιεί εντολές τύπου μνήμης για την επίτευξη E/E λέγεται "E/E με απεικόνιση μνήμης" (memory mapped I/O). Τα συστήματα που διαμορφώνονται με αυτό τον τρόπο επιτρέπουν στον προγραμματιστή να χρησιμοποιεί όλες τις δυνατότητες των εντολών του μικροεπεξεργαστή, τόσο για δεδομένα της μνήμης, όσο και για δεδομένα των θυρών E/E. Αν τα περιεχόμενα των θέσεων μνήμης μπορούν να αυξηθούν, ή να συγκριθούν, ή να ολισθήσουν κατευθείαν, τότε ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να χειριστεί με την ίδια ευκολία δεδομένα E/E. Ας θεωρήσουμε ένα παράδειγμα στο οποίο το bit διεύθυνσης A_{15} ορίζει πότε οι εντολές αναφέρονται στη μνήμη και πότε σε μία συσκευή E/E. Αν $A_{15}=0$ τότε η διεύθυνση αναφέρεται σε καταχωρητή μνήμης. Αν $A_{15}=1$ τότε η διεύθυνση αναφέρεται σε συσκευή E/E απεικόνισης μνήμης. Με αυτή την υπόθεση, αφιερώνονται τα πρώτα 32k του χώρου διευθύνσεων της μνήμης, στη μνήμη και τα δεύτερα 32k στην απεικόνιση μνήμης E/E. Εκτός από το συσσωρευτή, ένας μE έχει και άλλους καταχωρητές γενικού σκοπού που χρησιμοποιούνται για ανταλλαγή πληροφοριών με τη μνήμη. Αυτοί οι καταχωρητές της ΚΜΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξίσου καλά (σαν τον συσσωρευτή) για ανταλλαγή δεδομένων με εξωτερικές συσκευές.

Ας θεωρήσουμε το ακόλουθο παράδειγμα για έξοδο δεδομένων από καταχωρητές του μE 8085A:

Συμβολική Εντολή	Σχόλια
LXI H, 2200H	;θέσε τον καταχωρητή HL που δείχνει ;τον δείκτη μνήμης του 8085 της πόρτας ;εξόδου με διεύθυνση 2200_{16} .
MOV M, B	;μετακίνησε το περιεχόμενο του καταχωρητή B ;στην πόρτα εξόδου.

Κάθε μεταφορά δεδομένων, εφ' όσων δεν μεταβάλλεται η τιμή του καταχωρητή H-L, απαιτεί μόνο 4 καταστάσεις, που είναι πολύ μικρότερος από τις 10 καταστάσεις που απαιτούν οι εντολές IN και OUT. Μερικές εντολές του 8085A που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για είσοδο από θύρες απεικόνισης μνήμης είναι οι εξής:

Εντολή	Επεξήγηση Ε/Ε Απεικόνισης Μνήμης
MOV r, M	είσοδος από μία θύρα σε κάποιο καταχωρητή
LDA	είσοδος από μία θύρα στον συσσωρευτή
LHLD	είσοδος από δύο θύρες στους H και L
ADD M	είσοδος από μία θύρα με αριθμητική πράξη στον συσσωρευτή
ANA M	είσοδος από μία θύρα με λογική πράξη στον συσσωρευτή

Οι εντολές ADD M και ANA M επιτυγχάνουν είσοδο δεδομένων και ταυτόχρονα επεξεργασία με μία και μόνη εντολή. Μερικές εντολές για έξοδο δεδομένων από θύρες απεικόνισης μνήμης είναι:

Εντολή	Επεξήγηση Ε/Ε Απεικόνισης Μνήμης
MOV M, r	έξοδος κάποιου καταχωρητή σε μία θύρα
STA	έξοδος του συσσωρευτή σε μία θύρα
SHLD	έξοδος των H και L σε δύο θύρες
MVI M, data	άμεση έξοδος δεδομένων σε μία θύρα

Η τεχνική Ε/Ε απεικόνισης μνήμης έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Οι διευθύνσεις των θυρών είναι τώρα 16-bits (για μικροεπεξεργαστές με διευθύνσεις των 16-bits).
2. Οι ίδιες ισχυρές εντολές τύπου-μνήμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για είσοδο/έξοδο. (Για παράδειγμα, μ' αυτή την τεχνική μπορούν να γίνουν αριθμητικές πράξεις απευθείας με μία θύρα εισόδου ή εξόδου, χωρίς να διαβαστούν τα δεδομένα τους ή να τοποθετηθούν σε προσωρινούς καταχωρητές).
3. Οι περισσότεροι καταχωρητές ΚΜΕ μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες με συσκευές Ε/Ε.
4. Για μερικές εφαρμογές, η απεικόνιση μνήμης Ε/Ε απλοποιεί τον προγραμματισμό και αυξάνει την ταχύτητα των μεταφορών Ε/Ε.
4. Τελικά, μπορεί επίσης να υπάρξει μείωση στον απαιτούμενο αριθμό ακίδων ελέγχου Ε/Ε, της ΚΜΕ. Παρ' όλα αυτά, η τεχνική αυτή έχει και τα εξής μειονεκτήματα:

α. Κάθε θύρα Ε/Ε που χρησιμοποιείται με αυτό τον τρόπο ελαττώνει κατά μία τις διαθέσιμες θέσεις μνήμης. Έτσι, αν όλες οι θέσεις μνήμης

χρησιμοποιούνται για αποθήκευση, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική απεικόνισης μνήμης Ε/Ε.

