



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Ψηφιακή Λογική Σχεδίαση

Επιμέλεια:

Νίκος Φακωτάκης, Καθηγητής

Ανδρέας Εμερετλής, Υποψήφιος Διδάκτορας

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό αναπτύχθηκε στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πατρών.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

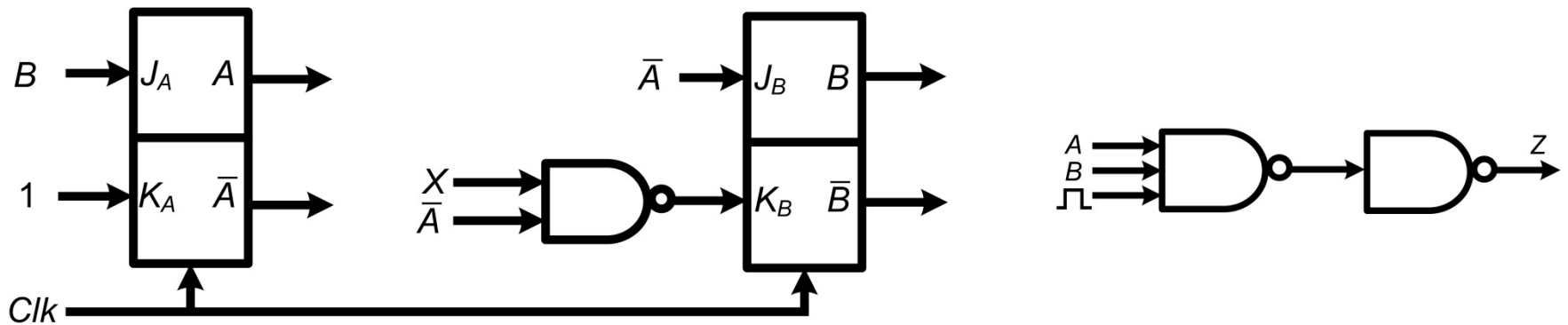


Σύγχρονα Ακολουθιακά Κυκλώματα

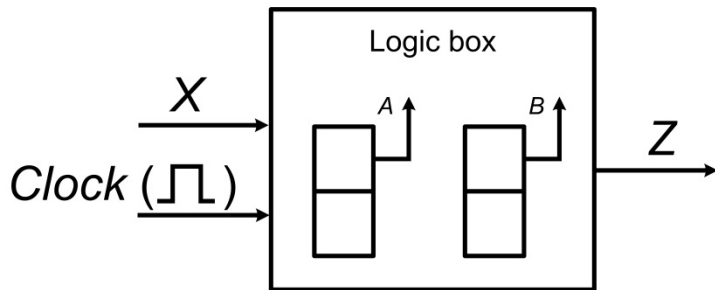
- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού σύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Μηχανές καταστάσεων Mealy και Moore
- Κυκλώματα συγχρονισμένα με παλμούς
- Μέθοδοι μείωσης καταστάσεων

- Τα σύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα αποτελούν κυκλώματα που οδηγούνται από ρολόι.
- Για την υλοποίησή τους εφαρμόζονται ψηφιακή τεχνικές σχεδίασης.
- Αποτελούνται από συνδυαστικά στοιχεία και Στοιχεία μνήμης ενός ψηφίου.
- Ο απλούστερος τρόπος υλοποίησής τους είναι χρησιμοποιώντας JK flip-flop.

- Δύο είσοδοι: X και Π
- Μία έξοδος: Z
- JK flip-flops σε διάταξη Master/Slave
- 4 δυνατές καταστάσεις $AB=00,01,10,11$



➤ Δομικό Διάγραμμα



➤ Χαρακτηριστικός πίνακας

J	K	Q	$Q^{t+\delta t}$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

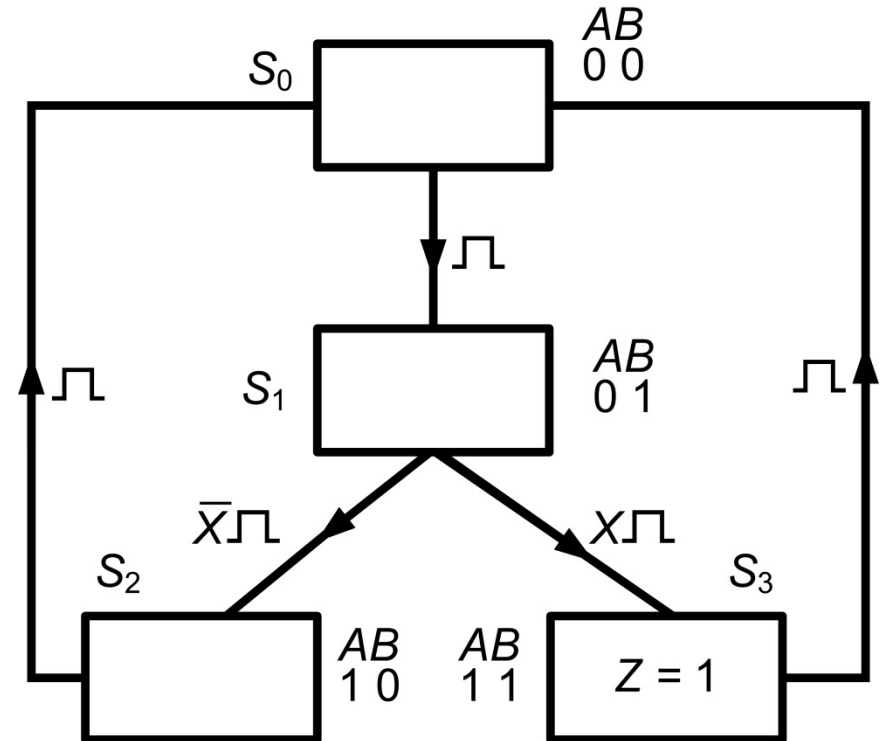
➤ Πίνακας Karnaugh

$J \backslash KQ$	00	01	11	10
0		1		
1	1	1		1

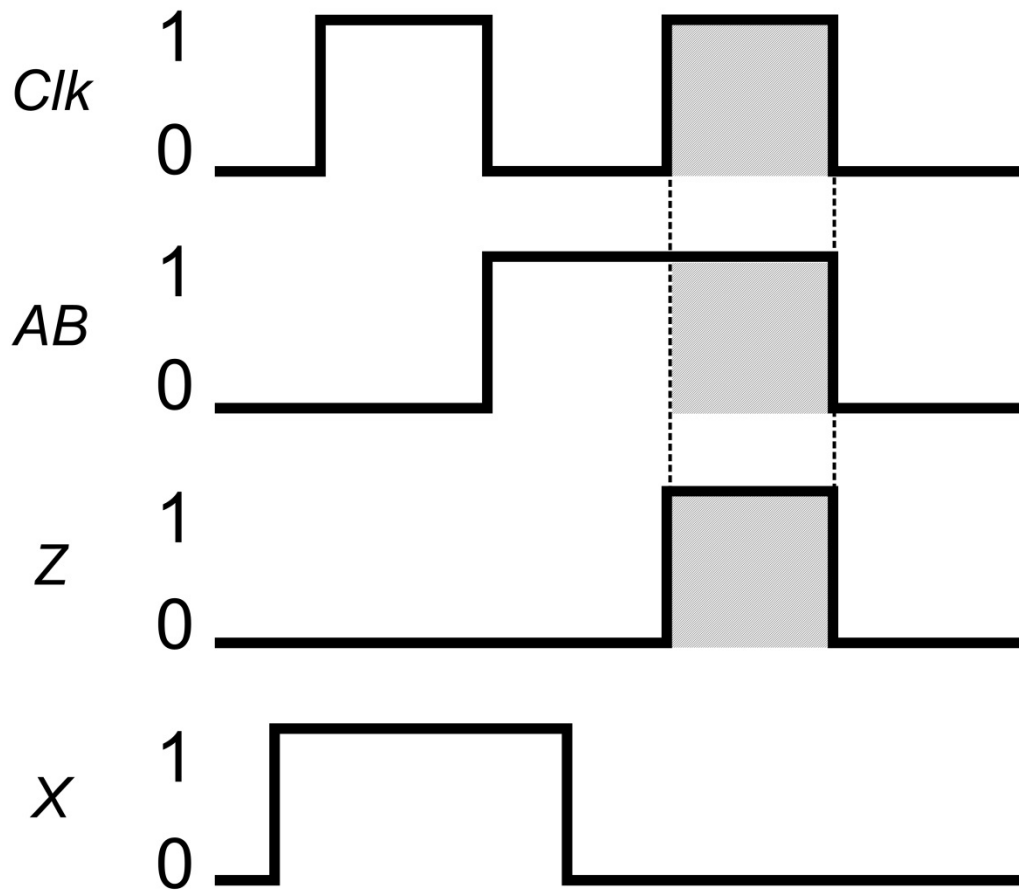
➤ Πίνακας Καταστάσεων

	Present state	Next state		Output	
		X=0	X=1	X=0	X=1
	AB	AB	AB	Z	Z
S_0	00	01	01	0	0
S_1	01	10	11	0	0
S_2	11	00	00	1	1
S_3	10	00	00	0	0

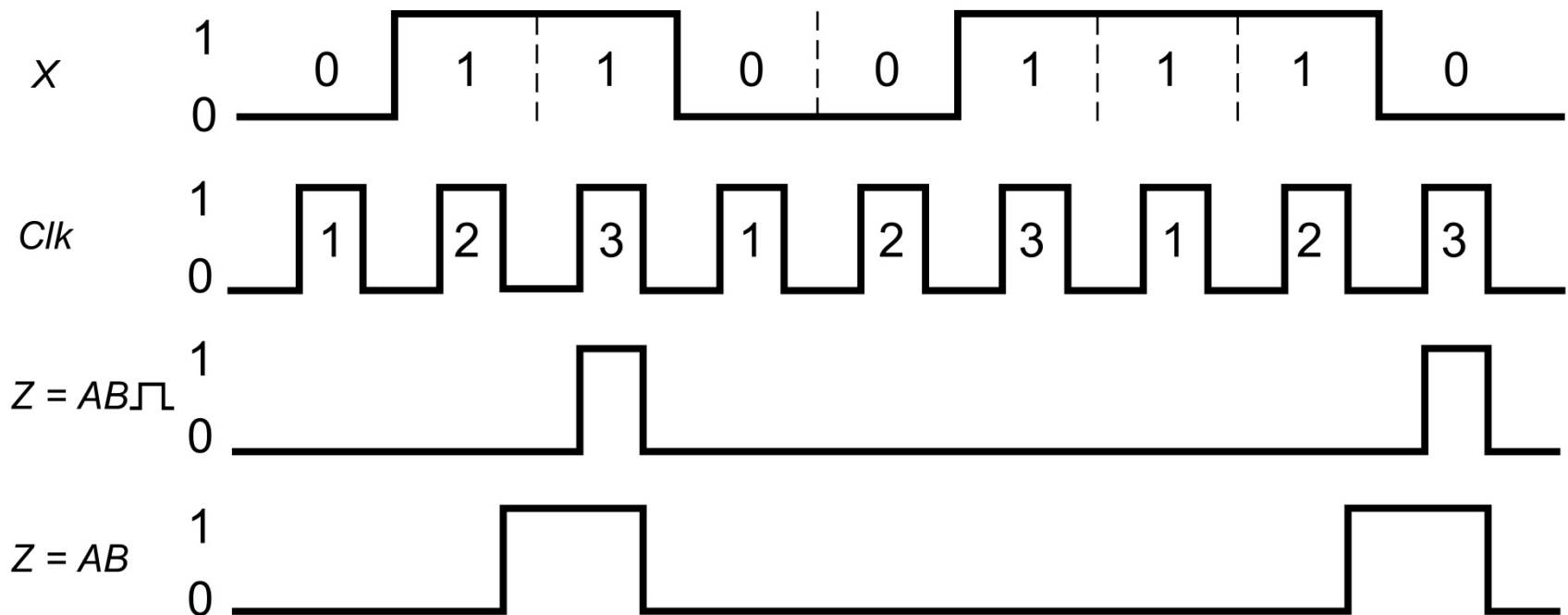
➤ Διάγραμμα Καταστάσεων



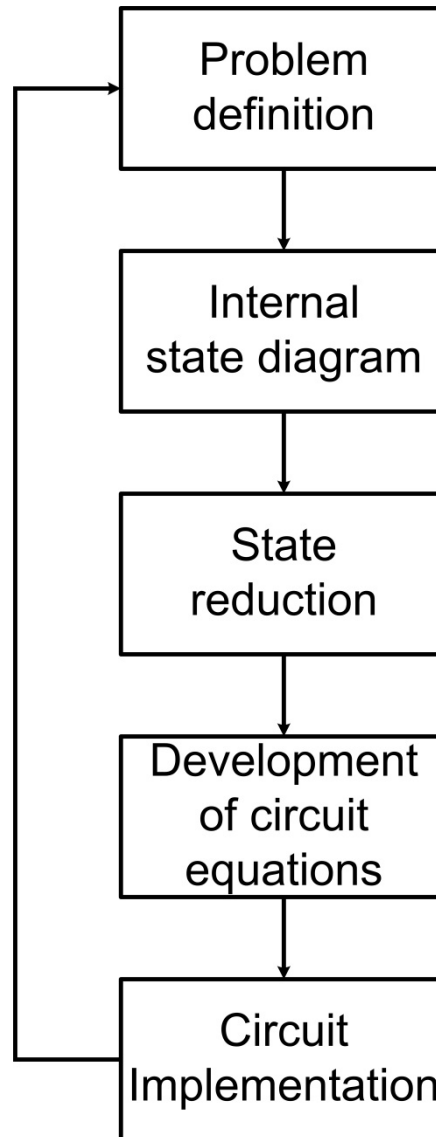
➤ Γεννήτρια για το σήμα εξόδου Z



➤ Χρονικό διάγραμμα του κυκλώματος



- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού σύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Μηχανές καταστάσεων Mealy και Moore
- Κυκλώματα συγχρονισμένα με παλμούς
- Μέθοδοι μείωσης καταστάσεων



