



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



Ασύγχρονα Ακολουθιακά Κυκλώματα

- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού ασύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Κύκλοι και Κούρσες
- Κρίσιμες κούρσες
- Κούρσες σε μηχανές 4 καταστάσεων

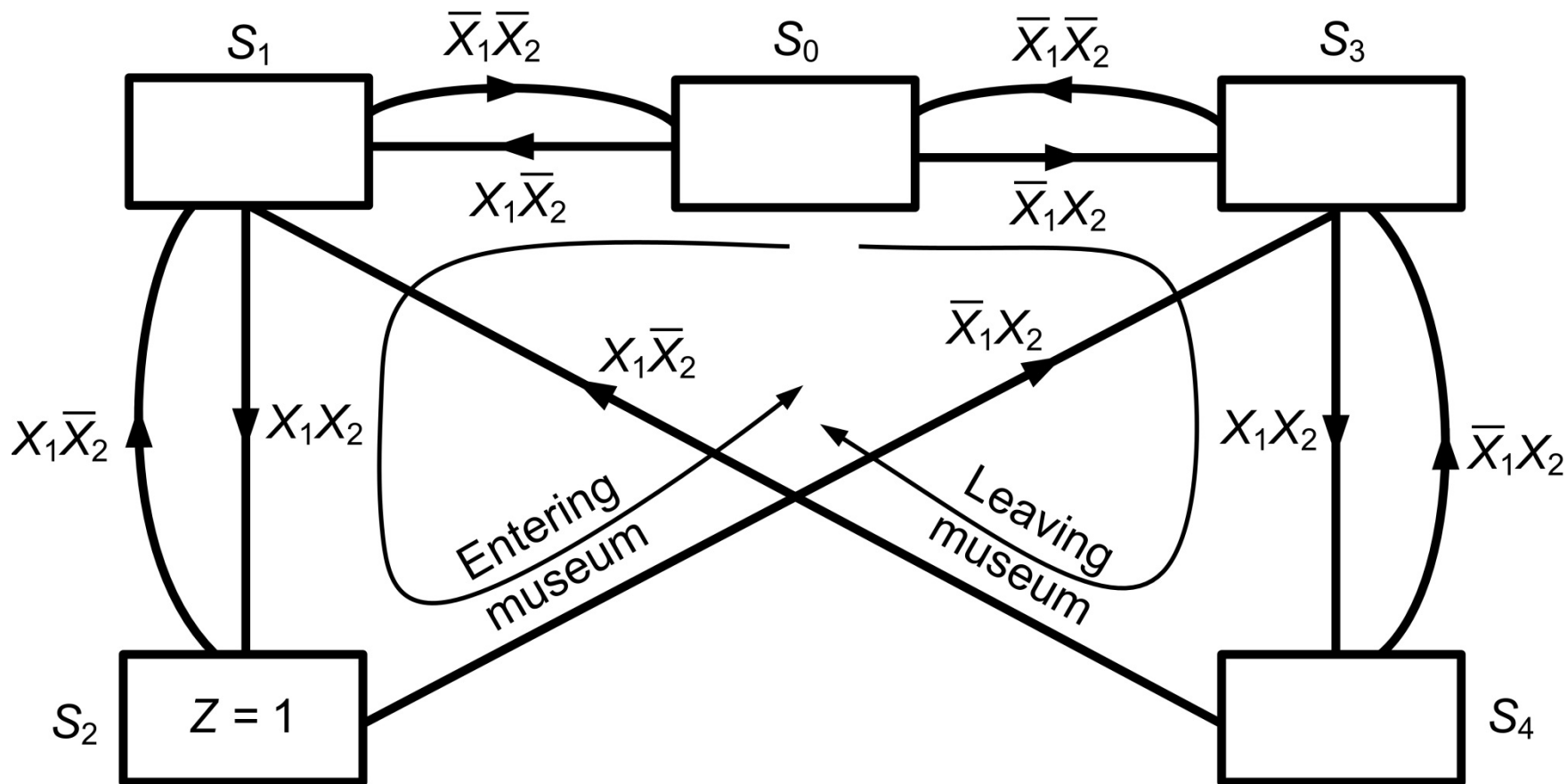
- Πολλά ακολουθιακά κυκλώματα οδηγούνται από γεγονότα παρά από μια ακολουθία παλμών ρολογιού. Για παράδειγμα ένα σύστημα ψηφιακού συναγερμού θα ενεργοποιηθεί από το γεγονός που ενεργοποιεί τον συναγερμό.
- Στην περίπτωση αυτή είναι το γεγονός που καθοδηγεί την λογική και καθώς τα γεγονότα δεν είναι κανονικά, ως προς το πότε θα συμβούν ένα τέτοιο κύκλωμα αναφέρεται σαν σύγχρονο ακολουθιακό ή αλλιώς σαν κύκλωμα οδηγούμενο από γεγονότα.
- Στην ενότητα αυτή θα αναπτυχθεί η διαδικασία σχεδιασμού κυκλωμάτων οδηγούμενων από γεγονότα βασισμένα στη NAND ακολουθιακή λογική εξίσωση $Q(t+dt)=S(t)+R'(t)Q(t)$.

- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού ασύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Κύκλοι και Κούρσες
- Κρίσιμες κούρσες
- Κούρσες σε μηχανές 4 καταστάσεων

- Σαν παράδειγμα ενός ασύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος, θα εξεταστεί ένα κύκλωμα που μετρά τον αριθμό των ατόμων που μπαίνουν σε ένα μουσείο.
- Οι αισθητήρες εισόδου είναι δυο ακτίνες φωτός με μεταξύ τους απόσταση 5 εκατοστά.
- Ένα άτομο μπαίνει στο σύστημα καταμέτρησης κάθε φορά.
- Ένα άτομο μετριέται μόνο αν η διακοπή της πρώτης ακτίνας X_1 ακολουθείται από την διακοπή της X_2 .
- Τα άτομα που αφήνουν το μουσείο και διακόπτουν πρώτα την ακτίνα X_2 μετά την X_1 δεν πρέπει να μετρηθούν, όπως επίσης και εκείνα που διστάζουν και διακόπτουν μόνο μια δέσμη.
- Η διακοπή μιας ακτίνας παράγει ένα σήμα λογικού '1'.

Παράδειγμα: Το Πρόβλημα του Μουσείου (1/2)

➤ Διάγραμμα Εσωτερικών Καταστάσεων

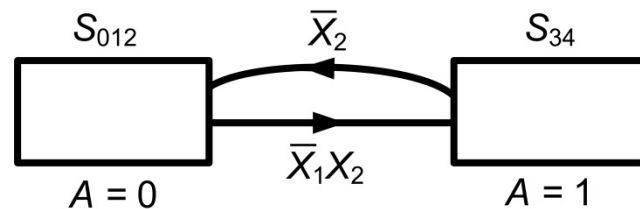


Παράδειγμα: Το Πρόβλημα του Μουσείου (2/2)

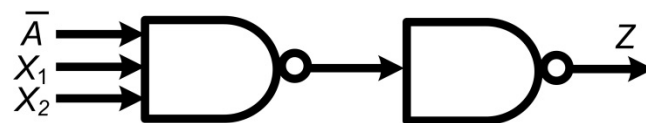
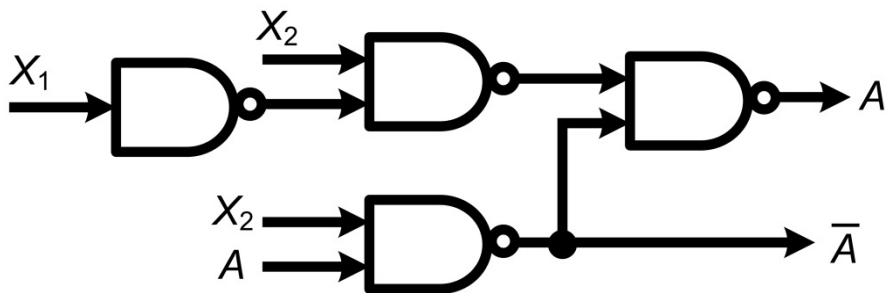
➤ Μειωμένος Πίνακας Καταστάσεων