β. Η τεχνική απεικόνισης Ε/Ε κάνει χρήση εντολών προσπέλασης μνήμης που είναι συνήθως μεγαλύτερες από τις εντολές τύπου Ε/Ε. (Για παράδειγμα, στον μΕ 8085, οι εντολές προσπέλασης μνήμης είναι συνήθως τριών bytes, ενώ οι ειδικές εντολές τύπου Ε/Ε είναι μόνο δύο bytes). Έτσι το μήκος του προγράμματος αυξάνει.

γ. Εξαιτίας της μεγαλύτερης διεύθυνσης της θύρας Ε/Ε, αυξάνεται το απαιτούμενο interface.

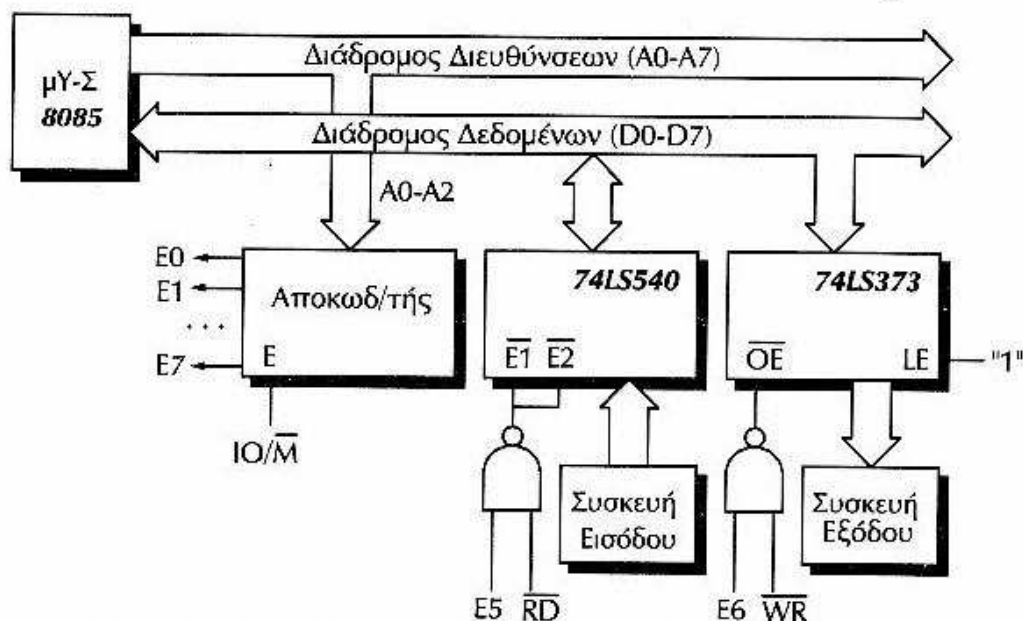
4.4 Υλοποίηση Θύρας Ε/Ε

Θύρες Ε/Ε μπορούν να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας κυκλώματα SSI, MSI ή LSI. Η απλούστερη μορφή μιάς θύρας εισόδου αποτελείται από ένα buffer τριών καταστάσεων του ενός bit, ενώ για μιά θύρα εξόδου χρειάζεται ένα D flip-flop για κάθε bit της θύρας.

4.4.1 Χρήση Κυκλωμάτων MSI.

Μιά θύρα Ε/Ε μπορεί επίσης να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας τεχνολογία MSI. Στο σχήμα 4.4 φαίνεται μια υλοποίηση που χρησιμοποιεί τα κυκλώματα MSI 74LS540 (απομονωτής) και 74LS373 (latch) για θύρα εισόδου και εξόδου στις διευθύνσεις 05 και 06 αντίστοιχα.

Πολλές συσκευές (όπως π.χ. Α/Δ και Δ/Α μετατροπείς) έχουν 3-state είσοδο (ή έξοδο). Στην περίπτωση αυτή μπορούν να συνδεθούν χωρίς τα προηγούμενα κυκλώματα, απευθείας στο bus των δεδομένων (Bus compatible).