Βήμα 1: Καθορισμός του Προβλήματος

- Αυτές οι πληροφορίες φαίνονται καλύτερα σ' ένα **δομικό διάγραμμα** και αν είναι αναγκαίο με χρονικά διαγράμματα των κυματομορφών εισόδου και εξόδου.
- Η διατύπωση του προβλήματος με τελείως αόριστους όρους είναι ένα δύσκολο έργο που μπορεί να απαιτήσει αρκετές συζητήσεις μεταξύ σχεδιαστή και πελάτη.
- Αν οι αοριστίες αυτές δεν επιλυθούν στη φάση αυτή, το έργο του σχεδιασμού θα συνεχιστεί, θα γίνει μια υλοποίηση του κυκλώματος η οποία δεν θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις του πελάτη και θα οδηγήσει σε αναγκαία επιστροφή από το βήμα 5 στο 1.
- Στην πράξη ίσως να απαιτηθούν **αρκετές επαναλήψεις** του σχεδιασμού μέχρι να ικανοποιηθούν οι προδιαγραφές του πελάτη.

Βήμα 2: Διάγραμμα Εσωτερικών Καταστάσεων

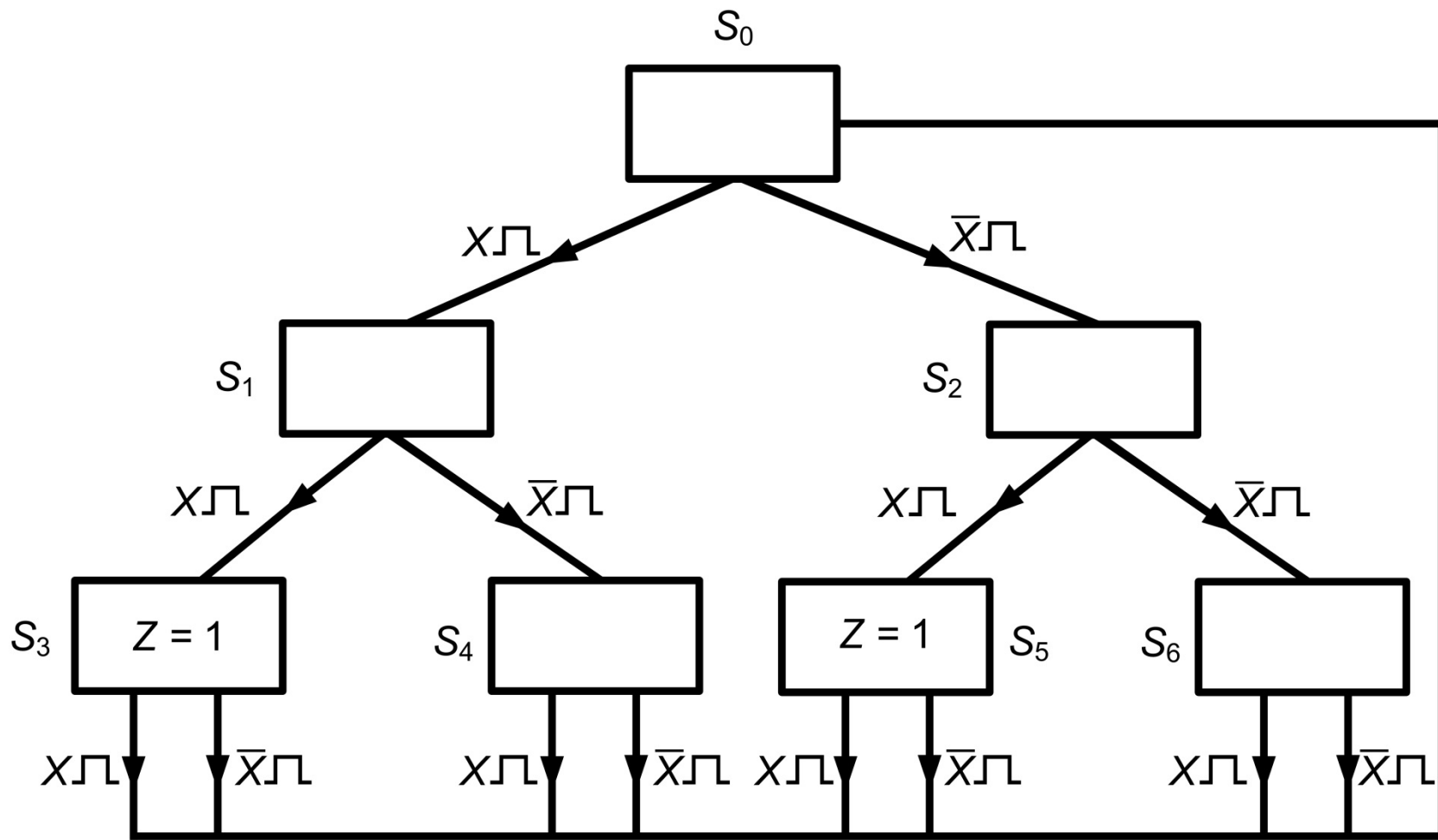
- Η λεκτική διατύπωση του προβλήματος πρέπει να εκφραστεί με όρους **εσωτερικών καταστάσεων** του κυκλώματος. Δεν υπάρχουν κανόνες για την κατασκευή των διαγραμμάτων εσωτερικών καταστάσεων και η ικανότητα σχεδιασμού μπορεί μόνο να αποκτηθεί με πείρα.
- Ο μη έμπειρος σχεδιαστής είναι σχεδόν βέβαιο, ότι σε πρώτη φάση, δεν θα φτιάξει το διάγραμμα εσωτερικών καταστάσεων. Για να κατασκευαστεί το διάγραμμα εσωτερικών καταστάσεων του προβλήματος, θα πρέπει να δοθεί στο σχεδιαστή η σωστή λεκτική διατύπωση του προβλήματος.

➤ Παράδειγμα λεκτικής διατύπωσης προβλήματος:

- Ένα λογικό κύκλωμα παίρνει δυαδικές πληροφορίες, σειριακά στη γραμμή X, που συγχρονίζεται με ένα εξωτερικό σήμα ρολογιού. Εξετάζονται από το λογικό κύκλωμα μη-επικαλυπτόμενες σειρές των τριών διαδοχικών δυαδικών ψηφίων και αν ανιχνευτούν οι συνδυασμοί 010, 011 και 111, σαν έξοδος θα εμφανιστεί στη γραμμή Z το '1'.
- Η έξοδος θα λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια του τρίτου ψηφίου της σειράς των χαρακτήρων εισόδου και θα έχει μια χρονική διάρκεια ίση με εκείνη του παλμού του ρολογιού. Για οποιοδήποτε άλλο συνδυασμό των τριών δυαδικών ψηφίων η έξοδος Z θα είναι '0'.

Βήμα 2: Διάγραμμα Εσωτερικών Καταστάσεων

➤ Διάγραμμα Εσωτερικών Καταστάσεων ενός Ανιχνευτή Συνδυασμών



Βήμα 3: Μείωση Καταστάσεων

- Όσο περισσότερες καταστάσεις υπάρχουν στο διάγραμμα εσωτερικών καταστάσεων τόσο περισσότερο υλικό (hardware) απαιτείται για την κυκλωματική υλοποίηση του προβλήματος. Για το λόγο αυτό ένα από τα ενδιαφέροντα του σχεδιαστή είναι η μείωση του αριθμού των καταστάσεων (state reduction) όσο αυτό είναι δυνατόν.
- Η μείωση καταστάσεων μπορεί να γίνει συστηματικά με την βοήθεια ενός πίνακα καταστάσεων και με την χρήση των κανόνων ενοποίησης του Caldwell.

Βήμα 3: Μείωση Καταστάσεων

Πίνακας Καταστάσεων

X	0	1
S ₀	S ₂ Z = 0	S ₁ Z = 0
S ₁	S ₄ Z = 0	S ₃ Z = 0
S ₂	S ₆ Z = 0	S ₅ Z = 0
S ₃	S ₀ Z = 1	S ₀ Z = 1
S ₄	S ₀ Z = 0	S ₀ Z = 0
S ₅	S ₀ Z = 1	S ₀ Z = 1
S ₆	S ₀ Z = 0	S ₀ Z = 0

Μειωμένος Πίνακας

X	0	1
S ₀	S ₂ Z = 0	S ₁ Z = 0
S ₁	S ₄₆ Z = 0	S ₃₅ Z = 0
S ₂	S ₄₆ Z = 0	S ₃₅ Z = 0
S ₃₅	S ₀ Z = 1	S ₀ Z = 1
S ₄₆	S ₀ Z = 0	S ₀ Z = 0

Ελαχιστοποιημένος Πίνακας

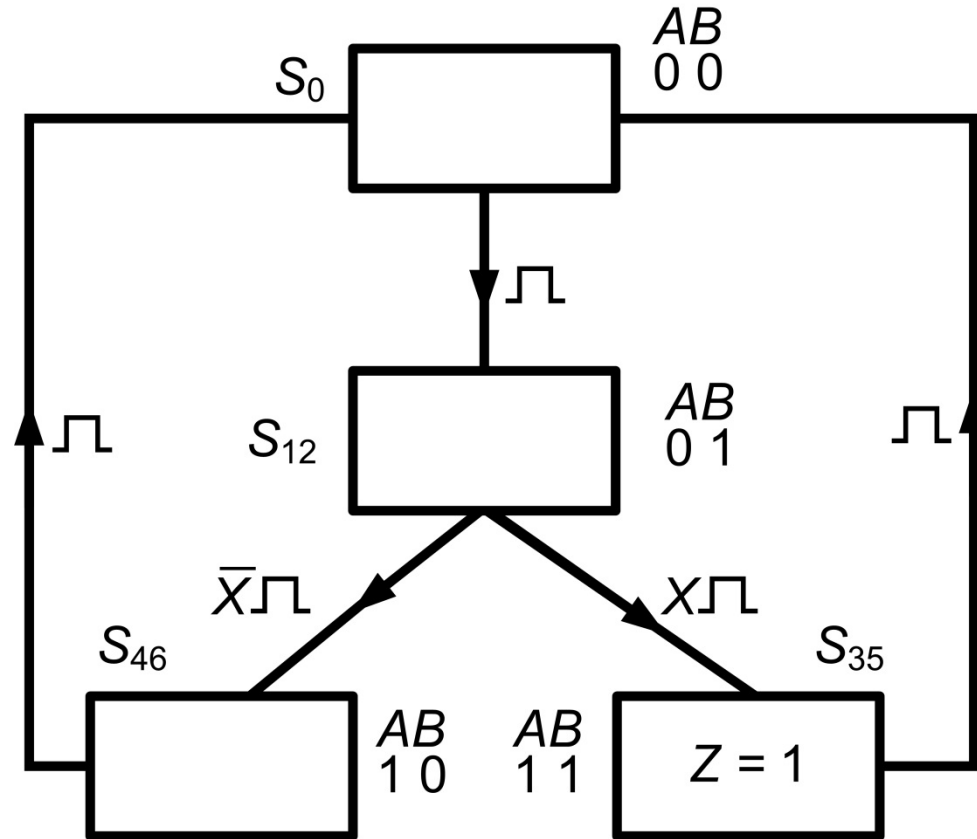
X	0	1
S ₀	S ₁₂ Z = 0	S ₁₂ Z = 0
S ₁₂	S ₄₆ Z = 0	S ₃₅ Z = 0
S ₃₅	S ₀ Z = 1	S ₀ Z = 1
S ₄₆	S ₀ Z = 0	S ₀ Z = 0

Βήμα 3: Μείωση Καταστάσεων

- Με βάση την διαδικασία ενοποίησης του Caldwell ο πίνακας καταστάσεων (α) μπορεί να αναχθεί σε αυτόν του (β) ο οποίος έχει ακόμα δυο σειρές, αυτές που επιγράφονται σαν S_1 και S_2 , που μπορούν να ενοποιηθούν για να σχηματίσουν την κατάσταση S_{12} .
- Επομένως ο πίνακας (β) μπορεί να απλοποιηθεί σε αυτόν του σχήματος (γ).
- Το ελαχιστοποιημένο διάγραμμα καταστάσεων το οποίο μπορεί τώρα να κατασκευαστεί από τον πίνακα αυτό φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.