➤ Μειωμένο Διάγραμμα Καταστάσεων

Present state	Next state and output			
	X_1X_2 0 0	X_1X_2 0 1	X_1X_2 1 1	X_1X_2 1 0
S_{012}	S_{012} Z=0	S_{34} Z=0	S_{012} Z=1	S_{012} Z=0
S_1	S_{012} Z=0	S_{34} Z=0	S_{34} Z=0	S_{012} Z=0



➤ Υλοποίηση

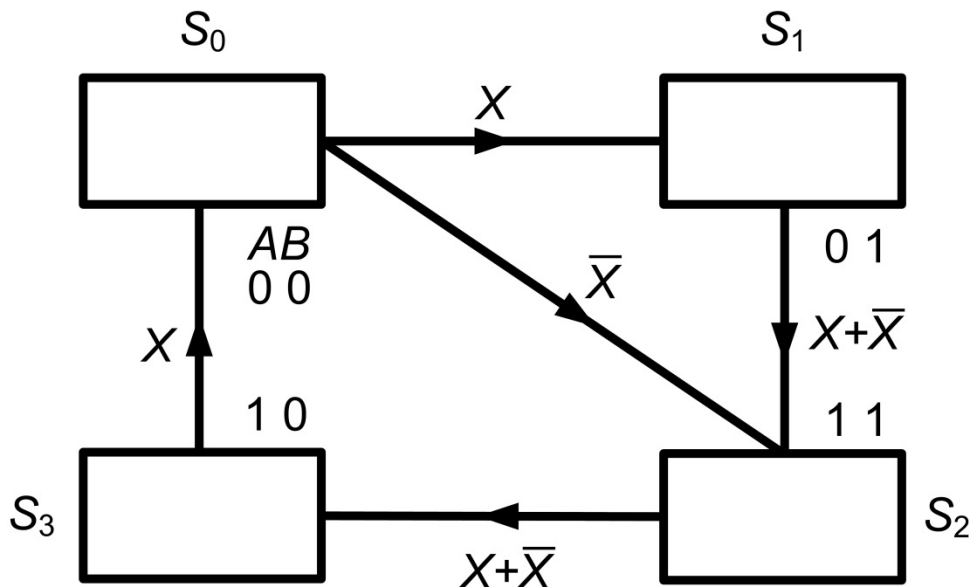


- Μερικές από τις τιμές της επόμενης κατάστασης του πίνακα έχουν μπει σε κύκλο. Αυτές οι καταστάσεις είναι γνωστές σαν ευσταθείς (stable) καταστάσεις.
- Στην πρώτη γραμμή του πίνακα η παρούσα κατάσταση είναι S_0 και για τον συνδυασμό εισόδου $X_1X_2=00$ η επόμενη κατάσταση είναι S_0 . Προφανώς δεν γίνεται αλλαγή δηλαδή υπάρχει μια ευσταθής κατάσταση.
- Αν όμως η παρούσα κατάσταση είναι S_0 και ο συνδυασμός εισόδου είναι $X_1X_2=10$, η επόμενη κατάσταση είναι S_1 και γίνεται μια μετάβαση από την S_0 στην S_1 , μετάβαση που απαιτεί ένα πεπερασμένο χρόνο. Το κύκλωμα δεν είναι σε ευσταθή κατάσταση κατά την διάρκεια της μετάβασης.

- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού ασύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Κύκλοι και Κούρσες
- Κρίσιμες κούρσες
- Κούρσες σε μηχανές 4 καταστάσεων

Κύκλοι και Κούρσες (1/2)

- Στο διάγραμμα εσωτερικών καταστάσεων της παρακάτω μηχανής καταστάσεων (state machine) οι δευτερεύουσες μεταβλητές A και B έχουν εκχωρηθεί στις εσωτερικές καταστάσεις με έναν εντελώς αυθαίρετο τρόπο.



$S \backslash X$	0	1
S_0	S_2	S_1
S_1	S_2	S_2
S_2	S_3	S_3
S_3	S_3	S_0

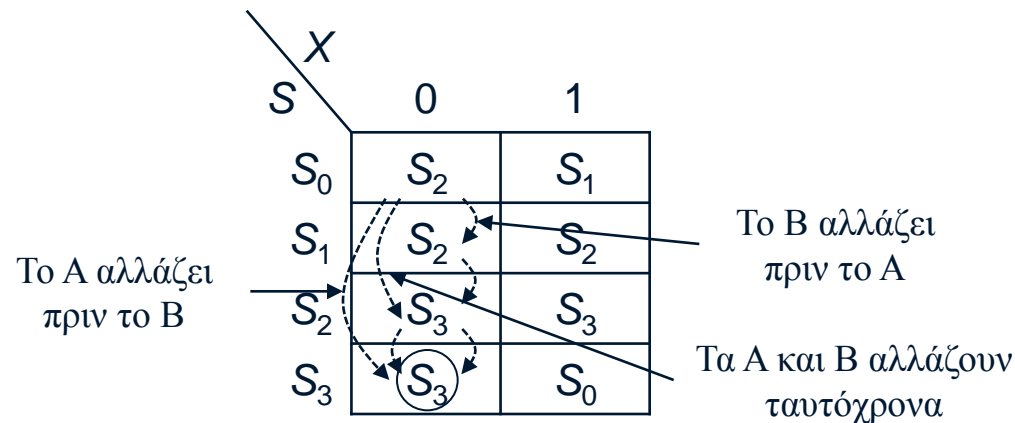
Diagram illustrating the state transitions for the state machine, showing the next state for each current state and input combination. The states are labeled S_0, S_1, S_2, S_3 and the inputs are 0 and 1 . The output for each transition is indicated by the state label in the cell. A cycle is shown: $S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_0 \rightarrow S_2$.

Κύκλοι και Κούρσες (1/2)

- Το κύκλωμα πρώτα αφήνει την $S3$ για να μπει στην $S0$ στο κάτω δεξιά τετράγωνο του πίνακα καταστάσεων. Μετά από αυτό το κύκλωμα κάνει κύκλους κατά σειρά μέσω ασταθών καταστάσεων που δείχνονται στον πίνακα στην στήλη $X=1$ και θα συνεχίσει να κάνει το ίδιο μέχρι το X να επιστρέψει στο 0 . Αυτός ο τύπος συμπεριφοράς του κυκλώματος ονομάζεται **κύκλος (cycle)**.
- Όταν δυο δευτερεύουσες μεταβλητές πρέπει να αλλάξουν σε απόκριση μιας αλλαγής σε πρωτεύουσα μεταβλητή, τότε προκύπτουν **συνθήκες κούρσας (race)**.
- Η συνθήκη αυτή έχει την αιτία της στις διαφορετικές καθυστερήσεις που συμβαίνουν όταν παράγονται τα σήματα A και B .

Μη Κρίσιμες Κούρσες

- Στην πιο κάτω περίπτωση η κούρσα ονομάζεται **μη-κρίσιμη**, διότι ανεξάρτητα από τις μεταβάσεις που γίνονται, το κύκλωμα πάντα τερματίζει στην ίδια ευσταθή κατάσταση



- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού ασύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Κύκλοι και Κούρσες
- Κρίσιμες κούρσες
- Κούρσες σε μηχανές 4 καταστάσεων