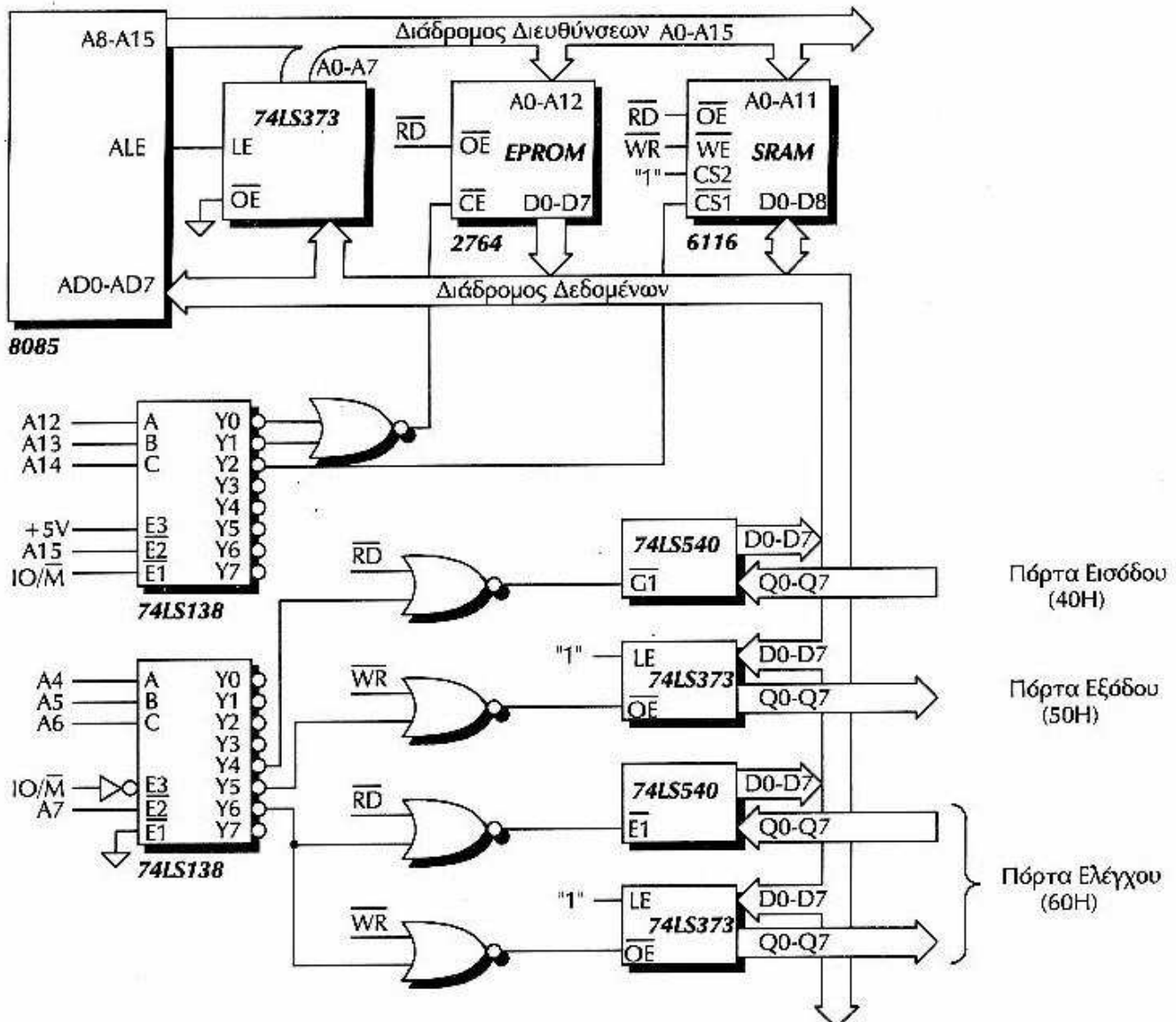


Σχήμα 4.4 Υλοποίηση θυρών Ε/Ε με τη χρήση κυκλωμάτων MSI.

Στη συνέχεια δίνεται παράδειγμα σχεδίασης ενός πλήρους μΥ-Σ.

Παράδειγμα

Στο σχήμα 4.5 δίνεται το κύκλωμα ενός μΥ-Σ 8085 που έχει μνήμη 8Kbytes ROM, 4Kbytes RAM, μια πόρτα εισόδου, μια πόρτα εξόδου και μια ελέγχου E/E στις διευθύνσεις 40H, 50H και 60H αντίστοιχα. Για την αποκωδικοποίηση διευθύνσεων χρησιμοποιούνται δύο αποκωδικοποιητές 3 σε 8 (74LS138) ο ένας για τη μνήμη ο άλλος για την πόρτα E/E.



Σχήμα 4.5 Ένα πλήρες μΥ-Σ 8085

Η ROM (ολοκληρωμένο 2764) καταλαμβάνει τα πρώτα 8K του χάρτη μνήμης, δηλαδή τις διευθύνσεις από 0000h έως 1FFFh και η RAM (ολοκληρωμένο 6116) τα επόμενα 4K, δηλαδή τις διευθύνσεις από 2000h έως 2FFFh. Έτσι για την επιλογή της ROM τα bits της διεύθυνσης πρέπει να είναι:

0000 XXXX XXXX XXXX (0000-0FFFH : 4 Kbytes)

0001 XXXX XXXX XXXX (1000-1FFFH : 4 Kbytes)

και για την επιλογή της RAM:

0010 XXXX XXXX XXXX (2000-2FFFH : 4 Kbytes)

Για τη ROM το bit A12 μπορεί να είναι 0 ή 1 γι' αυτό και οι έξοδοι Y0 και Y1 του αποκωδικοποιητή καταλήγουν στην πύλη OR, η έξοδος της οποίας επιλέγει τη ROM.

Για την υλοποίηση της πόρτας εξόδου χρησιμοποιείται ένας μανδαλωτής (ολοκληρ. 74LS373) ενώ για την υλοποίηση της πόρτας εισόδου χρησιμοποιείται ένας tri-state απομονωτής (ολοκληρ. 74LS540). Η πόρτα ελέγχου είναι πόρτα E/E και για να υλοποιηθεί χρησιμοποιούνται ένας μανδαλωτής (74LS373) και ένας tri-state απομονωτής (74LS540).

Επιλέγονται και τα δύο με την ίδια διεύθυνση (0060h) αλλά ενεργοποιείται μόνο το ένα ανάλογα με το ποιό από τα σήματα \overline{RD} , \overline{WR} είναι 0.

