



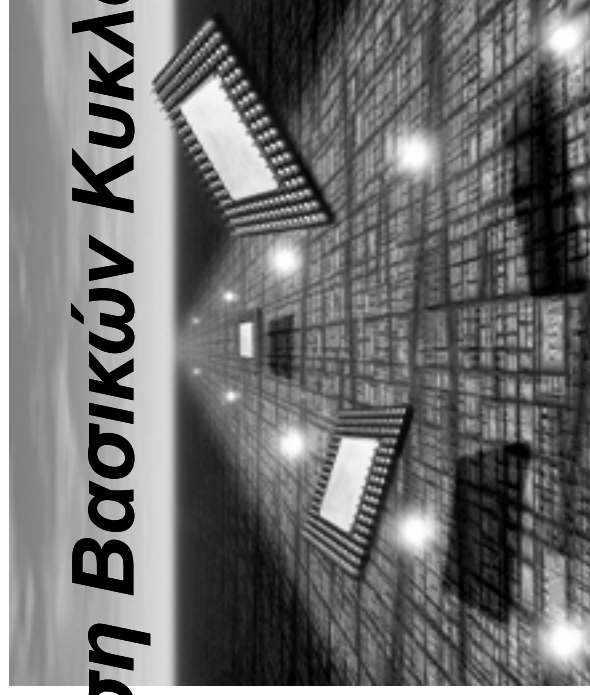
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΗΘΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

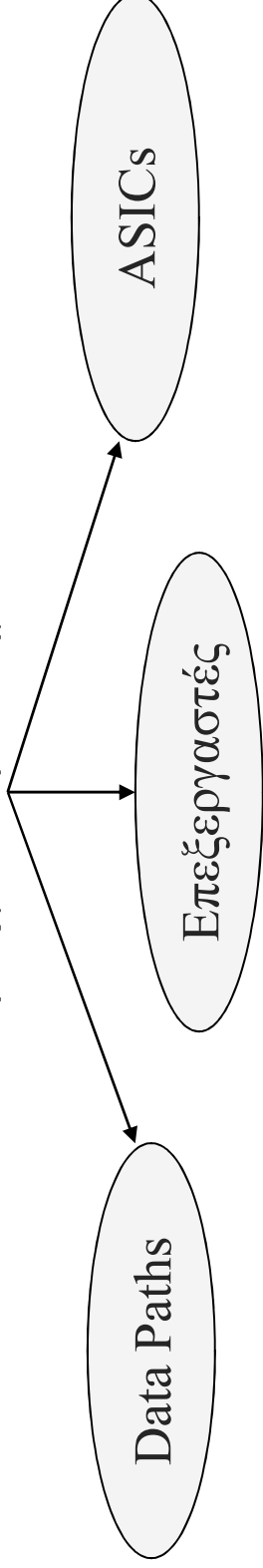


Σχεδίαση Βασικών Κυκλωμάτων

Χρ. Καβουσιανός
Επίκουρος Καθηγητής

Εισαγωγή

Τα αριθμητικά κυκλώματα χρησιμοποιούνται ευρέως στην σχεδίαση συστημάτων.

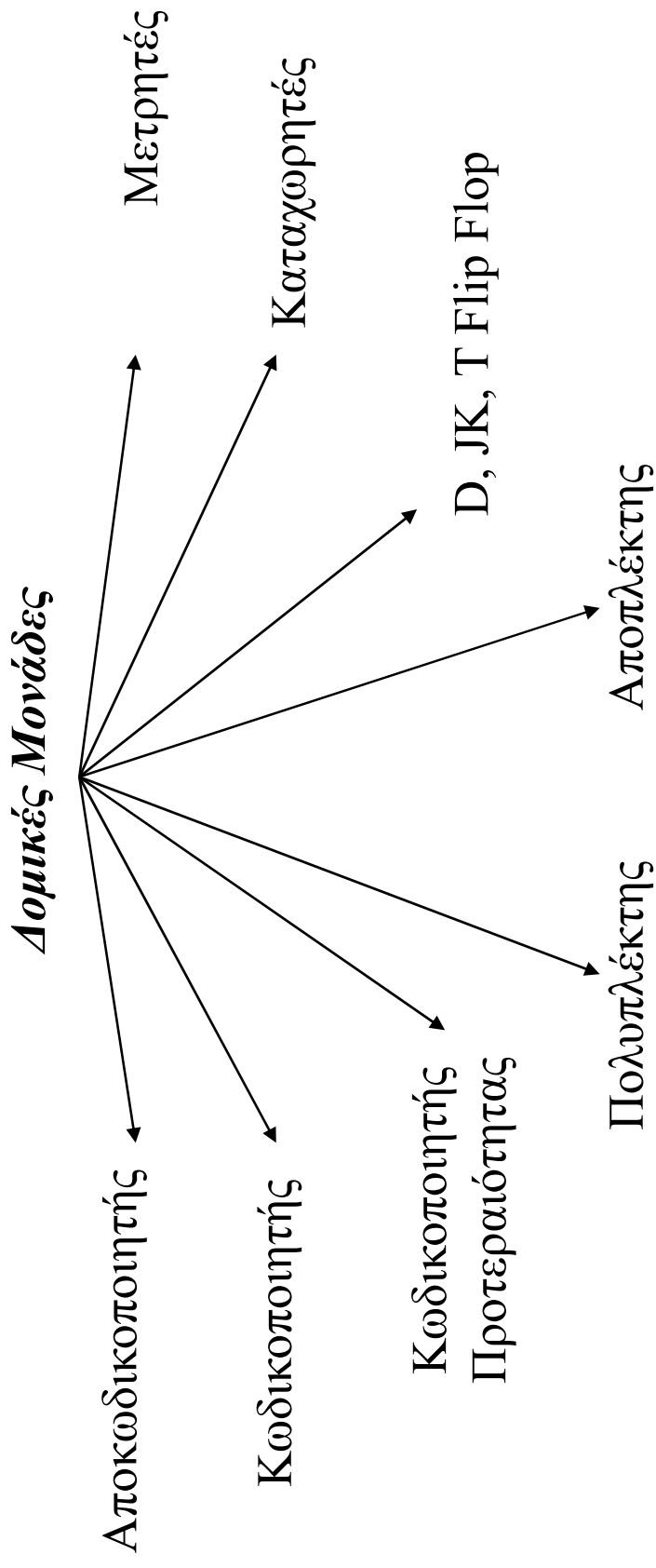


Κυρίαρχες Αριθμητικές Πράξεις:



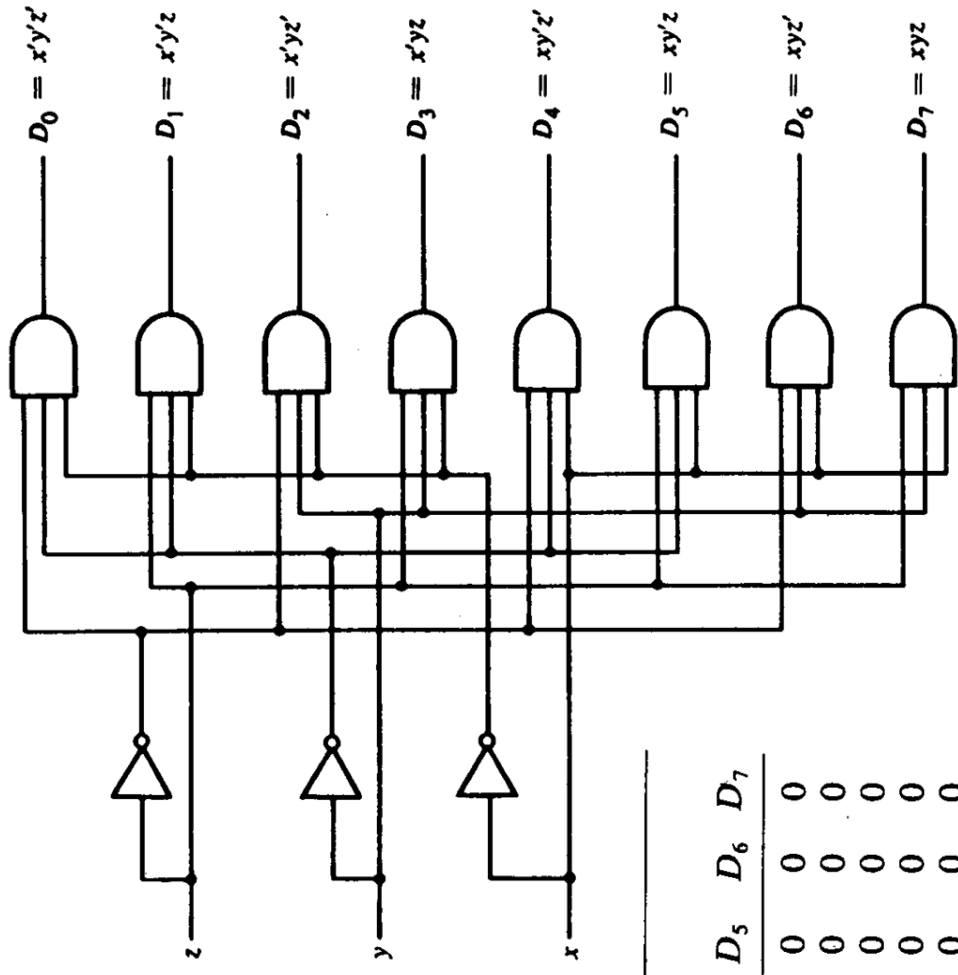
Όλες οι αριθμητικές πράξεις ανάγονται σε πρόσθεση / πολλαπλασιασμό

Βασικές Δομικές Μονάδες



Αποκωδικοποιητής

Αποκωδικοποιητής: κύκλωμα που μετατρέπει τη δυαδική πληροφορία των n γραμμών εισόδου σε έως 2^n μοναδικές γραμμές εξόδου (ελαχιστόροι n μεταβλητών).



Παράδειγμα:

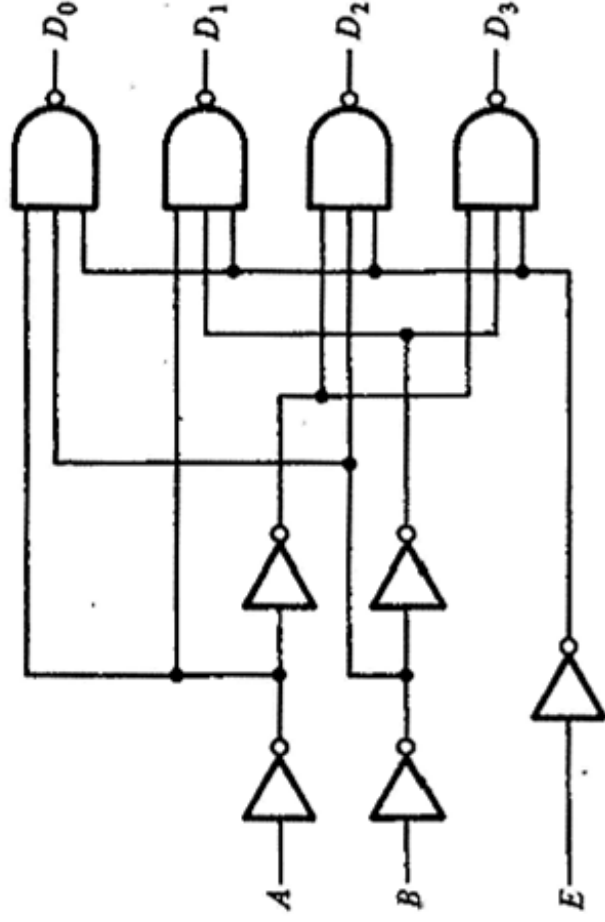
Αποκωδικοποιητής 3-σε-8

Είσοδοι			Έξοδοι							
x	y	z	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Αποκωδικοποιητής με επίτρεψη

Ο αποκωδικοποιητής μπορεί να παράγει συμπληρωματικές εξόδους.

Ο αποκωδικοποιητής μπορεί να έχει είσοδο επίτρεψης.



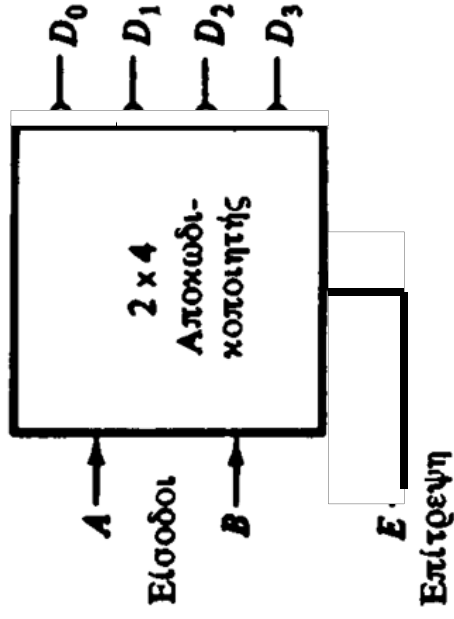
(α) Λογικό διάγραμμα

E	A	B	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃
1	X	X	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	0

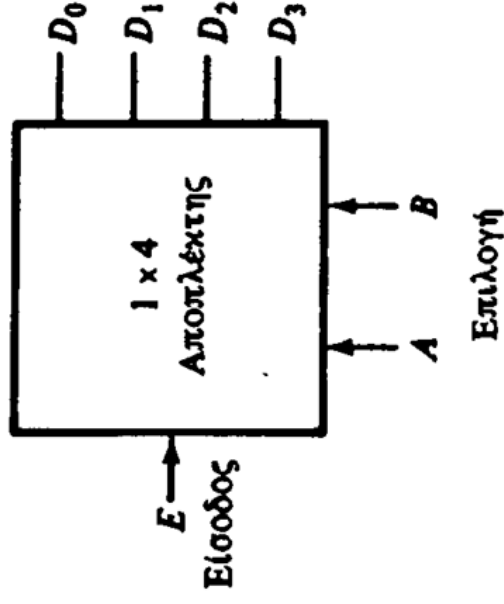
(β) Πίνακας αληθείας

Αποπλέκτης (Demultiplexer)

Ο αποπλέκτης δέχεται πληροφορίες από μία απλή γραμμή και τις μεταβιβάζει σε μία από τις 2^n δυνατές γραμμές εξόδου ανάλογα με τις τιμές των n γραμμών επιλογής.



(α) Αποκωδικοποιητής με επίτρεψη



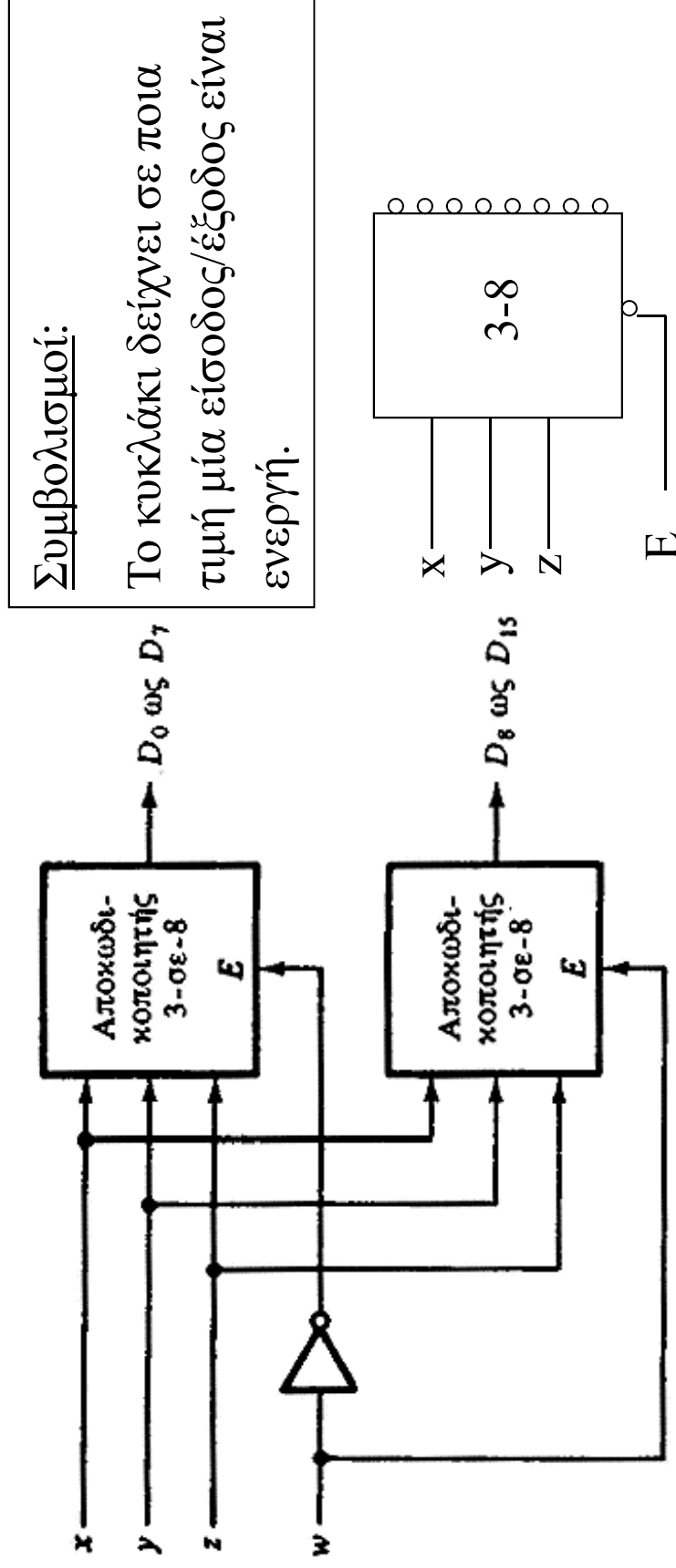
(β) Αποπλέκτης

Αποκωδικοποιητής/Αποπλέκτης

Επέκταση αποκωδικοποιητή με
χρήση πολλών αποκωδικοποιητών

2 αποκωδικοποιητές 3 σε 8
δίνουν

1 αποκωδικοποιητή 4 σε 16



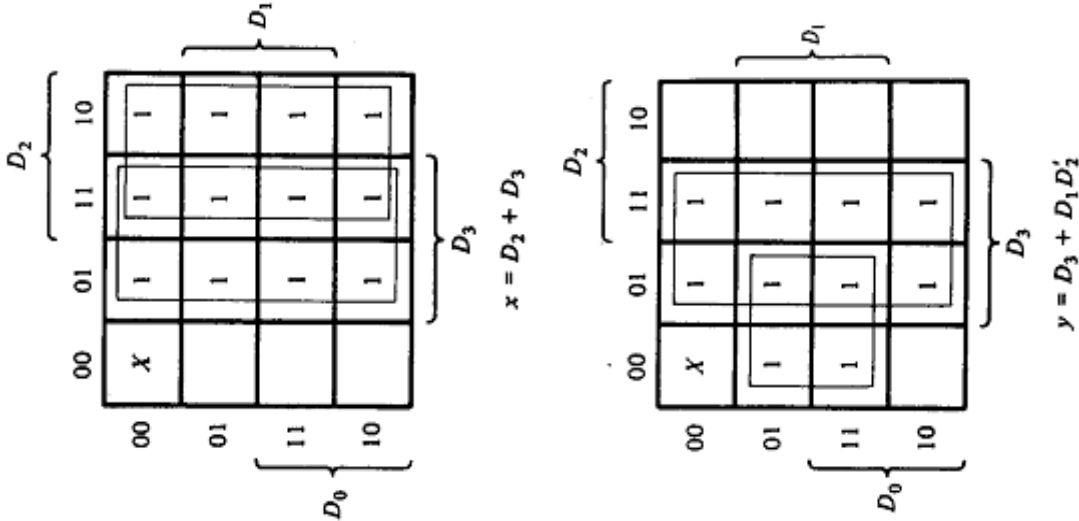
Κωδικοποιητής Προτεραιότητας

Το πρόβλημα προέρχεται από τις αδιάφορες καταστάσεις.

Ο κωδικοποιητής προτεραιότητας είναι ένα κύκλωμα κωδικοποιητή που περιλαμβάνει συνάρτηση προτεραιότητας και καθορίζει όλες τις αδιάφορες καταστάσεις.

Παράδειγμα: Κωδικοποιητής προτεραιότητας 4 εισόδων

Είσοδοι				Έξοδοι			
D_0	D_1	D_2	D_3	X	Y	Z	V
0	0	0	0	X	X	0	0
1	0	0	0	0	0	1	1
X	1	0	0	0	1	1	1
X	X	1	0	1	0	1	1
X	X	X	1	1	1	1	1

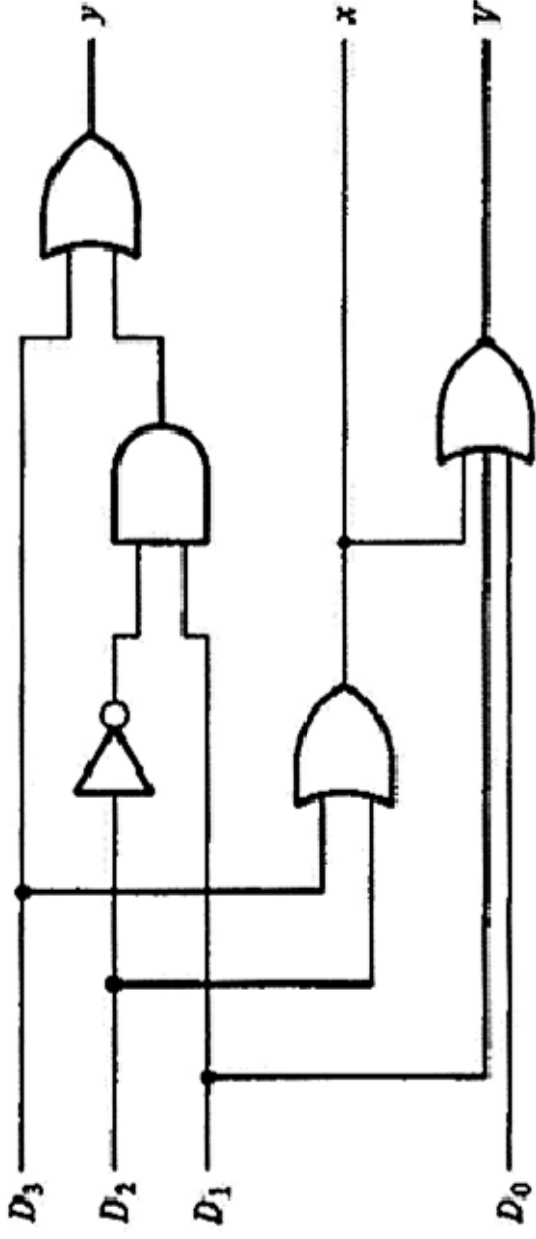


Κωδικοποιητής Προτεραιότητας 4 Εισόδων

$$x = D_2 + D_3$$

$$y = D_3 + D_1 D_2'$$

$$V = D_0 + D_1 + D_2 + D_3$$



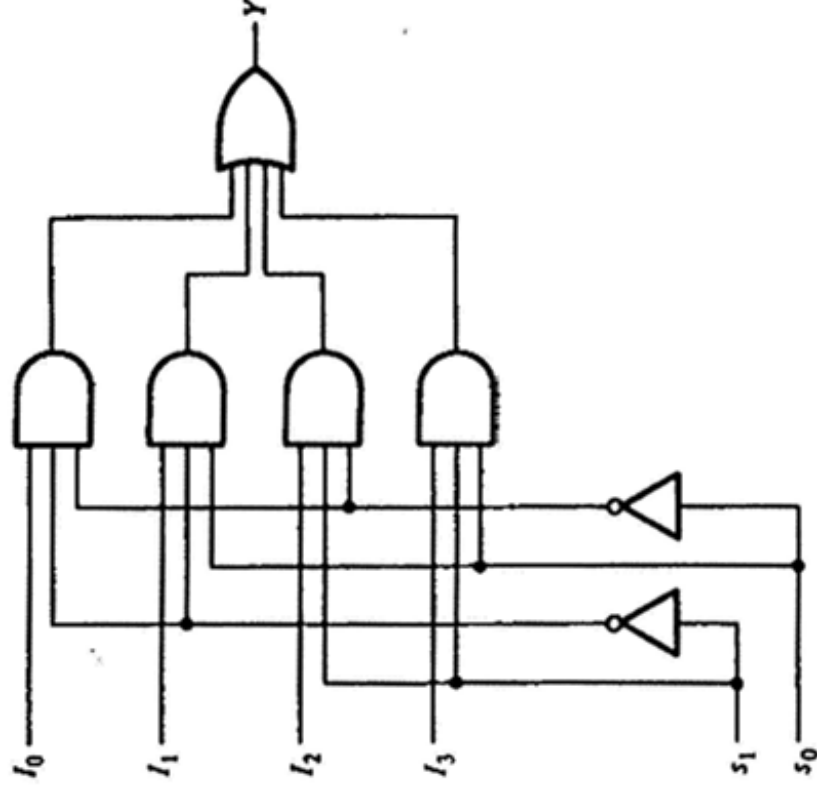
Λύνει το πρόβλημα της επιλογής όταν περισσότερες της μίας εισόδων είναι 1 επιλέγοντας αυτή με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα.

Πολυπλέκτης (Multiplexer)

- Ο πολυπλέκτης είναι ένα συνδυαστικό κύκλωμα που επιλέγει δυαδικές πληροφορίες ανάμεσα σε πολλές γραμμές εισόδου και τις κατευθύνει σε μία γραμμή εξόδου.
- Η επιλογή της μιας συγκεκριμένης γραμμής εισόδου γίνεται μέσω μερικών γραμμών επιλογής.
- Ένας πολυπλέκτης 2^n -σε-1 γραμμή κατασκευάζεται από έναν αποκωδικοποιητή n -σε- 2^n προσθέτοντας σε αυτόν 2^n εισόδους μια για κάθε πύλη ΚΑΙ. Οι έξοδοι των πυλών ΚΑΙ εφαρμόζονται σε μια μοναδική πύλη Η για να δώσουν τη μία γραμμή εξόδου.

