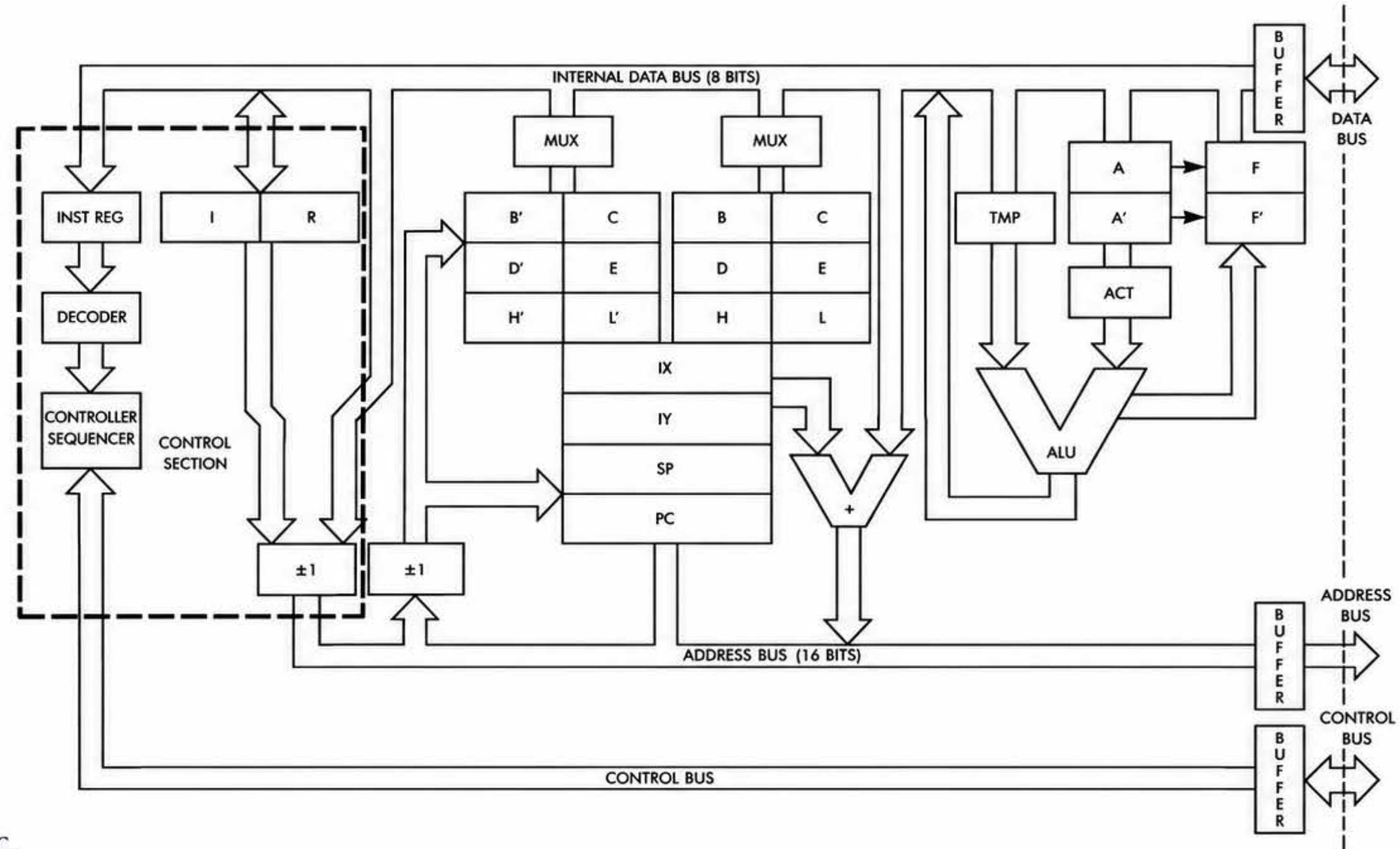


Αρχιτεκτονική του μικροεπεξεργαστή Zilog Z80

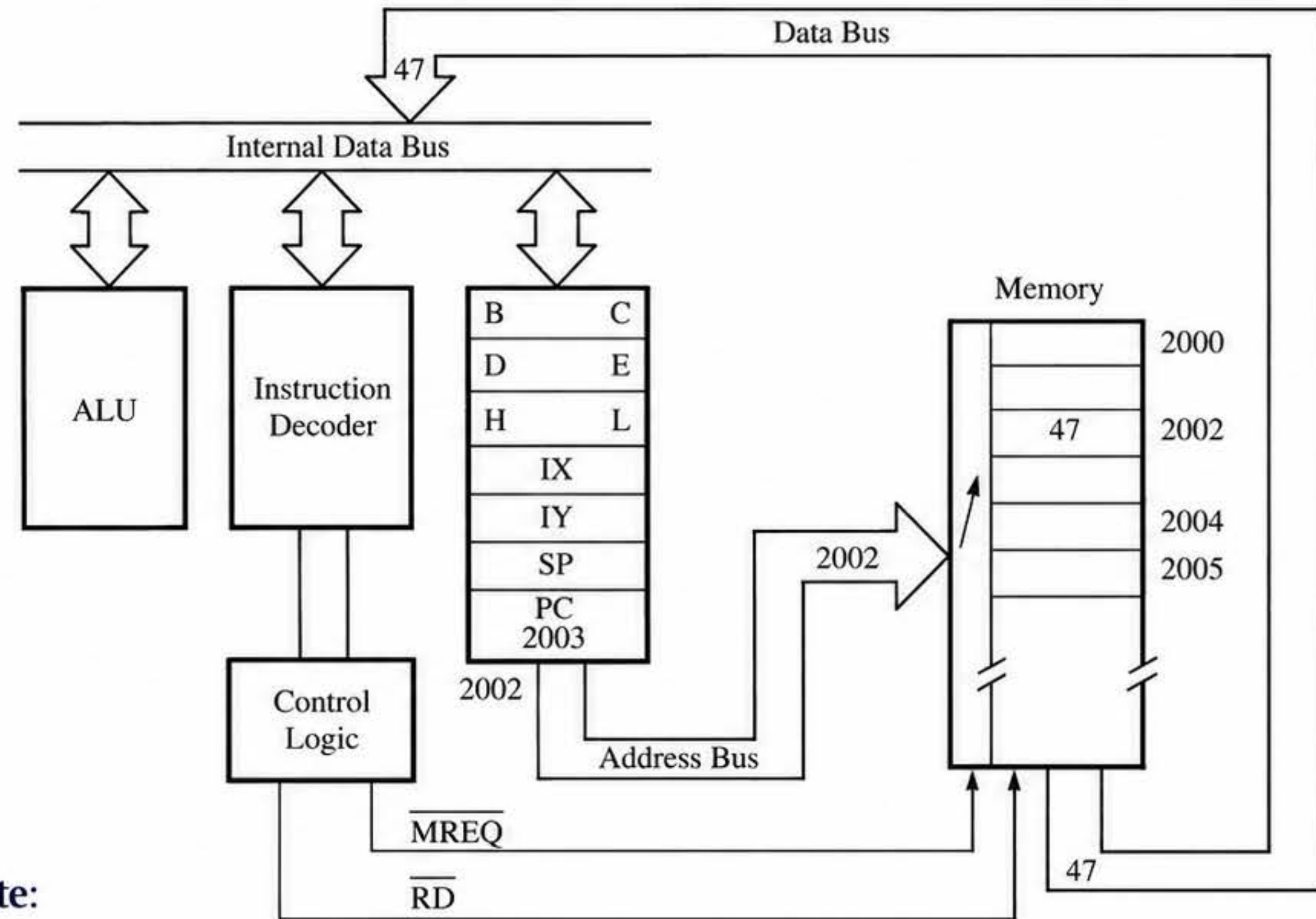
Εσωτερική οργάνωση, καταχωρητές, δίαυλοι και βασικοί κύκλοι λειτουργίας

- Ο Z80 ως μικροεπεξεργαστής 8 bit με δίαυλο διευθύνσεων 16 bit, ικανός να προσπελάζει χώρο διευθύνσεων 64 KByte.
- Έμφαση στην **εσωτερική οργάνωση**, στους **καταχωρητές** και στις **λειτουργικές μονάδες** του Z80, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα.
- Ανάλυση των **διαύλων δεδομένων**, **διευθύνσεων** και **ελέγχου** και του τρόπου διασύνδεσής τους με τα εσωτερικά τμήματα.
- Μελέτη του **χρονισμού** και των **κύκλων μηχανής**, όπως περιγράφονται στο υλικό του μαθήματος.
- Σύνδεση της αρχιτεκτονικής με τον **τρόπο εκτέλεσης εντολών**, με έμφαση στην ακολουθία προσκόμισης, αποκωδικοποίησης και εκτέλεσης.



Θεμελιώδη δομικά στοιχεία ενός μικροεπεξεργαστή

- Η **ALU** εκτελεί αριθμητικές και λογικές πράξεις στα δεδομένα που βρίσκονται στους καταχωρητές ή προέρχονται από τη μνήμη.