Για την αποκωδικοποίηση των διευθύνσεων των πυλών χρησιμοποιείται πάλι ένας αποκωδικοποιητής 3×8 (ολοκληρ. 74LS138). Τα bits διεύθυνσης πρέπει να είναι:

0100 0000 (40h)

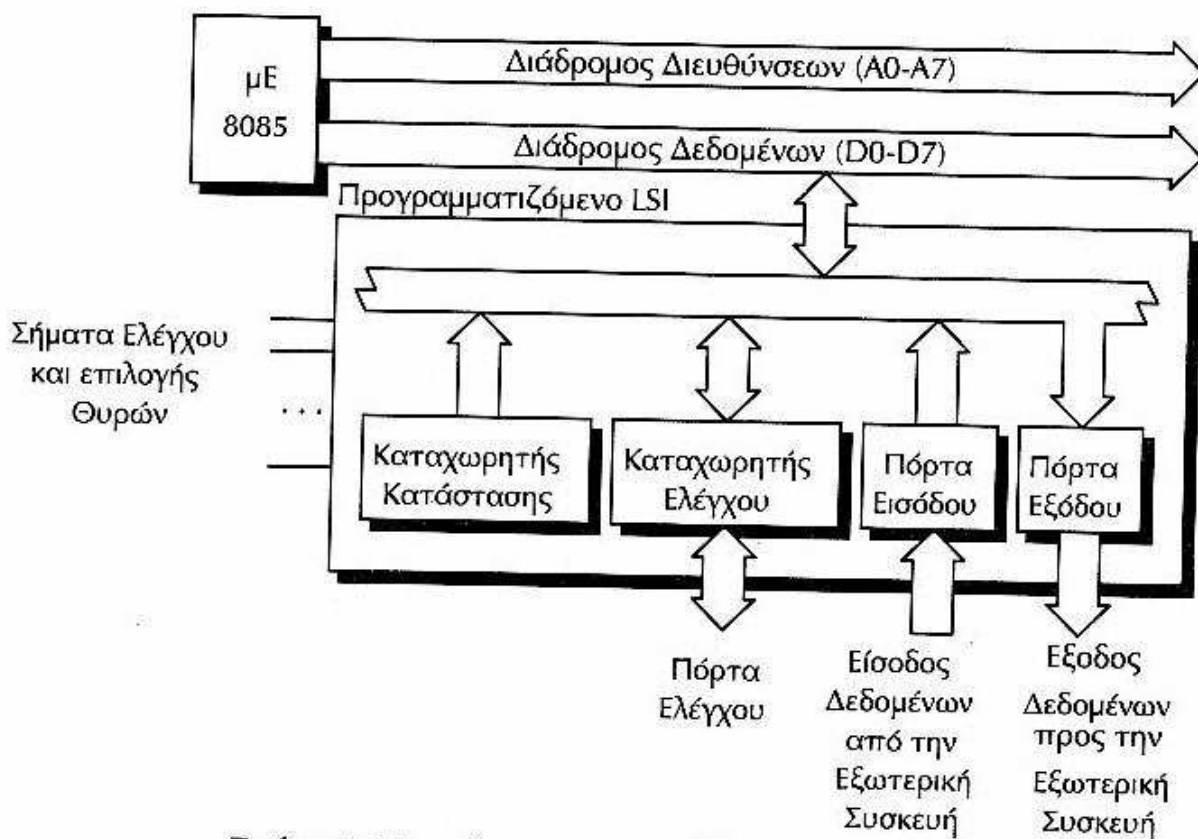
0101 0000 (50h)

0110 0000 (60h)

Στη συγκεκριμένη σχεδίαση για απλοποίηση του υλικού και επειδή δεν υπάρχουν άλλες πόρτες στο σύστημα κατά την αποκωδικοποίηση των διευθύνσεων δεν ελέγχονται αν τα bits A_0 , A_1 , A_2 και A_3 είναι 0.

4.4.2 Προγραμματιζόμενες Θύρες E/E Τεχνολογίας LSI

Οι θύρες E/E τεχνολογίας LSI του ενός chip χρησιμοποιούνται επίσης για τον χειρισμό πολύπλοκων καταστάσεων E/E όπως χειραψία, παράλληλη σε σειριακή και σειριακή σε παράλληλη μετατροπή, έλεγχο και δημιουργία ισοτιμίας κλπ. Αυτά τα chips είναι συνήθως γενικού σκοπού προγραμματιζόμενες συσκευές, με την έννοια ότι μπορούν να διαμορφωθούν σαν θύρες εισόδου, εξόδου ή διπλής κατεύθυνσης ή ακόμη μπορούν να είναι κυκλώματα διασύνδεσης (interfaces) ειδικού σκοπού σχεδιασμένα να χειρίζονται κοινά περιφερειακά όπως floppy disks, κασσέτες, τηλεφωνικές γραμμές, πακέτα εκπεμπόμενων πληροφοριών κλπ. Χρήση αυτού του είδους των ψηφίδων απλοποιεί τον σχεδιασμό, μειώνει τον αριθμό των ψηφίδων και δίνει ευλυγισία. Αν είναι προγραμματιζόμενα, συνήθως απαιτούν προγράμματα αρχικοποίησης για τον καθορισμό του τρόπου λειτουργίας τους.



Σχήμα 4.6 Γενικό προγραμματιζόμενο LSI για Ε/Ε.