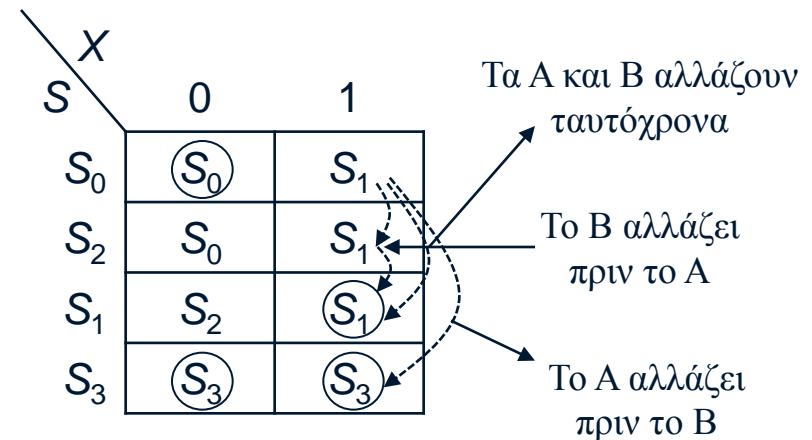
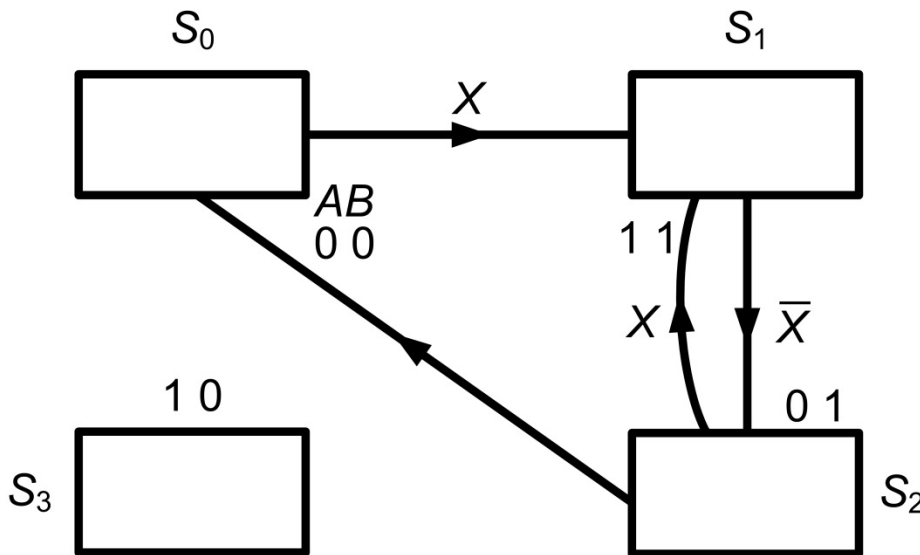
Κρίσιμες Κούρσες (1/2)

➤ Ατυχώς, στα ασύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα υπάρχουν και συνθήκες κούρσας στις οποίες η τελική κατάσταση που πετυχαίνεται εξαρτάται από τη σειρά με την οποία αλλάζουν οι δευτερεύουσες μεταβλητές.

➤ Τέτοιες συνθήκες κούρσας ονομάζονται **κρίσιμες**.

➤ Παράδειγμα

- Κατάσταση: $AB = "00"$ και $X = '0'$. Τι γίνεται όταν γίνει $X = '1'$;

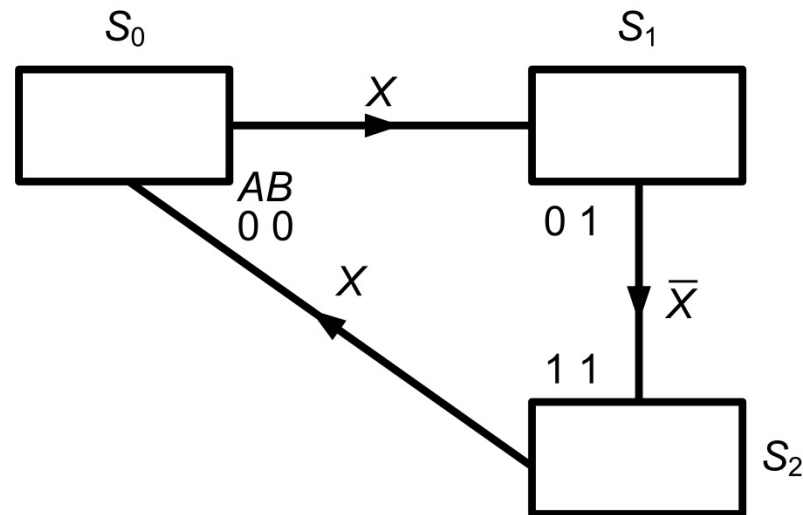


- Αν τα A και B δεν αλλάζουν ταυτόχρονα θα γίνει μετάβαση στην ασταθή κατάσταση $S_1: AB=11$
- Αν το A αλλάξει πριν το B θα γίνει μετάβαση στην κατάσταση $AB=10$.
- Στην πραγματικότητα το κύκλωμα παραμένει κλειδωμένο στην κατάσταση αυτή απεριόριστα αφού δεν υπάρχει έξοδος από την κατάσταση αυτή.
- Όμως το B μπορεί να αλλάξει πριν το A και τότε το κύκλωμα θα έχει αρχικά μια μετάβαση στην κατάσταση $AB=01$.

- Για να αποφευχθούν οι κρίσιμες κούρσες είναι αναγκαίο η εκχώρηση των δευτερευουσών μεταβλητών του διαγράμματος εσωτερικών καταστάσεων να μην οδηγεί σε κούρσα. Ουσιαστικά αυτό σημαίνει ότι στη μετάβαση από μια εσωτερική κατάσταση στην επόμενη **μόνο μια δευτερεύουσα μεταβλητή επιτρέπεται να αλλάξει.**
- Το διάγραμμα τριών καταστάσεων που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα απαιτεί δυο δευτερεύουσες μεταβλητές για να ορίσει τρεις καταστάσεις.
- Οι δευτερεύουσες μεταβλητές έχουν εκχωρηθεί αυθαίρετα στο διάγραμμα και από μια ματιά σε αυτό προκύπτει ότι σε μια μετάβαση από τη κατάσταση S2 στην S0 θα πρέπει να αλλάξουν οι τιμές των δυο δευτερευουσών μεταβλητών.

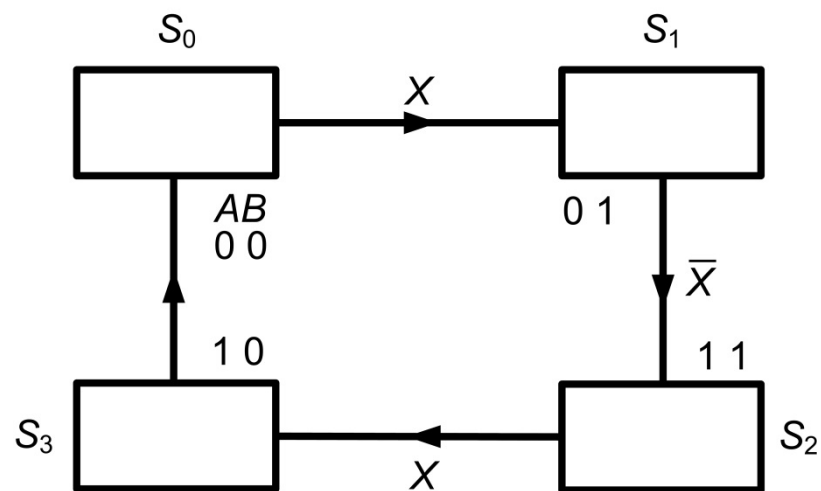
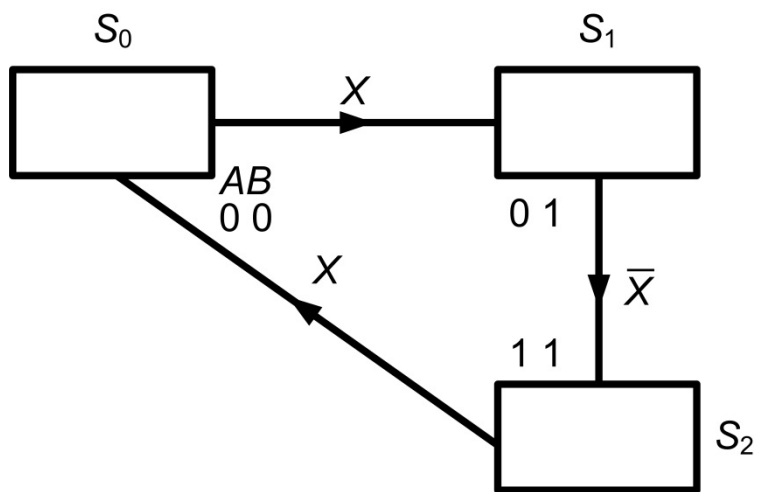
Αντιμετώπιση Κρίσιμης Κούρσας (2/3)

- Το διάγραμμα τριών καταστάσεων που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα απαιτεί δυο δευτερεύουσες μεταβλητές για να ορίσει τρεις καταστάσεις.
- Οι δευτερεύουσες μεταβλητές έχουν εκχωρηθεί αυθαίρετα στο διάγραμμα και από μια ματιά σε αυτό προκύπτει ότι σε μια μετάβαση από τη κατάσταση S_2 στην S_0 θα πρέπει να αλλάξουν οι τιμές των δυο δευτερευουσών μεταβλητών.