Παράδειγμα

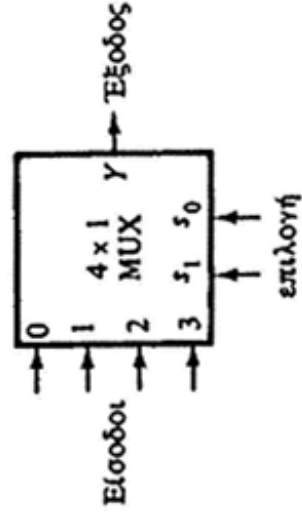
Πολυπλέκτης 4-σε-1



(α) Λογικό διάγραμμα

s_1	s_0	Y
0	0	I_0
0	1	I_1
1	0	I_2
1	1	I_3

(β) Πίνακας της συνάρτησης



(γ) Σχηματικό διάγραμμα

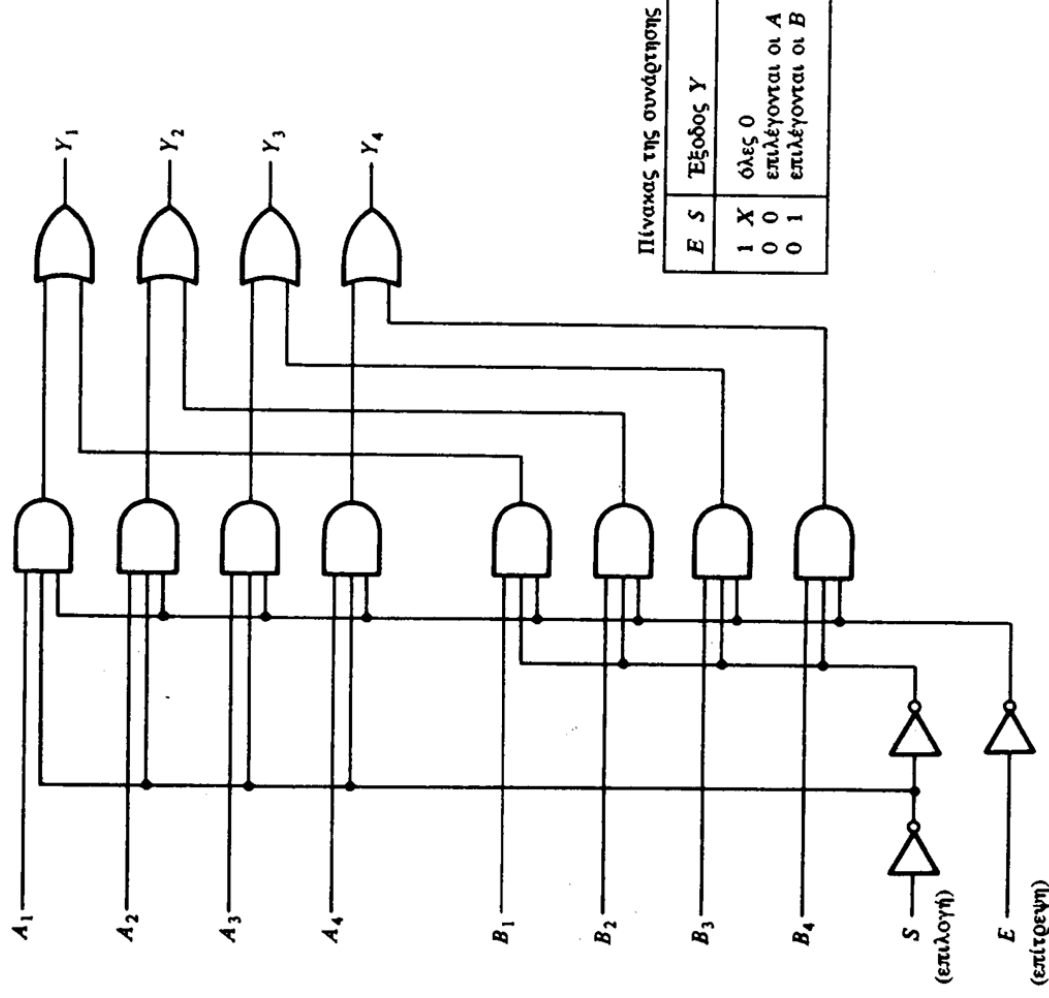
Πολυπλέκτες με Κοινή Είσοδο Επίτρεψης

Η είσοδος Επίτρεψης
(E) τοποθετείται για
λόγους επέκτασης.

Πολυπλέκτης 8-σε-4

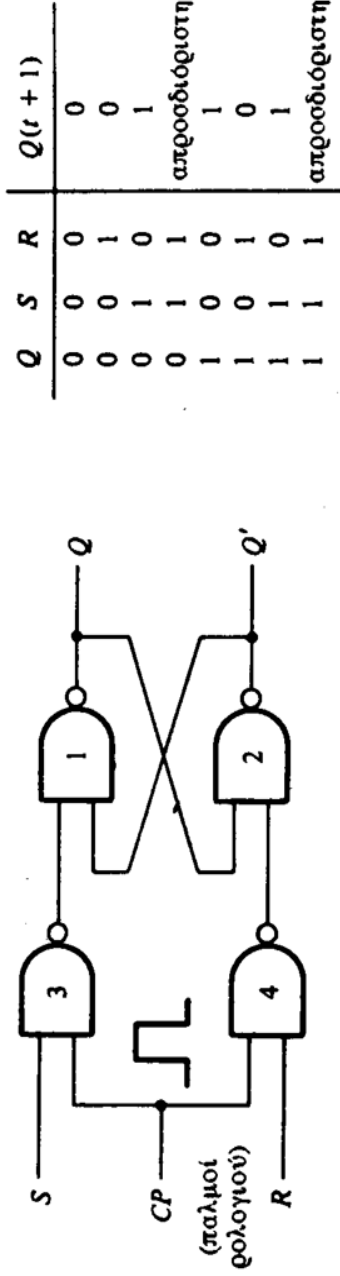
ή

4 Πολυπλέκτες 2-σε-1



RS Flip-Flop

Η λειτουργία του flip flop τροποποιείται με την τοποθέτηση πρόσθετης εισόδου ελέγχου που καθορίζει πότε θα αλλαχθεί η κατάστασή του.



(α) Λογικό διάγραμμα

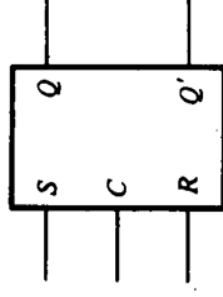
(β) Χαρακτηριστικός πίνακας

Q	S				Q
	00	01	11	10	
0			X	1	
1	1		X		

$$Q(t+1) = S + R'Q$$

$$SR = 0$$

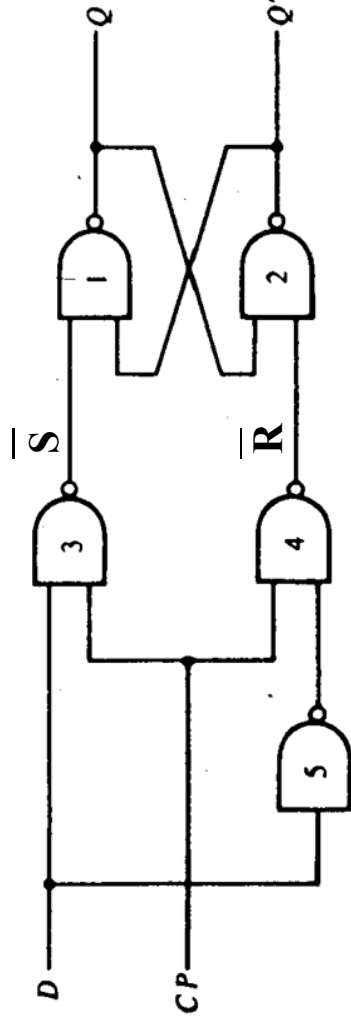
(γ) Χαρακτηριστική εξίσωση



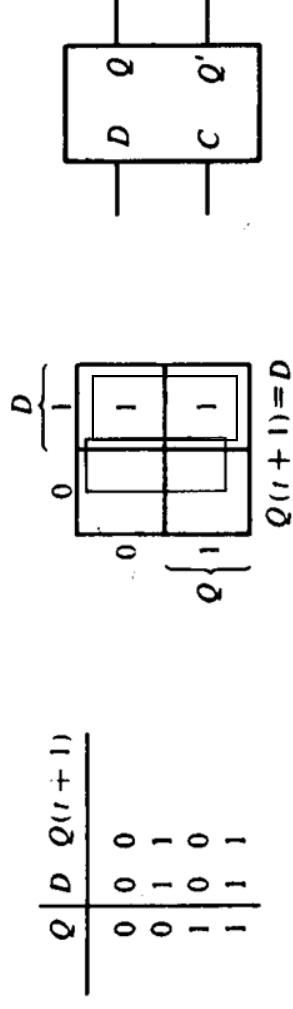
(δ) Γραφικό σύμβολο

D Flip-Flop

Εξασφαλίζει ότι οι είσοδοι του flip flop δεν θα πάνε ποτέ στο 1 ταυτόχρονα. Ταυτόχρονα όμως δεν πάνε ποτέ ούτε στο 0 οπότε χάνουμε την διατήρηση της προηγούμενης κατάστασης



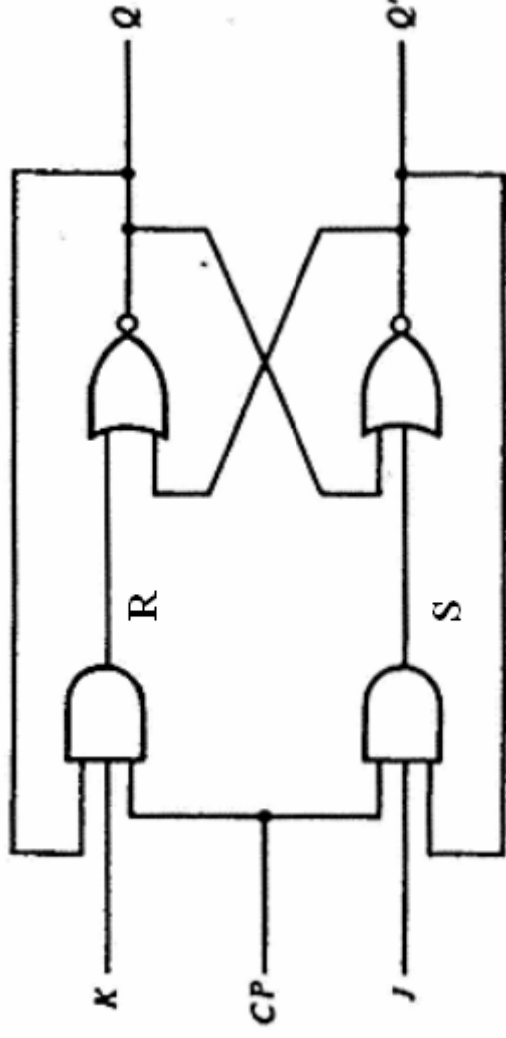
(α) Λογικό διάγραμμα με πύλες OXI-KAI



(β) Χαρακτηριστικός πίνακας (γ) Χαρακτηριστική εξίσωση (δ) Γραφικό σύμβολο Φυλασσόμενος Μανταλωτής D (gated D-latch).

JK Flip-Flop

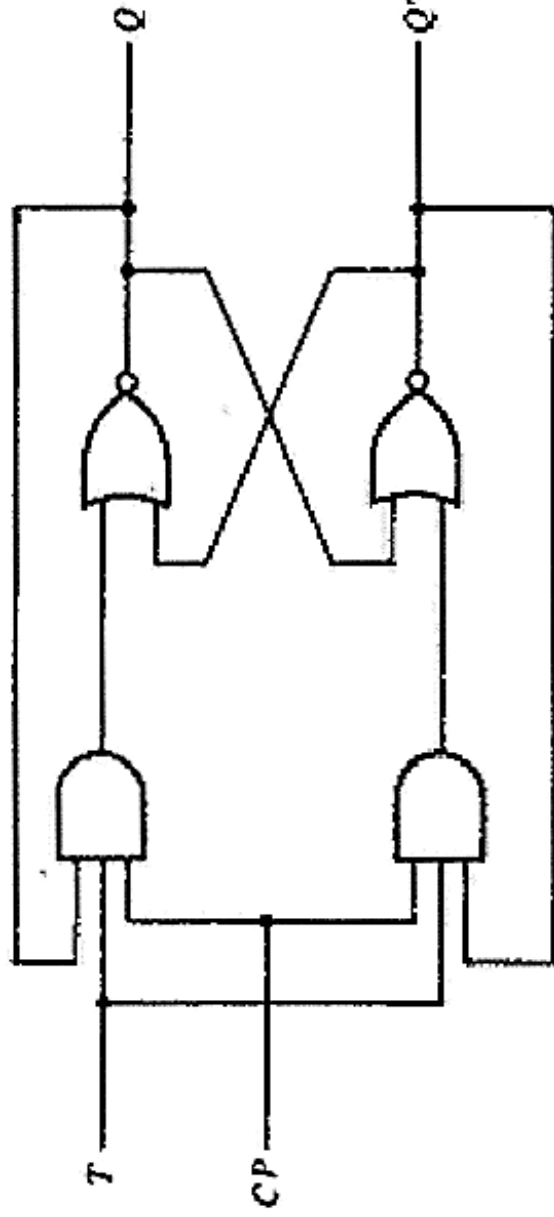
Η απροσδιόριστη κατάσταση του RS εδώ προσδιορίζεται και αξιοποιείται.



Με $JK=00$ διατηρεί την προηγούμενη κατάσταση

T Flip-Flop

Είναι μία παραλλαγή του JK με μία μόνο είσοδο T και όταν $T=1$ αντιστρέφει την κατάσταση του.



(α) Λογικό διάγραμμα

Q	T	Q (t+1)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(β) Χαρακτηριστικός πίνακας

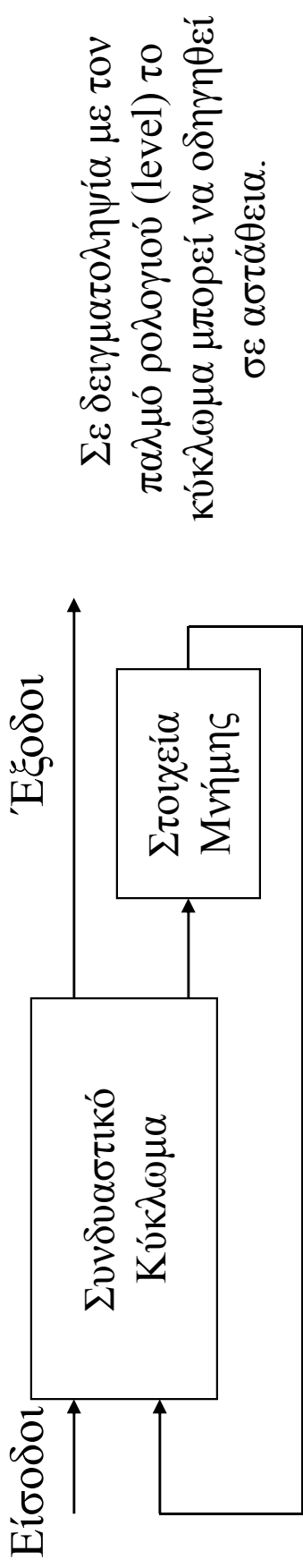
T	
0	1
Q { 1	1
0	1

$$Q(i+1) = TQ' + T'Q$$

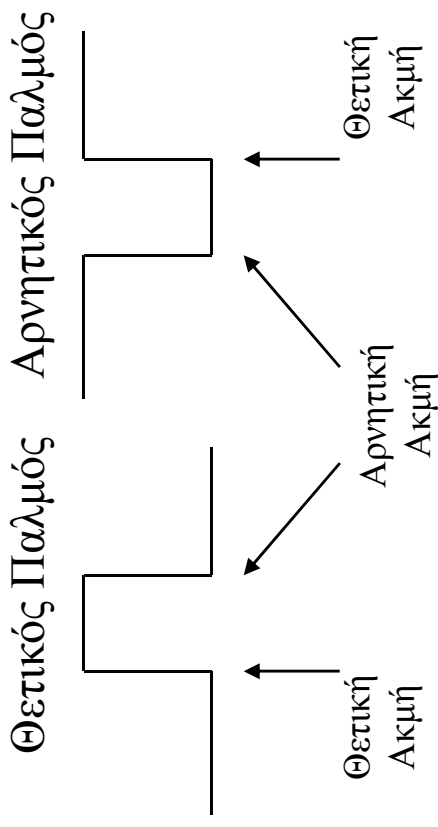
(γ) Χαρακτηριστική εξίσωση

Πυροδότηση των Flip-Flops

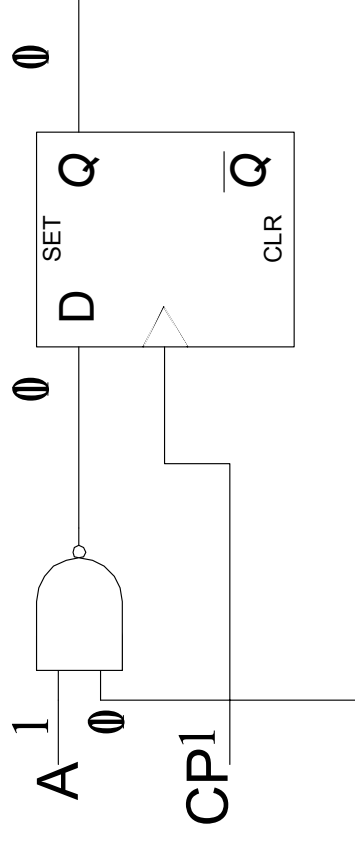
Πυροδότηση είναι η αλλαγή κάποιας εισόδου του flip-flop που προκαλεί αλλαγή στην κατάσταση του. Είδη: level sensitive - edge triggered



Σε δειγματοληψία με την ακμή ρολογιού (edge) το κύκλωμα δεν θα έχει πρόβλημα..



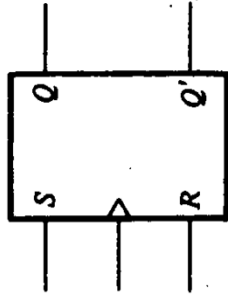
Πυροδότηση των Flip-Flops



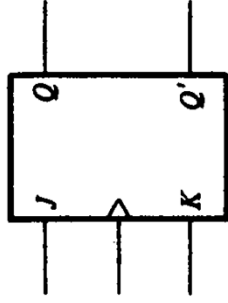
Η πυροδότηση εξαλείφει το πρόβλημα της αστάθειας ακολουθώντας δύο διαφορετικές μεθοδολογίες:

1. Τοποθετεί ένα δεύτερο αποθηκευτικό στοιχείο το οποίο λειτουργεί συμπληρωματικά με το 1ο και κόβει την ανάδραση που δημιουργεί το πρόβλημα.
2. Επιτρέπει την αποθήκευση να γίνεται στιγμιαία (κατά την άνοδο ή κάθοδο του ρολογιού) ώστε να μην υπάρχει χρόνος ενεργοποίησης της ανάδρασης και πρόκλησης έτσι αστάθειας.

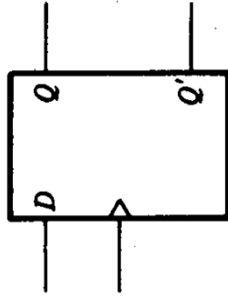
Γραφικά Σύμβολα Flip-Flops



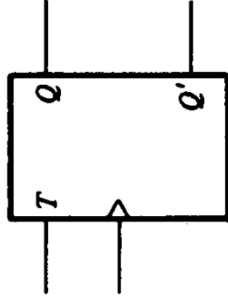
(α) RS



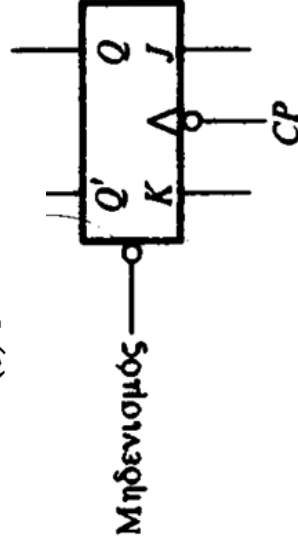
(β) JK



(γ) D



(δ) T



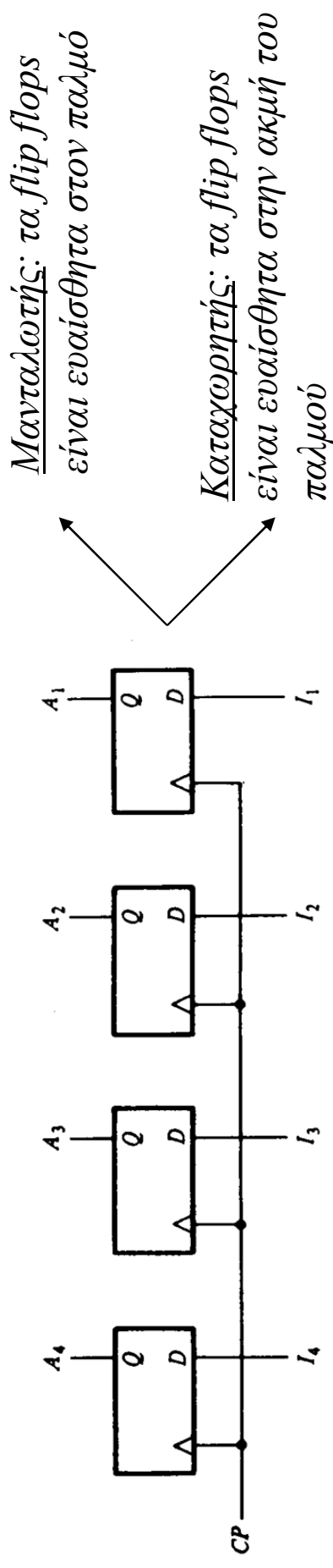
- Το τρίγωνο δείχνει λειτουργία στη θετική ακμή.
- Το τρίγωνο με ένα κύκλο δείχνει λειτουργία στην αρνητική ακμή.
- Παρέχονται και οι δύο συμπληρωματικές έξοδοι.
- Παρέχονται ασύγχρονες είσοδοι θέσης και μηδένισης.

Πίνακας λειτουργίας

Είσοδοι			Έξοδοι	
Μηδενισμού	Ρολόι	J	K	Q Q'
0	X	X	X	0 1
1	↑	0	0	Αμετάβλητες
1	↑	0	1	0 1
1	↑	1	0	1 0
1	↑	1	1	Αντιστροφή

Καταχωρητής

Ο απλούστερος δυνατός τύπος καταχωρητή αποτελείται μονάχα από flip-flops χωρίς εξωτερικές πύλες.



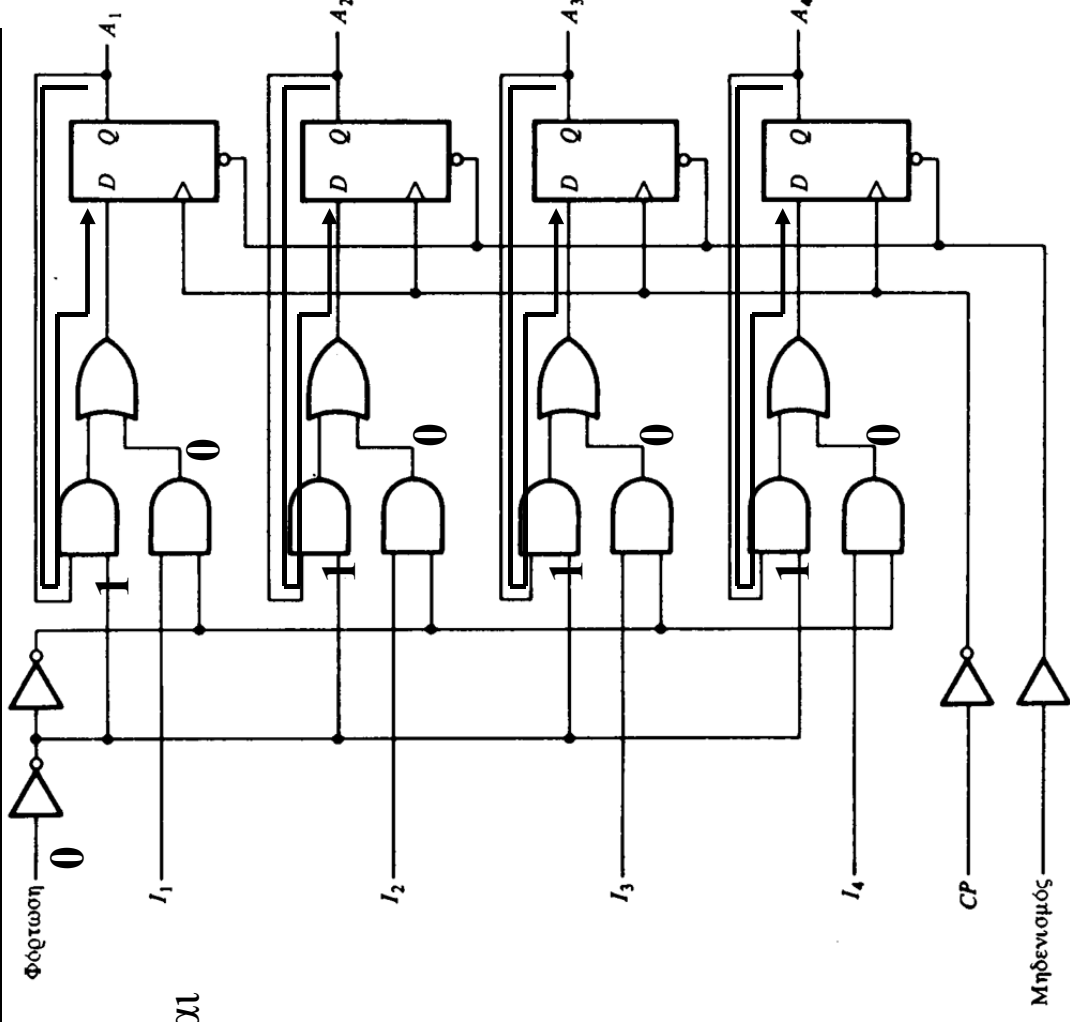
Καταχωρητής με Παράλληλη Φόρτωση

Φόρτωση (loading): η μεταφορά πληροφοριών μέσα σε έναν καταχωρητή. **Παράλληλη** αν γίνεται σε όλα τα bits μαζί. **Σειριακή** αν γίνεται σε ένα ένα cell χωριστά.