Στην γενική της μορφή μία προγραμματιζόμενη θύρα τεχνολογίας LSI αποτελείται από τέσσερις καταχωρητές, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.6. Όταν η ψηφίδα συνδέεται στο σύστημα του μικροεπεξεργαστή, σε κάθε καταχωρητή ανατίθεται μία μοναδική διεύθυνση συσκευής (ή αριθμός Θύρας). Ο ένας καταχωρητής μπορεί να λειτουργεί σαν θύρα εισόδου δεδομένων ενώ ο άλλος σαν θύρα εξόδου δεδομένων. Ο τρίτος καταχωρητής αναφέρεται σαν "καταχωρητής ελέγχου" ή "καταχωρητής διεύθυνσης" ενώ τελικά μπορεί να υπάρχει και ένας "καταχωρητής κατάστασης" ο οποίος υποδεικνύει αν υπάρχουν δεδομένα για να διαβαστούν ή αν υπάρχουν δεδομένα για έξοδο.

Παραδείγματα τέτοιων interface-chips τεχνολογίας LSI είναι οι Intel 8255 και 8155.

4.5 Παράλληλη Μεταφορά Πληροφοριών υπό Συνθήκη και χωρίς Συνθήκη

Κάτω από τον έλεγχο του προγράμματος, τα δεδομένα που μεταφέρονται από τον διάδρομο δεδομένων μεταξύ του μικροεπεξεργαστή και μιάς συσκευής Ε/Ε εκπέμπονται παράλληλα, μία λέξη τη φορά. Δύο τύποι μεταφοράς δεδομένων από το πρόγραμμα είναι δυνατοί: χωρίς συνθήκη και υπό συνθήκη.

Μία μεταφορά χωρίς συνθήκη είναι αυτή στην οποία η εντολή μεταφέρει δεδομένα από ή προς μία θύρα E/E χωρίς να εξακριβώσει αν η θύρα είναι έτοιμη να εκπέμψει ή να λάβει τα δεδομένα. Οι μεταφορές χωρίς συνθήκη χειρίζονται πληροφορίες διαταγής, πληροφορίες κατάστασης ή άλλα δεδομένα. Πληροφορίες διαταγής μεταφέρονται από τον μικροεπεξεργαστή, με σκοπό τον έλεγχο της λειτουργίας της συσκευής E/E.

Πληροφορίες κατάστασης μεταφέρονται από μία συσκευή E/E και χρησιμοποιούνται από τον μικροεπεξεργαστή για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της κατάστασης της συσκευής E/E. Δεδομένα μεταφέρονται και προς τις δύο κατευθύνσεις και διακρίνονται από τις πληροφορίες διαταγής ή κατάστασης από τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται από τον μικροεπεξεργαστή.

Ένα παράδειγμα μεταφοράς χωρίς συνθήκη δεδομένων εξόδου είναι η εκπομπή δεδομένων BCD από ένα μικροεπεξεργαστή σε μία οθόνη. Ο μικροεπεξεργαστής δεν επιβεβαιώνει αν η οθόνη είναι έτοιμη να λάβει τα δεδομένα, αλλά υποθέτει ότι η οθόνη είναι έτοιμη.

Ενδεικτικό παράδειγμα μεταφοράς χωρίς συνθήκη δεδομένων εισόδου είναι η είσοδος δεδομένων από ένα σύνολο χειροκίνητων διακοπών. Εδώ, πάλι ο μικροεπεξεργαστής υποθέτει, ότι τη στιγμή που διαβάζει, οι διακόπτες είναι τοποθετημένοι στις επιθυμητές τελικές θέσεις τους. Η χωρίς συνθήκη μεταφορά δείχνεται στο σχήμα 4.7(α) όπου στο σημείο που διασταυρώνονται οι γραμμές έχουμε την αλλαγή των τιμών.

Στις υπό συνθήκη μεταφορές δεδομένων, η εκτέλεση της εντολής E/E, που μεταφέρει τα δεδομένα, προϋποθέτει ότι η συσκευή E/E είναι έτοιμη για την μεταφορά. Το αν είναι έτοιμη η συσκευή καθορίζεται από μία μεταφορά χωρίς συνθήκη πληροφοριών κατάστασης από τη συσκευή E/E προς τον μικροεπεξεργαστή που προηγείται της πραγματικής μεταφοράς δεδομένων. Οι πληροφορίες κατάστασης υποδεικνύουν την παρούσα κατάσταση της συσκευής E/E. Έχουμε τρεις τρόπους για υπό συνθήκη μεταφορά που αναπτύσσονται στην επόμενη παράγραφο.

4.6 Μέθοδοι Παράλληλης Μεταφοράς Δεδομένων υπό Συνθήκη

α) E/E απλού παλμού

Σε πολλές εφαρμογές έγκυρα δεδομένα παρουσιάζονται σε μία συσκευή εξόδου μέσα σ' ένα καθορισμένο χρόνο στον οποίο και πρέπει να διαβαστούν. Ένα παράδειγμα αυτού είναι η σύνδεση ενός πληκτρολογίου ASCII ΣΕ μΥ. Όταν ένα πλήκτρο πιέζεται, το κύκλωμα διασύνδεσης του

πληκτρολογίου στέλνει τον αντίστοιχο ASCII κώδικα για το πατημένο πλήκτρο σε 8 παράλληλες γραμμές μεταφοράς δεδομένων. Επίσης το πληκτρολόγιο, μέσω κυκλώματος στέλνει ένα σήμα strobe σε μία άλλη γραμμή για να δηλώσει ότι τα έγκυρα δεδομένα παρουσιάζονται σε 8 γραμμές μεταφοράς. Το Σχήμα 4.7β δείχνει τις χρονικές κυματομορφές που αναπαριστούν αυτό τον τρόπο λειτουργίας.