- Στην πραγματικότητα για διάγραμμα τριών καταστάσεων είναι αδύνατο να βρεθεί εκχώρηση των δευτερευουσών μεταβλητών απαλλαγμένη από το πρόβλημα της κούρσας αν απαιτούνται μεταβάσεις μεταξύ κάθε ζεύγους καταστάσεων.
- Επιπλέον δυο δευτερεύουσες μεταβλητές μπορούν να ορίσουν τέσσερις καταστάσεις που σημαίνει ότι στο διάγραμμα των τριών καταστάσεων υπάρχει μια αχρησιμοποίητη κατάσταση που δεν έχει συμπεριληφθεί.
- Η παρουσία μιας αχρησιμοποίητης κατάστασης δημιουργεί προβλήματα και για τον σχεδιαστή όταν δεν έχει προβλεφθεί έξοδος από αυτή την κατάσταση και σε περίπτωση κακής λειτουργίας είναι δυνατό να «κλειδώσει» στην κατάσταση αυτή.

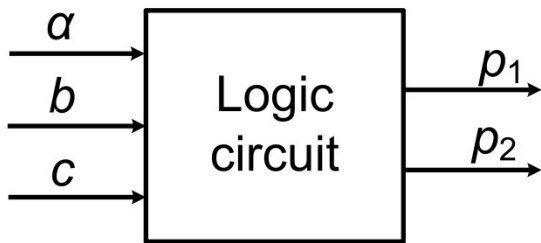
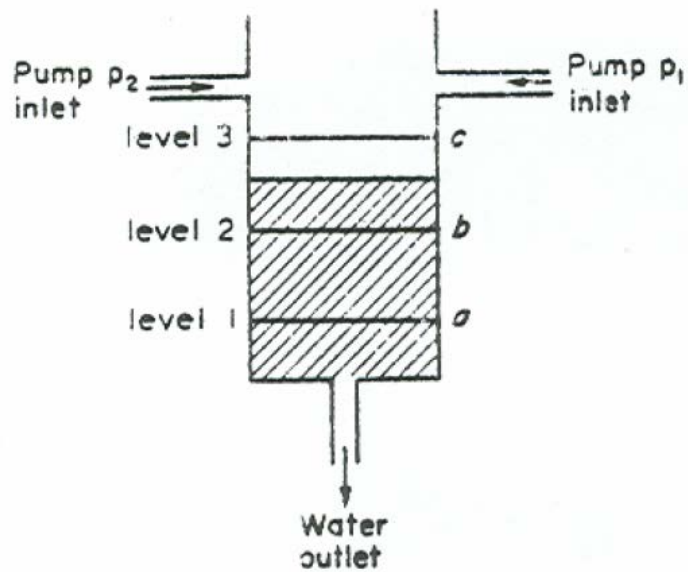
Εισαγωγή Βουβής Κατάστασης



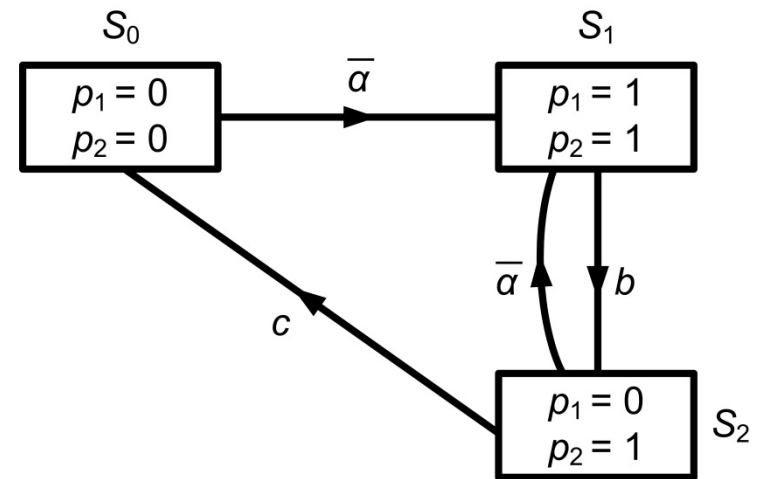
- Αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή νερό από δυο αντλίες P_1 και P_2 . Και οι δύο αντλίες πρέπει να ανοίξουν όταν το νερό πηγαίνει κάτω από τη στάθμη 1 και παραμένουν εκεί μέχρι το νερό να φτάσει στη στάθμη 2, οπότε η αντλία P_1 κλείνει και παραμένει κλειστή μέχρι το νερό να πέσει πάλι κάτω από τη στάθμη 1. Η αντλία P_2 παραμένει ανοικτή μέχρι να φτάσει το νερό στη στάθμη 3, οπότε κλείνει και παραμένει κλειστή μέχρι το νερό να ξαναπέσει κάτω από τη στάθμη 1.
- Χρησιμοποιούνται αισθητήρες στάθμης για να παρέχουν τα ακόλουθα σήματα:
 - Σήμα $a=1$: νερό στη στάθμη 1 και πάνω, αλλιώς $a=0$.
 - Σήμα $b=1$: νερό στην στάθμη 2 και πάνω, αλλιώς $b=0$.
 - Σήμα $c=1$, νερό στη στάθμη 3 και πάνω, αλλιώς $c=0$.
- Πρέπει να κατασκευαστεί ένα ασύγχρονο ακολουθιακό κύκλωμα που να ελέγχει τις αντλίες P_1 και P_2 σύμφωνα με τις προδιαγραφές που δίνονται παραπάνω.

Παράδειγμα: Το Πρόβλημα της Αντλίας (2/7)

➤ Δομικό Διάγραμμα



➤ Διάγραμμα Καταστάσεων



Παράδειγμα: Το Πρόβλημα της Αντλίας (3/7)

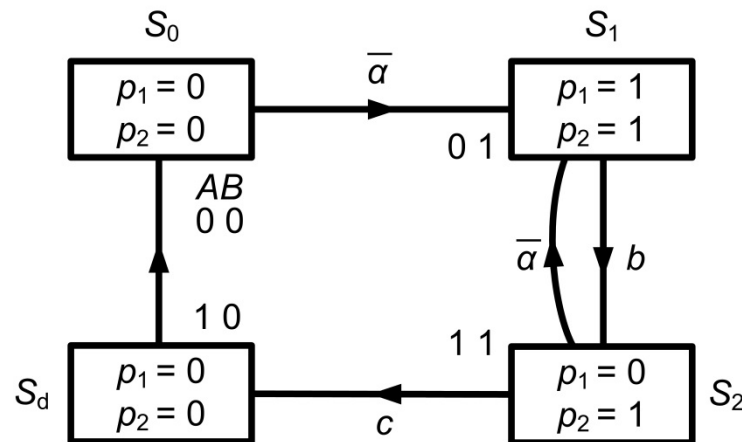
- Για να οριστούν τρεις καταστάσεις απαιτούνται δυο δευτερεύουσες μεταβλητές A και B . Επειδή υπάρχουν μεταβάσεις μεταξύ κάθε ζεύγους καταστάσεων, δεν είναι δυνατή η εκχώρηση των δευτερευουσών μεταβλητών (A,B) απαλλαγμένη από κούρσα.
- Συνεπώς προστίθεται στο διάγραμμα καταστάσεων μια επιπρόσθετη βουβή κατάσταση S_d και δημιουργείται ένα τροποποιημένο διάγραμμα καταστάσεων.

Παράδειγμα: Το Πρόβλημα της Αντλίας (4/7)

➤ Τροποποιημένος πίνακας καταστάσεων

		abc			
		000	100	110	111
S	S_0	S_1 $p_1=1$ $p_2=1$	S_0 $p_1=0$ $p_2=0$	S_0 $p_1=0$ $p_2=0$	S_0 $p_1=0$ $p_2=0$
	S_2	S_1 $p_1=1$ $p_2=1$	S_1 $p_1=1$ $p_2=1$	S_2 $p_1=0$ $p_2=1$	
	S_1	S_1 $p_1=1$ $p_2=1$	S_2 $p_1=0$ $p_2=1$	S_2 $p_1=0$ $p_2=1$	S_d $p_1=0$ $p_2=0$

➤ Τροποποιημένο διάγραμμα καταστάσεων



Παράδειγμα: Το Πρόβλημα της Αντλίας (4/7)

- Οι συνδυασμοί εισόδου $abc=001, 010, 011$ και 101 λείπουν από τον πίνακα διότι μπορούν να υπάρξουν μόνο κάτω από συνθήκες λάθους.
- Για να οριστούν τρεις καταστάσεις απαιτούνται δυο δευτερεύουσες μεταβλητές A και B . Επειδή υπάρχουν μεταβάσεις μεταξύ κάθε ζεύγους καταστάσεων δεν είναι δυνατή η εκχώρηση δευτερευουσών μεταβλητών (A,B) απαλλαγμένη από κούρσα. Συνεπώς προστίθεται στο διάγραμμα καταστάσεων μια επιπρόσθετη βουβή κατάσταση S_d .