- Ο **αποκωδικοποιητής εντολών** (Instruction Decoder) αναλύει τη δυαδική κωδικοποίηση της εντολής και παράγει σήματα ελέγχου.
- Η **λογική ελέγχου** (Control Logic) συντονίζει τη λειτουργία όλων των μονάδων, δημιουργώντας τα κατάλληλα σήματα (π.χ. MREQ, RD).
- Το **σύνολο καταχωρητών** (B, C, D, E, H, L, IX, IY, SP, PC) αποτελεί την ταχύτερη εσωτερική αποθήκευση του επεξεργαστή για δεδομένα, διευθύνσεις και τον μετρητή προγράμματος.
- Ο **εσωτερικός δίαυλος δεδομένων** (Internal Data Bus) συνδέει τις εσωτερικές μονάδες, ενώ ο **εξωτερικός δίαυλος δεδομένων** (Data Bus) και ο **δίαυλος διευθύνσεων** (Address Bus) χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση με την εξωτερική μνήμη.
- Οι μονάδες συνεργάζονται στον **κύκλο fetch–decode–execute**: προσκόμιση εντολών, αποκωδικοποίηση και εκτέλεση.



Βασική ιδέα: Η εσωτερική οργάνωση εξηγεί πώς η CPU προσκομίζει εντολές και δεδομένα από τη μνήμη και τα επεξεργάζεται μέσω της ALU.