Με D-flip flops

Ο αντιστροφέας στο ρολόι χρησιμοποιείται για να μειώσει το φορτίο οδήγησης.

Η είσοδος μηδενισμού χρησιμοποιείται για να φέρει τον καταχωρητή σε μία γνωστή αρχική κατάσταση, και για να σταματήσει την λειτουργία του.



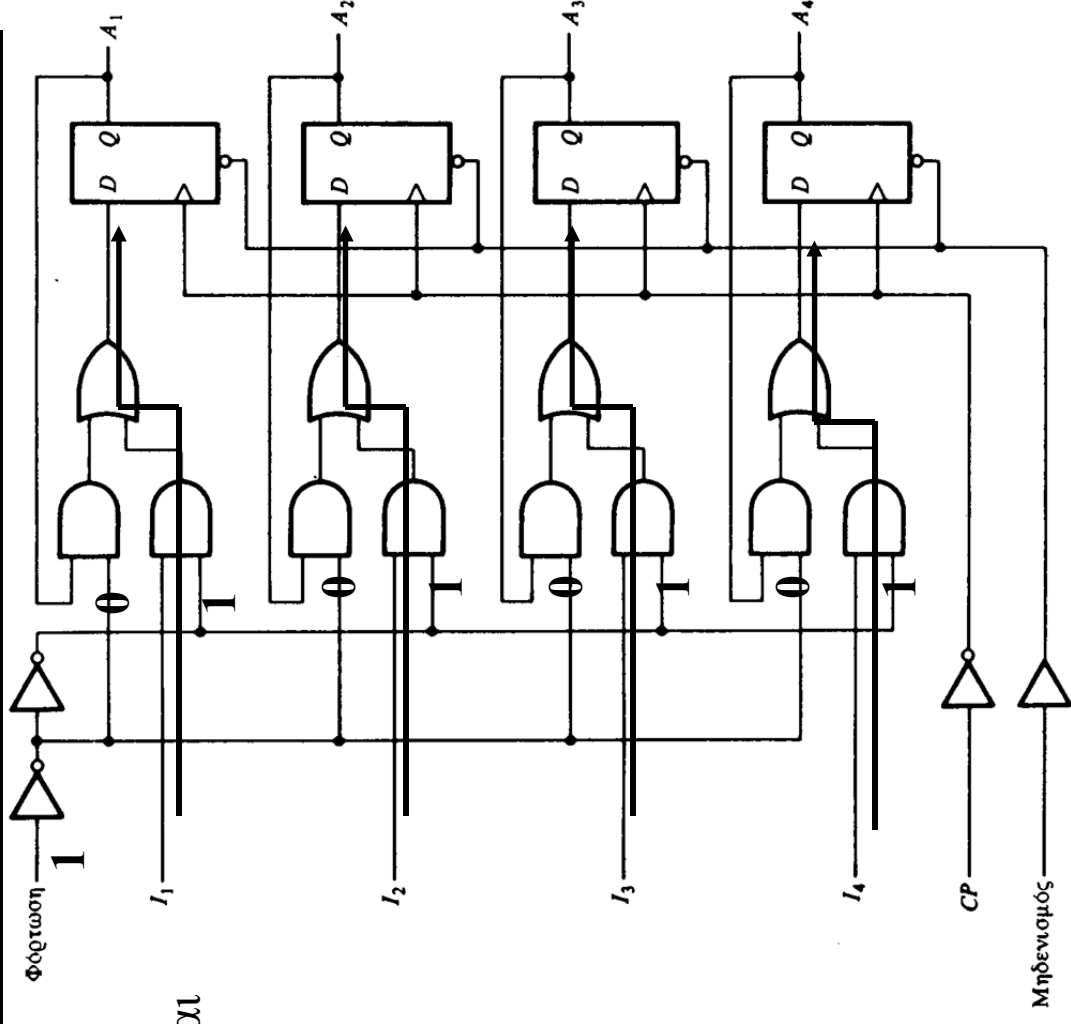
Καταχωρητής με Παράλληλη Φόρτωση

Φόρτωση (loading): η μεταφορά πληροφοριών μέσα σε έναν καταχωρητή. **Παράλληλη** αν γίνεται σε όλα τα bits μαζί. **Σειριακή** αν γίνεται σε ένα ένα cell χωριστά.

Mε D-flip flops

Ο αντιστροφείας στο ρολόι χρησιμοποιείται για να μειώσει το φορτίο οδήγησης.

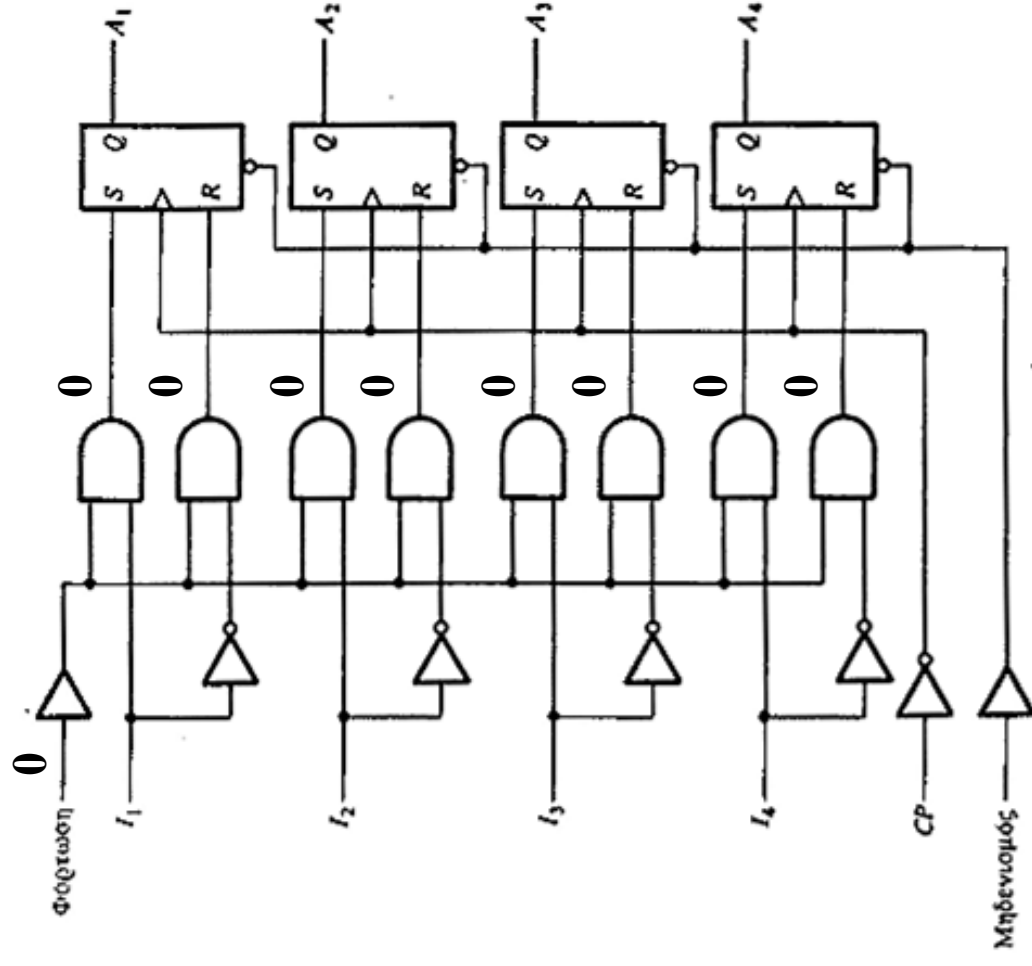
Η είσοδος μηδενισμού
χρησιμοποιείται για να φέρει
τον καταχωρητή σε μία
γνωστή αρχική κατάσταση,
και για να σταματήσει την
λειτουργία του.



Καταχωρητής με Παράλληλη Φόρτωση

Ο λογικός έλεγχος του ρολογιού (επίτρεψη/απόρριψη) δεν πρέπει να γίνεται με λογικές πύλες αλλά να χρησιμοποιούνται ασύγχρονες εισόδους.

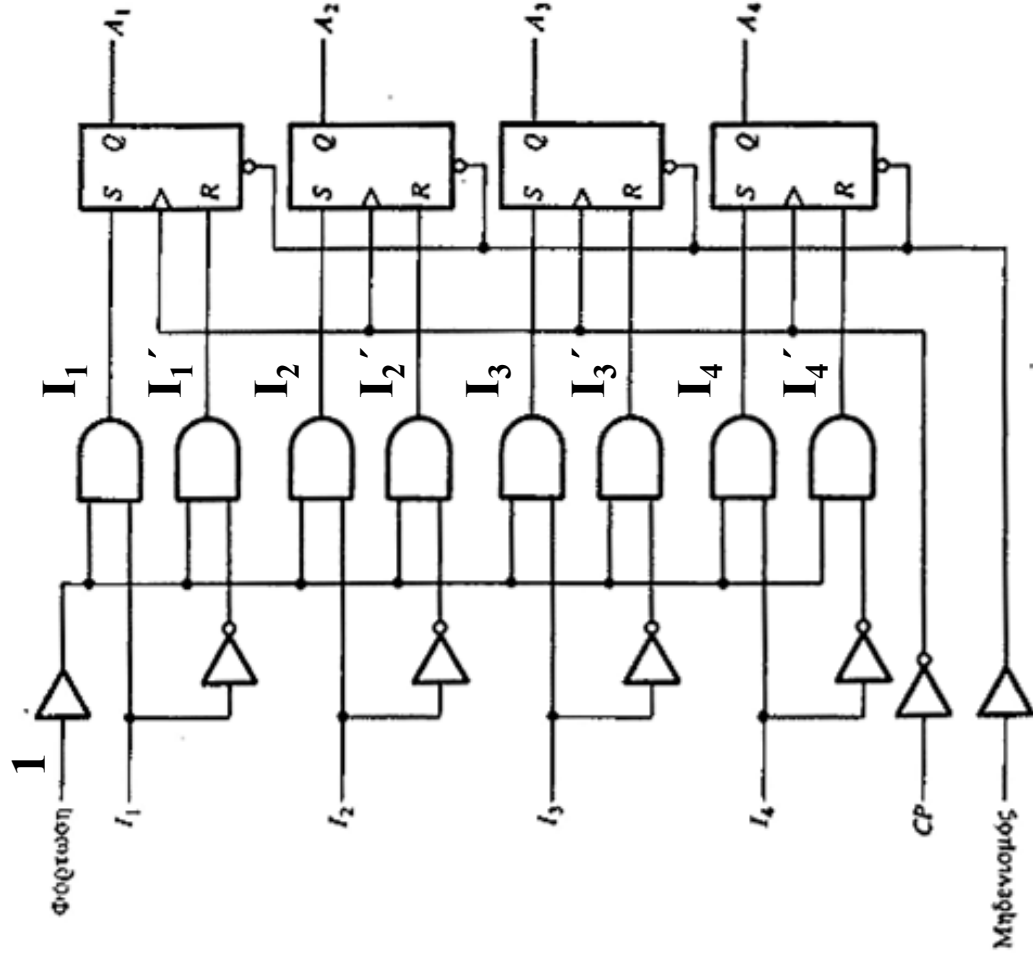
Ο απομονωτής στην είσοδο φόρτωσης τοποθετείται για λόγους μείωσης φορτίου.



Καταχωρητής με Παράλληλη Φόρτωση

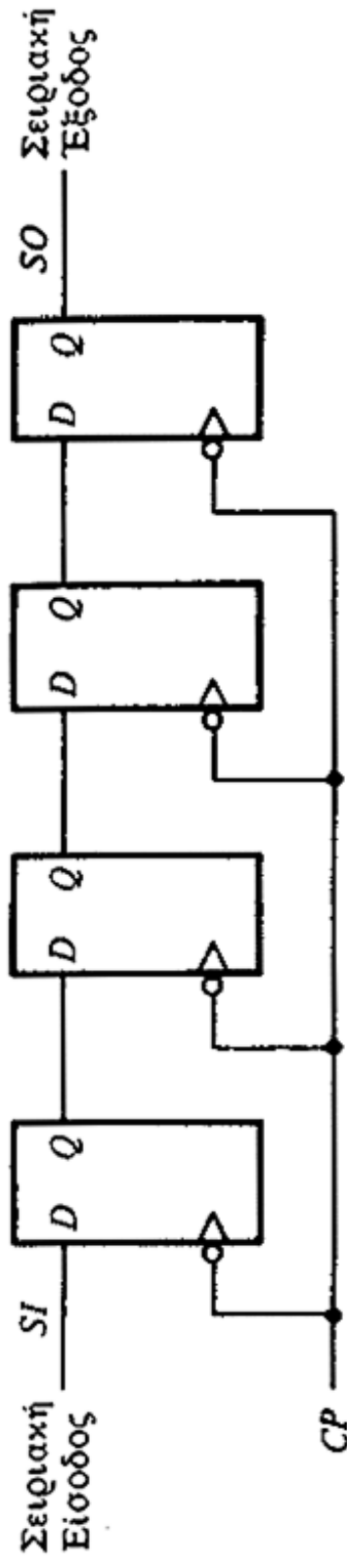
Ο λογικός έλεγχος του ρολογιού (επίτρεψη/απόρριψη) δεν πρέπει να γίνεται με λογικές πύλες αλλά να χρησιμοποιούνται ασύγχρονες εισόδους.

Ο απομονωτής στην είσοδο
φόρτωσης τοποθετείται για
λόγους μείωσης φορτίου.

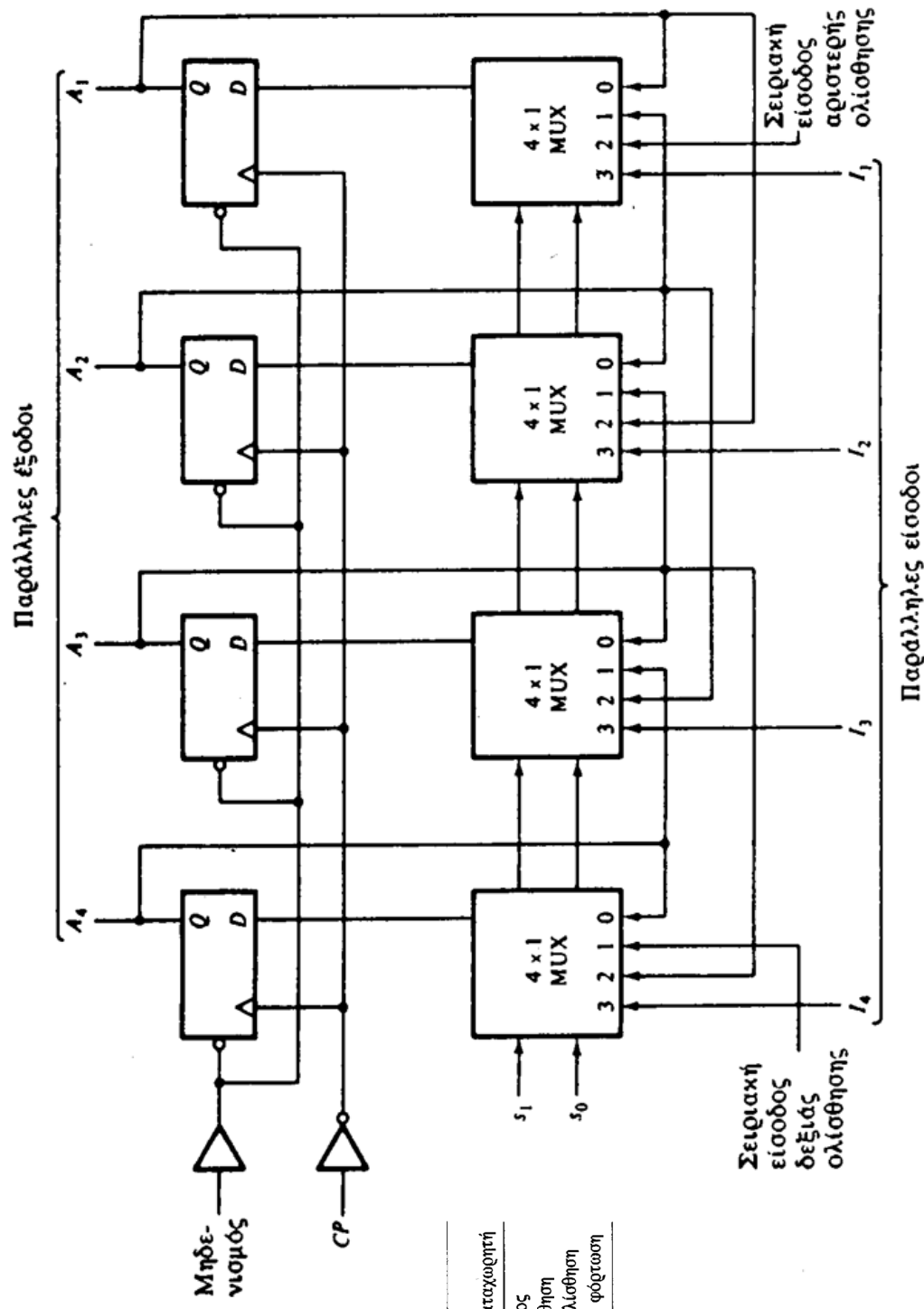


Καταχωρητής Ολίσθησης

Καταχωρητής ολίσθησης: Ένας καταχωρητής που ολισθαίνει τα περιεχόμενά του προς τις δύο κατευθύνσεις. Τα δεδομένα μπορούν να φορτωθούν σειριακά.



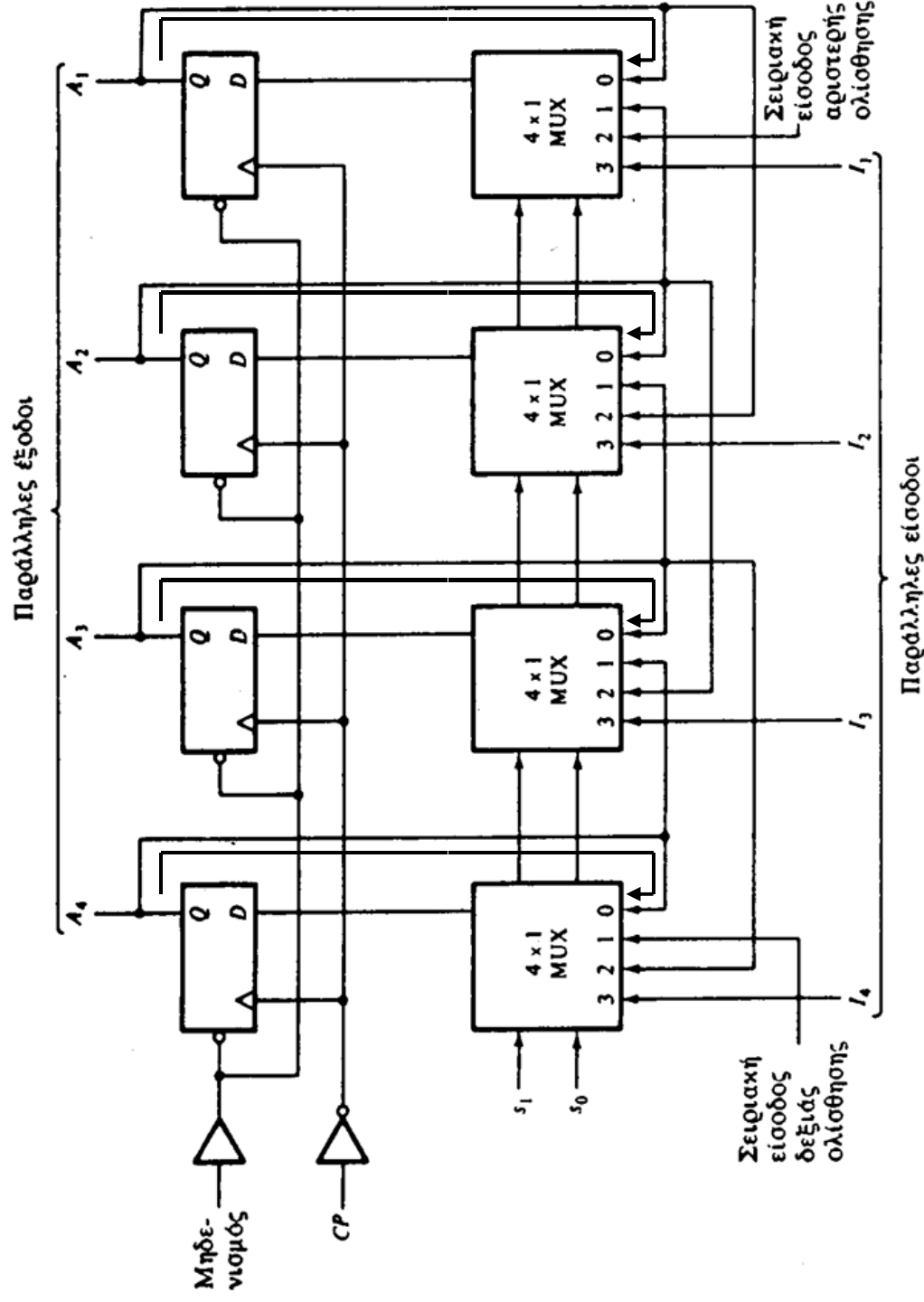
Καταχωρητής Ολίσθησης-Παράλληλης Φόρτωσης



Ελεγχος τρόπου		Λειτουργία του καταχωρητή
s ₁	s ₂	
0	0	Αναλλοίωτος
0	1	Δεξιά ολίσθηση
1	0	Αριστερή ολίσθηση
1	1	Παράλληλη φόρτωση