➤ Εξαγωγή Κυκλωματικών Εξισώσεων

- Σύνολο διεγέρσεων του $A=bB$.
- Σύνολο διεγέρσεων του $A=B'+Ba'=B'+a'$
- Σύνολο διεγέρσεων του $B=cA$

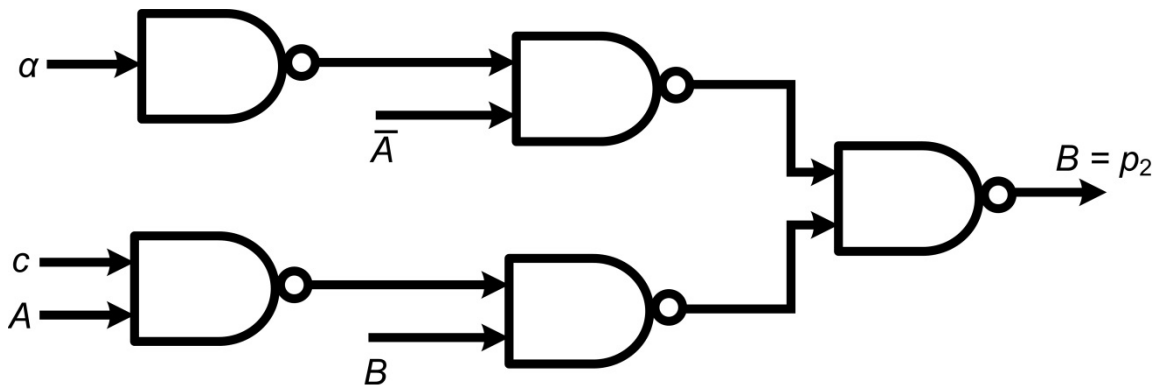
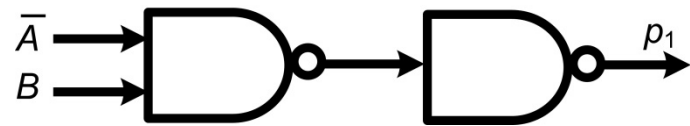
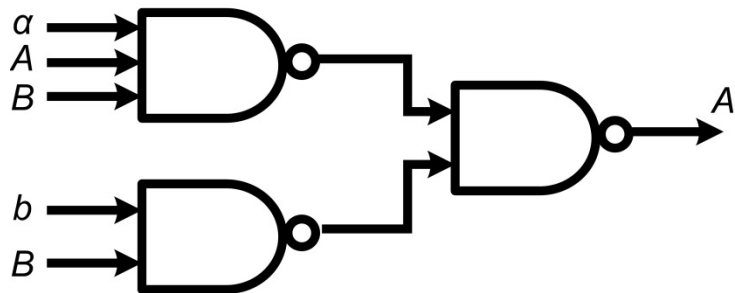
➤ Επομένως:

- $A=bB+(B'+a')A=bB+aAB$
- $B=a'A'+(c'A')B=a'A'+(c'+A')B$

➤ Επίσης:

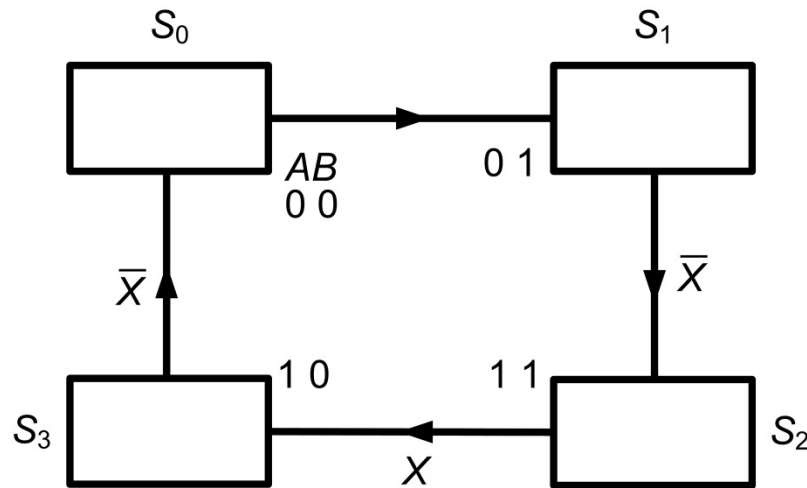
- $p_1=A'B$
- $p_2=A'B+AB=B$

Κυκλωματική υλοποίηση



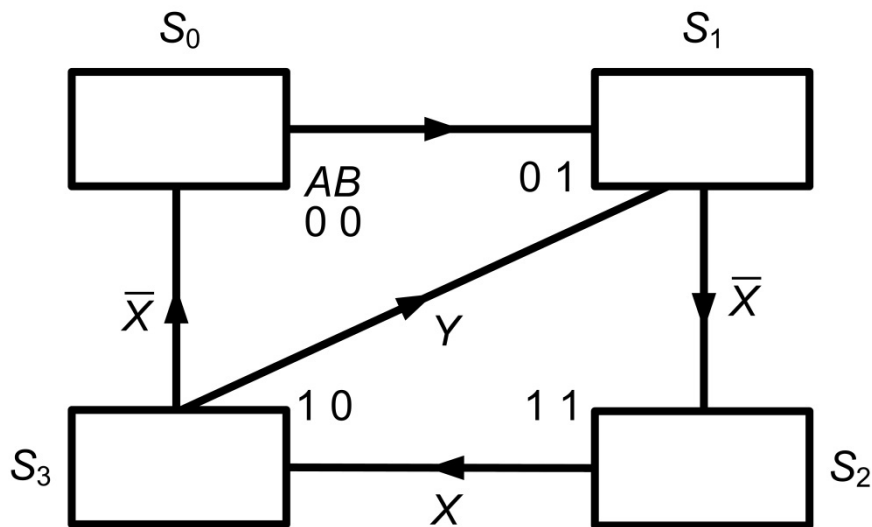
- Εισαγωγή
- Διαδικασία σχεδιασμού ασύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος
- Κύκλοι και Κούρσες
- Κρίσιμες κούρσες
- Κούρσες σε μηχανές 4 καταστάσεων

Κούρσα σε Μηχανές 4 Καταστάσεων (1/6)