Βήμα 3: Μείωση Καταστάσεων

- Ελαχιστοποιημένο Διάγραμμα Καταστάσεων Ανιχνευτή Συνδυασμών



Βήμα 4: Εξαγωγή Κυκλωματικών Εξισώσεων

- Αφού εκτιμηθεί το ελαχιστοποιημένο διάγραμμα καταστάσεων, το επόμενο βήμα για το σχεδιαστή είναι να προσδιορίσει τις δευτερεύουσες μεταβλητές των διαφόρων καταστάσεων.
- Ο αριθμός των δευτερευουσών μεταβλητών που απαιτούνται για να οριστεί μια κατάσταση εξαρτάται από το συνολικό αριθμό των καταστάσεων του διαγράμματος.
- Για παράδειγμα, υπάρχουν τέσσερις καταστάσεις στο προηγούμενο σχήμα και επομένως απαιτούνται δύο δευτερεύουσες μεταβλητές, για να οριστεί κάθε κατάσταση με μοναδικό τρόπο.
- Προφανώς, υπάρχουν και άλλοι δυνατοί προσδιορισμοί των μεταβλητών αυτών και επομένως, υπάρχουν διάφορα ισοδύναμα κυκλώματα για το ίδιο πρόβλημα, μερικά από τα οποία μπορεί να είναι απλούστερα από άλλα. Όμως, σπάνια αξίζει να αναζητηθεί η καλύτερη λύση γιατί αυτό αποτελεί μια χρονοβόρα εργασία.

Βήμα 4: Εξαγωγή Κυκλωματικών Εξισώσεων

- Ο αριθμός των δευτερευουσών μεταβλητών που απαιτούνται για να οριστεί μια κατάσταση εξαρτάται από το συνολικό αριθμό των καταστάσεων του διαγράμματος.
- Για παράδειγμα, υπάρχουν τέσσερις καταστάσεις στο προηγούμενο σχήμα και επομένως απαιτούνται δύο δευτερεύουσες μεταβλητές, για να οριστεί κάθε κατάσταση με μοναδικό τρόπο.
- Προφανώς, υπάρχουν και άλλοι δυνατοί προσδιορισμοί των μεταβλητών αυτών και επομένως, υπάρχουν διάφορα ισοδύναμα κυκλώματα για το ίδιο πρόβλημα, μερικά από τα οποία μπορεί να είναι απλούστερα από άλλα. Όμως, σπάνια αξίζει να αναζητηθεί η καλύτερη λύση γιατί αυτό αποτελεί μια χρονοβόρα εργασία.
- Ο αριθμός των δευτερευουσών μεταβλητών που χρειάζονται για να οριστεί μια κατάσταση σχετίζεται με τον αριθμό των flip-flops που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση του κυκλώματος.

Βήμα 4: Εξαγωγή Κυκλωματικών Εξισώσεων

- Πίνακας καταστάσεων για την εκτίμηση των εισόδων J, K ενός ανιχνευτή συνδυασμών

Present state	Next state		Flip-flop inputs							
	X=0	X=1	X=0		X=1		X=0		X=1	
AB	AB	AB	J_A	K_A	J_A	K_A	J_B	K_B	J_B	K_B
00	01 Z=0	01 Z=0	0	\emptyset	0	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset
01	10 Z=0	11 Z=0	1	\emptyset	1	\emptyset	\emptyset	1	\emptyset	0
11	00 Z=1	00 Z=1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1
10	00 Z=0	00 Z=0	\emptyset	1	\emptyset	1	0	\emptyset	0	\emptyset

Βήμα 4: Εξαγωγή Κυκλωματικών Εξισώσεων

➤ Χάρτες Karnaugh

		AB			
		00	01	11	10
X	0		1	∅	∅
	1		1	∅	∅

$$J_A = \bar{B}$$

		AB			
		00	01	11	10
X	0	∅	∅	1	1
	1	∅	∅	1	1

$$K_A = 1$$

		AB			
		00	01	11	10
X	0	1	∅	∅	
	1	1	∅	∅	

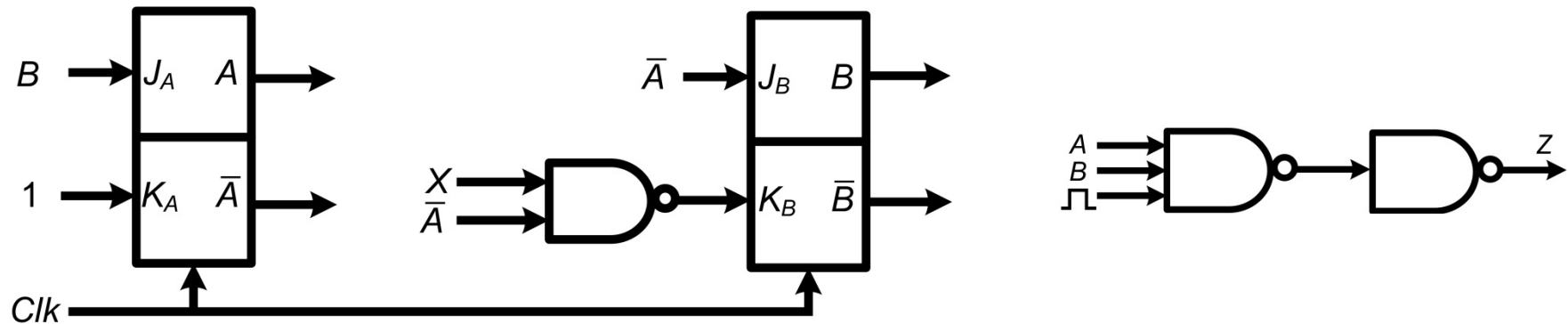
$$J_B = \bar{B}$$

		AB			
		00	01	11	10
X	0	∅	1	1	∅
	1	∅		1	∅

$$K_B = \bar{X} + A$$

Βήμα 5: Υλοποίηση

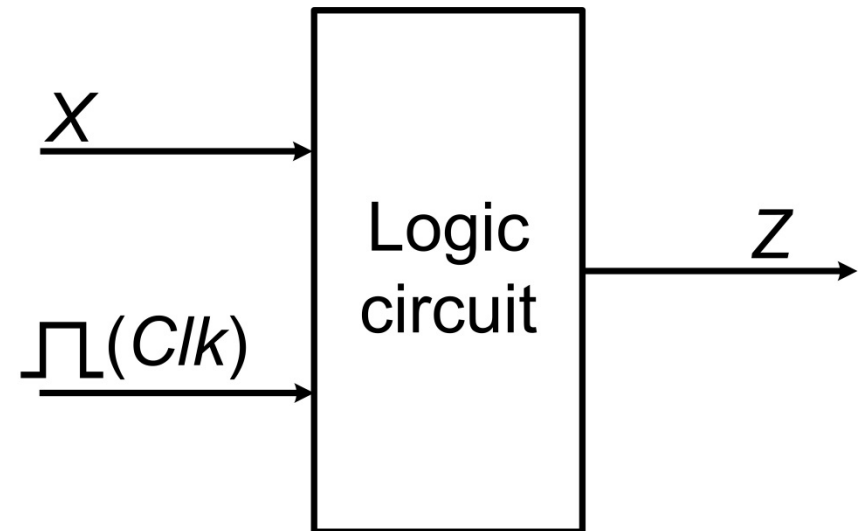
- Τώρα είναι απλή η κυκλωματική υλοποίηση με την χρήση των εξισώσεων που αναπτύχθηκαν στο Βήμα 4.



➤ Βήμα 1: Καθορισμός του Προβλήματος

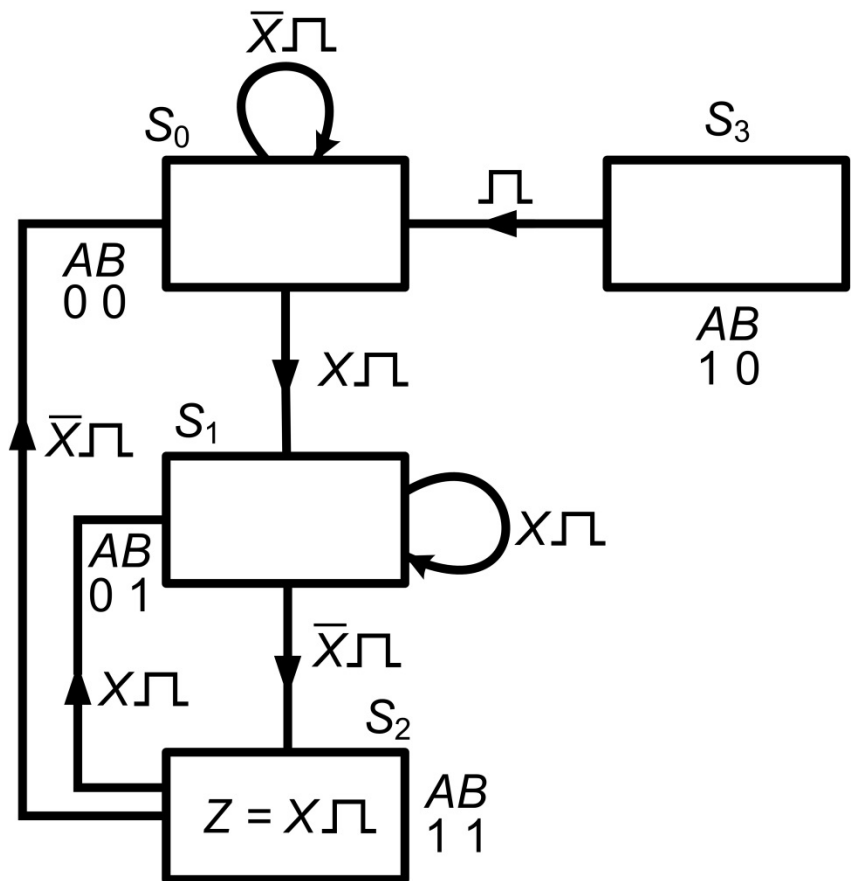
- Σειριακά δεδομένα λαμβάνονται στη γραμμή εισόδου X ενός λογικού κυκλώματος με κάθε ψηφίο των δεδομένων εισόδου συγχρονισμένο με τη γραμμή των παλμών ρολογιού. Ένα σήμα εξόδου παράγεται στην γραμμή Z κάθε φορά που ανιχνεύεται η ακολουθία “101”.
- Δομικό Διάγραμμα:

X	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
Z													



➤ Βήμα 2: Διάγραμμα Εσωτερικών Καταστάσεων

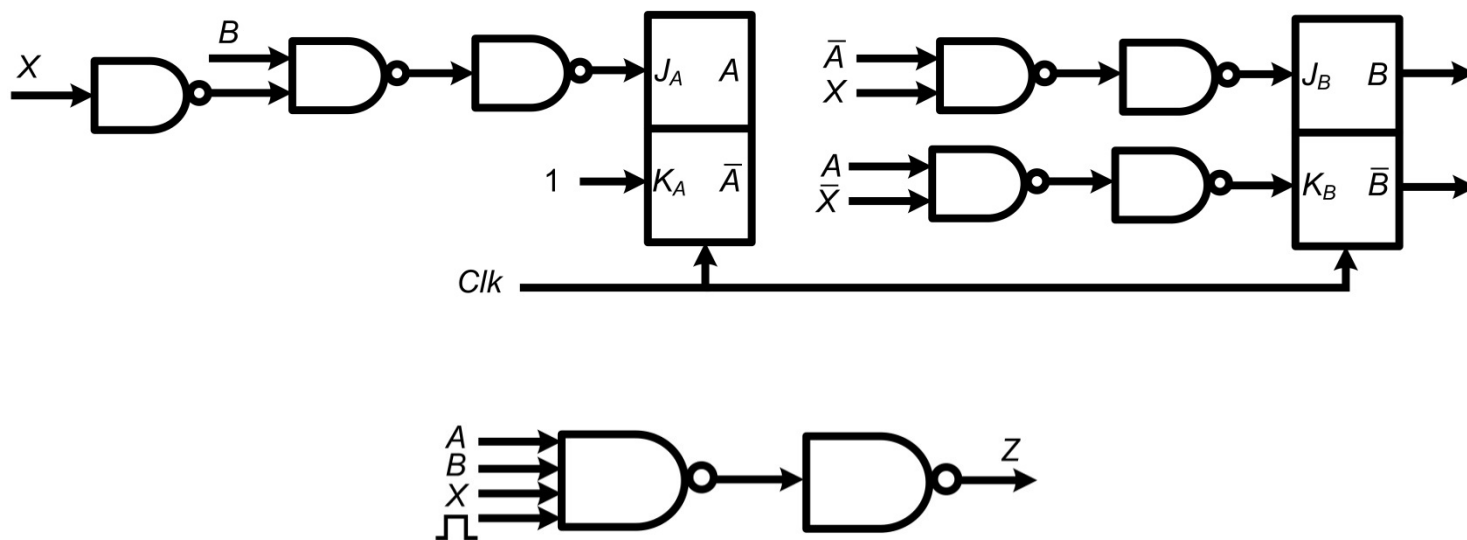
- Διάγραμμα Καταστάσεων
- Πίνακας Καταστάσεων



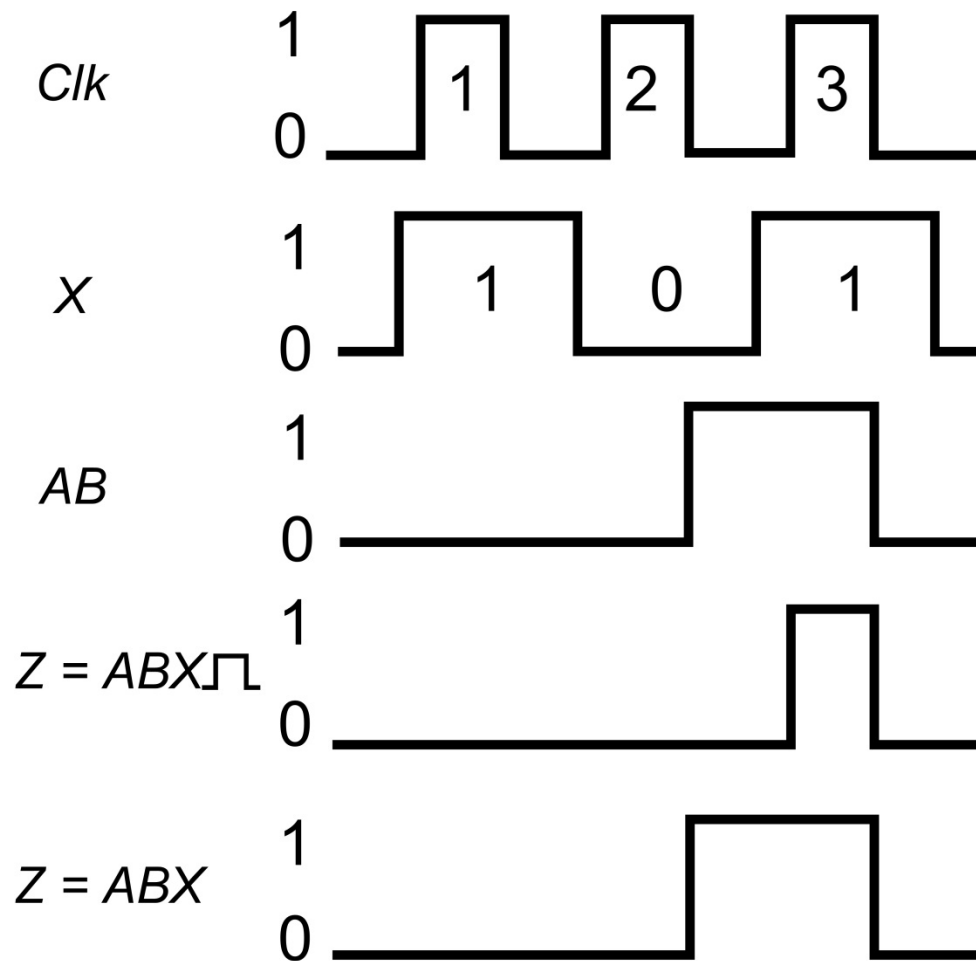
X	0	1
S_0	S_0 $Z = 0$	S_1 $Z = 0$
S_1	S_2 $Z = 0$	S_1 $Z = 0$
S_2	S_0 $Z = 0$	S_1 $Z = 1$
S_3	S_0 $Z = 0$	S_0 $Z = 0$

➤ Βήμα 5: Υλοποίηση

- Κυκλωματική Υλοποίηση
- Χρονικό Διάγραμμα



➤ Χρονικό διάγραμμα



➤ Παρατηρήσεις

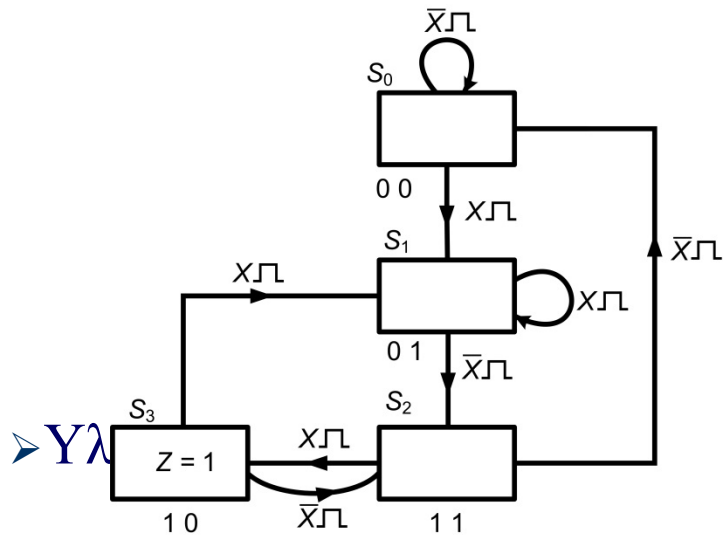
- Αν υποθεθεί ότι χρησιμοποιούνται Master/Slave JK-ff τότε το κύκλωμα μπαίνει στην κατάσταση AB με την κατερχόμενη παρυφή του ωρολογιακού παλμού με αριθμό 2 και φεύγει με την κατερχόμενη παρυφή του ωρολογιακού παλμού 3.
- Αν η έξοδος ορίζεται σαν $Z=ABX\Pi$ τότε αυτή πάει στο λογικό ‘1’ όταν το κύκλωμα αναγνωρίζει την ανερχόμενη παρυφή του σήματος X που σχετίζεται με τον τρίτο παλμό ρολογιού.
- Απεναντίας αν η έξοδος ορίζεται σαν $Z=ABX$ τότε αυτή δεν πάει στο λογικό ‘1’ παρά μόνο όταν αναγνωριστεί η ανερχόμενη παρυφή του παλμού ρολογιού.

- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού σύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Μηχανές καταστάσεων Mealy και Moore
- Κυκλώματα συγχρονισμένα με παλμούς
- Μέθοδοι μείωσης καταστάσεων

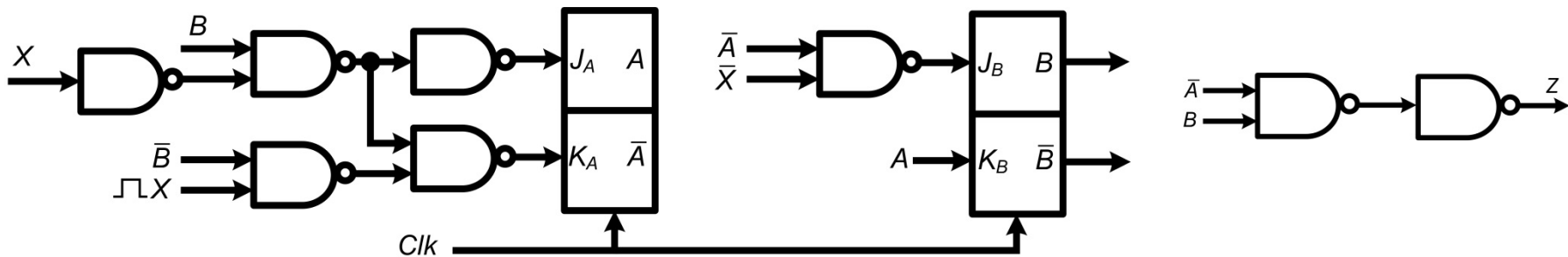
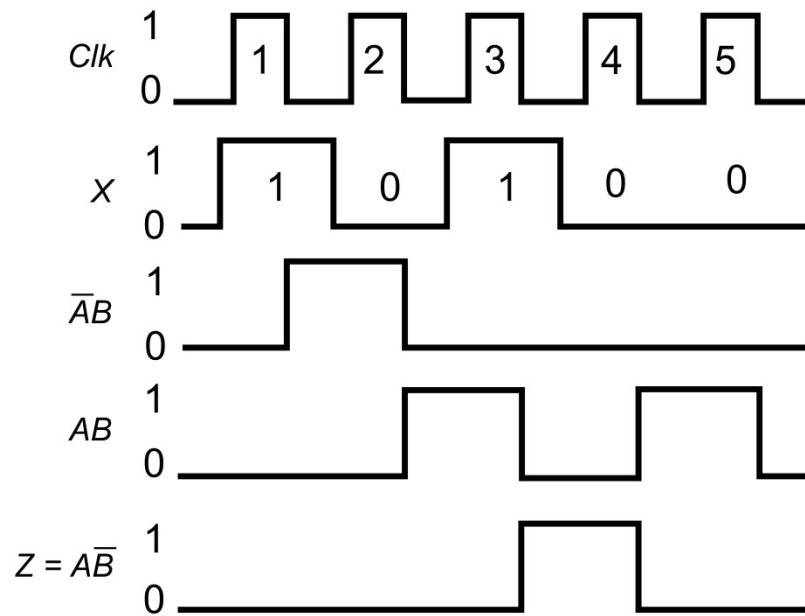
- Υπάρχουν δυο ειδών χρονισμένα ακολουθιακά κυκλώματα.
- Το πρώτο έχει μια έξοδο που εξαρτάται από την κατάσταση των flip-flop και αναφέρεται σαν μηχανή καταστάσεων Moore.
- Στο δεύτερο, η έξοδος εξαρτάται και από την κατάσταση των flip-flop και από την λογική τιμή των εισόδων και αναφέρεται σαν μηχανή καταστάσεων Mealy.