Η αριθμητική-λογική μονάδα (ALU) και η 74181

Είσοδοι ελέγχου, πίνακας λειτουργιών και διάδοση κρατουμένου

- Η αριθμητική-λογική μονάδα (ALU) είναι υποσύστημα του μικροεπεξεργαστή που εκτελεί λογικές και αριθμητικές πράξεις σε δυαδικά δεδομένα, καθώς και πράξεις σύγκρισης, αποτελώντας βασικό δομικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής του Z80.
- Η 74181 είναι μια ALU 4 bit της οικογένειας TTL (σειρά 74xx) και αποτέλεσε κλασικό ολοκληρωμένο κύκλωμα, με ευρεία χρήση σε υπολογιστικά συστήματα της δεκαετίας του 1970 και 1980, επηρεάζοντας τον σχεδιασμό μεταγενέστερων μικροεπεξεργαστών.
- Οι είσοδοι επιλογής λειτουργίας S0–S3 (4 bit) καθορίζουν τη συγκεκριμένη λογική ή αριθμητική πράξη, ενώ η είσοδος M επιλέγει την κατηγορία λειτουργίας.
- Όταν M = H η 74181 εκτελεί λογικές λειτουργίες, ενώ όταν M = L εκτελεί αριθμητικές λειτουργίες, όπως φαίνεται στον πίνακα λειτουργιών.
- Τα σήματα G (Carry Generate) και P (Carry Propagate) δηλώνουν αντίστοιχα τη δημιουργία κρατουμένου και τη διάδοσή του, και χρησιμοποιούνται για ταχεία παραγωγή κρατουμένου σε μεγαλύτερες ALU.
- Η υλοποίηση διάδοσης κρατουμένου με ripple carry είναι απλή αλλά πιο αργή, ενώ με carry lookahead μειώνει σημαντικά τον χρόνο πρόσθεσης, όπως φαίνεται στον πίνακα τυπικών χρόνων.

Pin Names	Description
$\overline{A}0-\overline{A}3$	Operand Inputs (Active LOW)
$\overline{B}0-\overline{B}3$	Operand Inputs (Active LOW)
S0–S3	Function Select Inputs
M	Mode Control Input
C _n	Carry Input
$\overline{F}0-\overline{F}3$	Function Outputs (Active LOW)
A = B	Comparator Output
$\overline{G}$	Carry Generate Output (Active LOW)
$\overline{P}$	Carry Propagate Output (Active LOW)
C _{n+4}	Carry Output

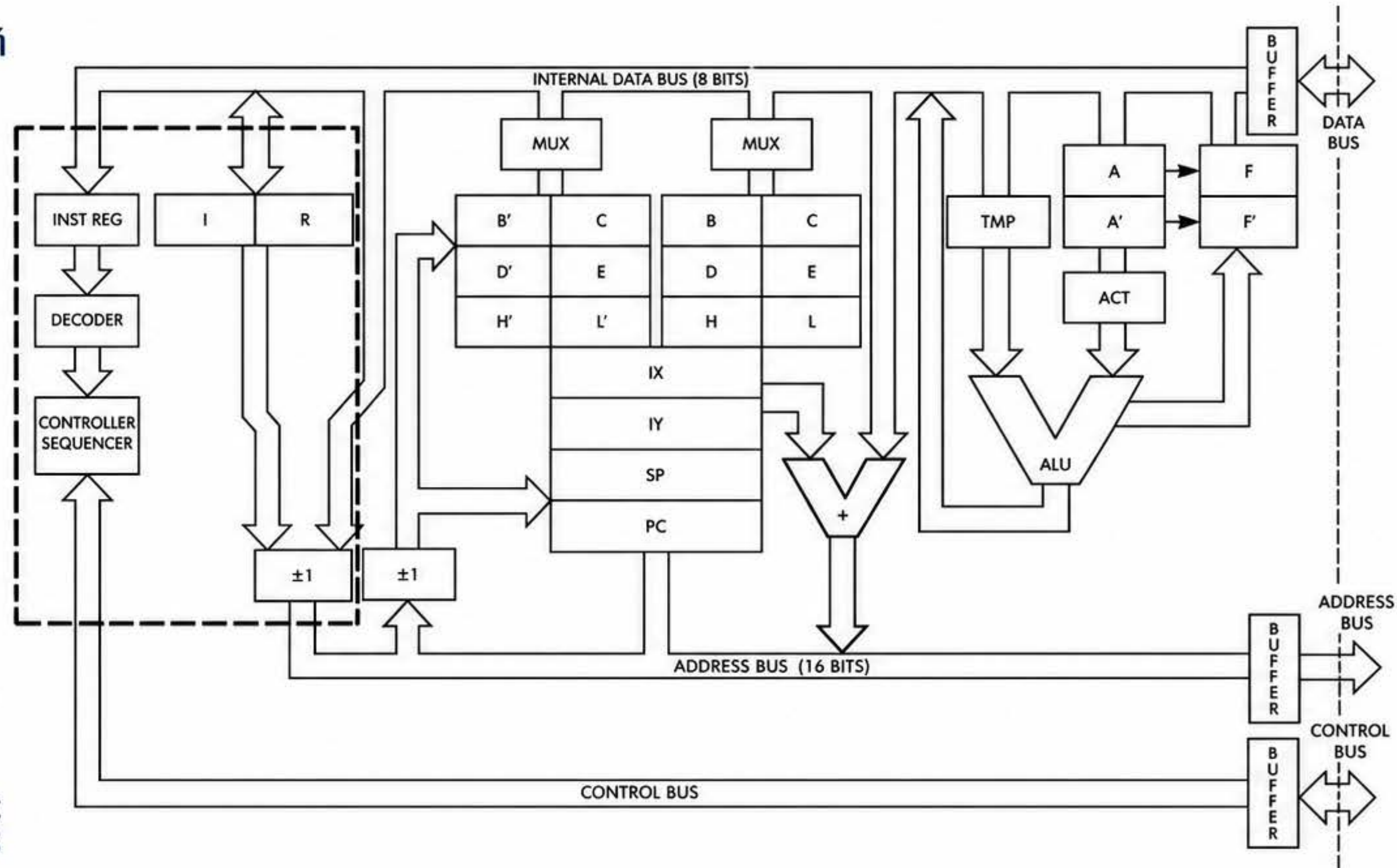
Mode Select Inputs				Active LOW Operands & F _n Outputs		Active HIGH Operands & F _n Outputs	
				Logic	Arithmetic (Note 2)	Logic	Arithmetic (Note 2)
S3	S2	S1	S0	(M = H)	(M = L) (C _n = L)	(M = H)	(M = L) (C _n = H)
L	L	L	L	$\overline{A}$	A minus 1	$\overline{A}$	A
L	L	L	H	$\overline{A}\overline{B}$	AB minus 1	$\overline{A} + B$	A + B
L	L	H	L	$\overline{A} + \overline{B}$	$\overline{A}\overline{B}$ minus 1	$\overline{A}\overline{B}$	A + $\overline{B}$
L	L	H	H	Logic 1	minus 1	Logic 0	minus 1
L	H	L	L	$\overline{A} + \overline{B}$	A plus (A + $\overline{B}$)	$\overline{A}\overline{B}$	A plus $\overline{A}\overline{B}$
L	H	L	H	$\overline{B}$	AB plus (A + B)	$\overline{B}$	(A + B) plus $\overline{A}\overline{B}$
L	H	H	L	$\overline{A} \oplus \overline{B}$	A minus B minus 1	A $\oplus$ B	A minus B minus 1
L	H	H	H	A + $\overline{B}$	A + $\overline{B}$	$\overline{A}\overline{B}$	AB minus 1
H	L	L	L	$\overline{A}\overline{B}$	A plus (A + B)	$\overline{A} + B$	A plus AB
H	L	L	H	A $\oplus$ B	A plus B	$\overline{A} \oplus \overline{B}$	A plus B
H	L	H	L	B	$\overline{A}\overline{B}$ plus (A + B)	B	(A + $\overline{B}$) plus AB
H	L	H	H	A + B	A + B	AB	AB minus 1
H	H	L	L	Logic 0	A plus A (Note 1)	Logic 1	A plus A (Note 1)
H	H	L	H	$\overline{A}\overline{B}$	AB plus A	A + $\overline{B}$	(A + $\overline{B}$) plus A
H	H	H	L	AB	AB minus A	A + B	(A + $\overline{B}$) plus A
H	H	H	H	A	A	A	A minus 1