Καταχωρητής Ολίσθησης-Παράλληλης Φόρτωσης

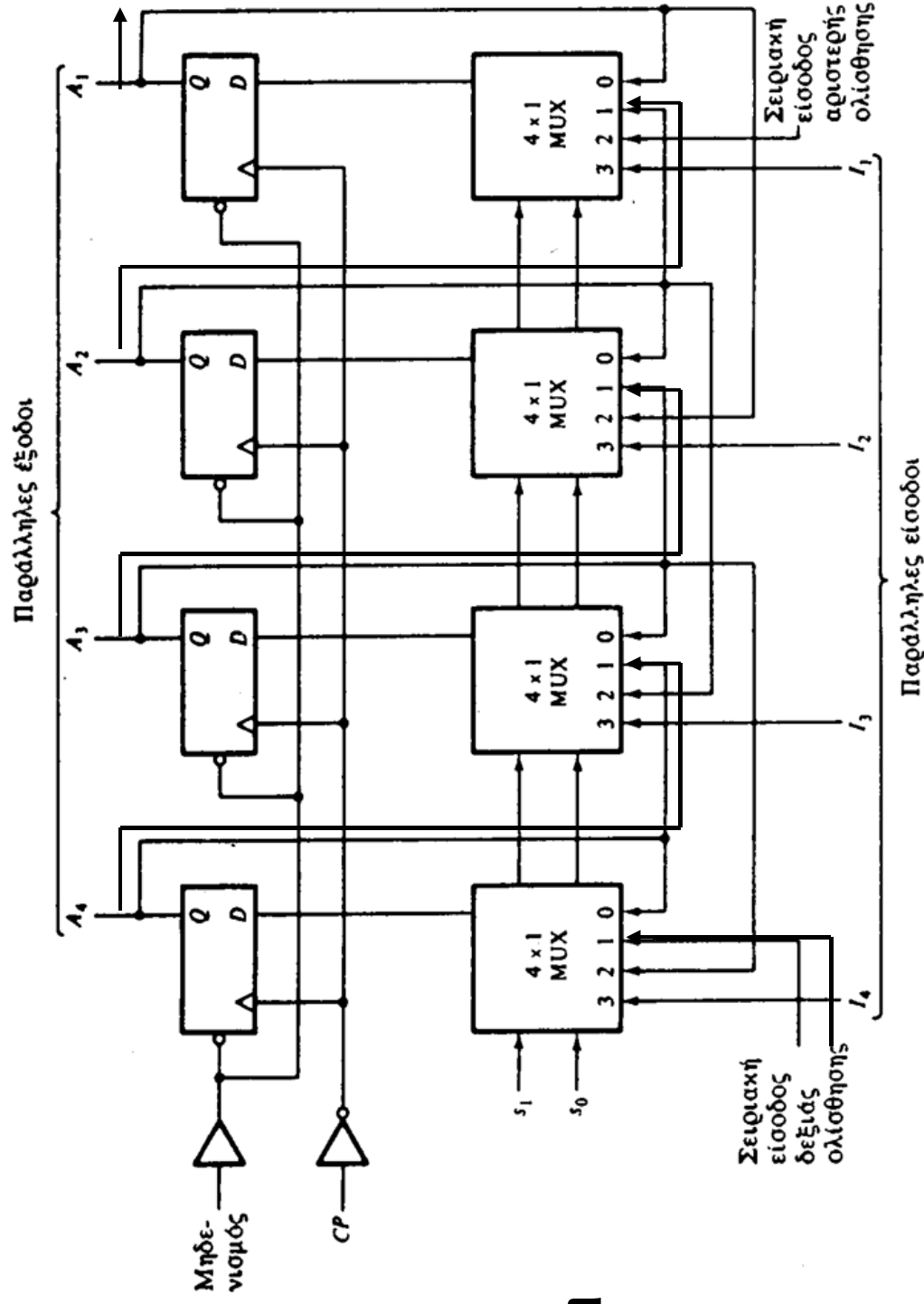
$s_1 s_0 = 00$
αναλoίωτος



Καταχωρητής Ολίσθησης-Παράλληλης Φόρτωσης

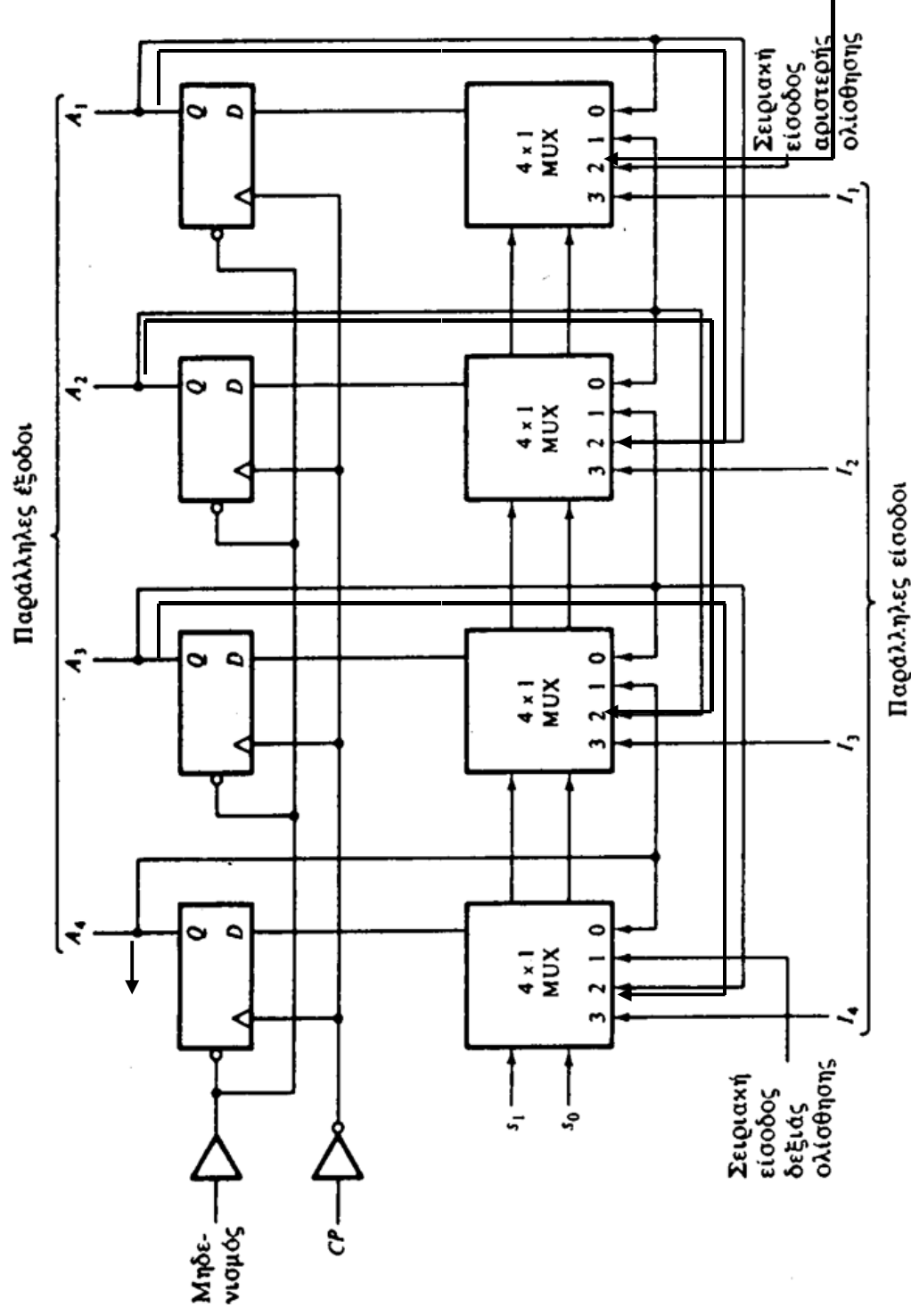
$$s_1 s_0 = 01$$

Δεξιά ολίσθηση



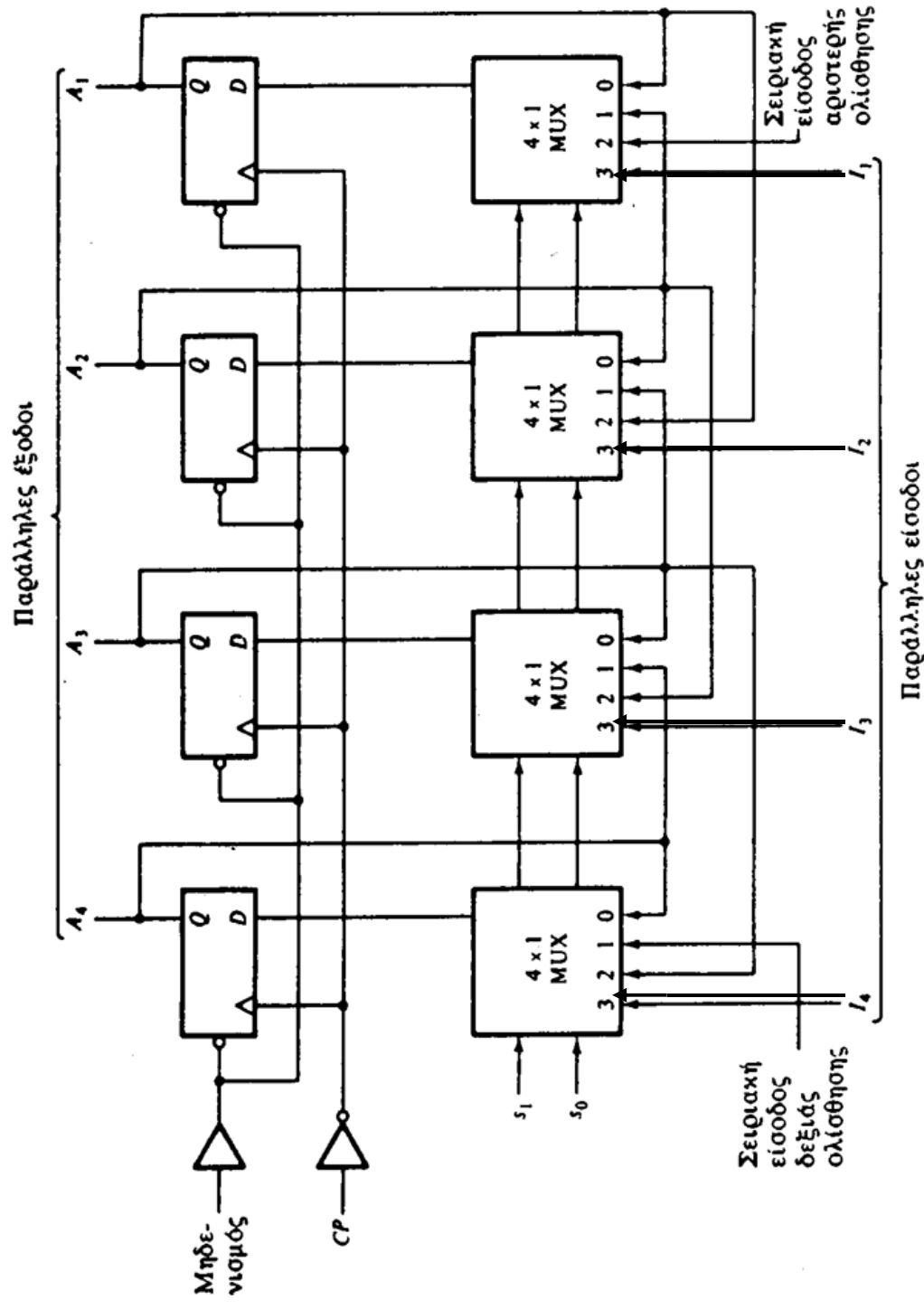
Καταχωρητής Ολίσθησης-Παράλληλης Φόρτωσης

$s_1 s_0 = 10$
Αριστερή
ολίσθηση

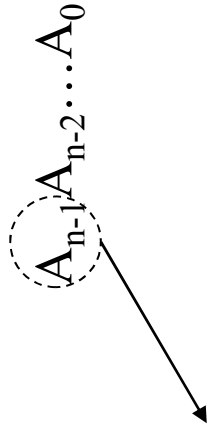


Καταχωρητής Ολίσθησης-Παράλληλης Φόρτωσης

$s_1 s_0 = 11$
Παράλληλη
φόρτωση



Πρόσθημα - Συμπληρώματα

$$\textcircled{A_{n-1}}A_{n-2}\dots A_0$$


Δυαδικό ψηφίο προσήμου αλλά
και τμήμα του αριθμού



0: θετικός



1: αρνητικός



Μέτρο: συμπλήρωμα ως προς 2

Για πράξεις : επέκταση προσήμου

+7

-7

0111

1001

00000111

11111001

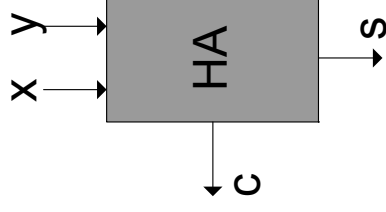
Αθροιστές

Ημιαθροιστής

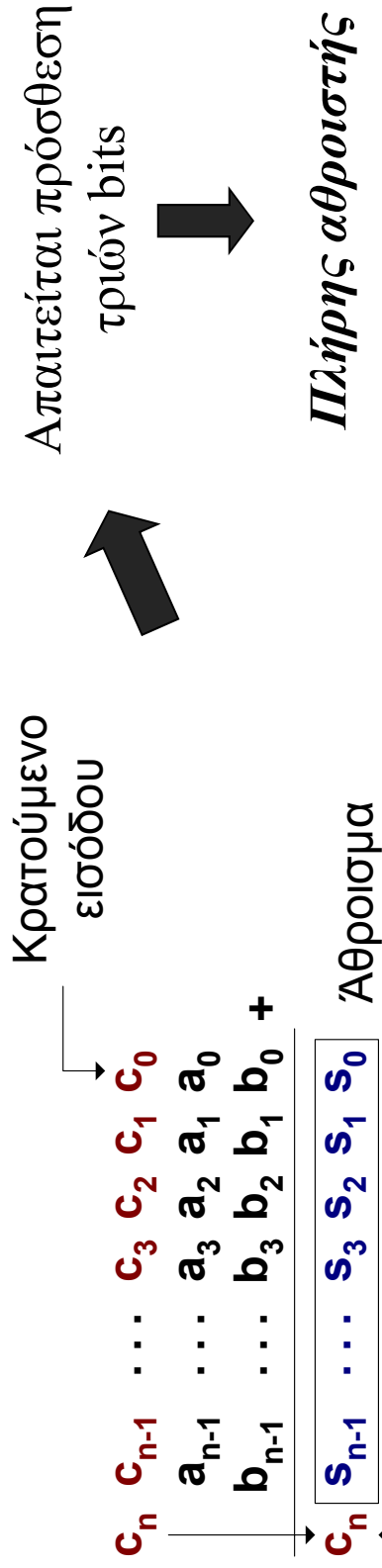
	x	y	c	s
0+0 = 0	0	0	0	0
0+1 = 1+0 = 1	0	1	0	1
1+1 = 10	1	0	0	1
	1	1	1	0

$$s = x \oplus y$$

$$c = xy$$



Ο ημιαθροιστής προσθέτει 2 bits



Κρατούμενο εισόδου

$$c_n \quad c_{n-1} \quad \dots \quad c_3 \quad c_2 \quad c_1 \quad c_0$$

$$a_{n-1} \quad \dots \quad a_3 \quad a_2 \quad a_1 \quad a_0$$

$$b_{n-1} \quad \dots \quad b_3 \quad b_2 \quad b_1 \quad b_0 +$$

$$s_{n-1} \quad \dots \quad s_3 \quad s_2 \quad s_1 \quad s_0$$

Άθροισμα

Κρατούμενο εξόδου

Αθροιστές

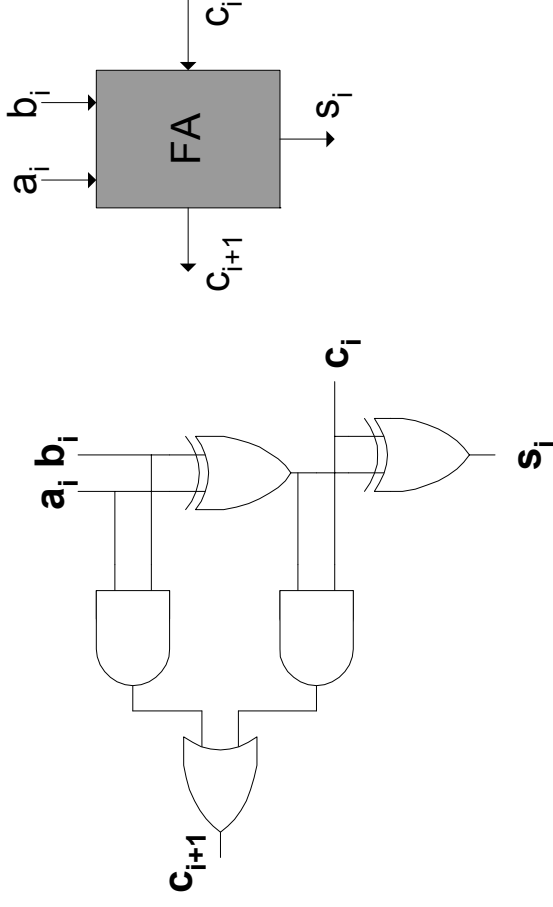
Πλήρης Αθροιστής

$$\begin{aligned}0+0+0 &= 0 \\0+0+1 &= 0+1+0 = 1+0+0=1 \\0+1+1 &= 1+1+0 = 1+0+1=10 \\1+1+1 &= 11\end{aligned}$$

a_i	b_i	c_i	c_{i+1}	s_i
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

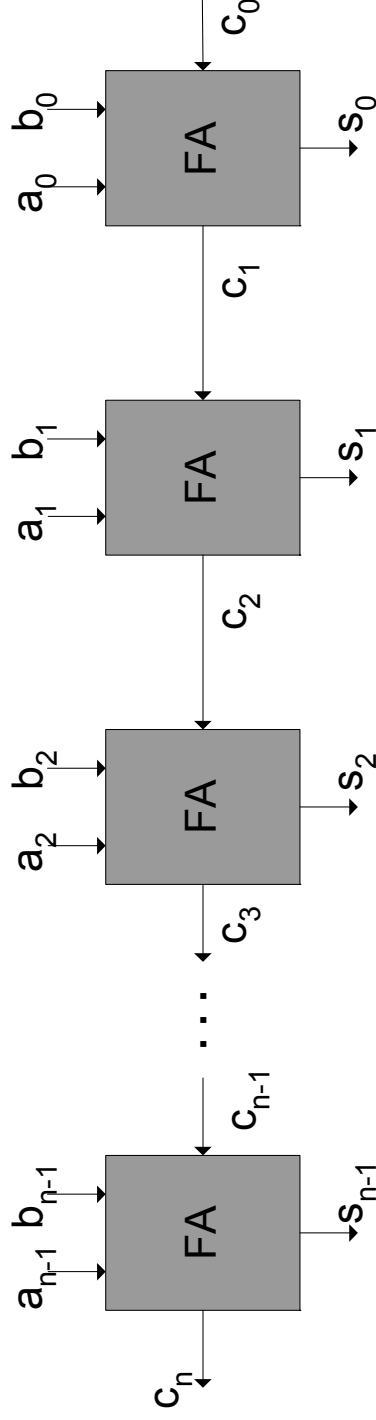
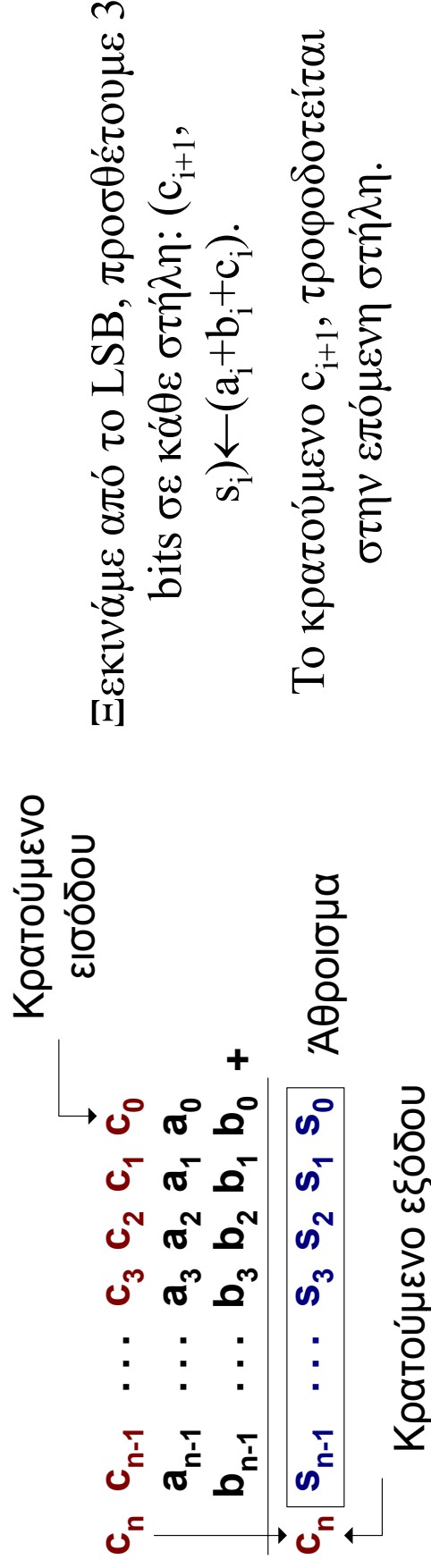
$$s_i = a_i \text{ xor } b_i \text{ xor } c_i$$

$$c_{i+1} = c_i(a_i \text{ xor } b_i) + a_i b_i$$



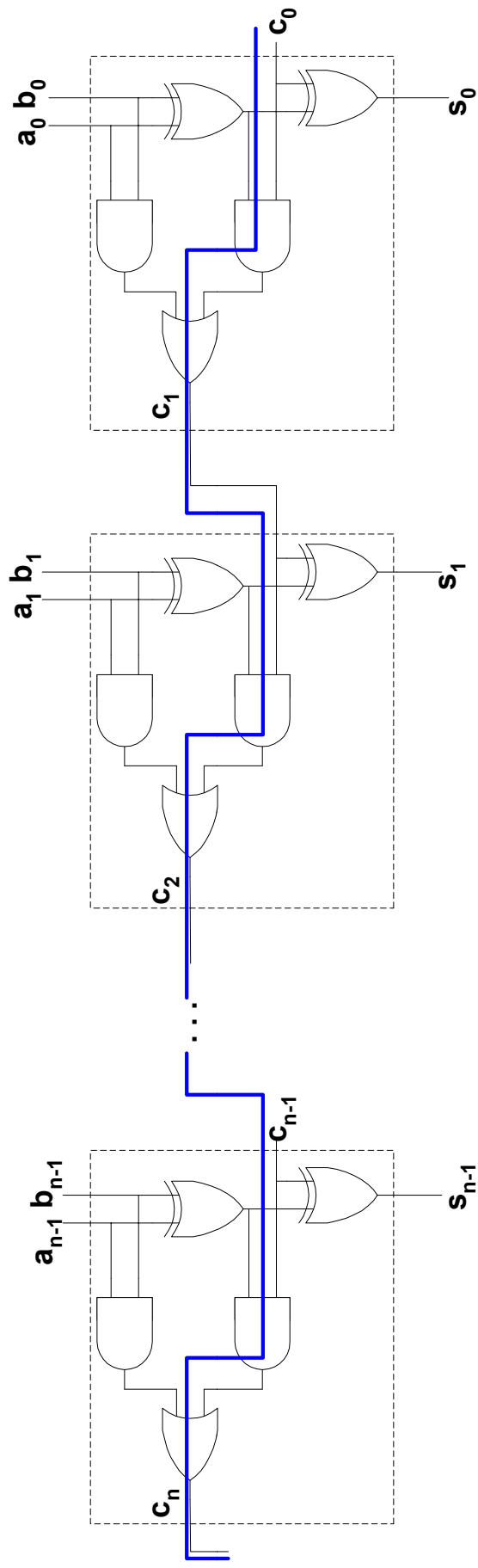
Τα βασικά αυτά κύτταρα χρησιμοποιούνται για την σχεδίαση των αθροιστών n-bits

Αθροιστές Ριπής



Αθροιστές Ριπής

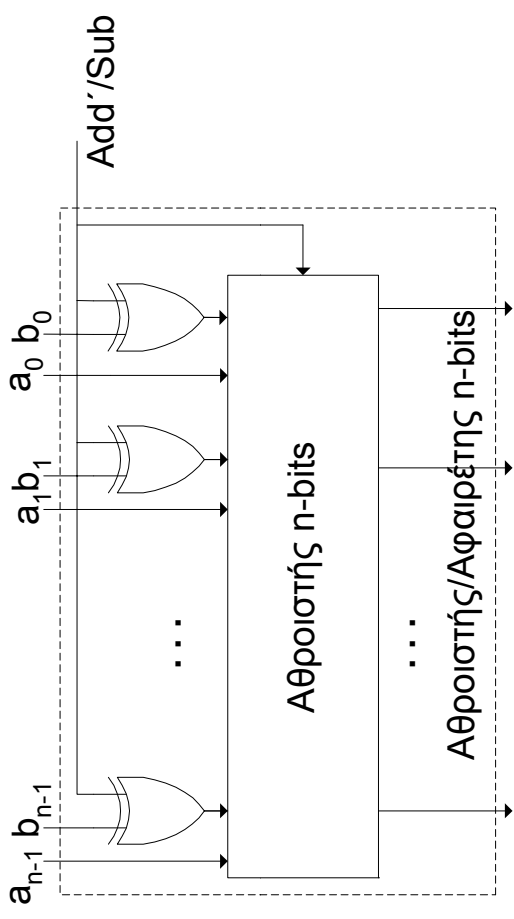
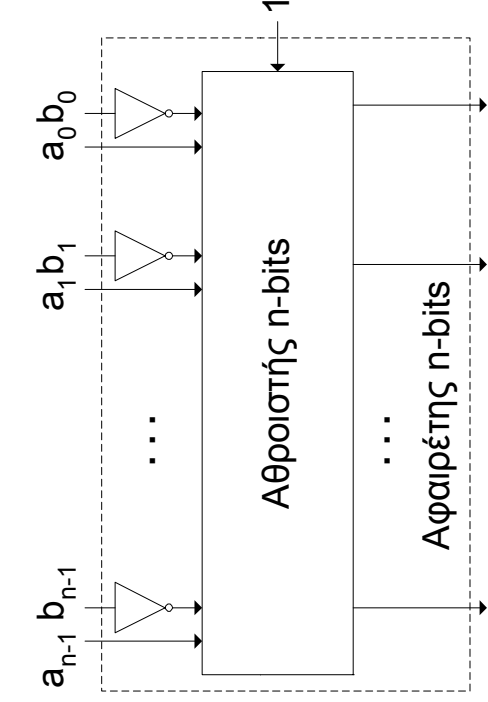
Λόγω της διάδοσης από το κρατούμενο εισόδου στο κρατούμενο εξόδου, ο αθροιστής ονομάζεται διάδοσης κρατουμένου (ripple carry adder) και θεωρείται αρκετά αργός.



Εάν κάθε πύλη έχει καθυστέρηση 1, τότε απαιτείται χρόνος $2 \cdot n$ για να διαδοθεί το σήμα κρατουμένου από την είσοδο στην έξοδο.