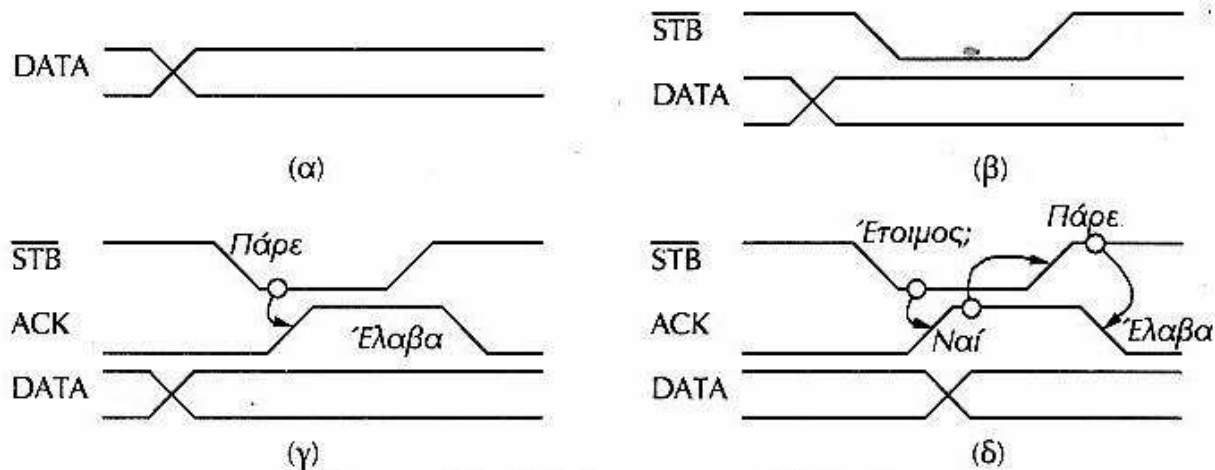
Για χαμηλούς ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων, όπως από ένα πληκτρολόγιο σε ένα μικροεπεξεργαστή, η μεταφορά δεδομένων με σήμα strobe λειτουργεί σωστά, ενώ για υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων αυτή η μέθοδος δεν λειτουργεί επειδή δεν υπάρχει κανένα σήμα το οποίο να λέει στη συσκευή αποστολέα πότε είναι ασφαλές να στείλει το επόμενο byte δεδομένων. Με άλλα λόγια θα έχουμε πρόβλημα αν το σύστημα αποστολέας στέλνει bytes δεδομένων γρηγορότερα απ' ότι το σύστημα παραλήπτης μπορεί να διαβάσει. Προς αποφυγή αυτού του προβλήματος χρησιμοποιείται ένα σήμα επιβεβαίωσης (ACK) μεταφοράς δεδομένων.

β) Ε/Ε Απλής Χειραψίας (Handshake) I/O

Το Σχήμα 4.7γ δείχνει μερικά παραδείγματα κυματομορφών για μία μεταφορά δεδομένων τύπου χειραψίας από μία περιφερειακή συσκευή σ'έναν μικροεπεξεργαστή. Η περιφερειακή συσκευή εξάγει παράλληλα δεδομένα και στέλνει ένα \overline{STB} σήμα στον μικροεπεξεργαστή. Αυτός επιβεβαιώνει το \overline{STB} σήμα με έλεγχο σάρωσης (rolled), δηλαδή έλεγχο μέσω προγράμματος ή σήματα διακοπών (interrupt) και διαβάζει το byte δεδομένων. Ο μικροεπεξεργαστής τότε στέλνει ένα σήμα αναγνώρισης ACK στο περιφερειακό για να δηλώσει ότι το περιφερειακό μπορεί να στείλει το επόμενο byte δεδομένων. Από την πλευρά του μικροεπεξεργαστή, αυτή η λειτουργία αναφέρεται σαν είσοδος απλής χειραψίας.

Οι κυματομορφές αυτές μπορούν να παριστάνουν έξοδο δεδομένων με απλή χειραψία από έναν μικροεπεξεργαστή σε ένα παράλληλο εκτυπωτή. Σε αυτή την περίπτωση ο μικροεπεξεργαστής στέλνει ένα χαρακτήρα στον εκτυπωτή και επιβεβαιώνει ένα \overline{STB} σήμα για να του πει "εδώ είναι ένας χαρακτήρας για σένα". Όταν ο εκτυπωτής είναι έτοιμος απαντά με το ACK σήμα για να πει στον μικροεπεξεργαστή "αυτό τον πήρα, στείλε μου έναν άλλο".

Η ουσία αυτού του σήματος χειραψίας είναι ότι η συσκευή ή το σύστημα αποστολέας δεν μπορεί να στείλει το επόμενο byte δεδομένων μέχρις ότου η συσκευή ή το σύστημα παραλήπτης δηλώσει με ένα σήμα ACK ότι είναι έτοιμο να το δεχτεί.



Σχήμα 4.7 Παράλληλη μεταφορά δεδομένων.