NUMBER OF BITS	ADDITION TIMES			PACKAGE COUNT		CARRY METHOD BETWEEN ALU's
	USING '181 AND '182	USING 'LS181 AND '182	USING 'S181 AND 'S182	ARITHMETIC/ LOGIC UNITS	LOOK-AHEAD CARRY GENERATORS	
1 to 4	24 ns	24 ns	11 ns	1		NONE
5 to 8	36 ns	40 ns	18 ns	2		RIPPLE
9 to 16	36 ns	44 ns	19 ns	3 or 4	1	FULL LOOK-AHEAD
17 to 64	60 ns	68 ns	28 ns	5 to 16	2 to 5	FULL LOOK-AHEAD

Η μελέτη της 74181 βοηθά στην κατανόηση της λειτουργίας της ALU που ενσωματώνεται στον Z80.

Εσωτερική οργάνωση του Z80

- **Τμήμα ελέγχου:** περιλαμβάνει τον καταχωρητή εντολής (Instruction Register), τον αποκωδικοποιητή (Decoder) και τον ακολουθητή ελέγχου (Controller Sequencer), ο οποίος παράγει τα σήματα ελέγχου για όλες τις λειτουργικές μονάδες. Οι ειδικοί καταχωρητές **I** και **R** χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των διακοπών.
- **Δύο σύνολα καταχωρητών γενικού σκοπού:** BC, DE, HL και τα εναλλακτικά B'C', D'E', H'L', που επιτρέπουν γρήγορη εναλλαγή συμφραζόμενου κατά τις διακοπές.
- **Καταχωρητές δείκτη IX και IY,** καθώς και ο καταχωρητής στοίβας **SP** και ο μετρητής προγράμματος **PC**, για προσπέλαση μνήμης και έλεγχο ροής εκτέλεσης.
- **Συσσωρευτής A και εναλλακτικός A',** καθώς και οι καταχωρητές κατάστασής **F** και **F'**, που περιέχουν τις σημαίες του επεξεργαστή.
- **Εσωτερικός δίαυλος δεδομένων 8 bit, δίαυλος διευθύνσεων 16 bit** και δίαυλος ελέγχου, μέσω των οποίων συνδέονται τα εσωτερικά τμήματα και επικοινωνούν με το εξωτερικό περιβάλλον.
- **Αριθμητική και λογική μονάδα (ALU),** προσωρινός καταχωρητής (TMP), καταχωρητής αποτελέσματος (ACT) και μονάδες επιλογής/δρομολόγησης δεδομένων (MUX, buffers), που διασυνδέουν τους καταχωρητές με τους διαύλους.