Αθροιστές / Αφαιρέτες

Η αφαίρεση με λογική συμπληρώματος ως προς 2 γίνεται ως εξής: $A-B=A+B'+1$,
με B' το συμπλήρωμα ως προς 1 (αντιστροφή) του B

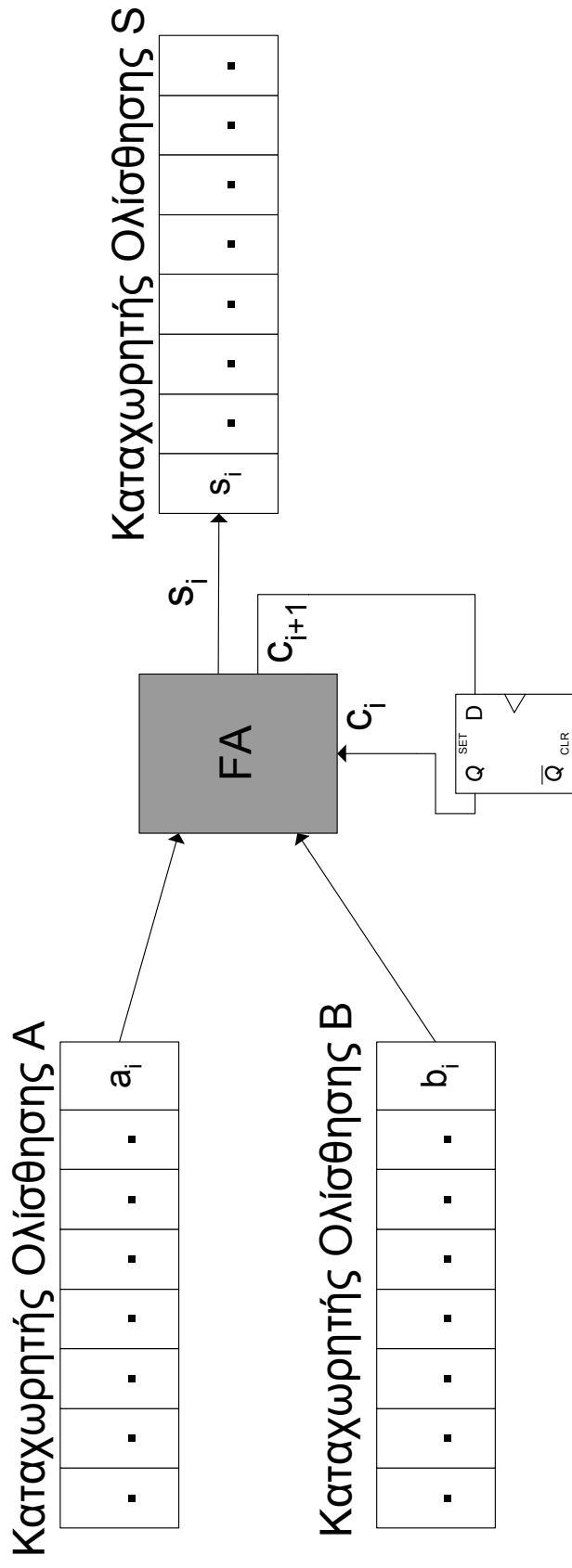


Η πύλη XOR λειτουργεί σαν ελεγχόμενος αντιστροφέας του x με σήμα ελέγχου το p

$$x \oplus p = x \text{ (εάν } p=0), x' \text{ (εάν } p=1)$$

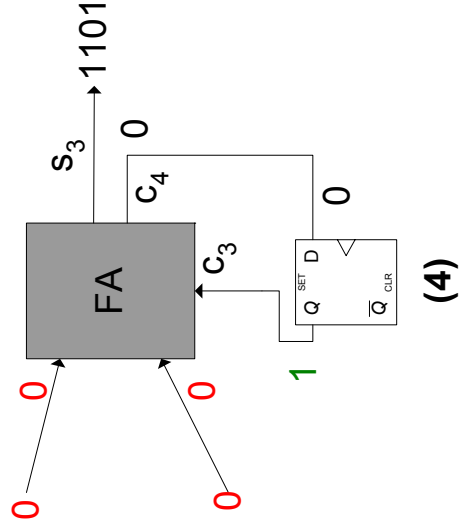
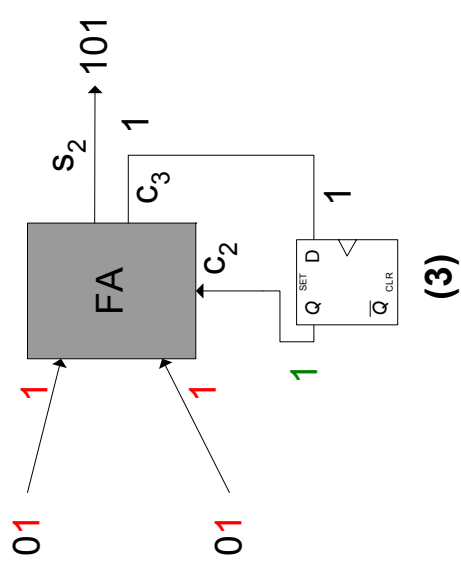
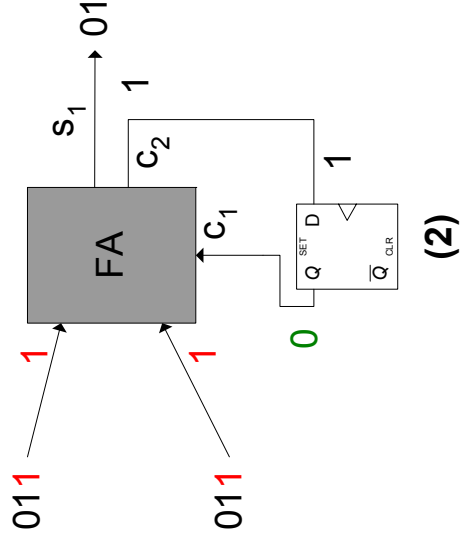
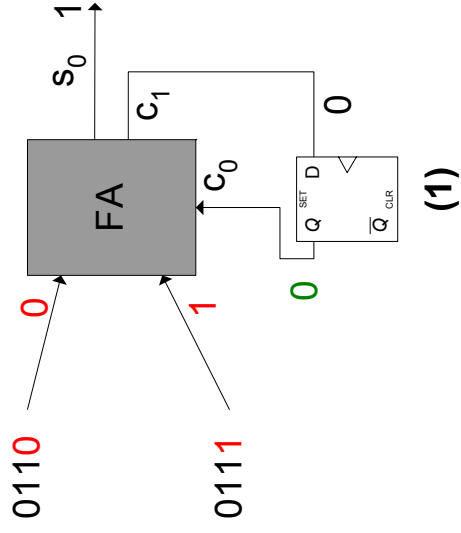
Σειριακός Αθροιστής

Εκτελεί μία πρόσθεση των n bits σε n κύκλους ρολογιού.

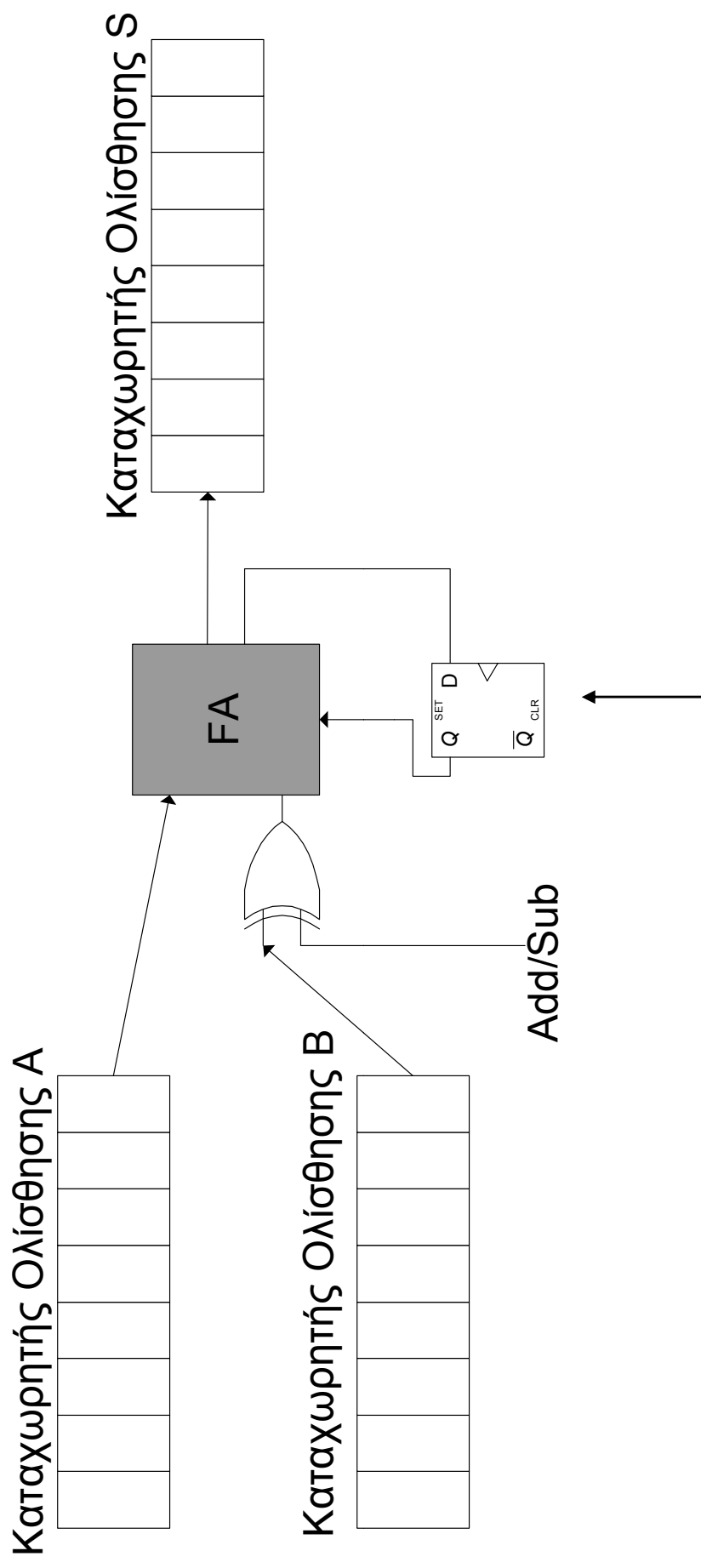


Έχει πολύ μικρό κόστος σε υλικό αλλά απαιτεί πολλούς κύκλους ρολογιού για να δώσει αποτέλεσμα.

Σειριακός Αθροιστής



Σειριακός Αθροιστής / Αφαιρέτης



Αρχικοποίηση στο '1' για αφαίρεση

Αθροιστής Manchester

a _i	b _i	c _i	c _{i+1}	s _i	
0	0	0	0	0	Διαγραφή d=a _i 'b _i '
0	0	1	0	1	
0	1	0	0	1	Διάδοση p=a _i ⊕b _i
0	1	1	1	0	
1	0	0	0	1	
1	0	1	1	0	
1	1	0	1	0	Παραγωγή g=a _i b _i
1	1	1	1	1	

$$c_{i+1}=a_i b_i + c_i (a_i \oplus b_i)$$

↙

↘

$$c_{i+1}=g_i + p_i c_i$$

$$s_i = p_i \oplus c_i$$

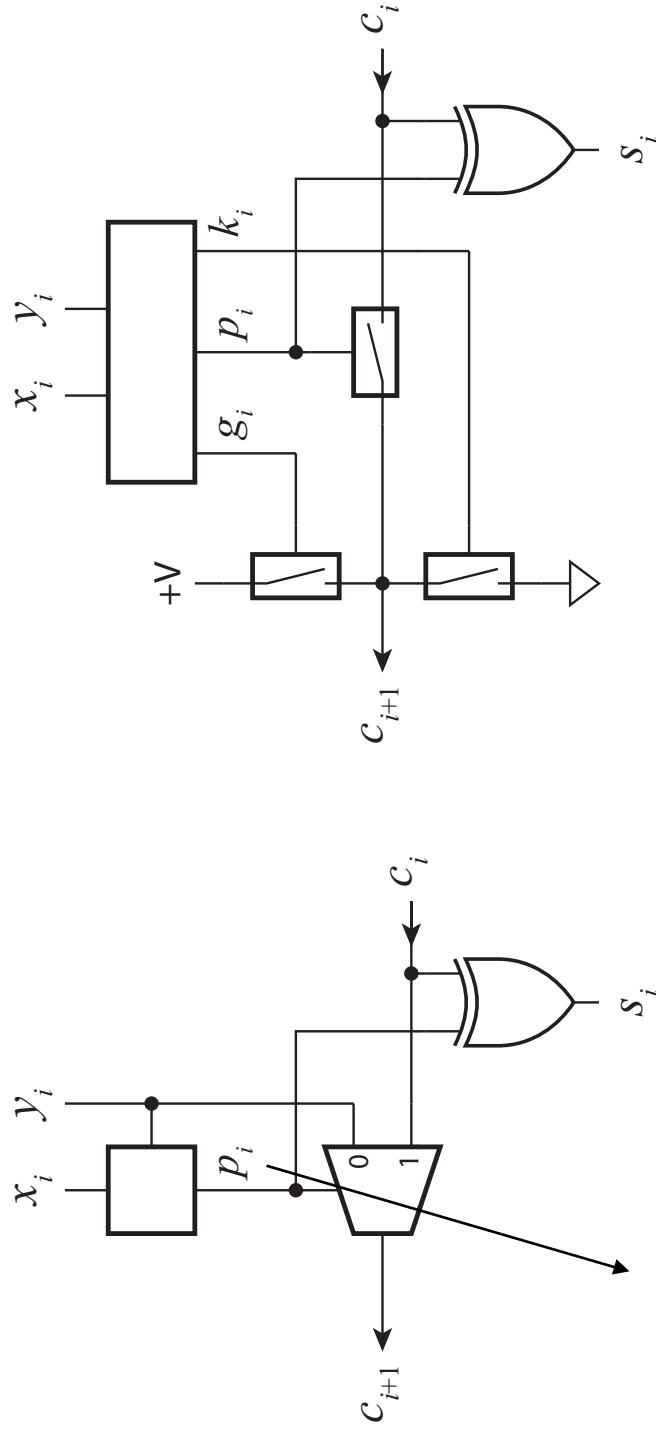
Παρατήρηση:

Όταν a_i=b_i τότε p=0 και το κρατούμενο είτε διαγράφεται είτε παράγεται



Δεν χρειάζεται αναμονή για το προηγούμενο κρατούμενο

Αθροιστής Manchester



Όταν $p=0$ το κρατούμενο διαγράφεται ή γεννιέται ανάλογα με τις τιμές των x, y οι οποίες είναι ίδιες (αρκεί η χρήση μίας από αυτές)

Αθροιστής Πρόβλεψης Κρατουμένου

Με αναδρομική εφαρμογή των σχέσεων προκύπτει επιπεδοποίηση και κάθε κρατούμενο μπορεί να υπολογιστεί ανεξάρτητα από τα προηγούμενα με επιπλέον κόστος υλικού.

Άθροιση 4-bits: $c_4s_3s_2s_1s_0=a_3a_2a_1a_0+b_3b_2b_1b_0+c_0$

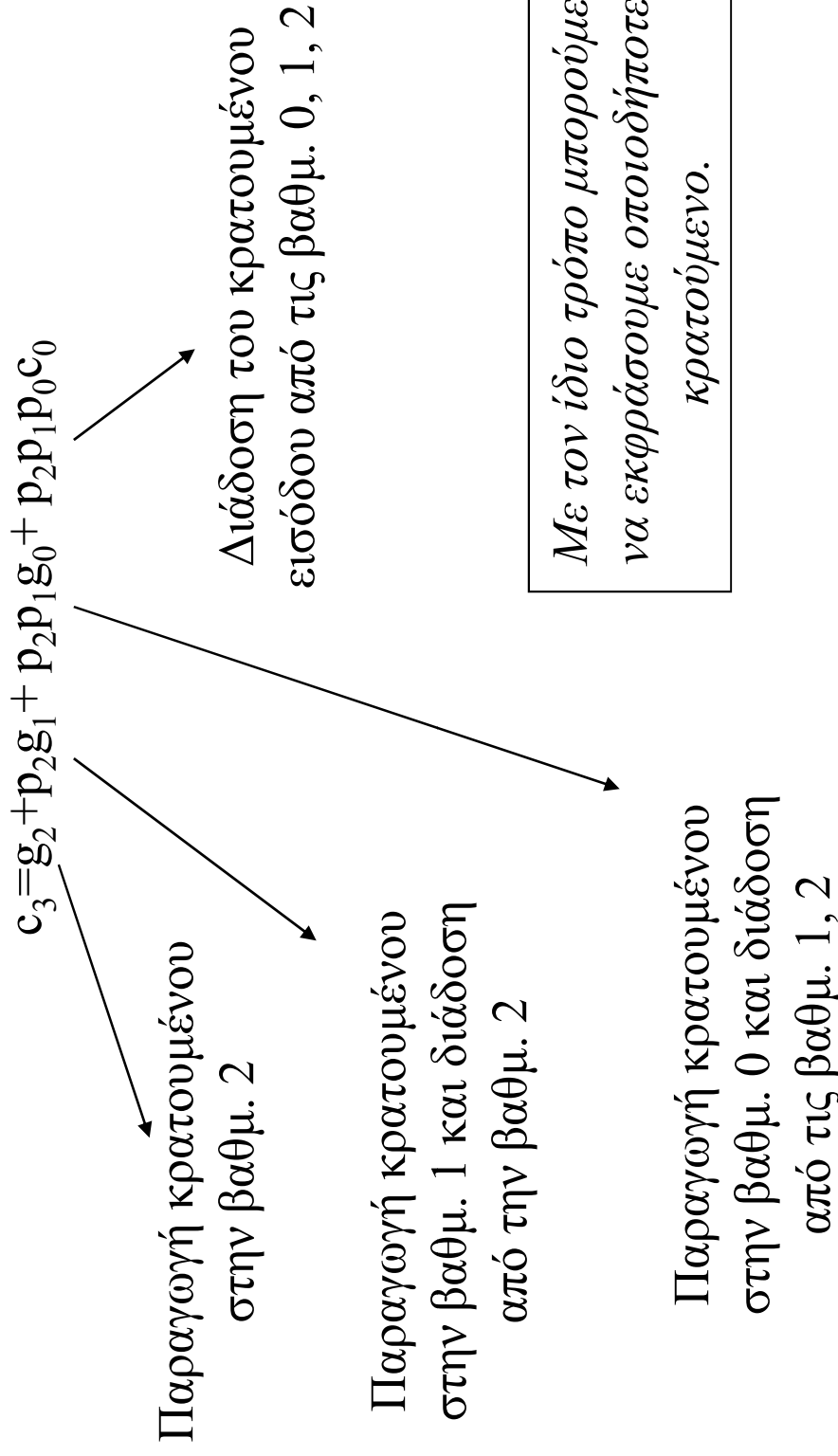
$$c_1=g_0+p_0c_0$$

$$c_2=g_1+p_1c_1=g_1+p_1(g_0+p_0c_0)=g_1+p_1g_0+p_1p_0c_0$$

$$c_3=g_2+p_2c_2=g_2+p_2(g_1+p_1g_0+p_1p_0c_0)=g_2+p_2g_1+p_2p_1g_0+p_2p_1p_0c_0$$

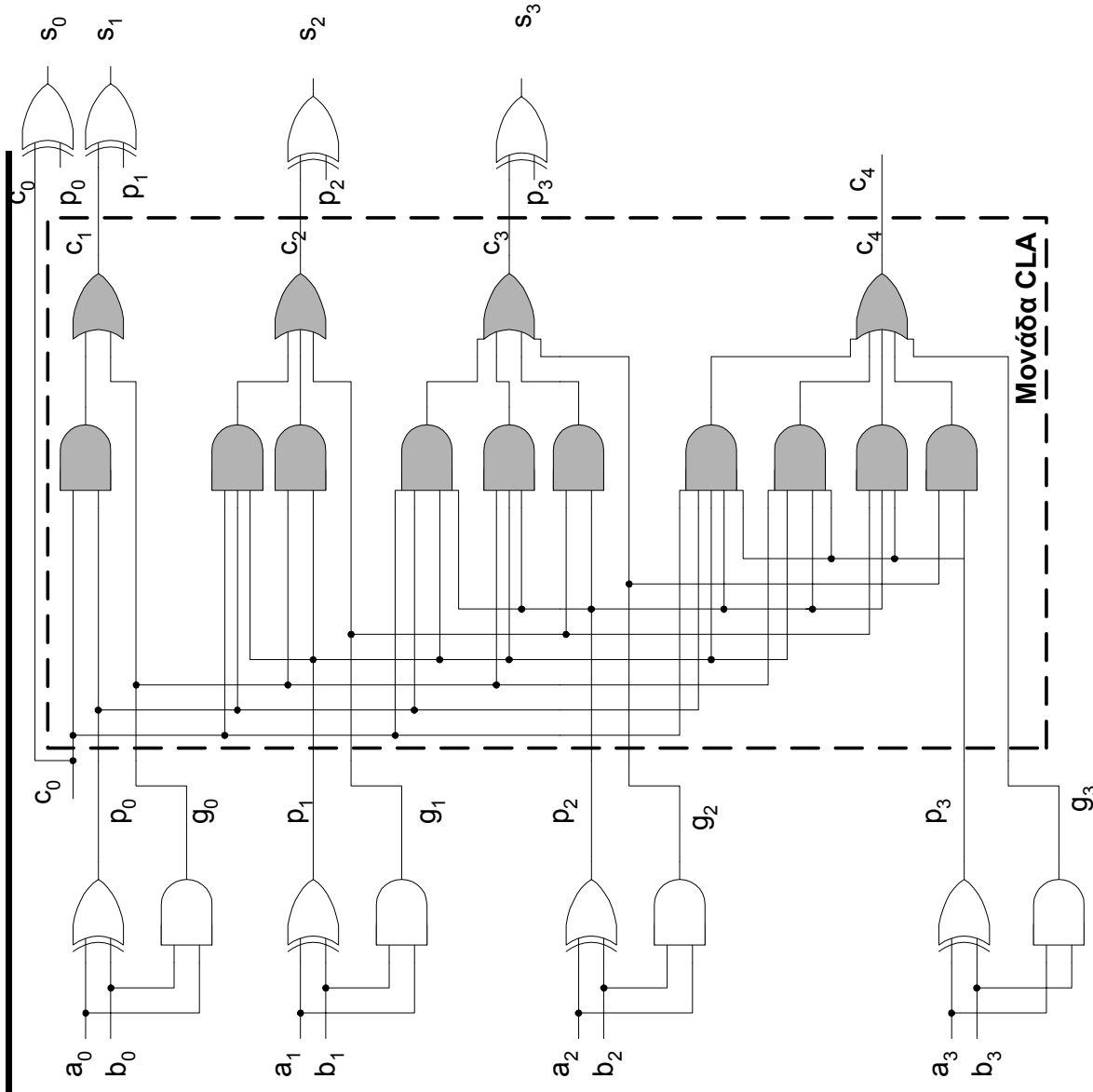
$$c_4=g_3+p_3c_3=g_3+p_3(g_2+p_2g_1+p_2p_1g_0+p_2p_1p_0c_0)=g_3+p_3g_2+p_3p_2g_1+p_3p_2p_1p_0c_0$$

Αθροιστής Πρόβλεψης Κρατουμένου



Αθροιστής Πρόβλεψης Κρατουμένου

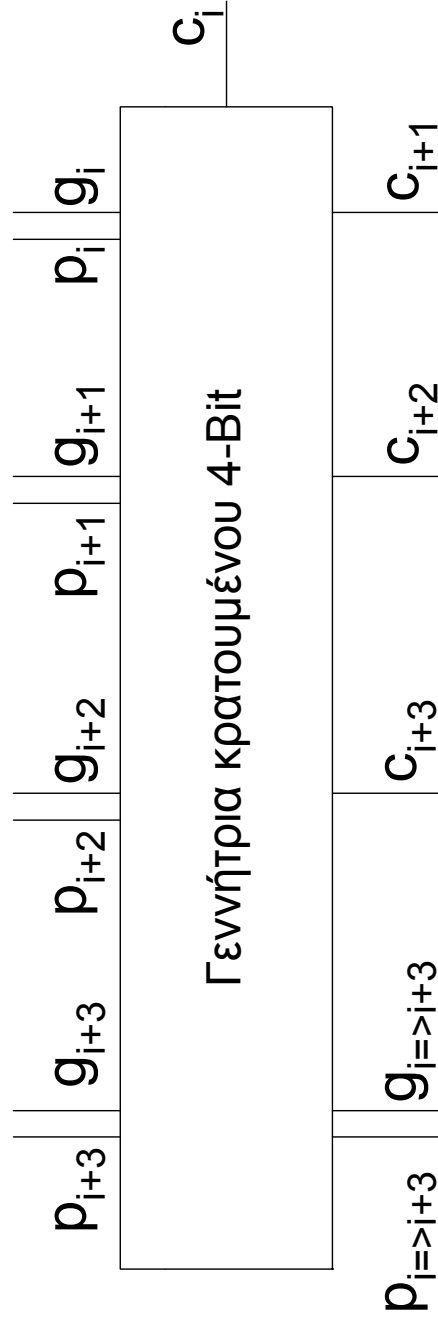
- ✓ Το κρατούμενο δεν χρειάζεται να διαδοθεί.
- ✓ Οι όροι διάδοσης (p)– παραγωγής (g), παράγονται παράλληλα.
- ✓ Οι μονάδες πρόβλεψης κρατουμένου είναι πολύ περίπλοκες, ειδικά για πολλά bits.



Αθροιστής Πρόβλεψης Κρατουμένου

Για σχεδίαση αθροιστών με περισσότερα από 4 bits ακολουθούμε άλλη τακτική σχεδίασης μονάδων πρόβλεψης κρατουμένου.