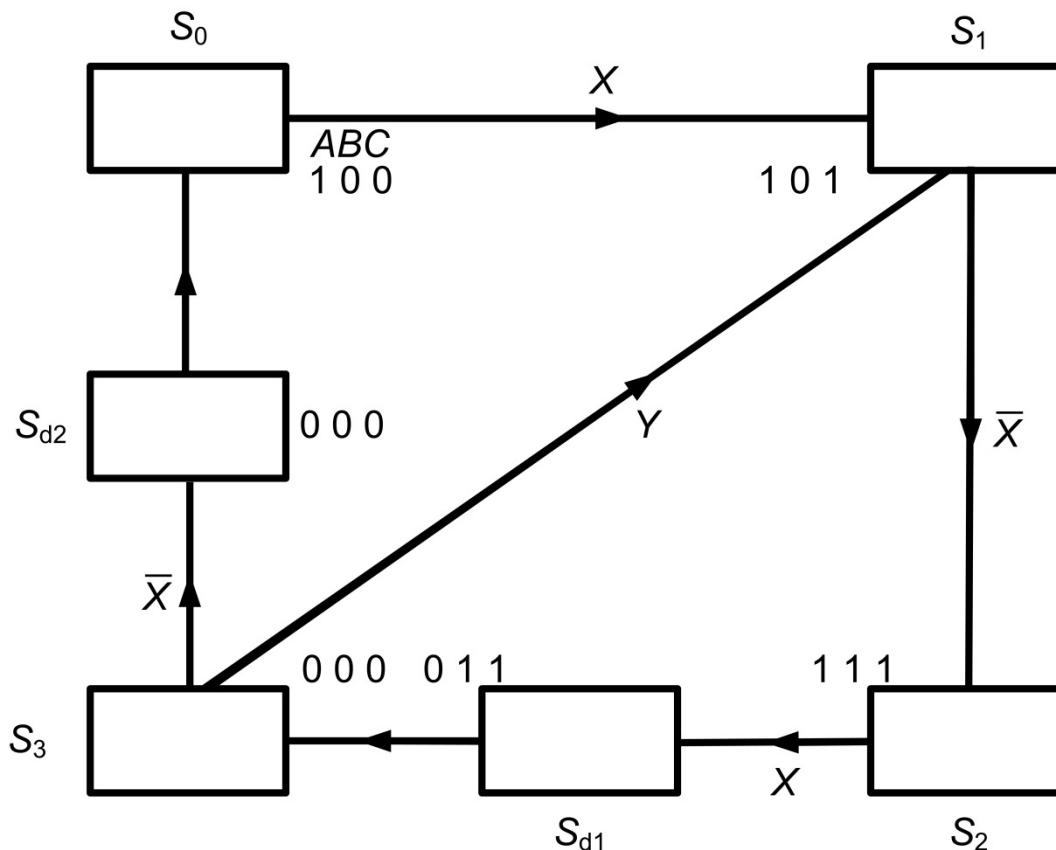
- Όλες οι μεταβάσεις σ' αυτό το διάγραμμα γίνονται μεταξύ γειτονικών καταστάσεων, π.χ. S_0 σε S_1 , S_1 σε S_2 κ.λ.π.
- Κάθε ξεχωριστή κατάσταση μπορεί να οριστεί από δυο δευτερεύουσες μεταβλητές A και B.
- Αν το διάγραμμα καταστάσεων περιλαμβάνει μια μετάβαση μεταξύ δυο που δεν είναι γειτονικές, τότε δεν είναι δυνατή η εκχώρηση των δευτερευουσών μεταβλητών απαλλαγμένη από κούρσες καταστάσεων.

- Ανεξάρτητα από το πως εκχωρούνται οι δευτερεύουσες μεταβλητές θα υπάρχει πάντα τουλάχιστον μια μετάβαση η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα μια διπλή αλλαγή στις δευτερεύουσες μεταβλητές.
- Εκχώρηση των τριών δευτερευουσών μεταβλητών απαλλαγμένη από κούρσες μπορεί να βρεθεί εύκολα από τον χάρτη Karnaugh που ακολουθεί.



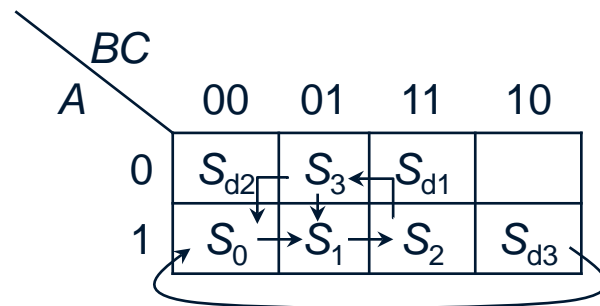
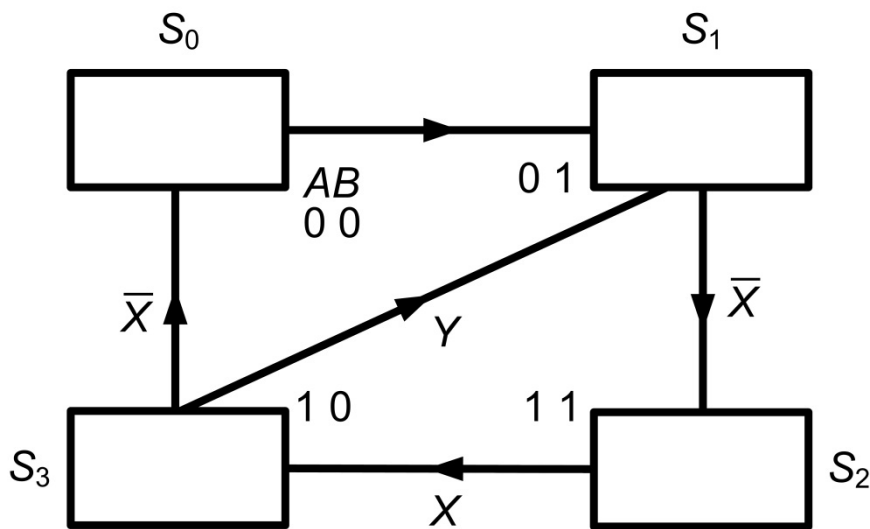
		BC			
		00	01	11	10
A	0	S_{d2}	S_3	S_{d1}	
	1	S_0	S_1	S_2	

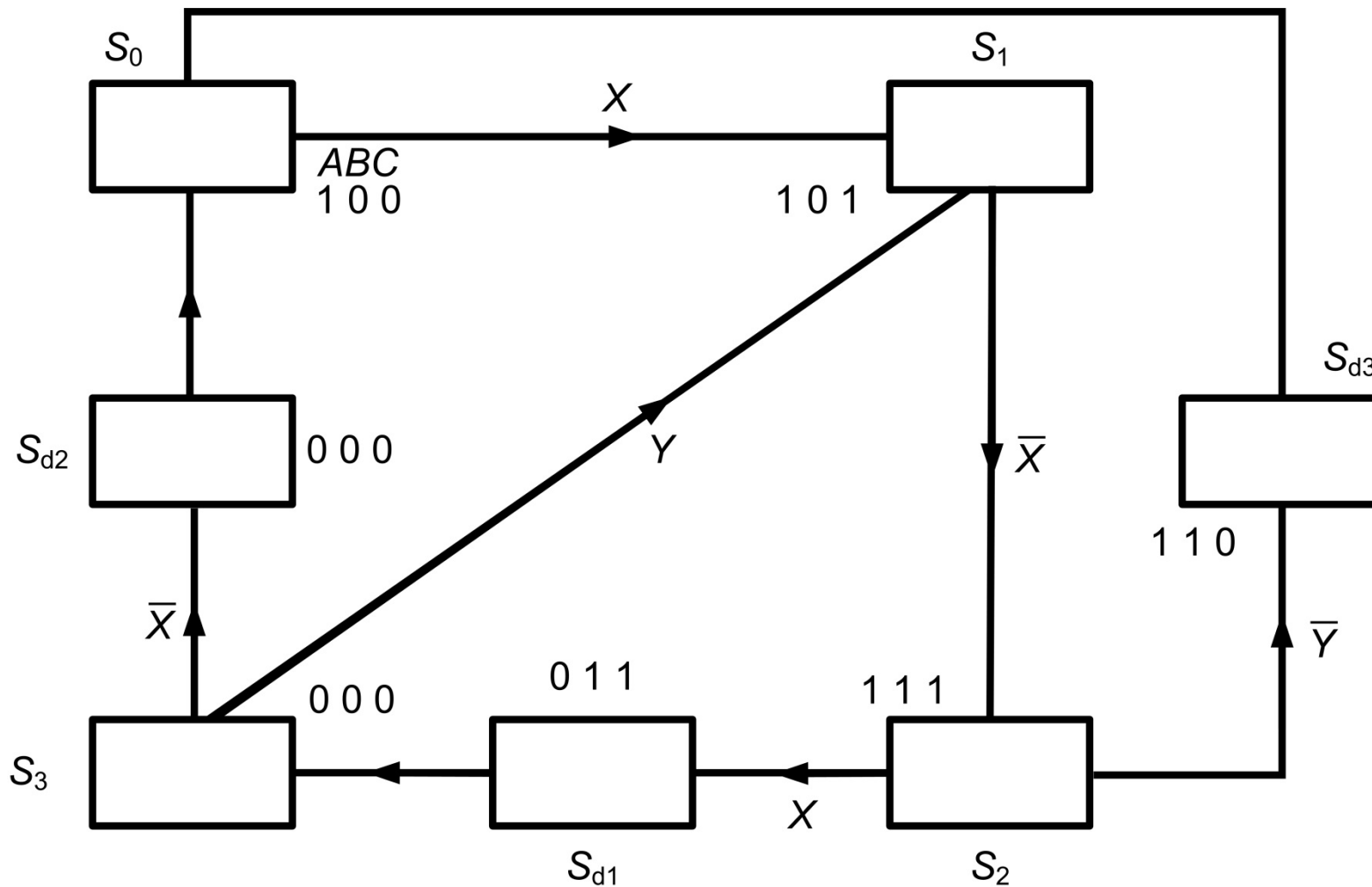
- Δυο γειτονικά τετράγωνα διαφέρουν στη θέση ενός μόνο ψηφίου και επομένως δυο καταστάσεις σε γειτονικά τετράγωνα θα έχουν δευτερεύουσες μεταβλητές που θα διαφέρουν μόνο στη θέση του ενός ψηφίου.