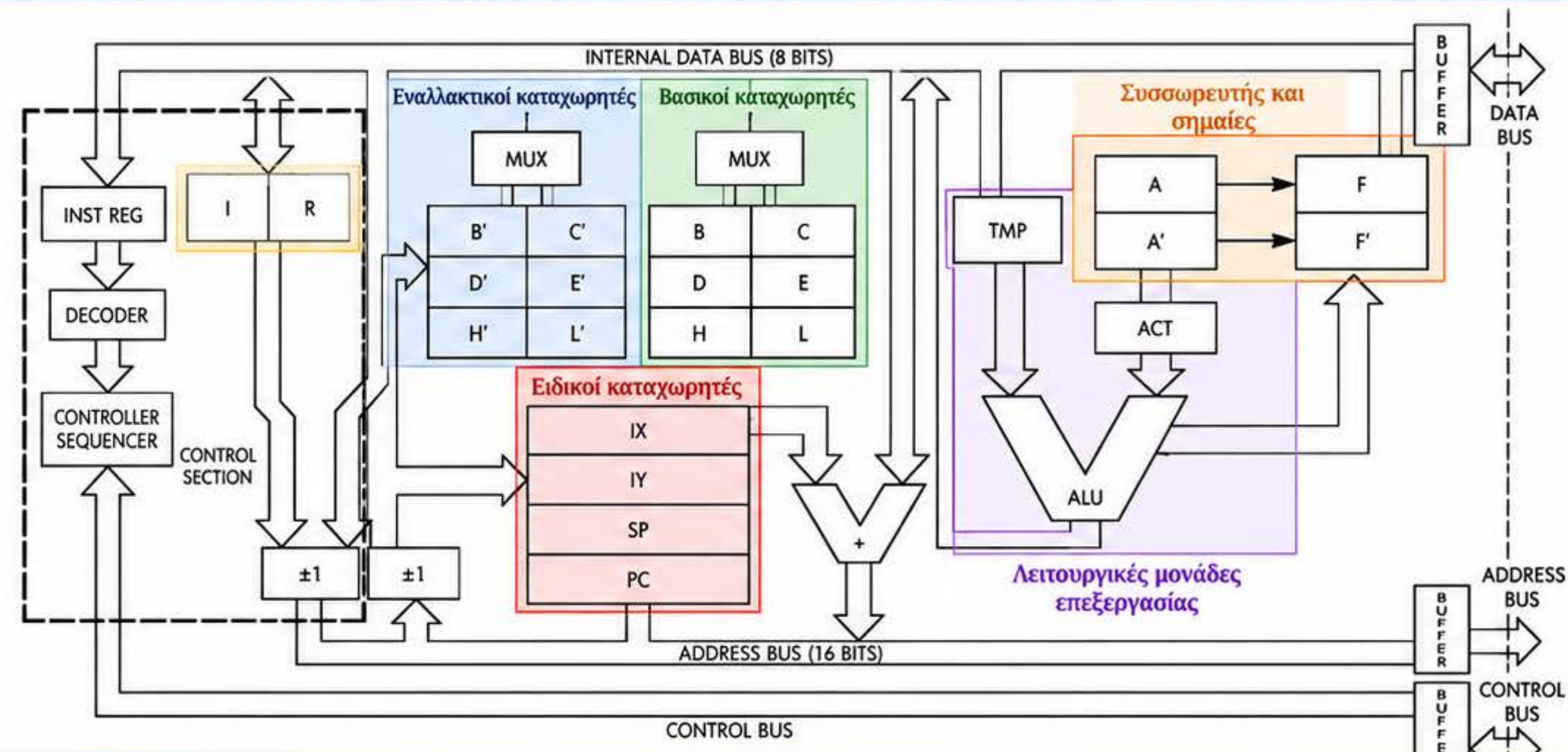


Η αρχιτεκτονική του Z80 συνδυάζει πλούσιο σύνολο καταχωρητών με αποδοτική εσωτερική διασύνδεση.

Καταχωρητές και λειτουργικές μονάδες του Z80

Βασικοί και εναλλακτικοί καταχωρητές, ειδικοί καταχωρητές και συνεργασία των λειτουργικών μονάδων

- Βασικοί καταχωρητές 8 bit και 16 bit**
Το Z80 διαθέτει γενικούς καταχωρητές 8 bit (A, B, C, D, E, H, L) που μπορούν να ομαδοποιηθούν σε ζεύγη 16 bit (BC, DE, HL) για προσπέλαση λέξεων δεδομένων.
- Εναλλακτικοί καταχωρητές**
Τα ζεύγη B'C', D'E', H'L' και ο εναλλακτικός συσσωρευτής A' με σημαίες F' επιτρέπουν ταχεία εναλλαγή κατάστασης (π.χ. σε διακοπές), χωρίς ανάγκη αποθήκευσης στον σωρό.
- Συσσωρευτής A και καταχωρητής σημαίων F**
Ο συσσωρευτής A χρησιμοποιείται στις αριθμητικές και λογικές πράξεις με την ALU. Ο καταχωρητής F περιέχει τα flags κατάστασης του αποτελέσματος.
- Index registers, SP και PC**
Οι IX και IY παρέχουν επιπλέον καταχώριση διευθύνσεων με σχετική προσπέλαση. Ο SP δείχνει την κορυφή του σωρού (stack) και ο PC περιέχει τη διεύθυνση της επόμενης εντολής.
- Ειδικοί καταχωρητές I και R**
Ο I κρατά το υψηλό byte της διεύθυνσης διανυσμάτων διακοπών, ενώ ο R είναι μετρητής ανανεώσεων μνήμης (refresh) 7 bit.
- Συνεργασία λειτουργικών μονάδων**
Η ALU εκτελεί αριθμητικές/λογικές πράξεις με δεδομένα από τους καταχωρητές, ο TMP κρατά προσωρινά δεδομένα και ο ACT ελέγχει και συντονίζει τη λειτουργία, ενημερώνοντας τα flags.



Κατηγορία	Καταχωρητές / Μονάδες	Ρόλος και χαρακτηριστικά
General-purpose (Γενικής χρήσης)	A, B, C, D, E, H, L (ζεύγη BC, DE, HL)	8-bit καταχωρητές για γενική χρήση. Μπορούν να ομαδοποιηθούν σε 16-bit ζεύγη (BC, DE, HL) για προσπέλαση λέξεων.
Alternate (Εναλλακτικοί)	A', B', C', D', E', H', L' (ζεύγη B'C', D'E', H'L', F')	Εναλλακτικό σύνολο καταχωρητών για ταχύτερη εναλλαγή κατάστασης (π.χ. εξυπηρέτηση διακοπών) χωρίς αποθήκευση στον σωρό.
Special (Ειδικοί)	IX, IY, SP, PC, I, R	IX και IY: index registers για σχετική προσπέλαση. SP: δείκτης σωρού. PC: μετρητής προγράμματος. I: υψηλό byte διανυσμάτων διακοπών. R: μετρητής ανανεώσεων μνήμης.
Control/Processing (Επεξεργασία)	ALU, TMP, ACT, F, F'	ALU: αριθμητικές/λογικές πράξεις και ενημέρωση flags. TMP: προσωρινή αποθήκευση δεδομένων. ACT: έλεγχος και συντονισμός λειτουργίας. F, F': καταχωρητές σημαίων κατάστασης.