Παράδειγμα: Ανιχνευτής Ακολουθίας Παλμών “101”

➤ Διάγραμμα Καταστάσεων Τύπου Moore

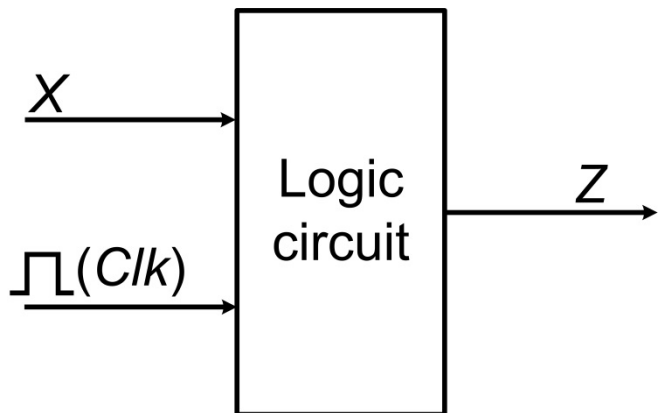


➤ Χρονικό διάγραμμα

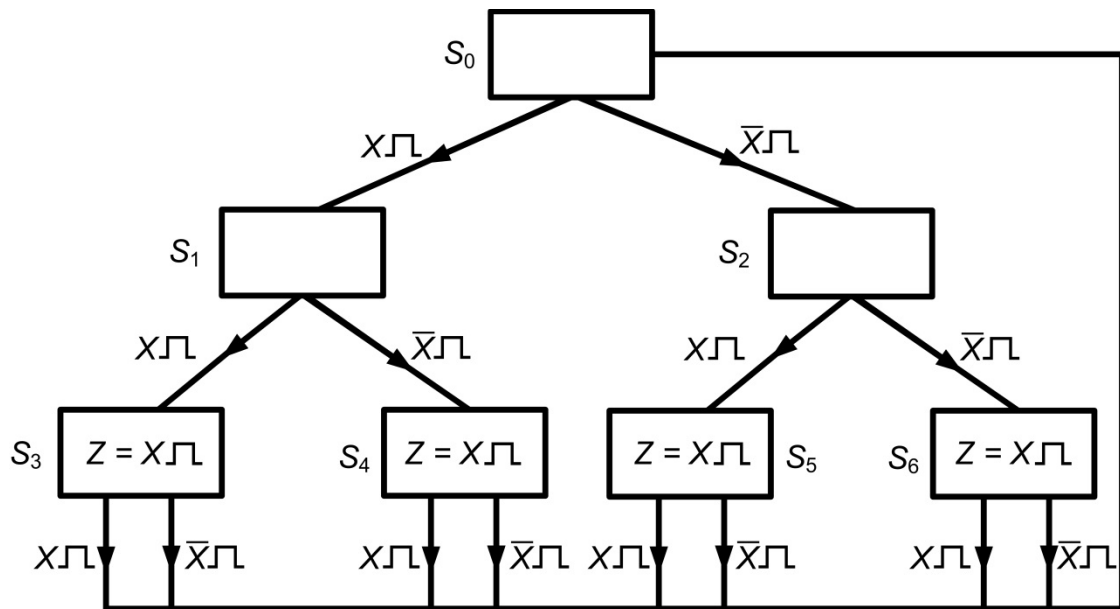


Παράδειγμα: Ανιχνευτής Λέξεων (1/3)

➤ Δομικό Διάγραμμα



➤ Βασικό Διάγραμμα Καταστάσεων



Πίνακας Καταστάσεων

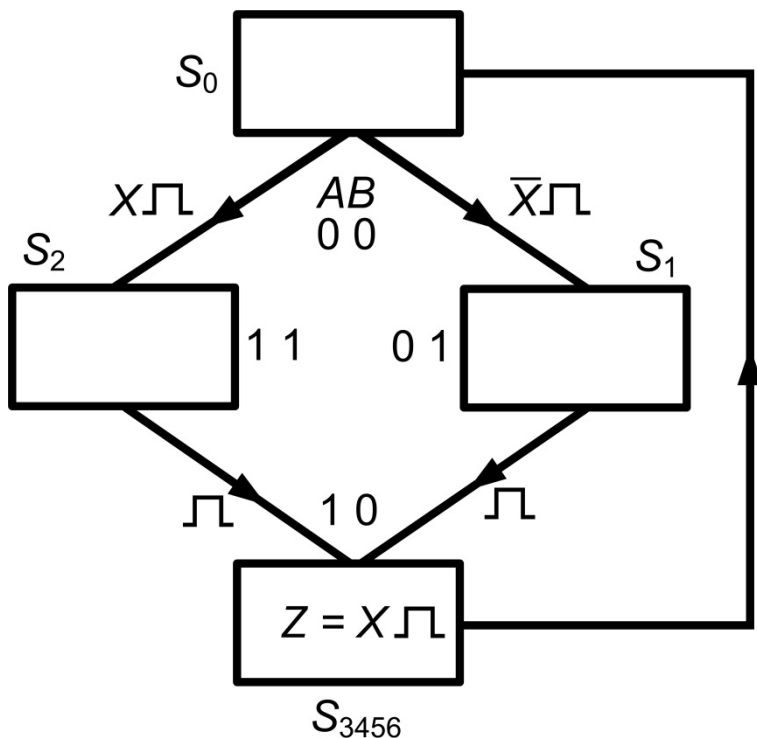
X	0	1
S ₀	S ₂ Z = 0	S ₁ Z = 0
S ₁	S ₄ Z = 0	S ₃ Z = 0
S ₂	S ₆ Z = 0	S ₅ Z = 0
S ₃	S ₀ Z = 0	S ₀ Z = 1
S ₄	S ₀ Z = 0	S ₀ Z = 1
S ₅	S ₀ Z = 0	S ₀ Z = 1
S ₆	S ₀ Z = 0	S ₀ Z = 0

Μειωμένος Πίνακας Καταστάσεων

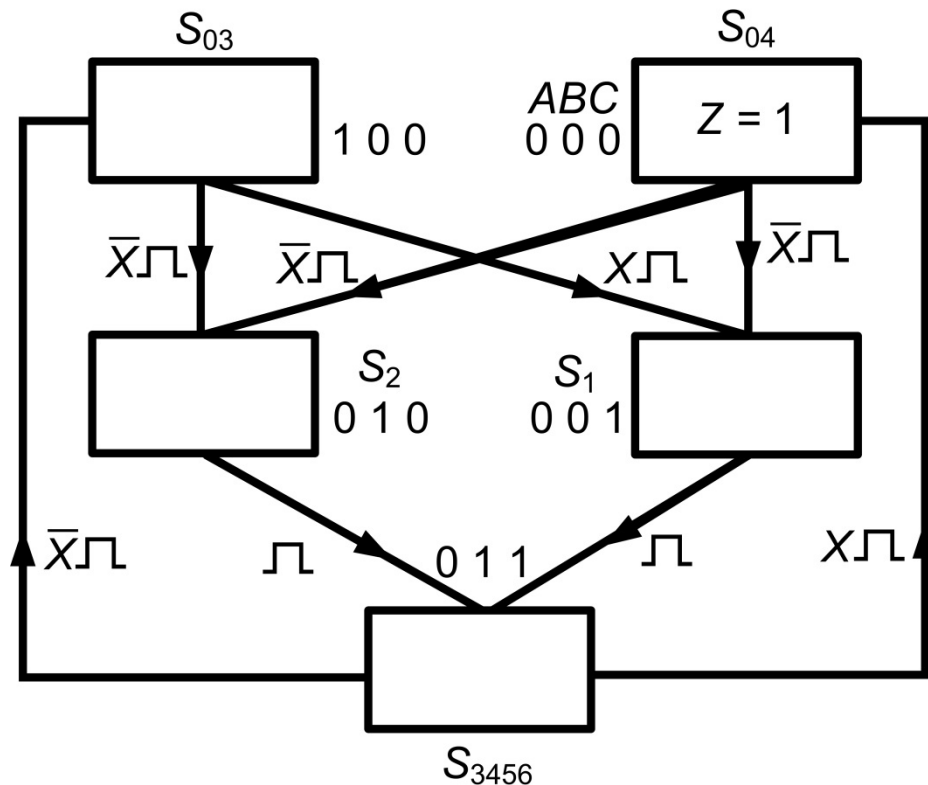
X	0	1
S ₀	S ₂ Z = 0	S ₁ Z = 0
S ₁	S ₃₄₅₆ Z = 0	S ₃₄₅₆ Z = 0
S ₂	S ₃₄₅₆ Z = 1	S ₃₄₅₆ Z = 1
S ₃₄₅₆	S ₀ Z = 0	S ₀ Z = 0

Παράδειγμα: Ανιχνευτής Λέξεων (3/3)

Διάγραμμα Καταστάσεων για Μηχανή Τύπου Mealy



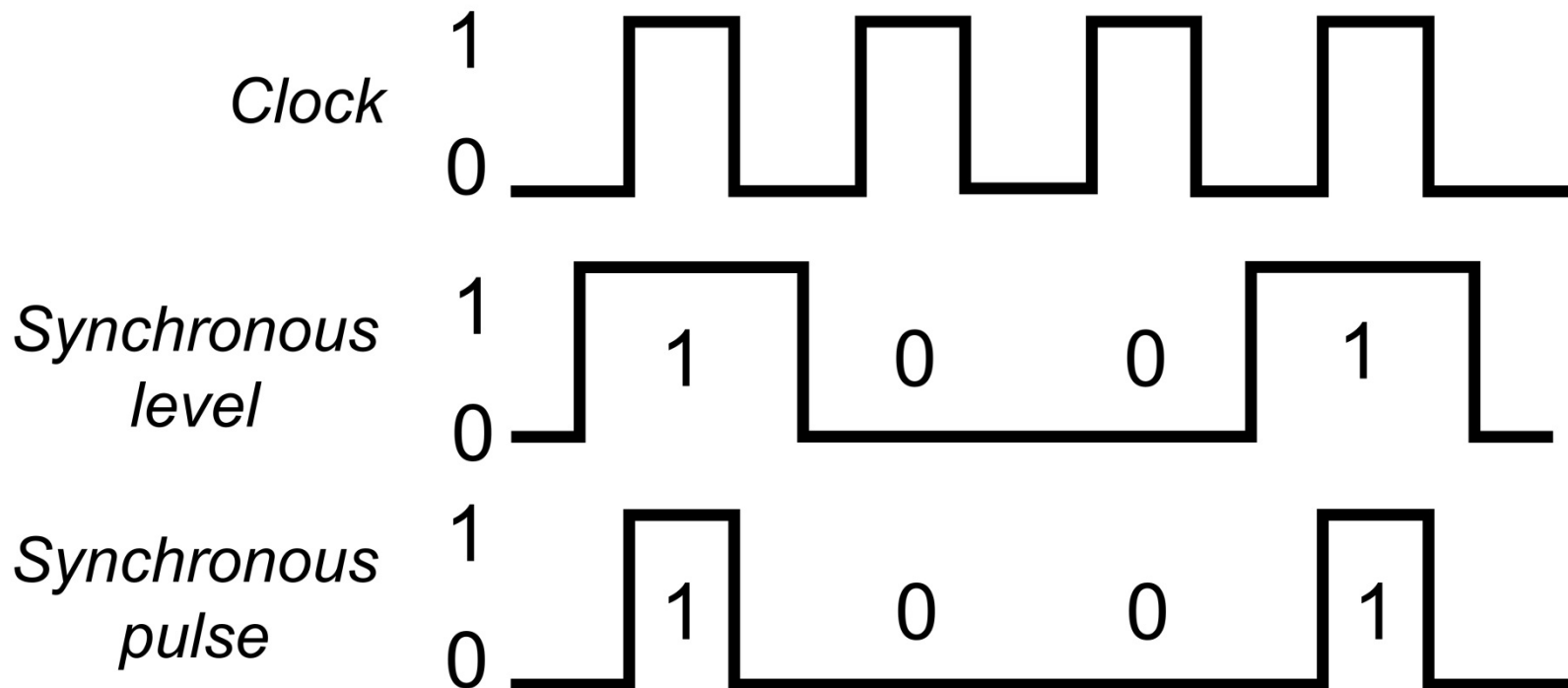
Διάγραμμα Καταστάσεων για Μηχανή Τύπου Moore



- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού σύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Μηχανές καταστάσεων Mealy και Moore
- Κυκλώματα συγχρονισμένα με παλμούς
- Μέθοδοι μείωσης καταστάσεων