- Τέσσερις από τις εσωτερικές καταστάσεις του κυκλώματος έχουν εκχωρηθεί σε τετράγωνα έτσι ώστε το S_0 να είναι γειτονικό με το S_1 , το S_1 με το S_2 και το S_1 με το S_3 .
- Για μια εκχώρηση απαλλαγμένη από κούρσες θα έπρεπε η S_2 να είναι γειτονική στην S_3 όπως και η S_0 .
- Στον χάρτη Karnaugh τέτοιες γειτνιάσεις είναι αδύνατες και συνεπώς οι μεταβάσεις από την S_2 στην S_3 και από την S_3 στην S_0 έχουν γίνει μέσω των βουβών καταστάσεων S_{d1} και S_{d2} .
- Τώρα κάθε μετάβαση παρουσιάζει μια αλλαγή στις δευτερεύουσες μεταβλητές και η εκχώρηση είναι απαλλαγμένη από κούρσες

- Στον χάρτη Karnaugh που ακολουθεί οι τέσσερις αρχικές καταστάσεις S_0 , S_1 , S_2 και S_3 τοποθετούνται όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, αλλά απαιτείται τώρα μια επιπρόσθετη μετάβαση από την S_2 στην S_0 , που γίνεται μέσω της βουβής κατάστασης S_{d3} .

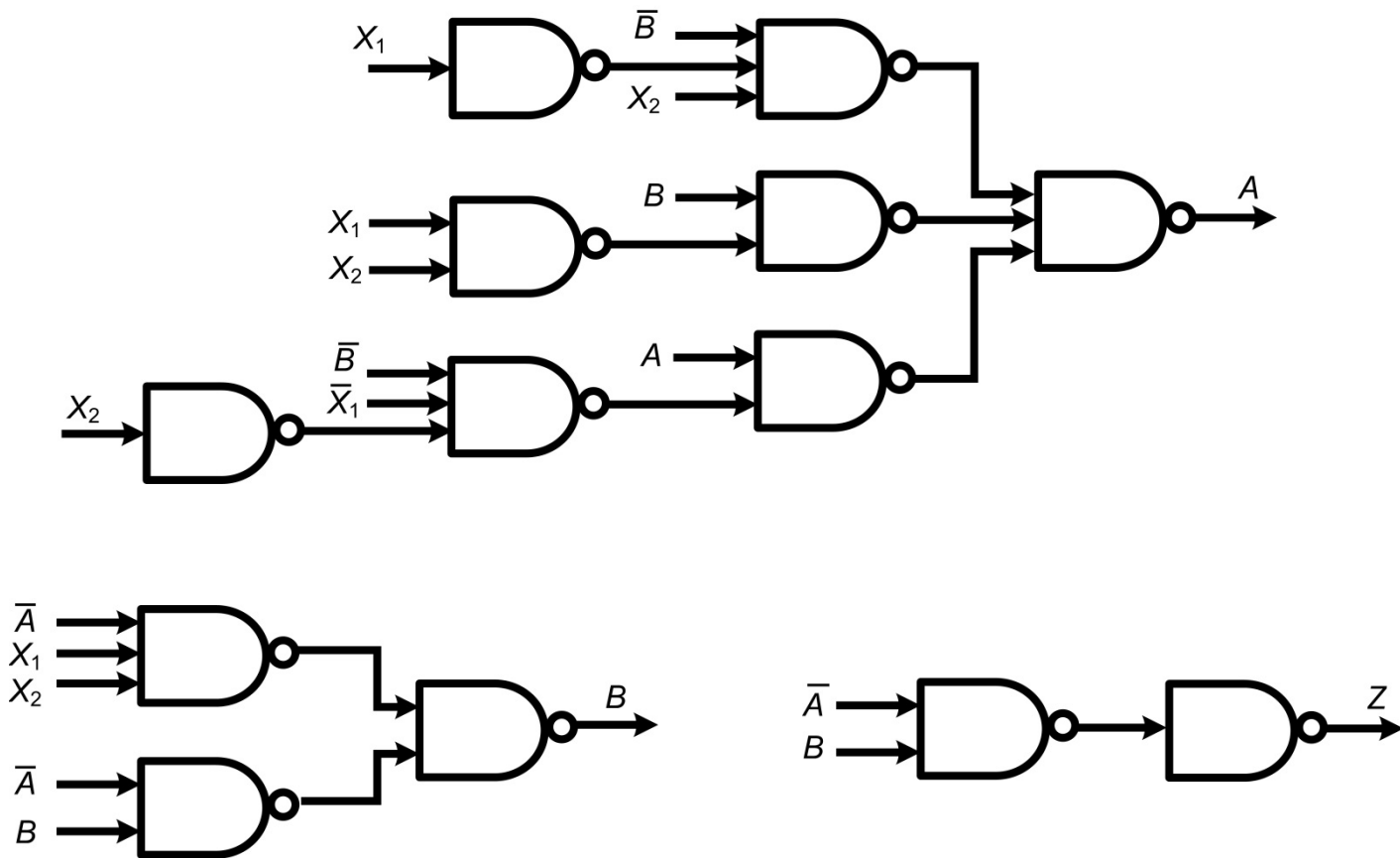




Παράδειγμα: Ανιχνευτής Ακολουθίας (1/11)

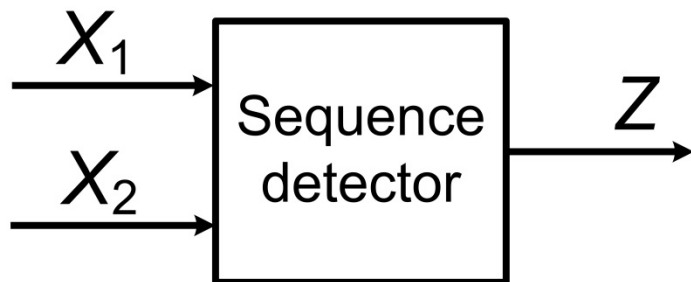
- Θα μελετηθεί ένα ακόμα παράδειγμα ενός ασύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος, για να δοθεί έμφαση σε μερικά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο σχεδιαστής στη σχεδίαση αυτού του τύπου κυκλωμάτων. Το παράδειγμα είναι ένας ανιχνευτής ακολουθίας με δυο εισόδους X_1 και X_2 και μια έξοδο Z . Το κύκλωμα θα πρέπει να δώσει έξοδο $Z=1$ όταν συμβεί η ακολουθία πρωτευουσών μεταβλητών $X_1X_2=00, 10, 11$.
- Αρχικά ο σχεδιαστής πρέπει να αναπτύξει το διάγραμμα εσωτερικών καταστάσεων.
- Στον τύπο αυτό του προβλήματος μια καλή αρχή για το διάγραμμα καταστάσεων είναι να εισάγει την απαιτούμενη ακολουθία.
- Αυτό απαιτεί τέσσερις καταστάσεις που συνδέονται μέσω τριών μεταβάσεων με τα σήματα μετάβασης $X_1'X_2'$, X_1X_2' και X_1X_2 αντίστοιχα.