Διάταξη ακροδεκτών και σήματα ελέγχου του Z80

- **Γραμμές τροφοδοσίας και ρολογιού**

- **+5 V:** τροφοδοσία του Z80.
- **GND:** γείωση.
- **Φ (Clock):** σήμα ρολογιού που συγχρονίζει τη λειτουργία του επεξεργαστή.

- **Δίαυλος διευθύνσεων**

- **A₀–A₁₅:** 16 γραμμές διευθύνσεων (64 KByte χώρος διευθύνσεων). Ο Z80 θέτει τη διεύθυνση στον δίαυλο για προσπέλαση μνήμης ή συσκευής εισόδου/εξόδου.

- **Δίαυλος δεδομένων**

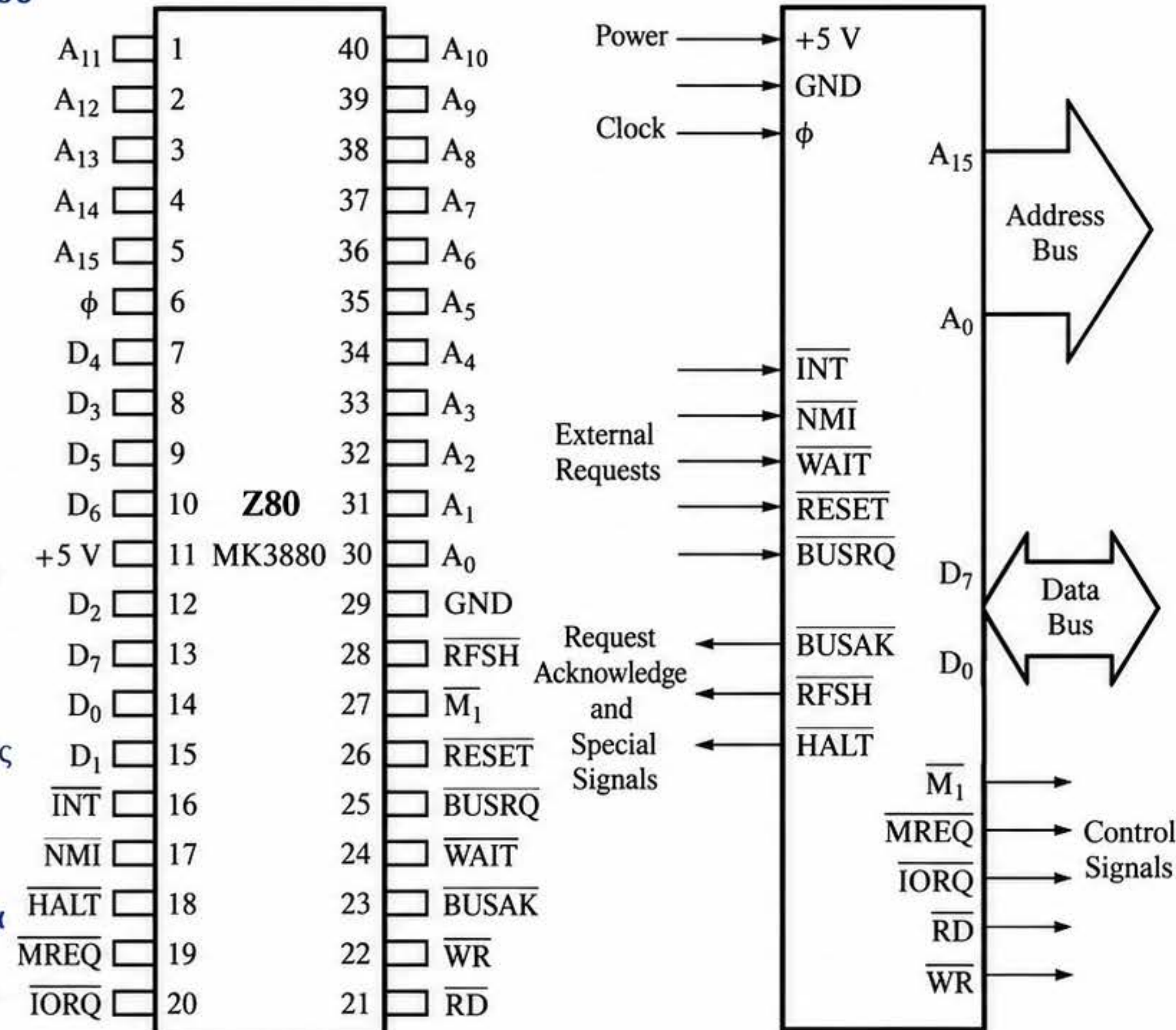
- **D₀–D₇:** 8 γραμμές δεδομένων. Μεταφέρεται η πληροφορία μεταξύ Z80, μνήμης και περιφερειακών.

- **Σήματα ελέγχου**

- **$\overline{M}_1$, $\overline{MREQ}$, $\overline{IORQ}$, $\overline{RD}$, $\overline{WR}$:** καθορίζουν τον τύπο κύκλου μηχανής (προσπέλαση μνήμης ή εισόδου/εξόδου, ανάγνωση ή εγγραφή) και χρονομετρούν τη μεταφορά.

- **Εξωτερικά αιτήματα και ειδικά σήματα**

- **$\overline{INT}$, $\overline{NMI}$, $\overline{WAIT}$, $\overline{RESET}$, $\overline{BUSRQ}$, $\overline{BUSAk}$, $\overline{HALT}$, $\overline{RFSH}$:** χρησιμοποιούνται για διακοπές, αναμονή, επανεκκίνηση, παραχώρηση διαύλου, κατάστασεις αναμονής και ανανέωση μνήμης.