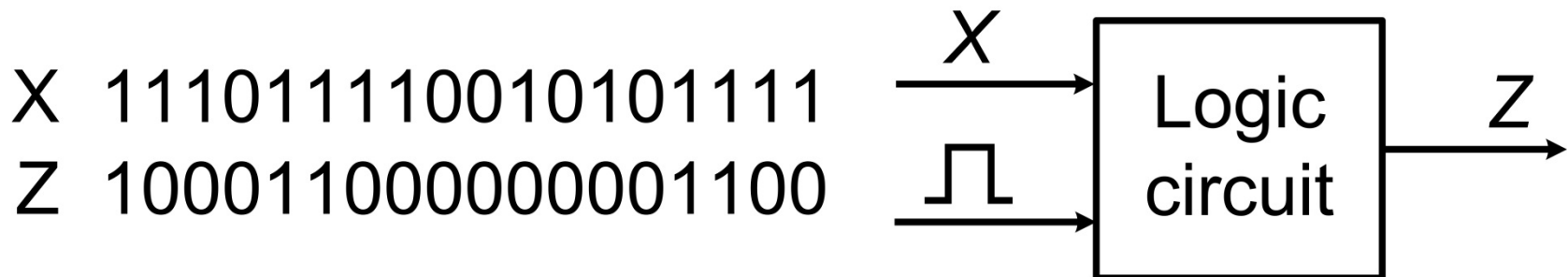
- Στα προβλήματα που εξετάστηκαν παραπάνω υποτέθηκε ότι η είσοδος είναι ένα σήμα σύγχρονης στάθμης όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Για στάθμες σημάτων αυτού του τύπου, αλλαγές λαμβάνουν χώρα κάποια στιγμή στο διάστημα των παλμών του ρολογιού και η ακολουθία εισόδου ορίζεται με τιμές σήματος εισόδου, κατά τη χρονική περίοδο όπου το ρολόι είναι στο λογικό '1' (υψηλό δυναμικό).
- Υπάρχει ένας εναλλακτικός τύπος σήματος εισόδου που μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ακολουθιακό κύκλωμα. Αυτό αναφέρεται σαν σήμα σύγχρονου παλμού. Θα πρέπει να παρατηρηθεί ότι η χρονική διάρκεια των παλμών εισόδου είναι ταυτόσημη με εκείνη των παλμών ρολογιού και ξανά η ακολουθία εισόδου ορίζεται σε συνάρτηση με την τιμή του σήματος εισόδου κατά την χρονική περίοδο που το ρολόι είναι στο λογικό '1'.

Σήματα Εισόδου για Σύγχρονα Κυκλώματα

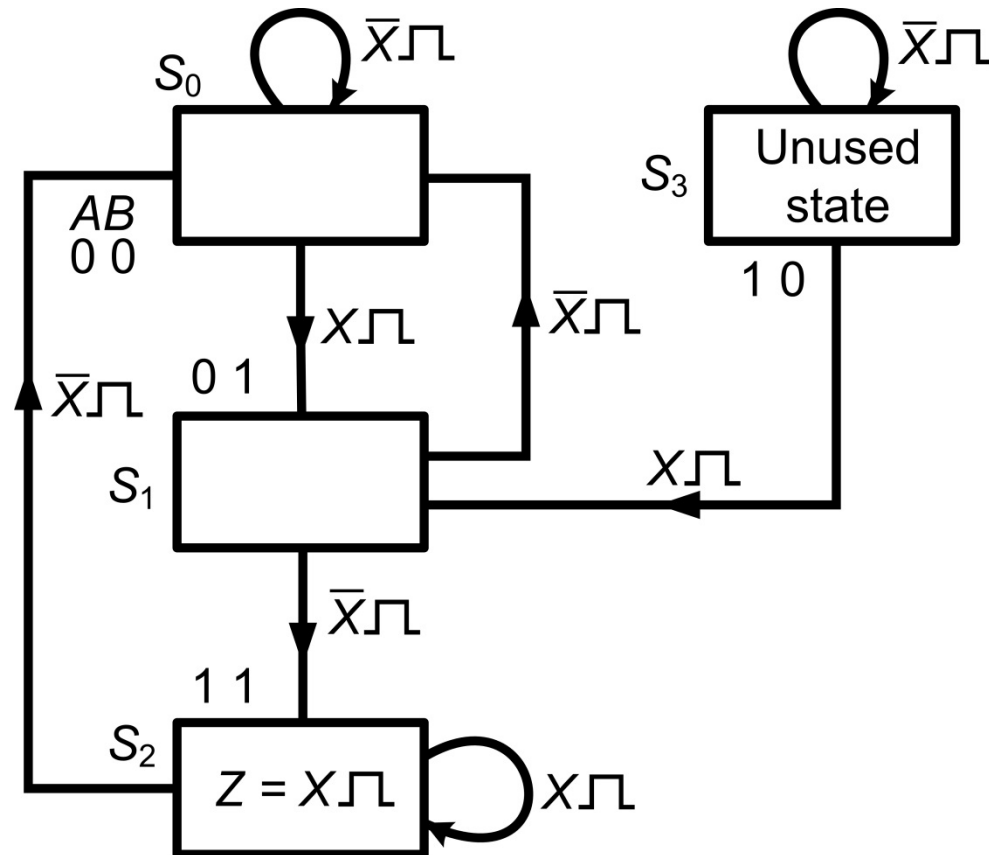


➤ Βήμα 1: Καθορισμός του Προβλήματος

- Σειριακά δεδομένα λαμβάνονται στη γραμμή εισόδου X ενός λογικού κυκλώματος με κάθε ψηφίο των δεδομένων εισόδου συγχρονισμένο με τη γραμμή των παλμών ρολογιού.
- Κάθε ψηφίο των δεδομένων εισόδου είναι συγχρονισμένο με τους εισερχόμενους παλμούς εισόδου.
- Από το κύκλωμα αυτό απαιτείται να μπορεί να αναγνωρίζει την ακολουθία εισόδου $X=“111”$, συμπεριλαμβάνοντας επικαλυπτόμενες ακολουθίες.
- Δομικό Διάγραμμα:



- **Βήμα 2:** Διάγραμμα Εσωτερικών Καταστάσεων
 - Διάγραμμα Καταστάσεων



- **Βήμα 2:** Διάγραμμα Εσωτερικών Καταστάσεων
 – Πίνακας Καταστάσεων

<i>Present state</i>	<i>Next state</i>		<i>Flip-flop inputs</i>							
	X=0	X=1	X=0		X=1		X=0		X=1	
<i>AB</i>	<i>AB</i>	<i>AB</i>	J_A	K_A	J_A	K_A	J_B	K_B	J_B	K_B
00	00	01	0	∅	0	∅	0	∅	1	∅
01	00	11	0	∅	1	∅	∅	1	∅	0
11	00	11	∅	1	∅	0	∅	1	∅	0
10	10	01	∅	0	∅	1	0	∅	1	∅