α)Χωρίς συνθήκη β)Απλού παλμού γ)Μονής χειραψίας δ)Διπλής χειραψίας

γ) Ε/Ε Διπλής Χειραψίας

Για μεταφορές δεδομένων όπου απαιτείται περισσότερη ισότητα ανάμεσα στο σύστημα αποστολέας και στο σύστημα παραλήπτης χρησιμοποιείται η διπλή χειραψία. Το Σχήμα 4.7δ δείχνει κάποιο παράδειγμα κυματομορφών για είσοδο με διπλό handshake από ένα περιφερειακό σ'ένα μικροεπεξεργαστή. Μπορούμε να καταλάβουμε καλύτερα αυτές τις κυματομορφές αν τις σκεφτούμε σαν ένα διάλογο μεταξύ δύο ανθρώπων. Εδώ έχει σημασία κάθε ακμή των σημάτων χειραψίας. Η συσκευή αποστολέας κάνει την γραμμή \overline{STB} low για να ρωτήσει: "είσαι έτοιμος;". Η συσκευή παραλήπτης με την σειρά της κάνει την γραμμή ACK high σα να λέει: "είμαι έτοιμος". Η περιφερειακή συσκευή τότε στέλνει ένα byte δεδομένων και κάνει την γραμμή \overline{STB} high σαν να λέει: "εδώ υπάρχει κάποιο έγκυρο δεδομένο για σένα". Αφού διαβάσει τα δεδομένα η συσκευή παραλήπτης κάνει την γραμμή ACK low σαν να λέει: "έχω τα δεδομένα και περιμένω αίτηση για αποστολή νέων δεδομένων".

Για μία χειραψία αυτού του τύπου, από ένα μικροεπεξεργαστή σ'ένα περιφερειακό, οί κυματομορφές είναι ίδιες αλλά ο μικροεπεξεργαστής στέλνει ένα \overline{STB} σήμα και τα δεδομένα, ενώ το περιφερειακό στέλνει ένα ACK σήμα.

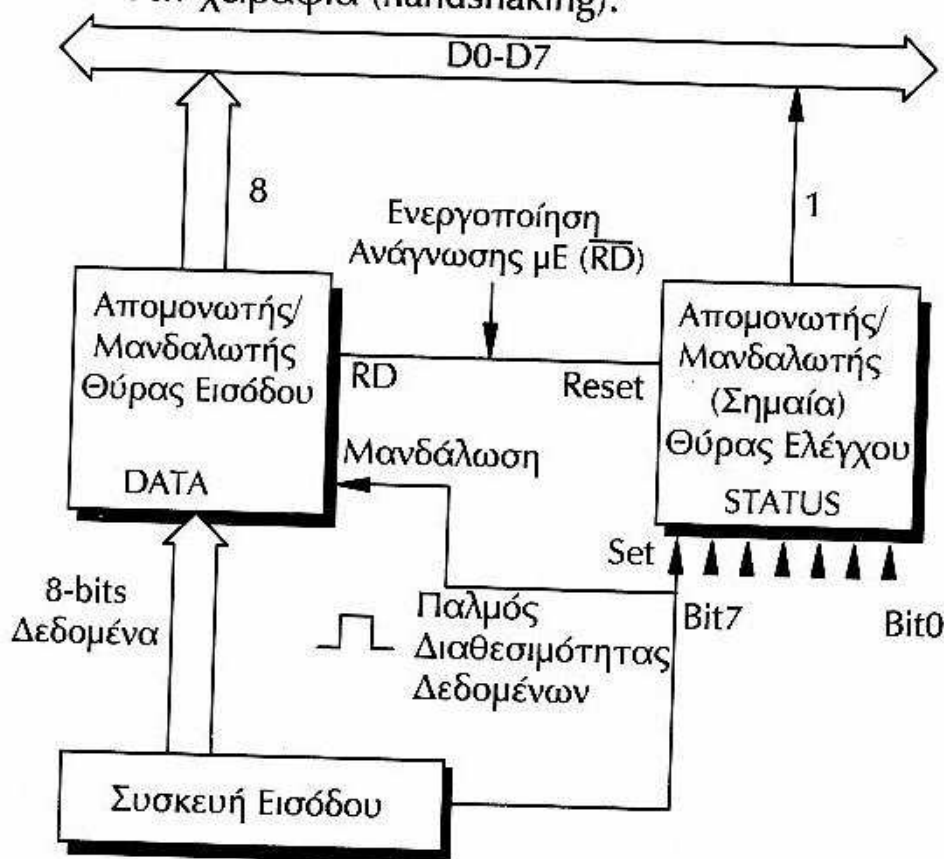
Για μία μεταφορά δεδομένων με χειραψία, ένας μικροεπεξεργαστής μπορεί να καθορίσει πότε είναι να στείλει το επόμενο byte δεδομένων με έλεγχο σάρωσης(rolled) δηλαδή έλεγχο μέσω προγράμματος των σημάτων χειραψίας ή με τη χρήση διακοπών (interrupt). Συνήθως χρησιμοποιείται η προσέγγιση μέσω σημάτων διακοπής, επειδή αυτή κάνει καλύτερη χρήση του χρόνου του επεξεργαστή. Τα σήματα \overline{STB} και ACK γι' αυτές τις μεταφορές με χειραψία, μπορούν να παραχθούν σε μία πόρτα με κατάλληλες εντολές στο πρόγραμμα για το σκοπό αυτό. Η χρήση ειδικών κυκλωμάτων αξιοποιεί πολύ περισσότερο τόν χρόνο επεξεργασίας. Έτσι

έχουν σχεδιαστεί τέτοιες συσκευές χρησιμοποιούμενες σαν πόρτες όπως το ολοκληρωμένο 8155 και το 8255, ώστε να μπορούν προγραμματιζόμενες να κατευθύνουν αυτόματα την λειτουργία της χειραψίας. Για παράδειγμα το ολοκληρωμένο 8155 ή το 8255 προγραμματιζόμενο μπορεί να λαμβάνει αυτόματα ένα \overline{STB} σήμα από ένα περιφερειακό, να στέλνει ένα σήμα διακοπής στον μικροεπεξεργαστή και να στέλνει το σήμα ACK στο περιφερειακό στις κατάλληλες χρονικές στιγμές (βλέπε παραγράφους 4.8 και 4.9).