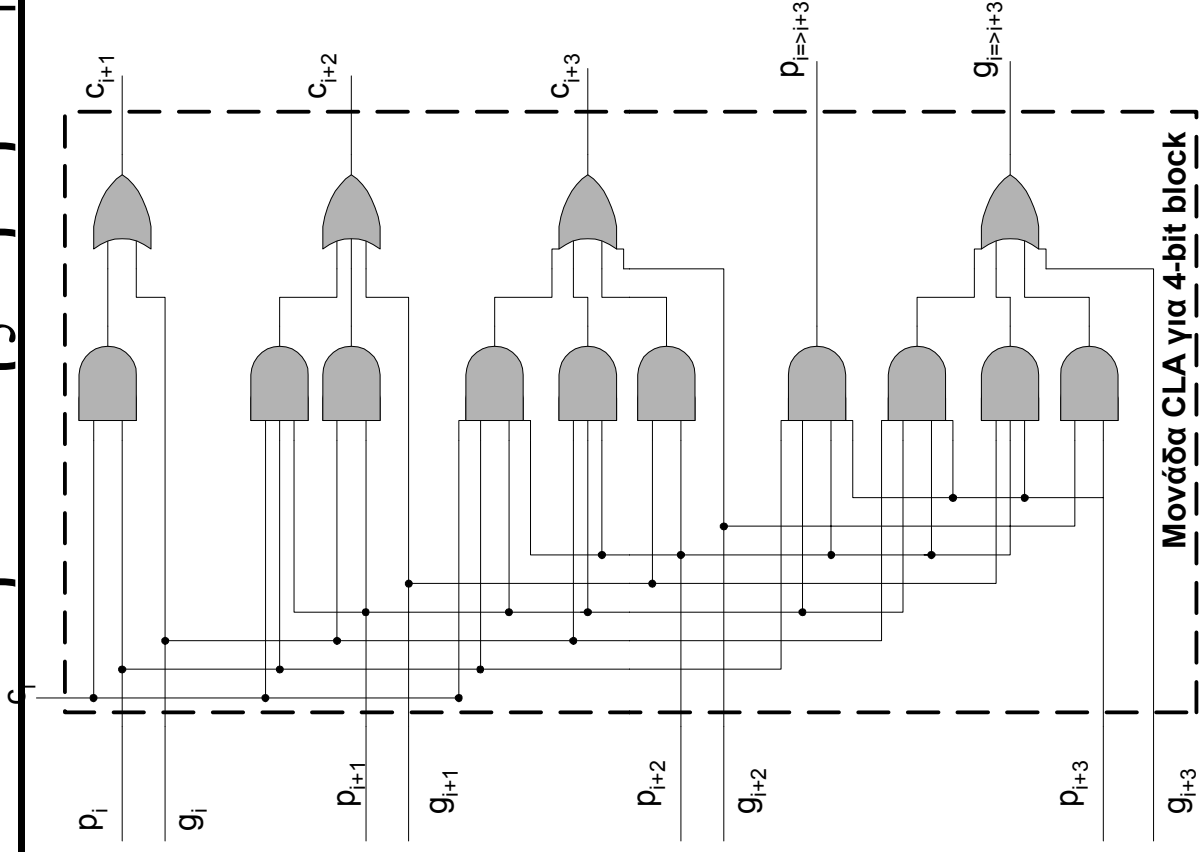
Άθροιση 4-bits: $(a_{i+3}a_{i+2}a_{i+1}a_i) + (b_{i+3}b_{i+2}b_{i+1}b_i) + c_i$



Γεννήτρια και
διαδοτής
κρατουμένου όλου
του block

$g_{i \rightarrow i+3} = g_{i+3} + p_{i+3}g_{i+2} + p_{i+3}p_{i+2}g_{i+1} + p_{i+3}p_{i+2}p_{i+1}g_i$
 $p_{i \rightarrow i+3} = p_{i+3}p_{i+2}p_{i+1}p_i$

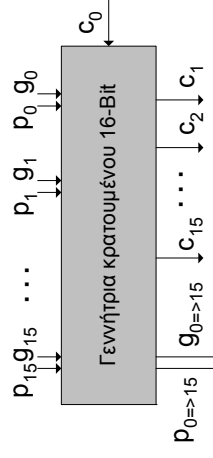
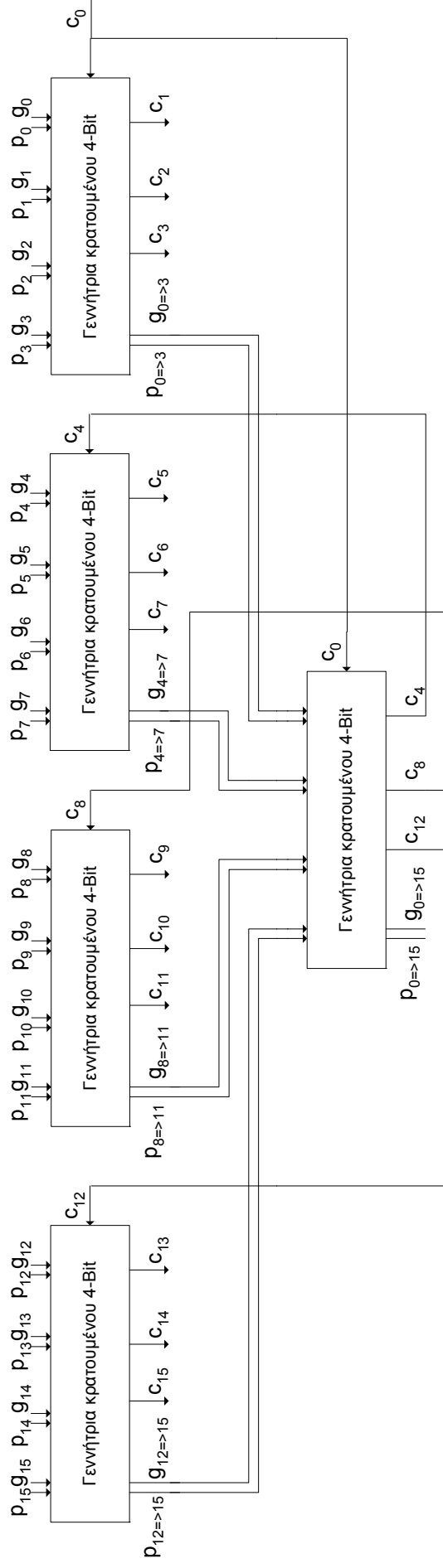
Αθροιστής Πρόβλεψης Κρατουμένου



- ✓ Δεν παράγει κρατούμενο εξόδου.
- ✓ Παράγει τα σήματα γέννησης και διάδοσης κρατουμένου για όλο το block.
- ✓ Τα σήματα block αντικατοπτρίζουν την συμπεριφορά όλου του block.

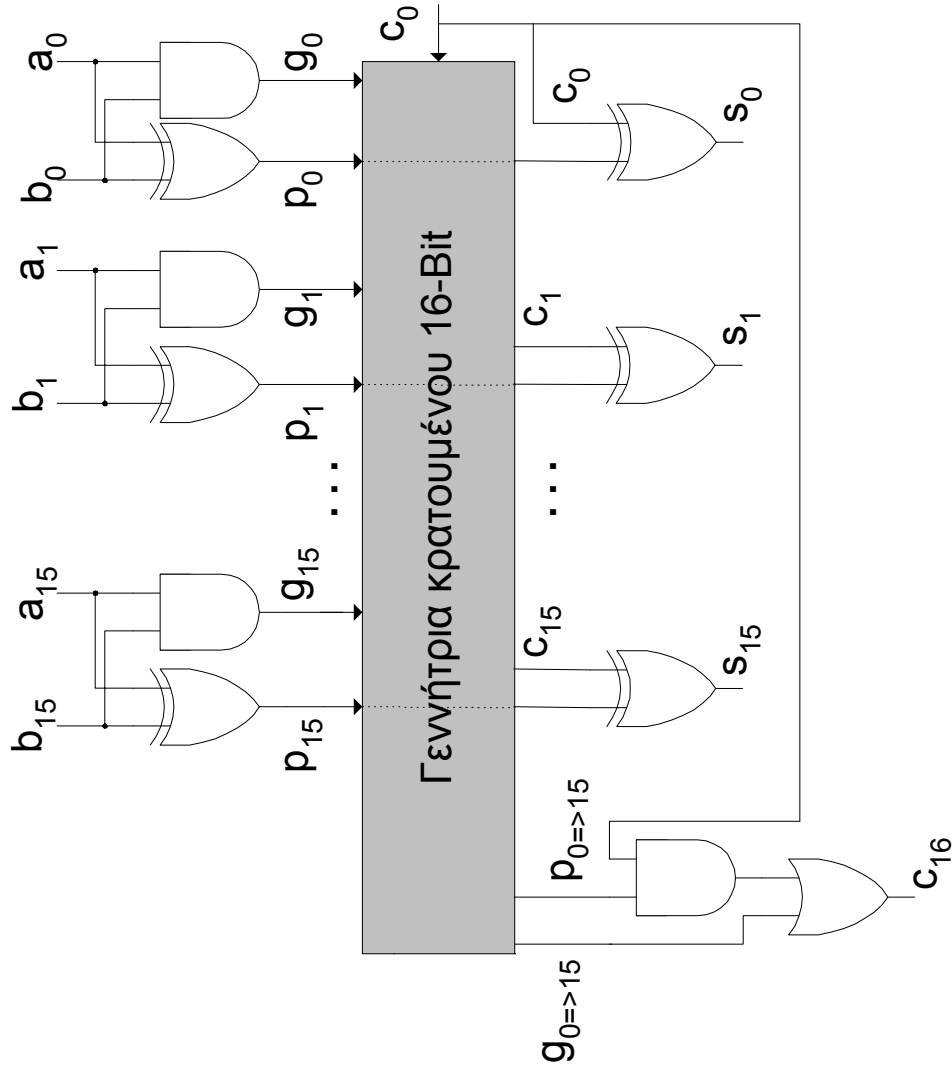
Αθροιστής Πρόβλεψης Κρατουμένου

Μονάδα πρόβλεψης κρατουμένου 16-bits



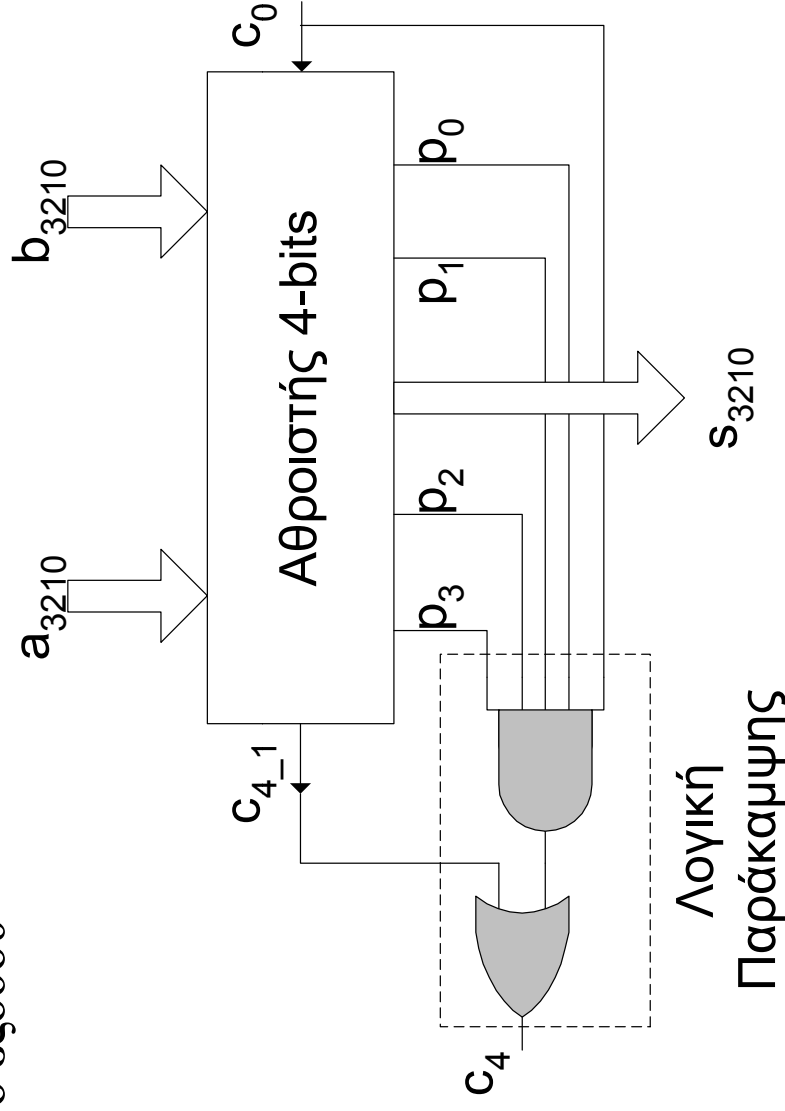
Αθροιστής Πρόβλεψης Κρατουμένου

Αθροιστής πρόβλεψης κρατουμένου 16-bits

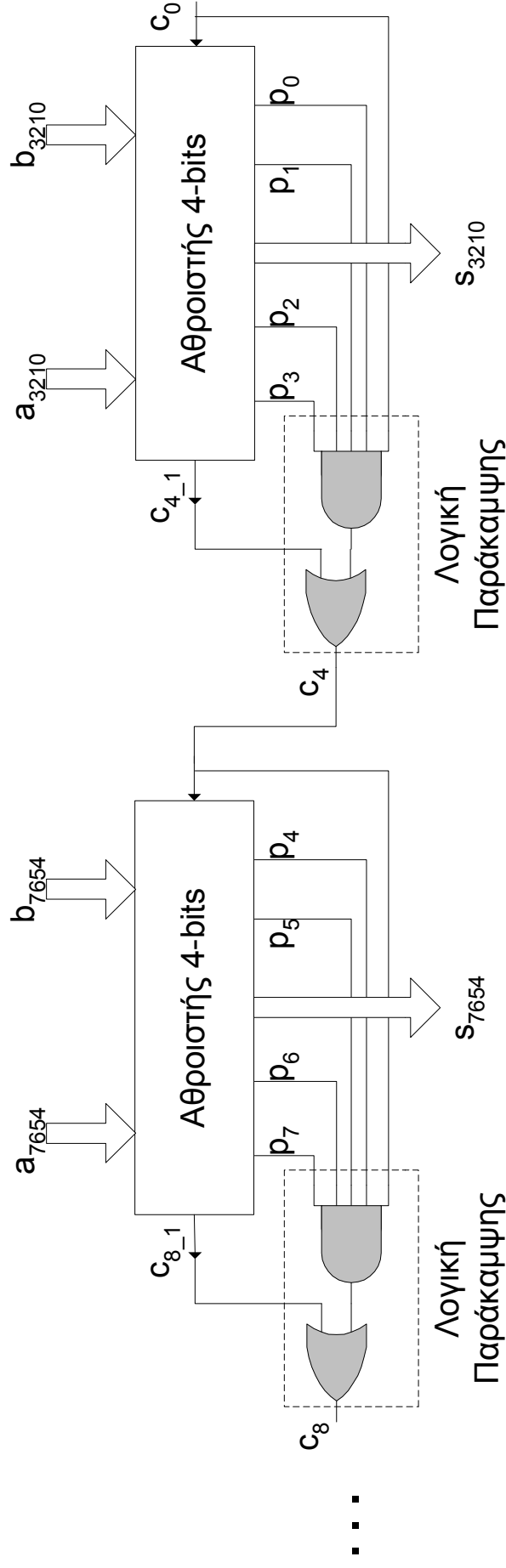


Αθροιστής Παράκαμψης Κρατουμένου

- Στόχος η ελαχιστοποίηση του χρόνου διάδοσης κρατουμένου.
- Χειρότερη περίπτωση: το κρατούμενο εισόδου πρέπει να διαδοθεί έως το κρατούμενο εξόδου



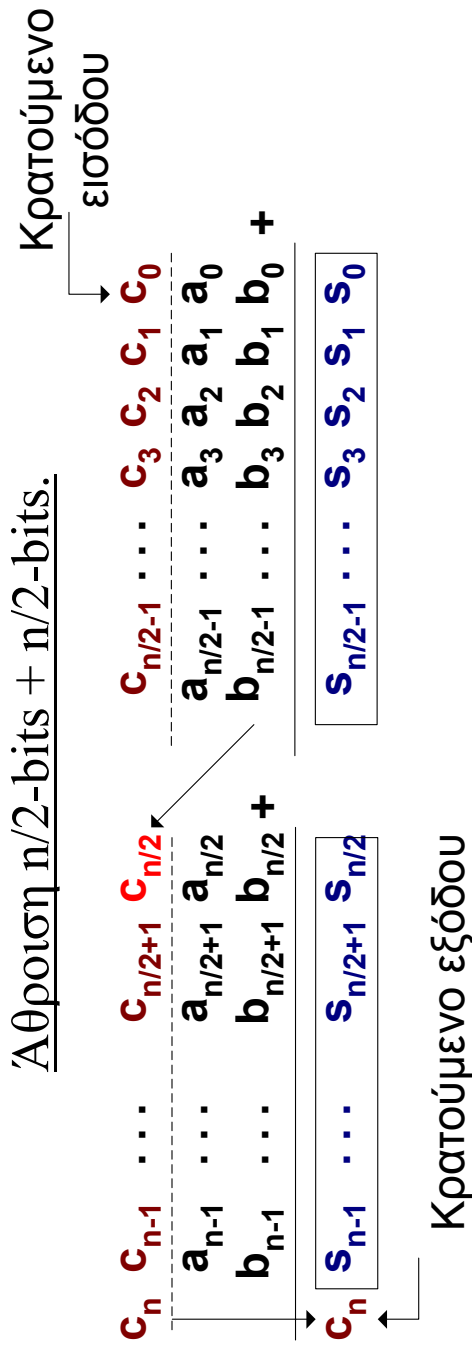
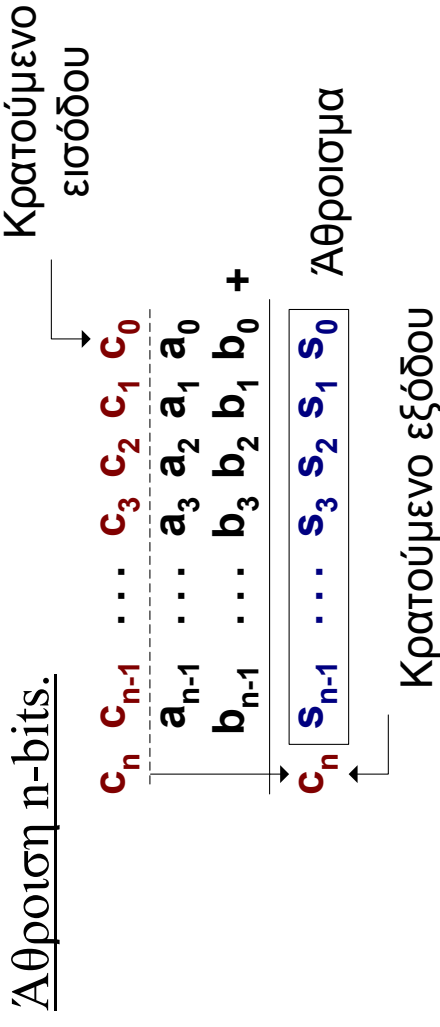
Αθροιστής Παράκαμψης Κρατουμένου



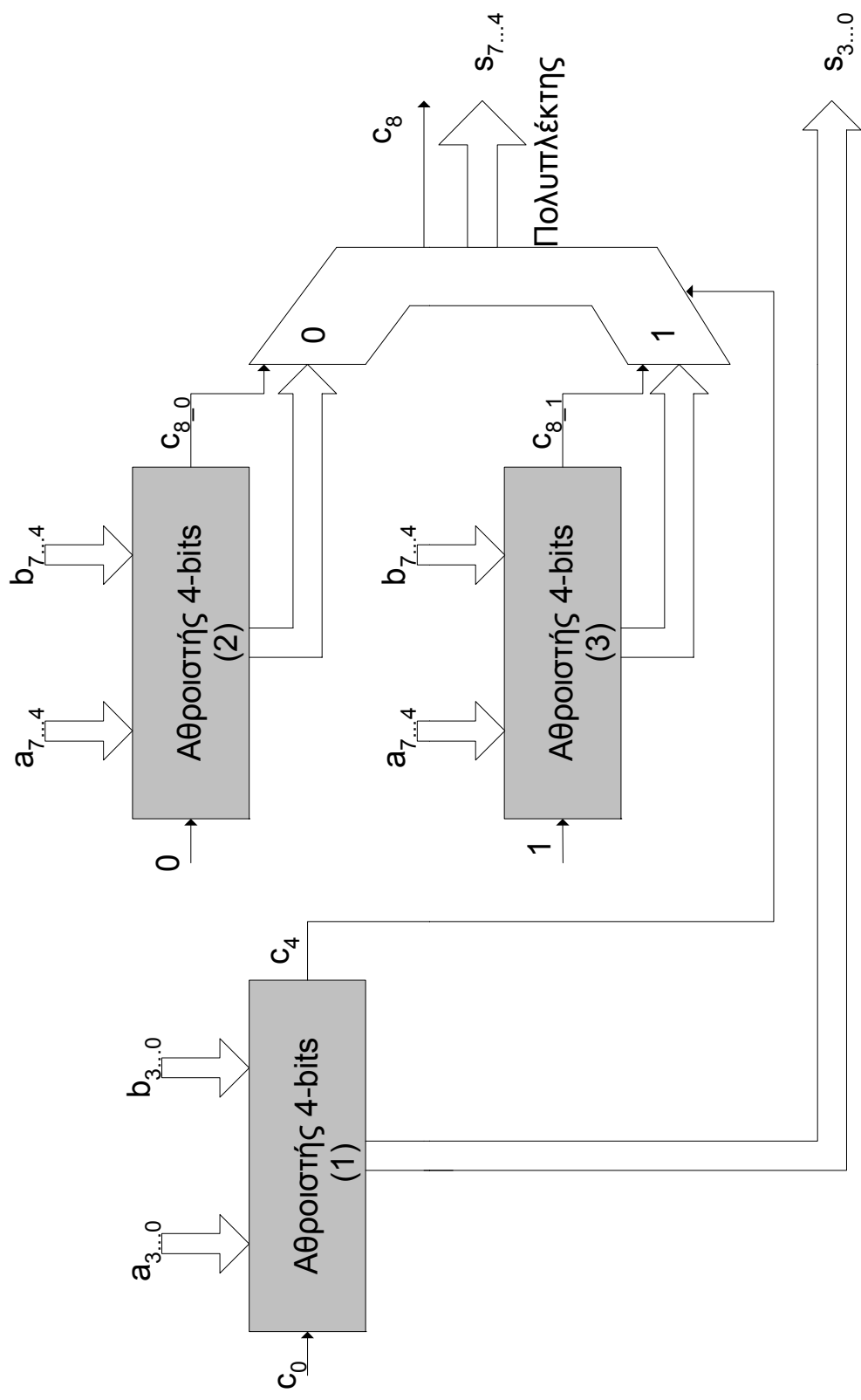
Νέα χειρότερη περίπτωση: το κρατούμενο παράγεται στην πρώτη βαθμίδα και πρέπει να διαδοθεί έως το κρατούμενο εξόδου

Μείωση κρίσιμου μονοπατιού.

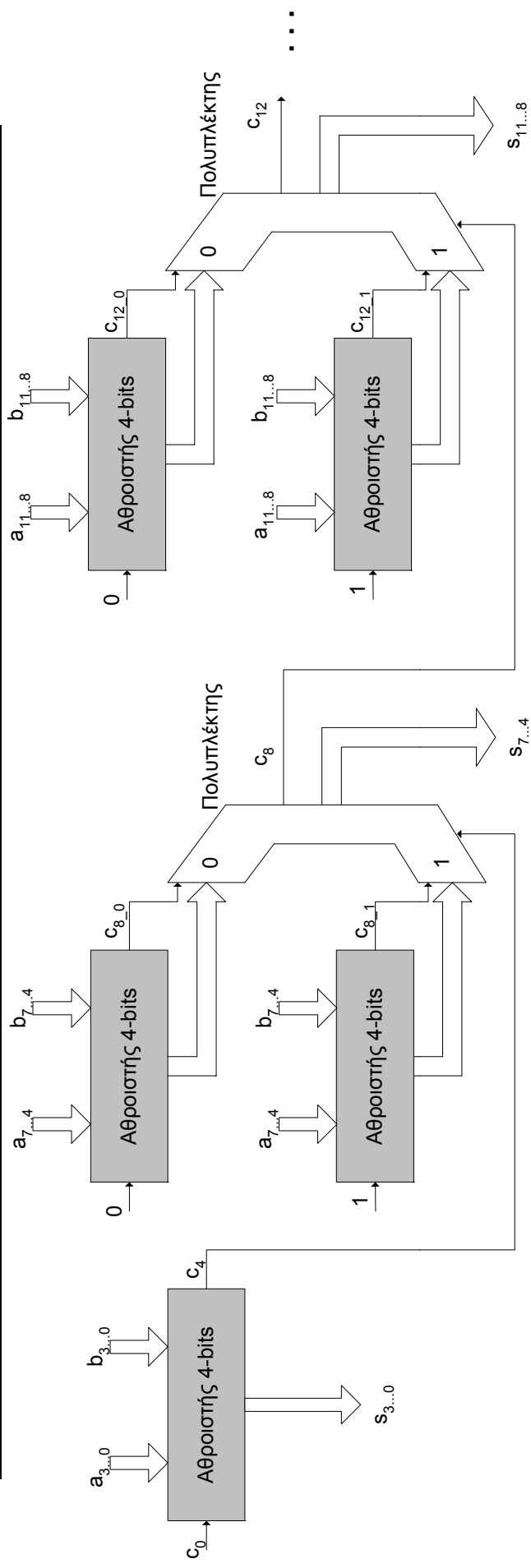
Αθροιστής Επιλογής Κρατούμενου



Αθροιστής Επιλογής Κρατουμένου



Αθροιστής Επιλογής Κρατουμένου



Το αποτέλεσμα κάθε βαθμίδας καθυστερεί (λόγω των κυκλωμάτων επιλογής).

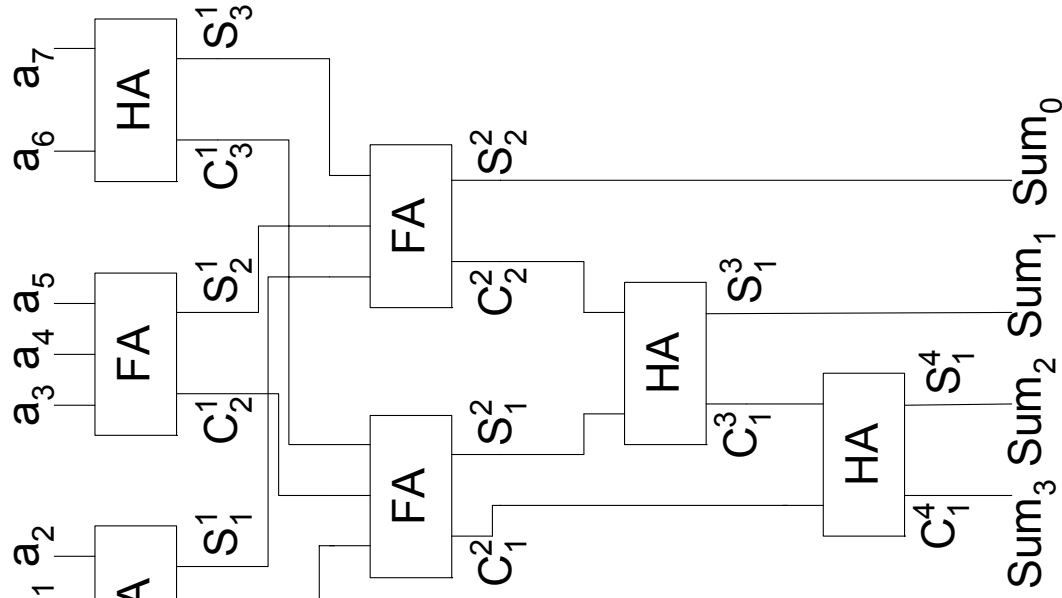
Έχουμε το περιθώριο να κάνουμε λίγο πιο αργή κάθε επόμενη πράξη υπολογίζοντας περισσότερα bits αθροίσματος.