- **Βήμα 3:** Μείωση Καταστάσεων
 - Χάρτης Karnaugh

		AB			
		00	01	11	10
X	0			∅	∅
	1		1	∅	∅

$$J_A = BX$$

		AB			
		00	01	11	10
X	0	∅	∅	1	
	1	∅	∅		1

$$K_A = B\bar{X} + \bar{B}X$$

		AB			
		00	01	11	10
X	0		∅	∅	
	1	∅	1	1	∅

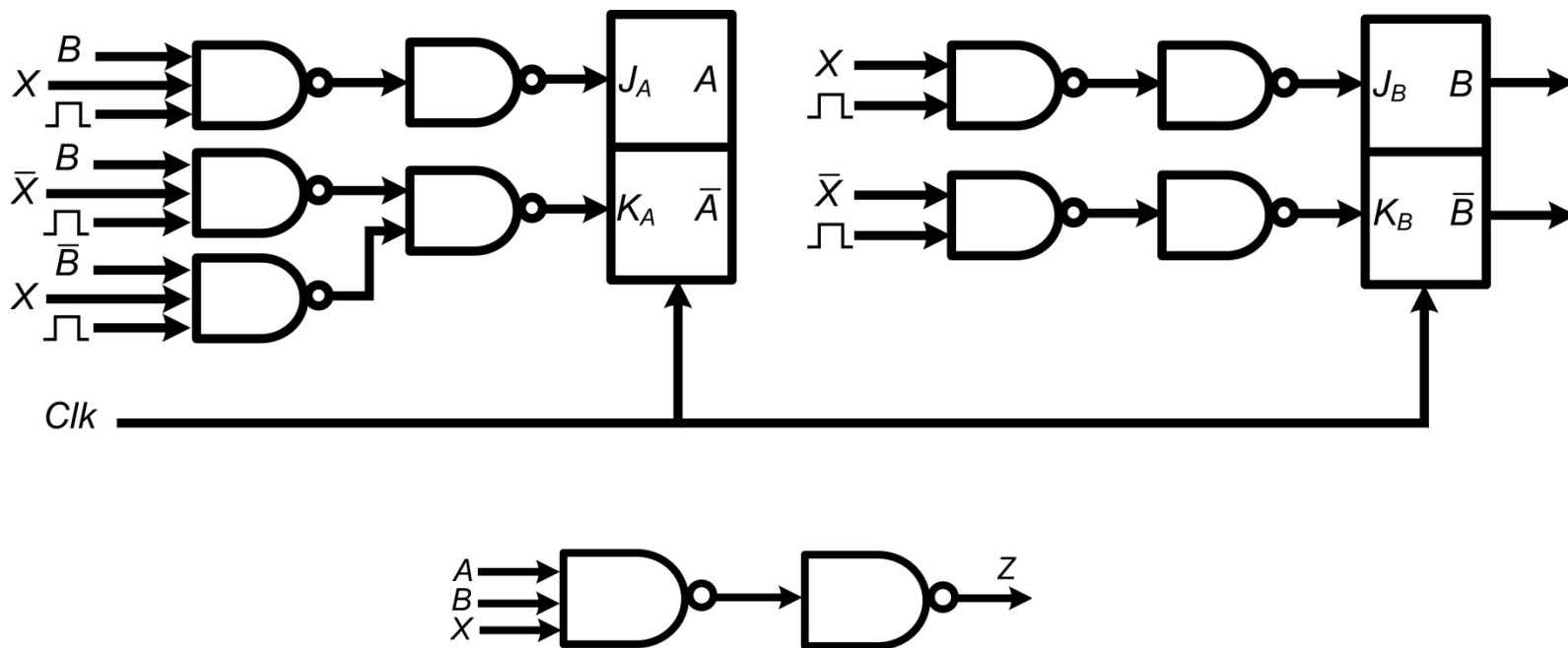
$$J_B = X$$

		AB			
		00	01	11	10
X	0	∅	1	1	∅
	1	∅			∅

$$K_B = \bar{X}$$

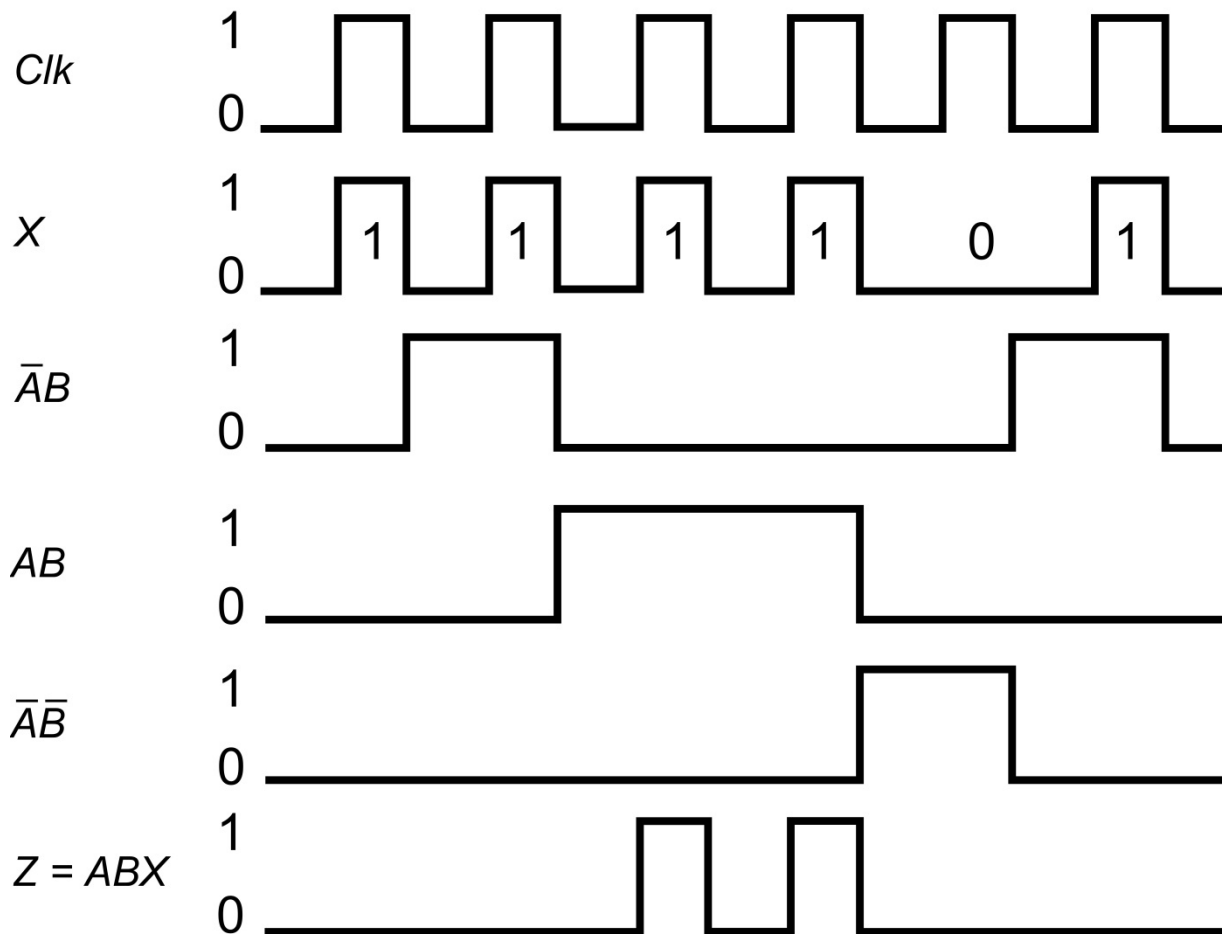
➤ Βήμα 5: Υλοποίηση

– Κυκλωματική Υλοποίηση



➤ Βήμα 5: Υλοποίηση

– Διάγραμμα Χρονισμών



- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού σύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Μηχανές καταστάσεων Mealy και Moore
- Κυκλώματα συγχρονισμένα με παλμούς
- Μέθοδοι μείωσης καταστάσεων

- Όλες οι μέθοδοι για την μείωση καταστάσεων εξαρτώνται από τους κανόνες ισοδυναμίας όπως ορίστηκαν νωρίτερα στους κανόνες σύμπτυξης Caldwell.
- Όμως δυο καταστάσεις S_p και S_q σε ένα σύγχρονο ακολουθιακό κύκλωμα μπορεί να θεωρηθούν ισοδύναμες, αν κάθε δυνατή ακολουθία εισόδων δίνει ταυτόσημες ακολουθίες εξόδου, ανεξάρτητα από το αν η S_p ή η S_q είναι η αρχική κατάσταση.
- Μέθοδοι
 - Διαμελισμού (Partitioning)
 - Πίνακα Συνεπαγωγής (Implication Table)

Μέθοδος Διαμελισμού

Present state	Next state	
	X=0	X=1
S_0	S_0 Z=0	S_4 Z=1
S_1	S_4 Z=1	S_2 Z=0
S_2	S_0 Z=1	S_3 Z=1
S_3	S_5 Z=0	S_6 Z=1
S_4	S_1 Z=1	S_2 Z=0
S_5	S_5 Z=0	S_4 Z=1
S_6	S_0 Z=1	S_3 Z=1

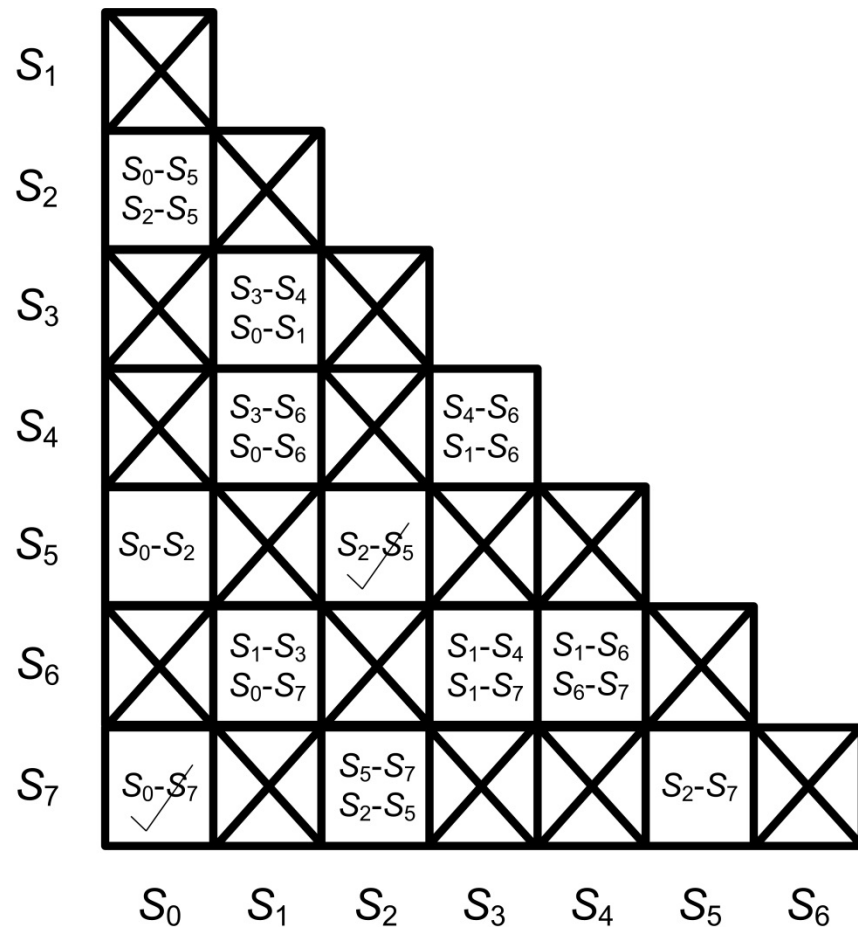
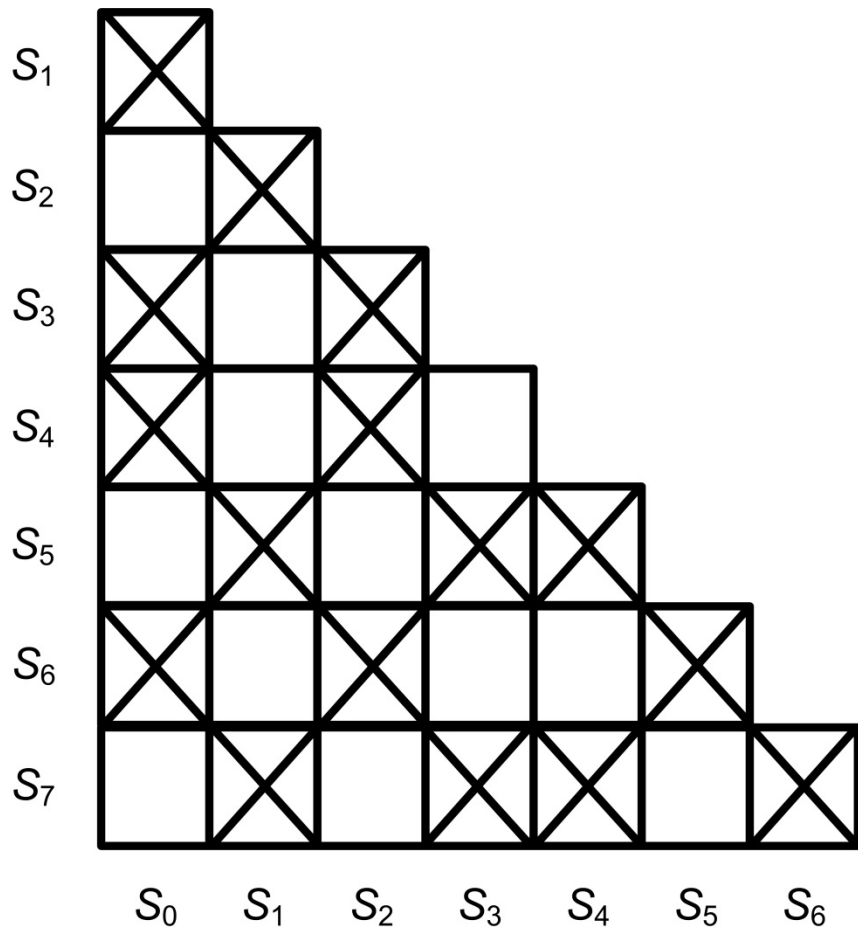
Present state	Next state	
	X=0	X=1
S_{05}	S_{05} Z=0	S_{14} Z=1
S_{14}	S_{14} Z=1	S_{26} Z=0
S_{26}	S_{05} Z=1	S_3 Z=1
S_3	S_{05} Z=0	S_{26} Z=1

Μέθοδος Πίνακα Συνεπαγωγής (1/4)

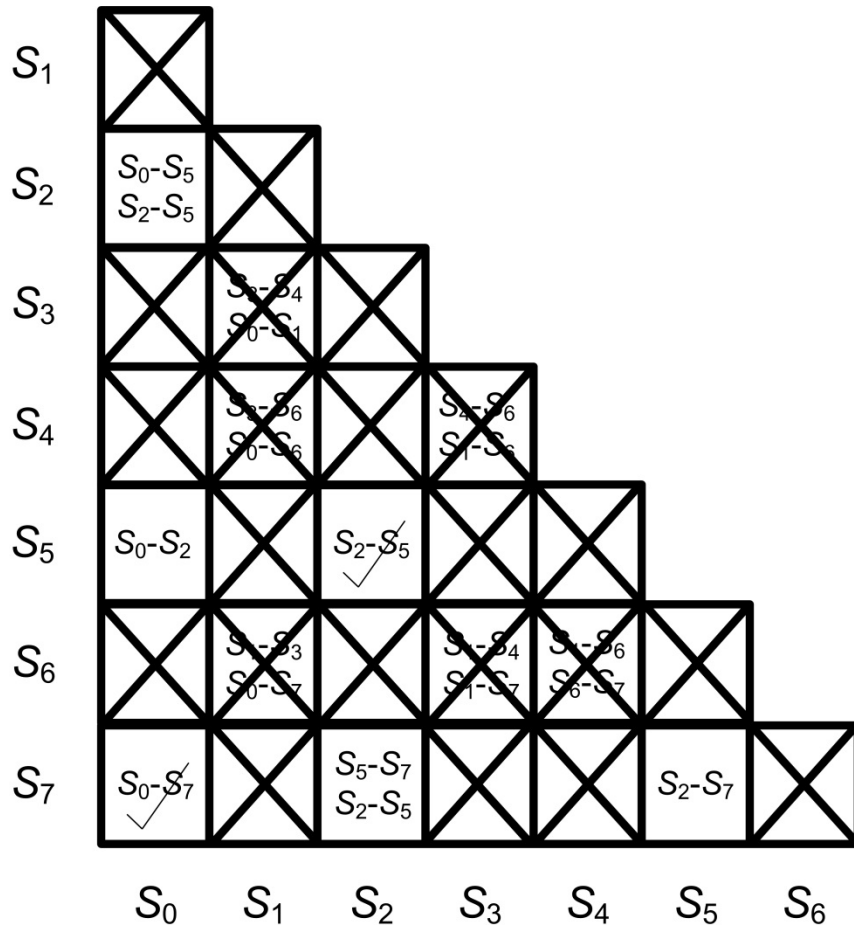
Present state	Next state	
	X=0	X=1
S_0	S_0 Z=0	S_2 Z=0
S_1	S_3 Z=1	S_0 Z=0
S_2	S_5 Z=0	S_6 Z=0
S_3	S_4 Z=1	S_1 Z=0
S_4	S_6 Z=1	S_6 Z=0
S_5	S_2 Z=0	S_2 Z=0
S_6	S_1 Z=1	S_7 Z=0
S_7	S_7 Z=0	S_2 Z=0



Μέθοδος Πίνακα Συνεπαγωγής (2/4)



Μέθοδος Πίνακα Συνεπαγωγής (3/4)



Present state	Next state	
	X=0	X=1
S_{0257}	S_{0257} Z=0	S_{0257} Z=1
S_1	S_3 Z=1	S_{0257} Z=0
S_3	S_4 Z=1	S_1 Z=0
S_4	S_6 Z=1	S_6 Z=0
S_6	S_1 Z=1	S_{0257} Z=0