4.7 Είσοδος Δεδομένων με Χρήση Σημαίας

Θα δώσουμε ένα παράδειγμα μεταφοράς δεδομένων με την πρώτη μέθοδο δηλ. του απλού παλμού. Έτσι ένα bit από την πληροφορία κατάστασης δηλώνει τότε μία θύρα εισόδου έχει διαθέσιμες πληροφορίες για είσοδο ή τότε μία θύρα εξόδου είναι έτοιμη να λάβει πληροφορίες.

Ας θεωρήσουμε, για παράδειγμα, μία συσκευή εισόδου που έχει διαθέσιμη πληροφορία στη θύρα εισόδου (DATA) για εκπομπή προς τον μικροεπεξεργαστή (βλέπε σχήμα 4.8). Υποθέτουμε ότι η όλη διαδικασία ελέγχεται από την περιφερειακή συσκευή. Για να δηλώσει η συσκευή εισόδου ότι είναι διαθέσιμη ενεργοποιεί ένα flag, το bit 7 της θύρας ελέγχου (STATUS). Η χρήση των σημαιών στον έλεγχο των υπό συνθήκη μεταφορών αναφέρεται και σαν χειραψία (handshaking).



Σχήμα 4.8 Είσοδος δεδομένων με τη χρήση σημαίας (flag).

Η προγραμματιζόμενη Ε/Ε είναι ο μόνος τρόπος να ξέρουμε πότε νέα δεδομένα είναι διαθέσιμα για είσοδο στον μικροεπεξεργαστή.

Για τον καθορισμό διαθεσιμότητας δεδομένων για είσοδο, ο μικροεπεξεργαστής περιοδικά εισάγει την λέξη ελέγχου από τη θύρα STATUS και ελέγχει το bit 7. Αν το bit 7 είναι 1, τότε υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα και μία εντολή τα εισάγει από τη θύρα DATA και κατόπιν απενεργοποιείται το flag ώστε να είναι έτοιμο να χρησιμοποιηθεί για δεδομένα. Ο αριθμός των δεδομένων που θα ληφθεί βρίσκεται στον καταχωρητή C. Τα δεδομένα τοποθετούνται σε πίνακα στη μνήμη που η αρχή του καθορίζεται από το ζεύγος καταχωρητών H-L.

Η συχνότητα με την οποία ελέγχεται η σημαία κατάστασης (status flag) καθορίζει τον χρόνο μεταφοράς δεδομένων. Ακολουθεί το πρόγραμμα που εισάγει δεδομένα και εκτελεί ανακύκλωση για τον έλεγχο του flag κατάστασης χρησιμοποιώντας το κύκλωμα του σχήματος 4.8.

INP:	IN	STATUS	;Είσοδος Κατάστασης
	ANI	80H	;Ενεργοποίηση σημαίων μΕ
	JP	INP	;Έλεγχος Bit7
	IN	DATA	;Είσοδος Δεδομένων
	MOV	M, A	;Μεταφορά Δεδομένων σε Πίνακα
	INX	H	
	DCR	C	;ελάττωση του πλήθους των προς μεταφορά δεδομένων
	JNZ	INP	
	HLT		

Η χρήση ανακύκλωσης για τον έλεγχο του bit κατάστασης, δημιουργεί προβλήματα σε συστήματα που δεν μπορούν να ξεφύγουν από την ανακύκλωση σε περίπτωση κακής λειτουργίας της συσκευής, όπου δεν μπορεί να ενεργοποιηθεί το flag κατάστασης.

Μία λύση για την ανακύκλωση ελέγχου είναι η ελεγχόμενη χρονοδιακοπή (controlled timeout). Με τον τρόπο αυτό αν η σημαία κατάστασης δεν ενεργοποιηθεί σε δεδομένο χρόνο, η ανακύκλωση τερματίζεται και γίνονται οι κατάλληλες ενέργειες για περίπτωση μη σωστής απόκρισης της συσκευής Ε/Ε. Η διαδικασία της συνεχούς ανακύκλωσης έχει νόημα όταν χρησιμοποιούνται αρκετές συσκευές εισόδου σ'ένα σύστημα προγραμματιζόμενης Ε/Ε. Το πρόγραμμα ελέγχει τη διαθεσιμότητα δεδομένων κάθε συσκευής, για να δει ποια συσκευή έχει διαθέσιμα δεδομένα για τον μΕ. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή σαν συνεχής σάρωση (polling). Οι περιφερειακές συσκευές που παρέχουν δεδομένα δεν τα έχουν πάντα διαθέσιμα γιατί απαιτείται κάποιος χρόνος για την παραγωγή τους όπως στην περίπτωση ενός Α/Δ μετατροπέα.

Επίσης οι συσκευές που δέχονται δεδομένα συνήθως τα επεξεργάζονται. Γι'αυτό δεν είναι πάντα διαθέσιμα για να λάβουν δεδομένα πριν επεξεργαστούν τα προηγούμενα. Συνήθως κάποιος απομονωτής (buffer) παρεμβαίνει μεταξύ της μεταφοράς και της επεξεργασίας, εξομαλύνοντας ακραίες τιμές ταχυτήτων σε μια μέση τιμή ροής δεδομένων που μπορεί να διεκπεραιωθεί.