8 βαθμίδες: $4+4+4+\dots+4$
5 βαθμίδες: 4, 5, 6, 8, 9

Αθροιστής Αποθήκευσης Κρατουμένου

$$\begin{array}{r}
 0 \\
 1 \\
 1 \\
 0 \\
 1 \\
 1 \\
 1 \\
 0 \\
 1 + \\
 \hline
 110
 \end{array}$$

Δυαδικός αριθμός άσων



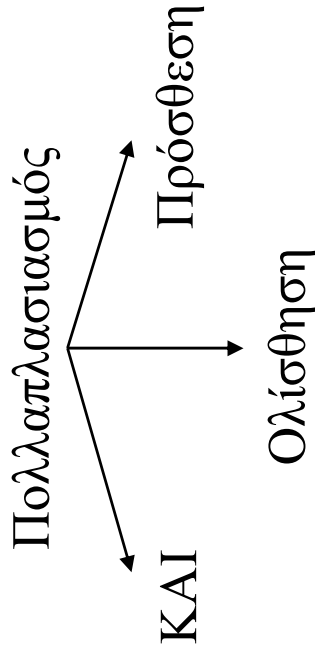
Πολυπλασιαστές

x	y	$x \cdot y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Βασική πράξη πολλαπλασιασμού



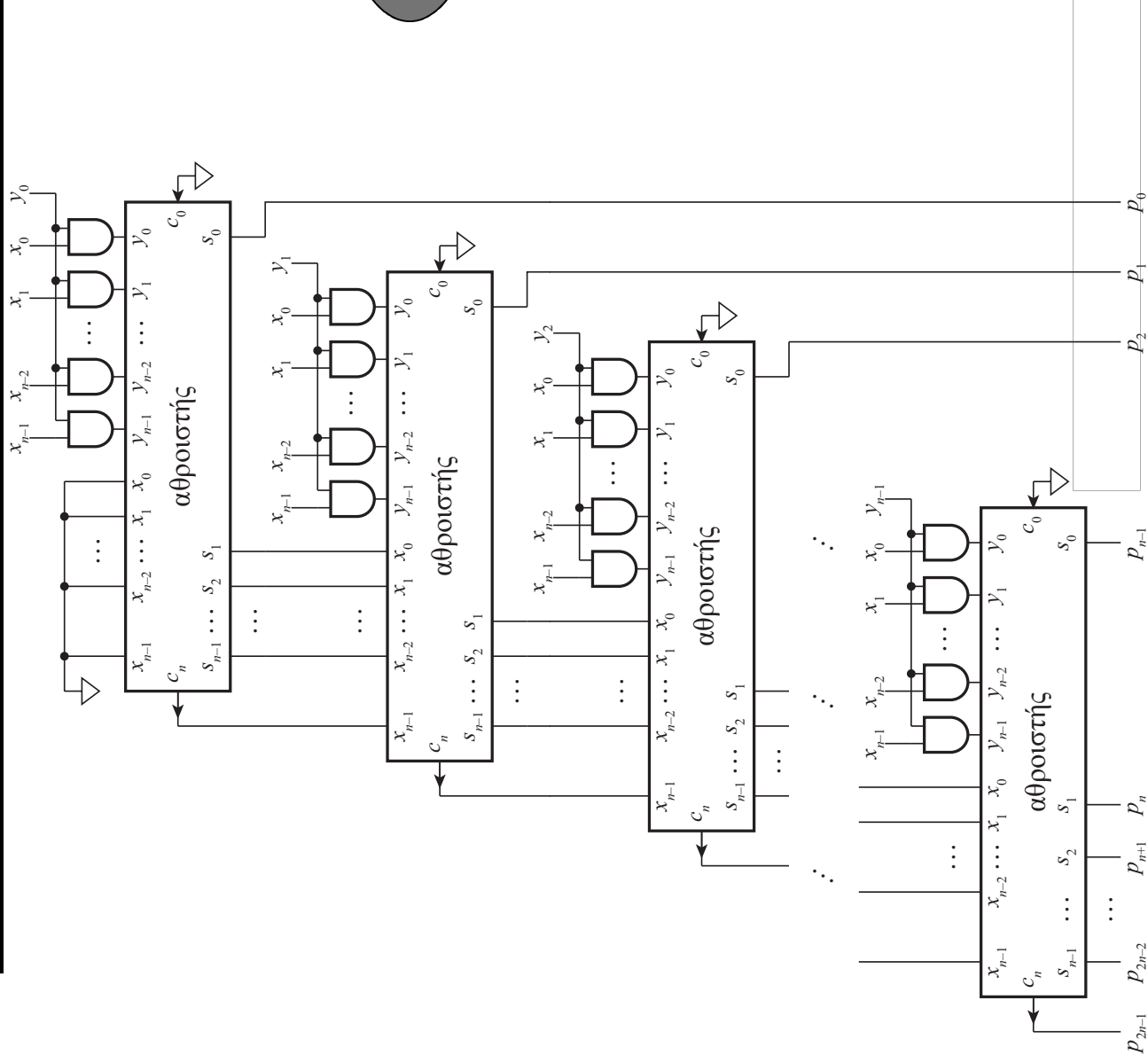
Λογική πράξη ΚΑΙ



Πολυπλασιασμός 4x4

$$\begin{array}{ccccccc}
& & & \mathbf{a_3} & \mathbf{a_2} & \mathbf{a_1} & \mathbf{a_0} \\
& & & & & & \\
& & \mathbf{x} & \mathbf{b_3} & \mathbf{b_2} & \mathbf{b_1} & \mathbf{b_0} \\
\hline
& & & \mathbf{a_3b_0} & \mathbf{a_2b_0} & \mathbf{a_1b_0} & \mathbf{a_0b_0} \\
& & \mathbf{a_3b_1} & \mathbf{a_2b_1} & \mathbf{a_1b_1} & \mathbf{a_0b_1} & \\
& & & & & & \\
& & \mathbf{a_3b_2} & \mathbf{a_2b_2} & \mathbf{a_1b_2} & \mathbf{a_0b_2} & \\
& & & & & & \\
& & + & \mathbf{a_3b_3} & \mathbf{a_2b_3} & \mathbf{a_1b_3} & \mathbf{a_0b_3} \\
\hline
& \mathbf{p_7} & \mathbf{p_6} & \mathbf{p_5} & \mathbf{p_4} & \mathbf{p_3} & \mathbf{p_2} & \mathbf{p_1} & \mathbf{p_0}
\end{array}$$

Πολυπλασιαστές



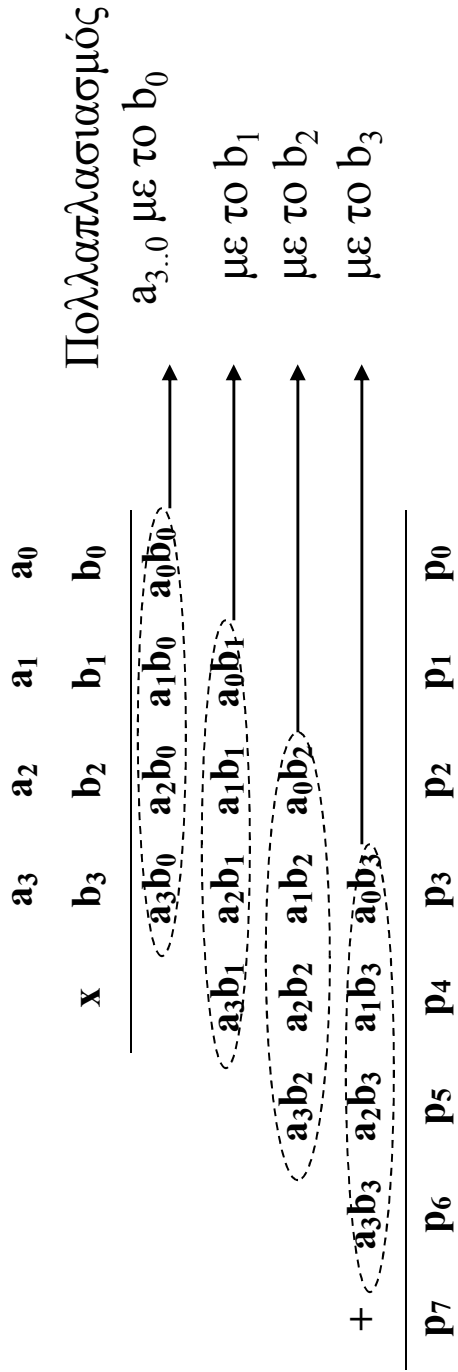
Πολύ ακριβή σε υλικό υλοποίηση

Πολλαπλασιαστές

Πολλαπλασιασμός 4x4

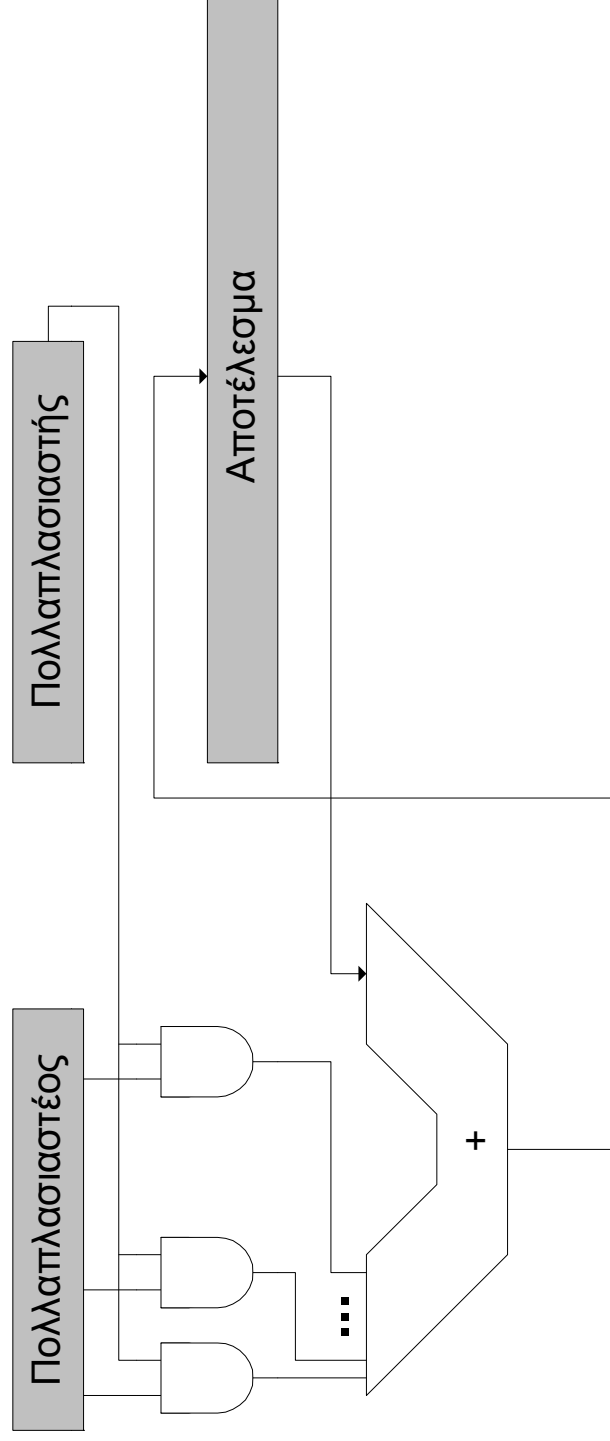
- Χρειαζόμαστε δύο καταχωρητές μήκους 4 bits για τα a, b, έναν καταχωρητή μήκους 8 bits για το αποτελεσμα και έναν αθροιστή.
- Οι καταχωρητές πρέπει να έχουν την δυνατότητα ολίσθησης.
- Ολισθαίνουμε δεξιά κάθε φορά το προηγούμενο άθροισμα μερικών γινομένων, και το προσθέτουμε στο νέο μερικό γινόμενο.

Πολλαπλασιαστές



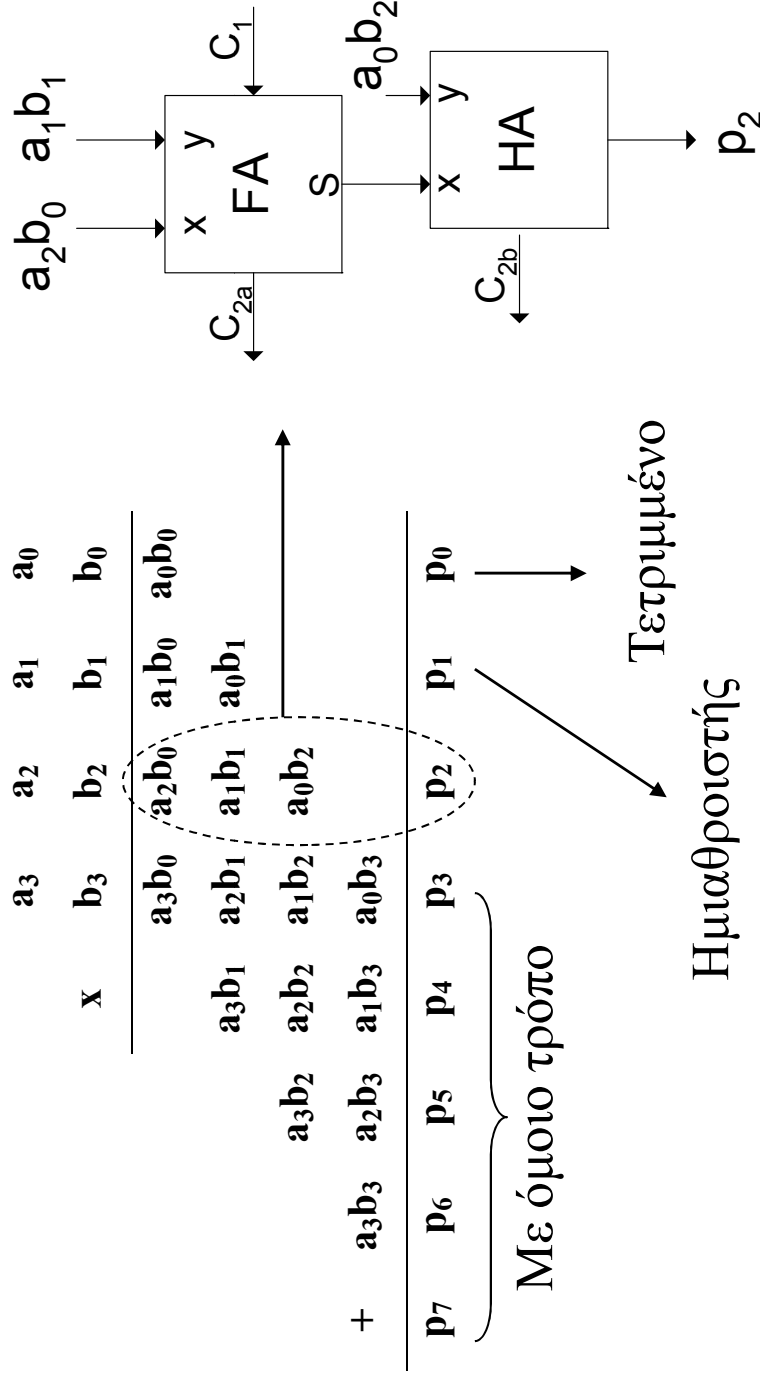
Πολλαπλασιαστές

- Προϋποθέτει την δυνατότητα ολίσθησης του πολλαπλασιαστή και του αποτελέσματος στους αντίστοιχους καταχωρητές.
- Έχει μικρό απαιτούμενο κόστος σε υλικό.
- Απαιτεί n κύκλους ρολογιού για να δώσει το αποτέλεσμα



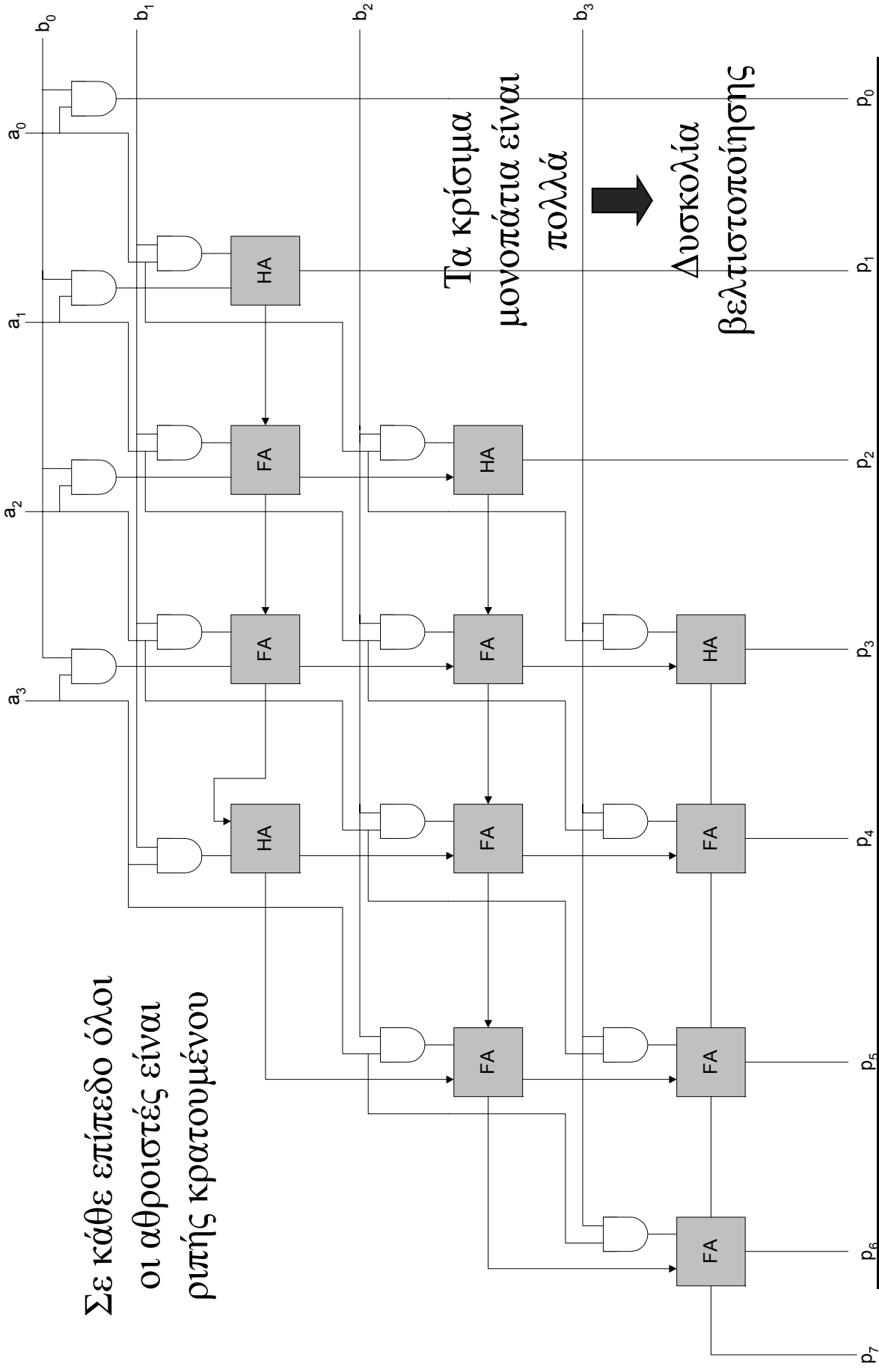
Πολλαπλασιαστές Πίνακα

- Μπορούμε να παράγουμε όλα τα μερικά γινόμενα ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας nxm πύλες AND (n=μήκος λέξης A, m=μήκος λέξης B).
- Κατόπιν προσθέσουμε όλα τα μερικά γινόμενα μεταξύ τους.