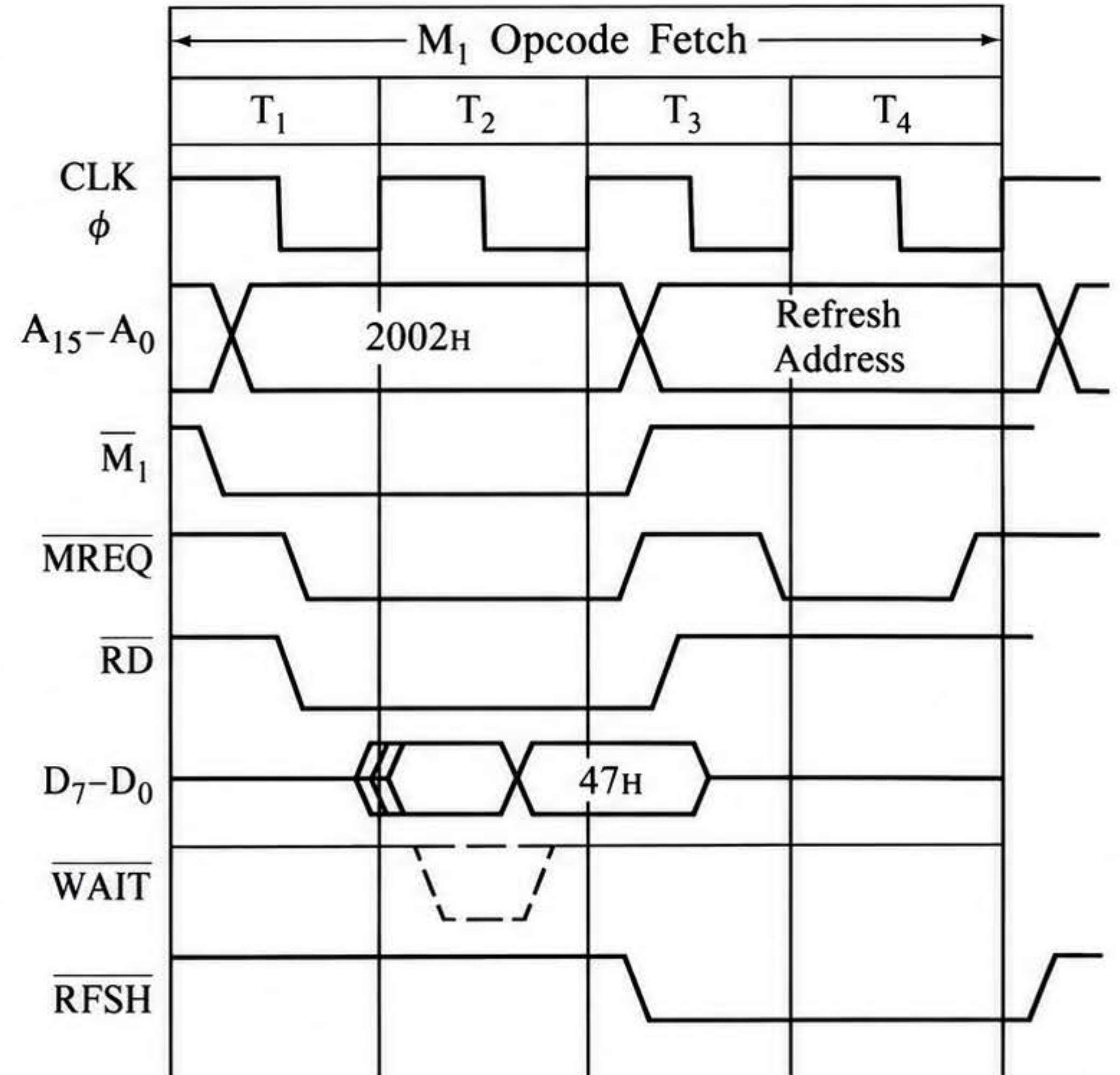


Κατηγορία	Σήματα (ακροδέκτες)
Τροφοδοσία και ρολόι	+5 V (11), GND (29), Φ (6)
Δίαυλος διευθύνσεων	A ₀ –A ₁₅ (A ₀ : 30, ..., A ₁₅ : 5) (16 γραμμές, 64 KByte)
Δίαυλος δεδομένων	D ₀ –D ₇ (D ₀ : 14, ..., D ₇ : 13) (8 γραμμές)
Σήματα ελέγχου	$\overline{M}_1$ (27), $\overline{MREQ}$ (19), $\overline{IORQ}$ (20), $\overline{RD}$ (21), $\overline{WR}$ (22)
Εξωτερικά αιτήματα	$\overline{INT}$ (16), $\overline{NMI}$ (17), $\overline{WAIT}$ (24), $\overline{RESET}$ (26), $\overline{BUSRQ}$ (25)
Ειδικά σήματα	$\overline{BUSAk}$ (23), $\overline{HALT}$ (18), $\overline{RFSH}$ (28)