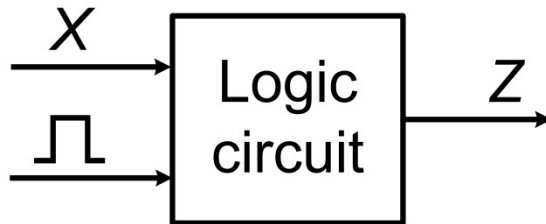
Μέθοδος Πίνακα Συνεπαγωγής (4/4)

Present state	Next state	
	X=0	X=1
S_{0257}	S_{0257} Z=0	S_{0257} Z=1
S_1	S_3 Z=1	S_{0257} Z=0
S_3	S_4 Z=1	S_1 Z=0
S_4	S_6 Z=1	S_6 Z=0
S_6	S_1 Z=1	S_{0257} Z=0

S_6 -
 S_5 (S_5, S_7)
 S_4 (S_5, S_7)
 S_3 (S_5, S_7)
 S_2 (S_2, S_5, S_7)
 S_1 (S_2, S_5, S_7)
 S_0 (S_0, S_2, S_5, S_7)

- Το πρόβλημα που σχετίζεται με τον προσδιορισμό των καταστάσεων είναι να χρησιμοποιηθούν δευτερεύουσες μεταβλητές στις καταστάσεις οι οποίες θα δώσουν αν όχι την απλούστερη, μια περισσότερο απλή λύση απ' ότι μια τυχαία εκλογή των δευτερευουσών μεταβλητών.
- Δεν υπάρχει γνωστή τεχνική προσδιορισμού καταστάσεων που θα δώσει την απλούστερη δυνατή λύση στο κύκλωμα. Όμως, ορισμένοι κανόνες οδηγούν σε μια αιτιοκρατικά απλή λύση.
- Απλούστερη λύση σημαίνει κύκλωμα που απαιτεί λιγότερες πύλες για την υλοποίησή του, δηλαδή απαιτεί λιγότερα ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC). Αν το σχεδιαζόμενο κύκλωμα πρέπει να κατασκευαστεί σε βιομηχανική κλίμακα, αυτό ίσως σημαίνει σημαντική μείωση στα κατασκευαστικά έξοδα.

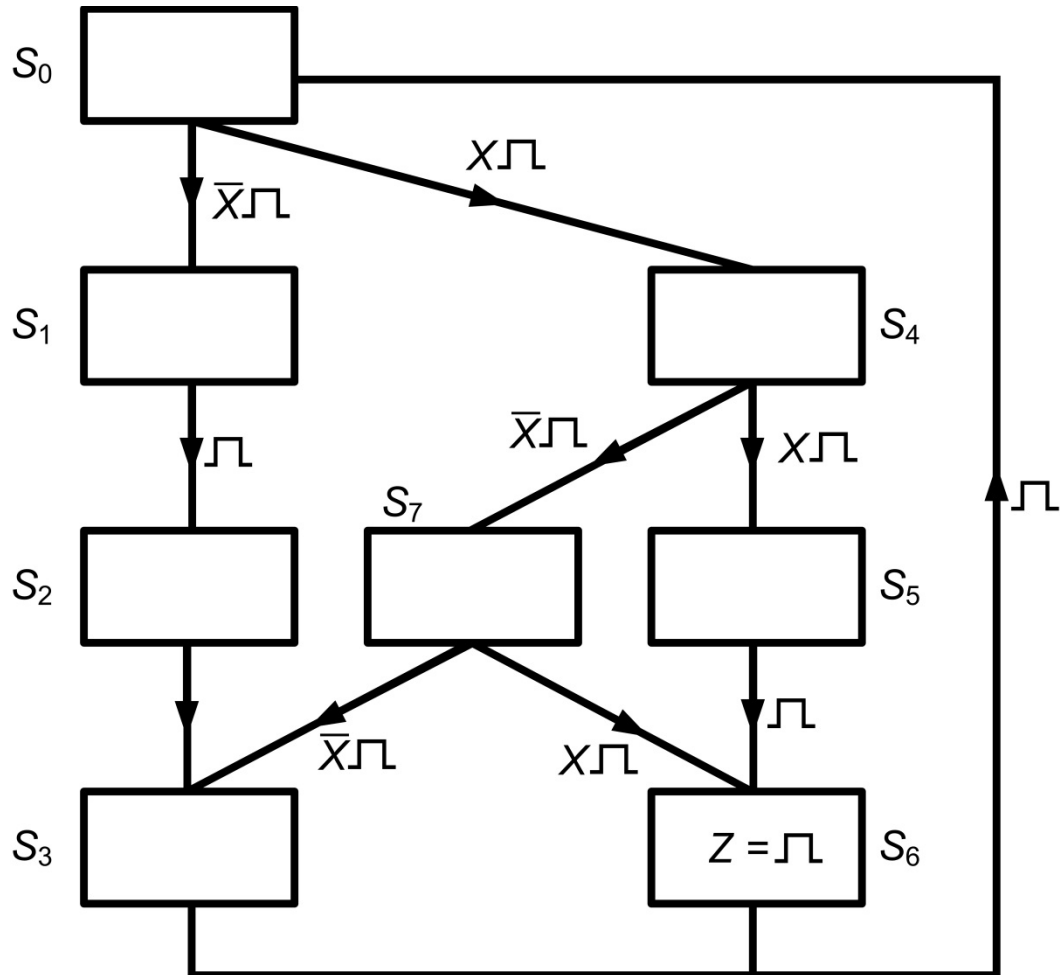
- **Κανόνας 1:** Παρούσες καταστάσεις που οδηγούν σε ταυτόσημες επόμενες καταστάσεις, για την δοσμένη είσοδο, θα πρέπει να τους δίνονται προσδιορισμοί που να διαφέρουν κατά ένα μόνο ψηφίο, δηλαδή να είναι λογικά γειτονικές (logically adjacent).
- **Κανόνας 2:** Σε καταστάσεις οι οποίες είναι επόμενες ίδιας παρούσας κατάστασης θα πρέπει να δίνονται προσδιορισμοί λογικά γειτονικοί.



State	Ass. 1	Ass. 2	Ass. 3
	CBA	CBA	CBA
S_0	000	000	000
S_1	001	001	001
S_2	011	010	011
S_3	010	011	010
S_4	110	100	100
S_5	111	101	101
S_6	101	110	111
S_7	100	111	110

Present state	Next state	
	X=0	X=1
S_0	S_1	S_4
S_1	S_2	S_2
S_2	S_3	S_3
S_3	S_0	S_0
S_4	S_7	S_5
S_5	S_6	S_6
S_6	S_0	S_0
S_7	S_3	S_6

➤ Διάγραμμα καταστάσεων



➤ Πίνακας καταστάσεων

	Present state	Next state		Flip-flop input signals											
		X=0	X=1	X=0		X=1		X=0		X=1		X=0		X=1	
		CBA	CBA	J_C	K_C	J_C	K_C	J_B	K_B	J_B	K_B	J_A	K_A	J_A	K_A
S_0	111	100	101	\emptyset	0	\emptyset	0	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	0
S_1	100	011	011	\emptyset	1	\emptyset	1	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset
S_2	011	000	000	0	\emptyset	0	\emptyset	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1
S_3	000	111	111	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset
S_4	101	010	110	\emptyset	1	\emptyset	0	1	\emptyset	1	\emptyset	\emptyset	1	\emptyset	1
S_5	110	001	001	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	1	\emptyset	1	\emptyset
S_6	001	111	111	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	1	\emptyset	\emptyset	0	\emptyset	0
S_7	010	000	001	0	\emptyset	0	\emptyset	\emptyset	1	\emptyset	1	0	\emptyset	1	\emptyset

➤ Χάρτες Karnaugh

		BA			
		00	01	11	10
XC	10	1	1		
	00	∅	∅	∅	∅
	01	∅	∅	∅	∅
	11	1	1		

$$J_C = \bar{B}$$

		BA			
		00	01	11	10
XC	10	∅	∅	∅	∅
	00	1	1		1
	01	1			1
	11	∅	∅	∅	∅

$$K_C = \bar{A} + \bar{B}X$$

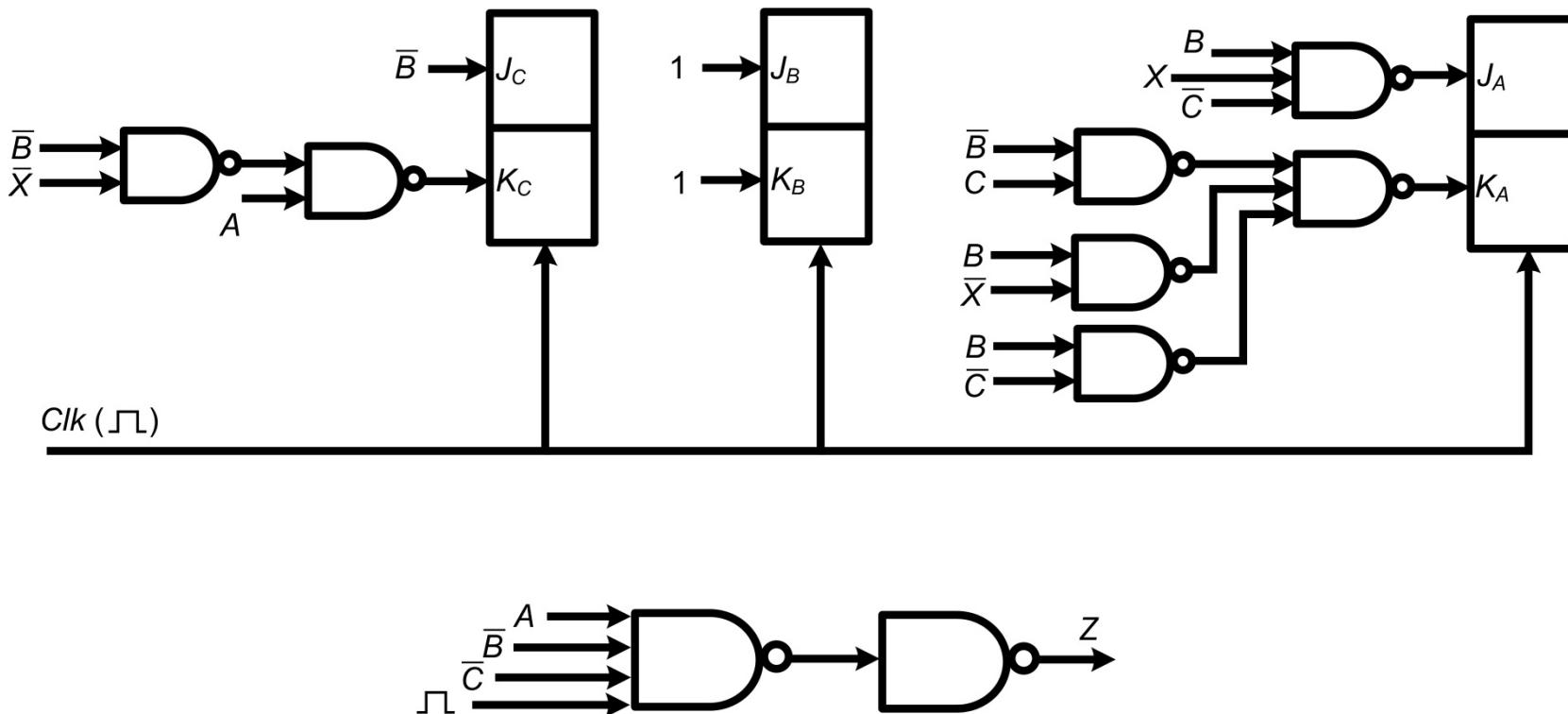
		BA			
		00	01	11	10
XC	10	1	∅	∅	
	00	1	∅	∅	1
	01	1	∅	∅	1
	11	1	∅	∅	1

$$J_A = \bar{B} + C + X$$

		BA			
		00	01	11	10
XC	10	∅		1	∅
	00	∅	1	1	∅
	01	∅	1		∅
	11	∅		1	∅

$$K_A = \bar{B}C + \bar{B}X + \bar{B}\bar{C}$$

Υλοποίηση



- Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών,
Νίκος Φακωτάκης, Γεώργιος Θεοδωρίδης,
«Ψηφιακή Λογική Σχεδίαση».
Έκδοση: 1.0 Πάτρα 2015
- Διαθέσιμο στη διαδικτυακή διεύθυνση
<https://eclass.upatras.gr/courses/EE890/>

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου των διδασκόντων καθηγητών.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