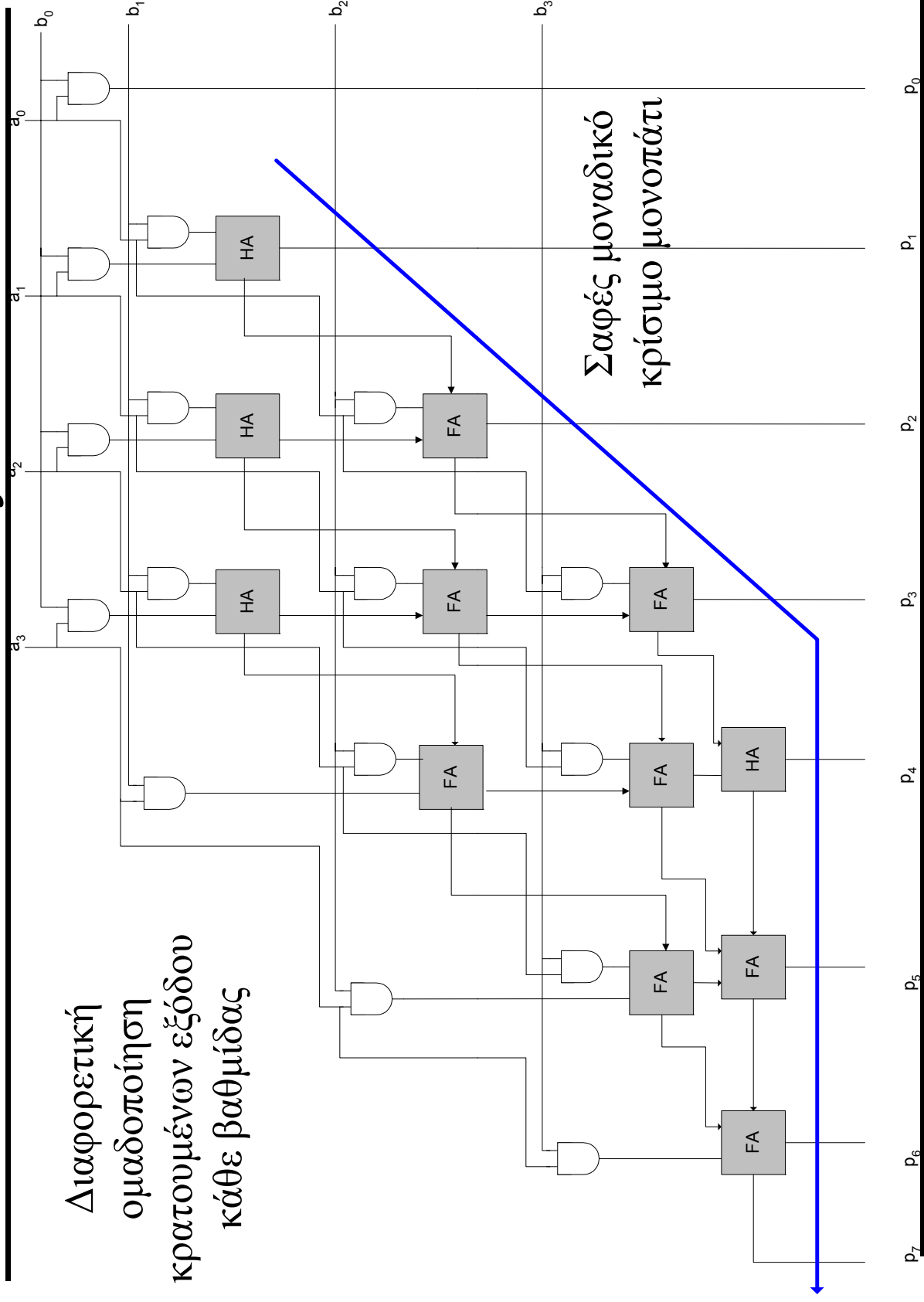
Πολλαπλασιαστές Πίνακα

Σε κάθε επίπεδο όλοι
οι αθροιστές είναι
ριπής κρατουμένου

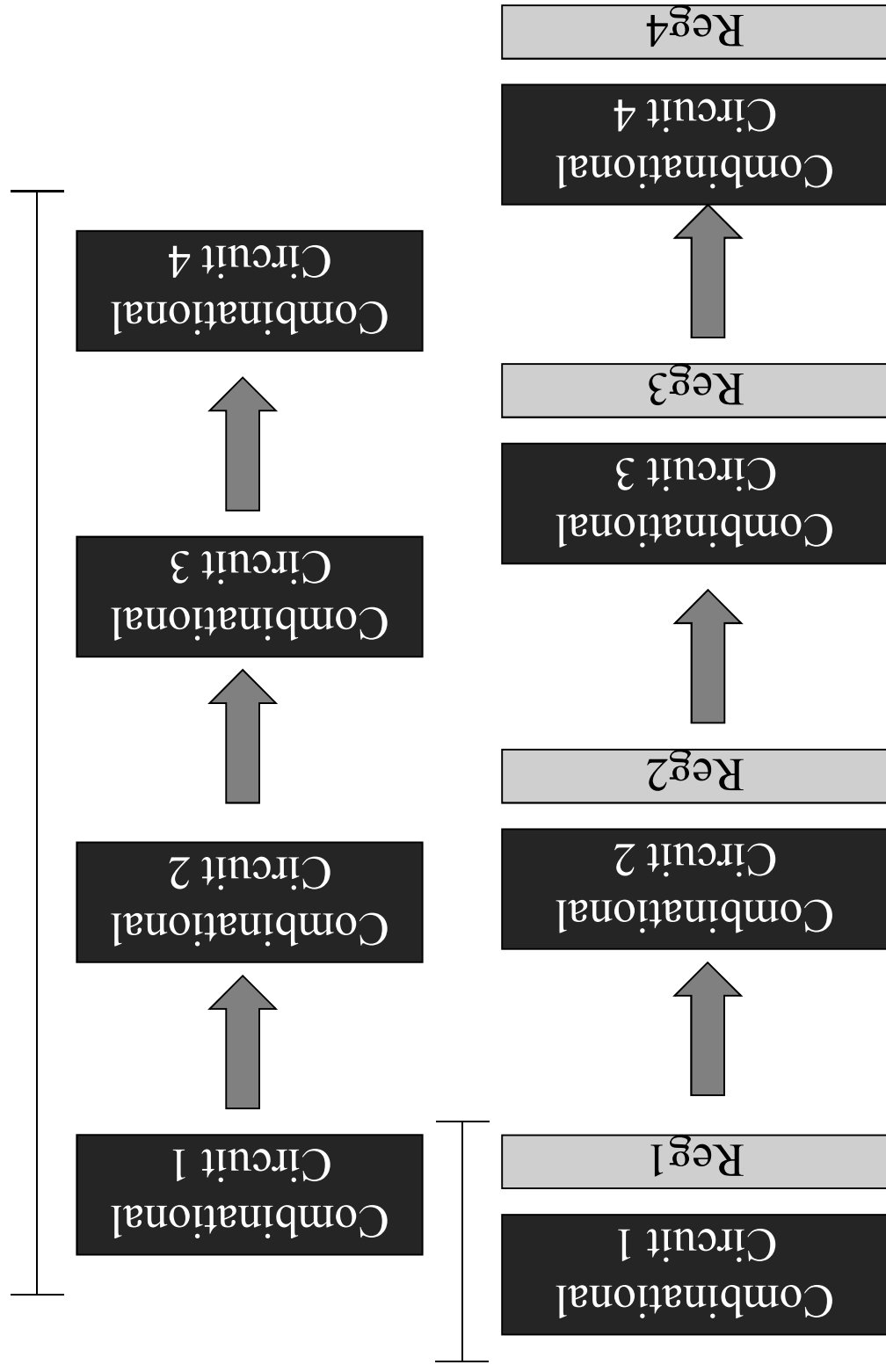


Πολλαπλασιαστές Πίνακα

Διαφορετική
ομαδοποίηση
κρατουμένων εξόδου
κάθε βαθμίδας

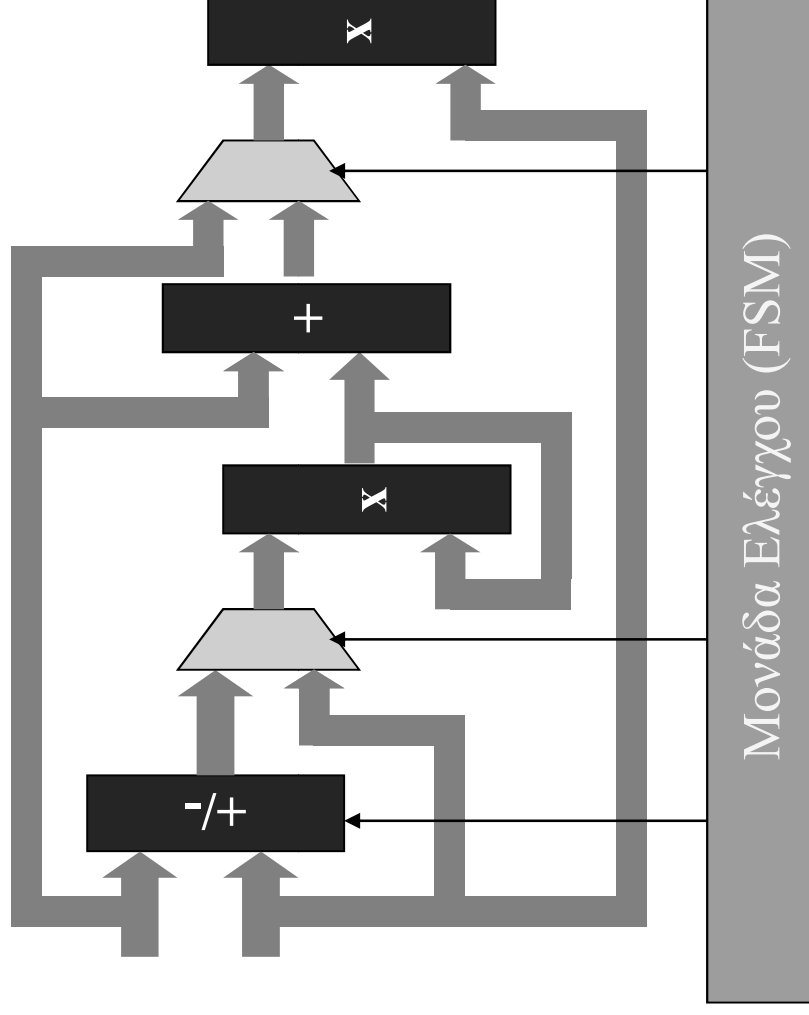


Συσχετισμός Δομής



Διαδρομές Δεδομένων

Η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται από μονάδες επεξεργασίας οι οποίες διασυνδέονται σε διαδρομές δεδομένων (datapaths).

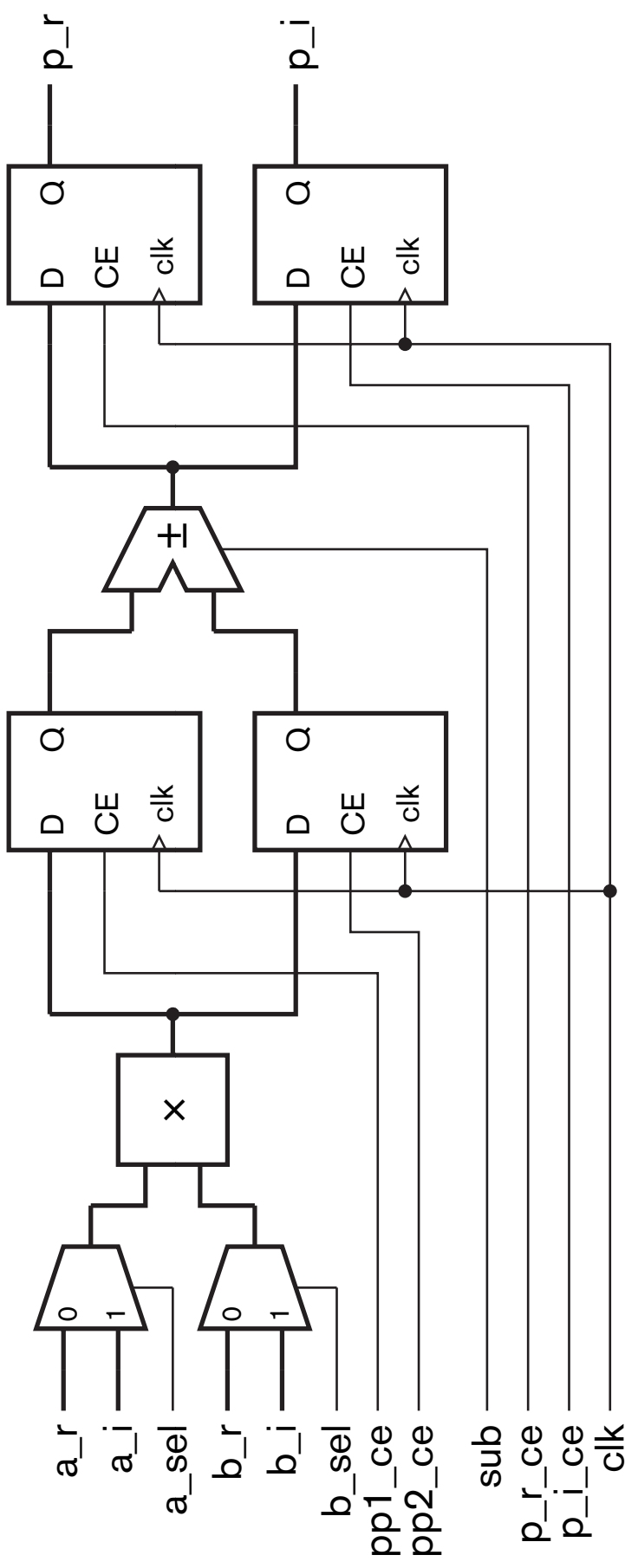


Διαδρομές Δεδομένων

Παράδειγμα: Υπολογισμός μιγαδικού πολλαπλασιασμού

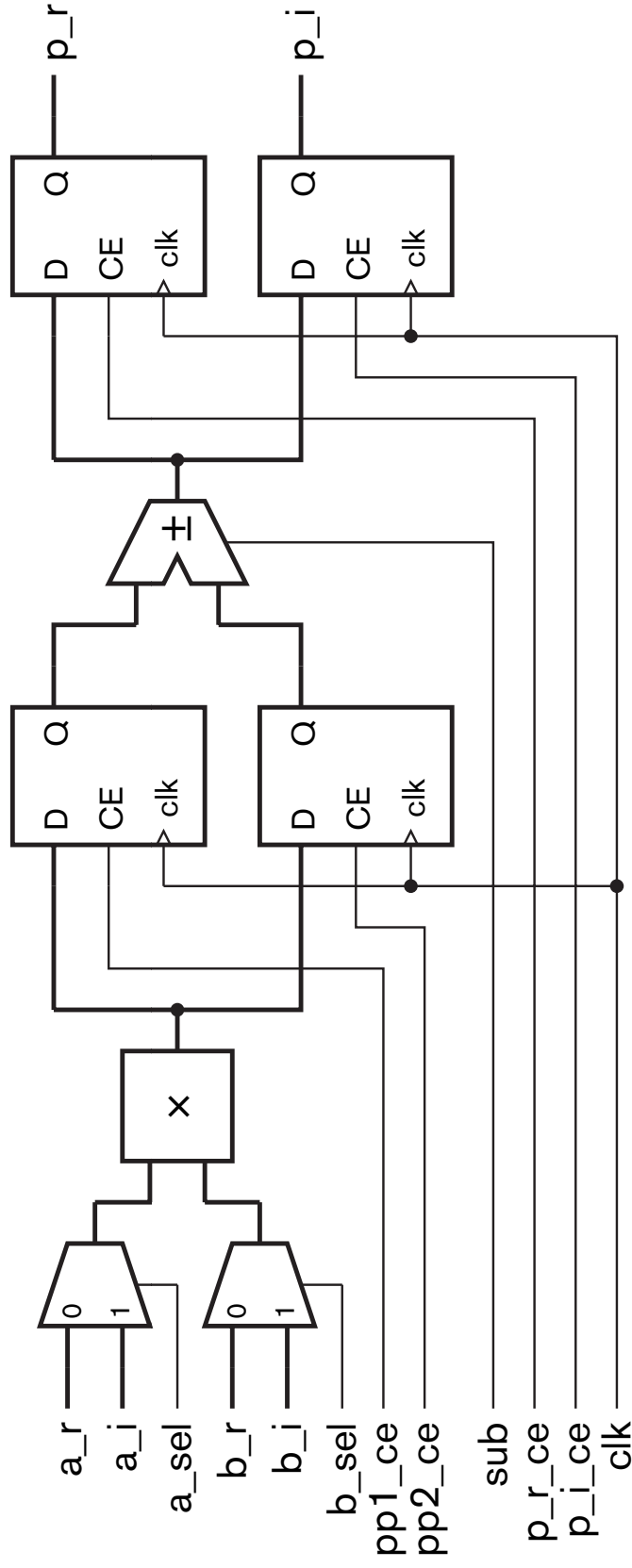
$$a = a_r + j \cdot a_i, \quad b = b_r + j \cdot b_i$$

$$p = a \cdot b = (a_r b_r - a_i b_i) + j (a_r b_i + a_i b_r)$$

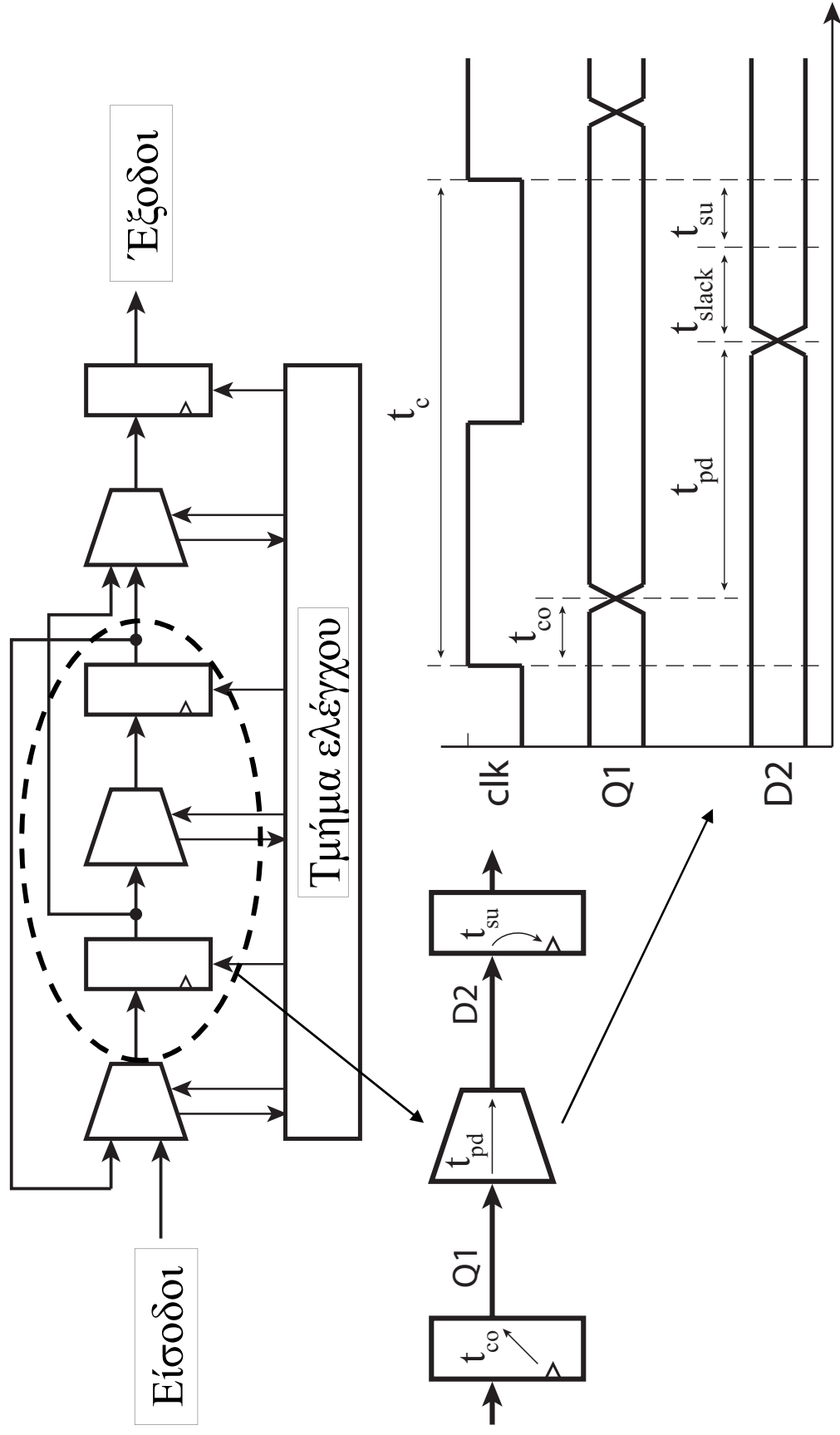


Διαδρομές Δεδομένων

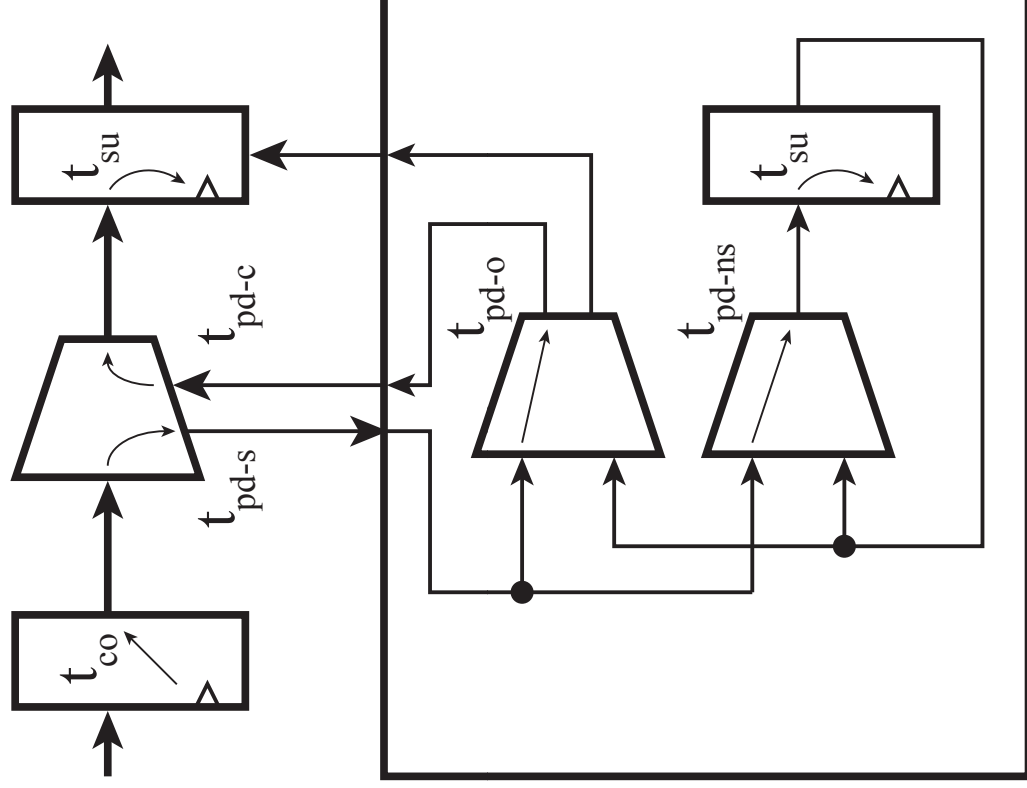
1. $pp_1 = a_r \cdot b_r$
2. $pp_2 = a_i \cdot b_i$
3. $p_r = pp_1 - pp_2$
4. $pp_1 = a_r \cdot b_i$
5. $pp_2 = a_i \cdot b_r$
6. $p_i = pp_1 + pp_2$



Σύγχρονος Χρονισμός με Ρολοί



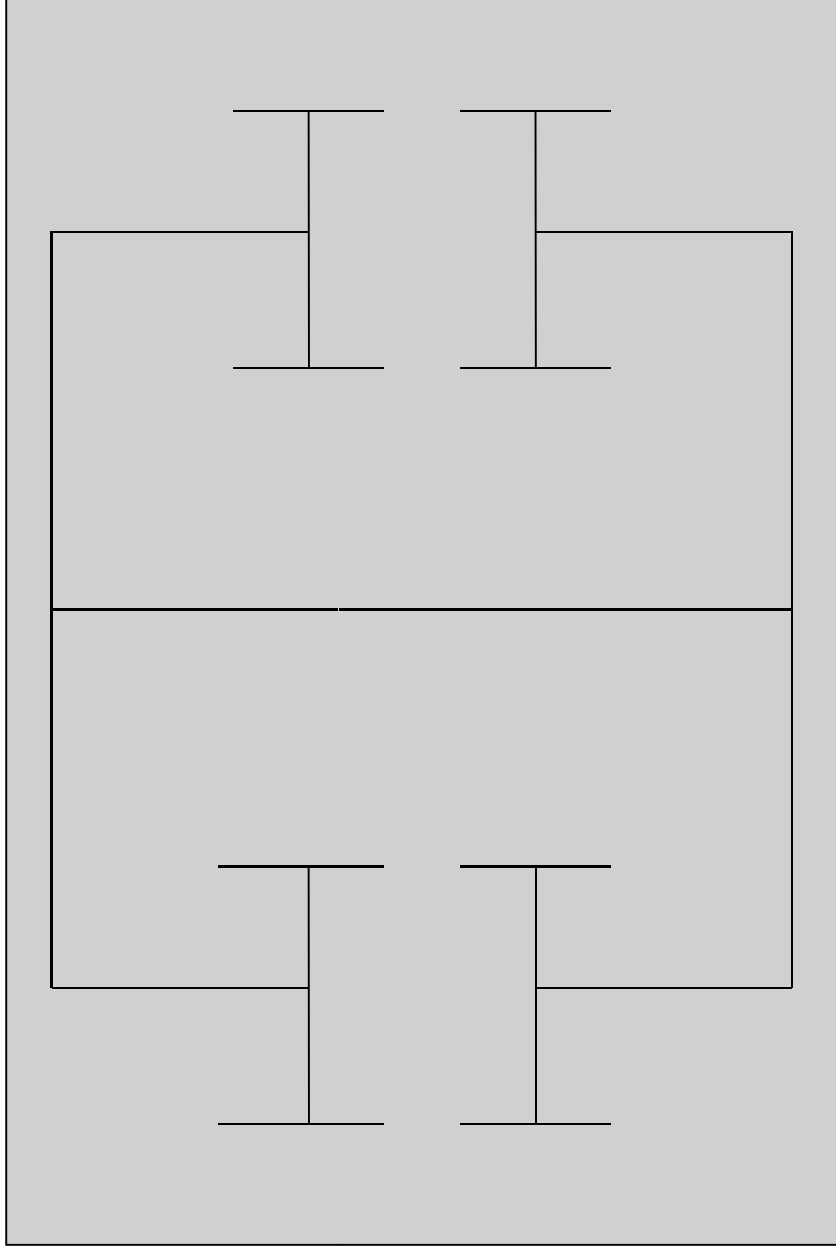
Σύγχρονος Χρονισμός με Ρολοί



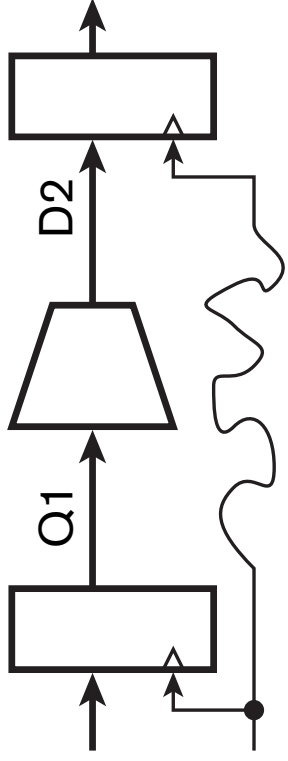
*H FSM (control unit)
συμμετέχει στην
καθυστέρηση του
κυκλώματος*

Διαμοίραση Ρολογιού

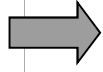
Ειδικό πλέγμα ρολογιού χρησιμοποιείται για την διαμοίραση του ρολογιού



Απόκλιση Ρολογιού (Clock Skew)

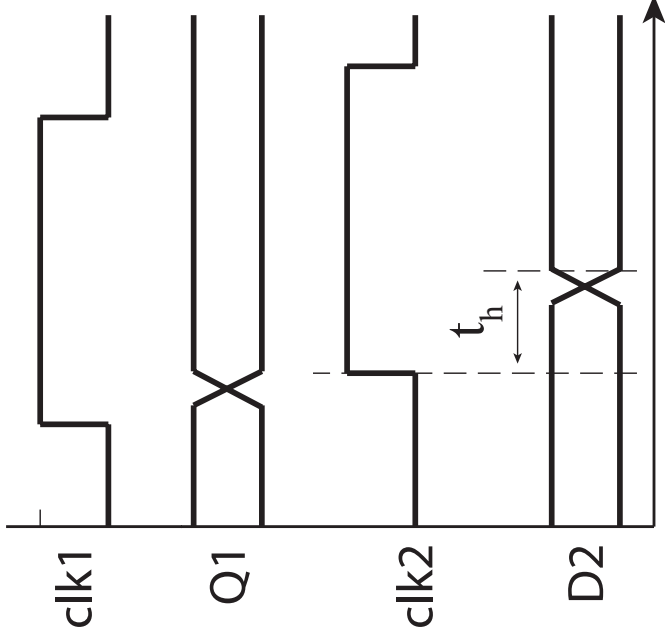


Η απόκλιση ρολογιού οδηγεί
σημαντικά προβλήματα σε
σύγχρονα ολοκληρωμένα μεγάλης
πολυπλοκότητας



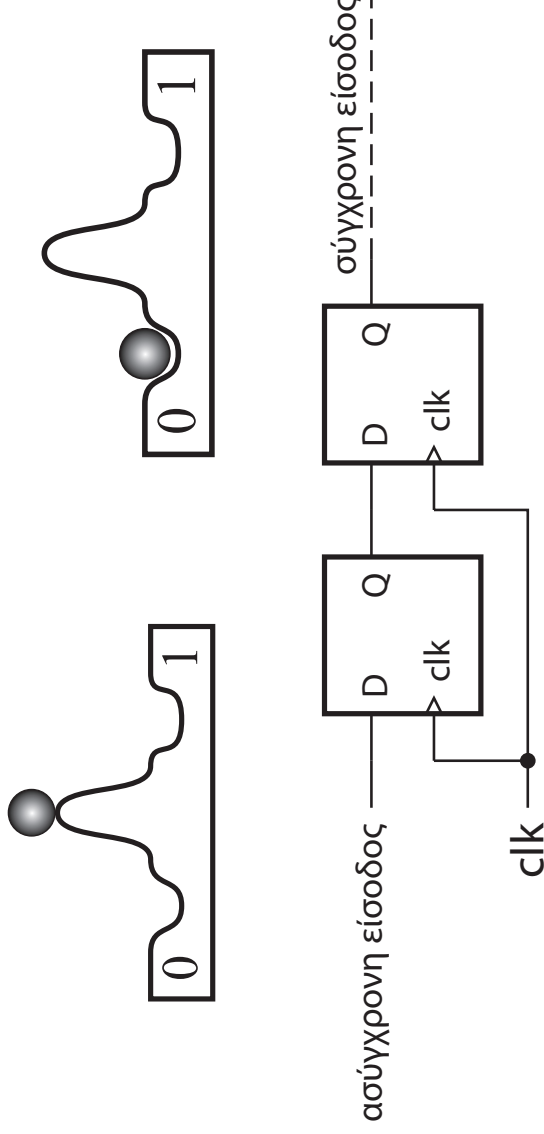
GALS

Globally Asynchronous – Locally Synchronous



Μεταστάθεια

Η ασύγχρονη επικοινωνία μεταξύ σύγχρονων συστημάτων (με διαφορετικά ρολόγια) μπορεί να οδηγήσει σε μεταστάθεια



Τα διαδοχικά flip flop δίνουν χρόνο σταθεροποίησης του flip flop