Χρονισμός διαύλου: κύκλος fetch

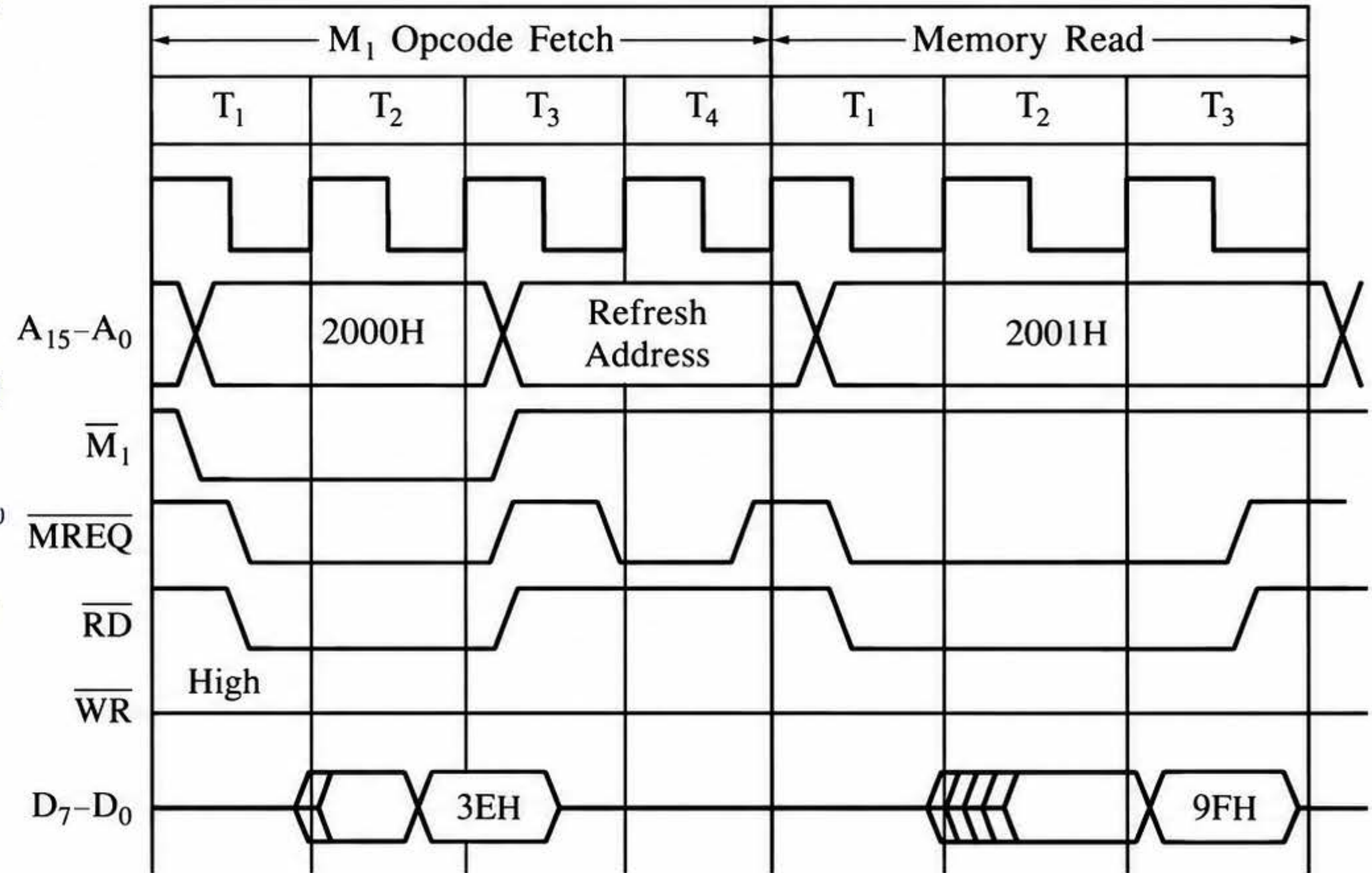
- Στο **T1** ενεργοποιείται το **M1** και η CPU τοποθετεί το περιεχόμενο του **PC** στον **δίαυλο διευθύνσεων**.
- Στη χαμηλή φάση του **T1** ενεργοποιούνται τα **MREQ** και **RD**.
- Στο **T2** η μνήμη τοποθετεί τον κώδικα εντολής στον **δίαυλο δεδομένων**.
- Αν ενεργοποιηθεί το **WAIT** προστίθενται επιπλέον κύκλοι ρολογιού.
- Στο **T3/T4** η εντολή διαβάζεται, αποκωδικοποιείται και μπορεί να εκτελεστεί παράλληλα με λειτουργία **refresh** της μνήμης.

Ο κύκλος fetch αποτελεί το πρώτο machine cycle κάθε νέας εντολής.



Χρονισμός διαύλου: κύκλος memory read

- Ο κύκλος memory read **ακολουθεί συνήθως τον κύκλο fetch**, όταν η εντολή απαιτεί επιπλέον byte ή δεδομένο (π.χ. δεύτερο byte διεύθυνσης, άμεση σταθερά ή τελεστέο από μνήμη).
- Το σήμα **M1 είναι ανενεργό**, επειδή δεν πρόκειται για προσκόμιση opcode, αλλά για ανάγνωση δεδομένου από μνήμη.
- Η CPU τοποθετεί τη **νέα διεύθυνση στον δίαυλο διευθύνσεων** (π.χ. 2001H στο παράδειγμα), η οποία παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου.
- Τα σήματα **RD** και **MREQ** ενεργοποιούνται (σε λογικό 0) για την ανάγνωση του δεδομένου από τη μνήμη.
- Στο **T₃** το **δεδομένο εμφανίζεται στον δίαυλο δεδομένων** (στο παράδειγμα: 9FH) και ολοκληρώνεται η μεταφορά.
- Ο κύκλος memory read είναι απαραίτητος για **πολυβάιτες εντολές** και για τη **φόρτωση τελεστέων** από μνήμη, καθώς επιτρέπει στην CPU να ανακτήσει τα επιπλέον bytes που χρειάζεται.



Σύγκριση με fetch

- **Fetch**: ανάγνωση opcode (M1 ενεργό).
- **Memory Read**: ανάγνωση επιπλέον δεδομένου (M1 ανενεργό).