➤ Υλοποίηση

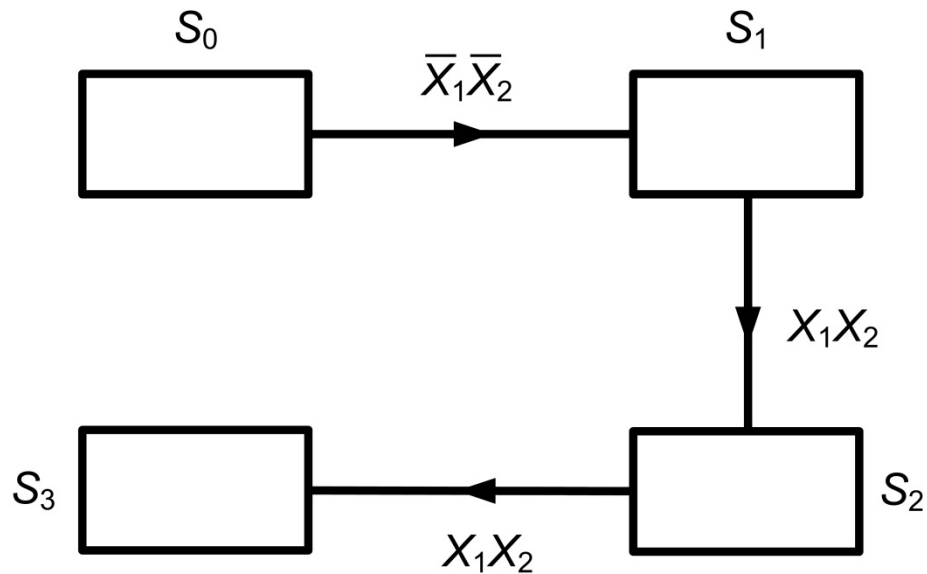


Παράδειγμα: Ανιχνευτής Ακολουθίας (3/11)

➤ Δομικό διάγραμμα

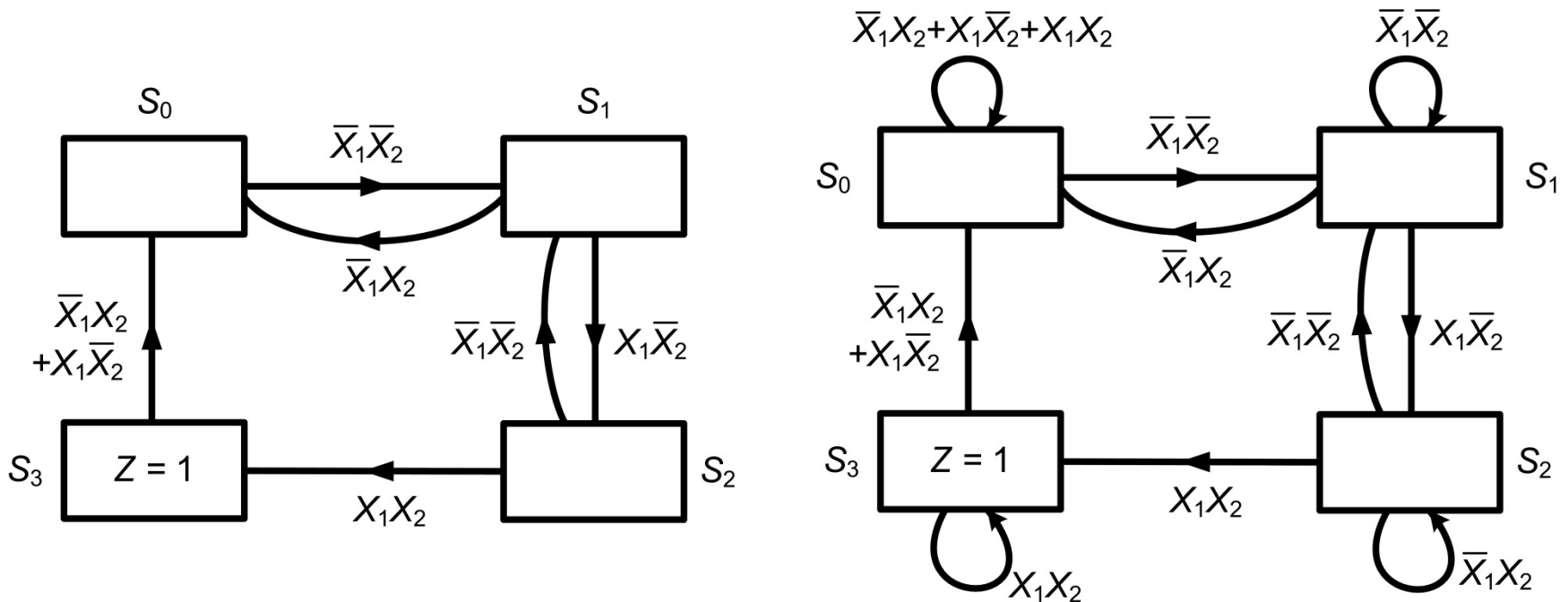


➤ Διάγραμμα εσωτερικών καταστάσεων



Παράδειγμα: Ανιχνευτής Ακολουθίας (4/11)

- Για να συμπληρωθεί το διάγραμμα καταστάσεων είναι απαραίτητο να εισαχθούν οι επιπλέον δρόμοι μετάβασης $X_1'X_2'$.
- Εφόσον η μηχανή που πρόκειται να σχεδιαστεί θα λειτουργεί με τον θεμελιώδη τρόπο, δεν μπορεί να υπάρχει μια ταυτόχρονη αλλαγή στις πρωτεύουσες μεταβλητές X_1X_2 όταν βρεθεί στην κατάσταση S_1 .



- Η κατάσταση S_1 μπορεί να εγκαταλειφθεί μόνο με τα σήματα μετάβασης X_1X_2' .
- Το σήμα μετάβασης X_1X_2' αντιπροσωπεύει τον δεύτερο συνδυασμό των πρωτεύουσών μεταβλητών στην απαιτούμενη ακολουθία και χρησιμοποιείται για την μετάβαση από την S_1 στην S_2 .
- Μια αλλαγή στο X_2 από 0 σε 1 δίνει σήμα μετάβασης $X_1'X_2$.
- Σε αυτή την περίπτωση η μηχανή θα πρέπει να επιστρέψει στην κατάσταση S_0 και να περιμένει την άφιξη του πρώτου συνδυασμού της ακολουθίας $X_1'X_2'$.
- Μερικοί σχεδιαστές έχουν την συνήθεια να χρησιμοποιούν βρόγχους (slings) στο διάγραμμα καταστάσεων. Π.χ. Αν η μηχανή μπει στην κατάσταση S_1 με το σήμα $X_1'X_2'$, θα παραμείνει εκεί όσο υπάρχει αυτό το σήμα στην είσοδο. Αυτό μπορεί να δειχθεί με ένα βρόχο που ξεκινά και τερματίζει στην S_1 .

Παράδειγμα: Ανιχνευτής Ακολουθίας (6/11)

➤ Πίνακας καταστάσεων

		X_1X_2			
		00	01	11	10
S_0	S_0	S_1 Z=0	S_0 Z=0	S_0 Z=0	S_0 Z=0
	S_1	S_1 Z=0	S_0 Z=0		S_2 Z=0
	S_2	S_1 Z=0		S_3 Z=1	S_2 Z=0
	S_3		S_0 Z=0	S_3 Z=1	S_0 Z=0

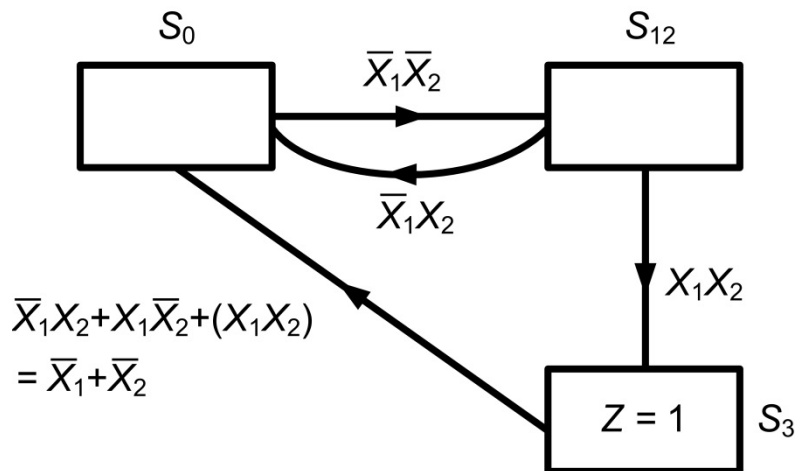
S_{12}

➤ Μειωμένος πίνακας καταστάσεων

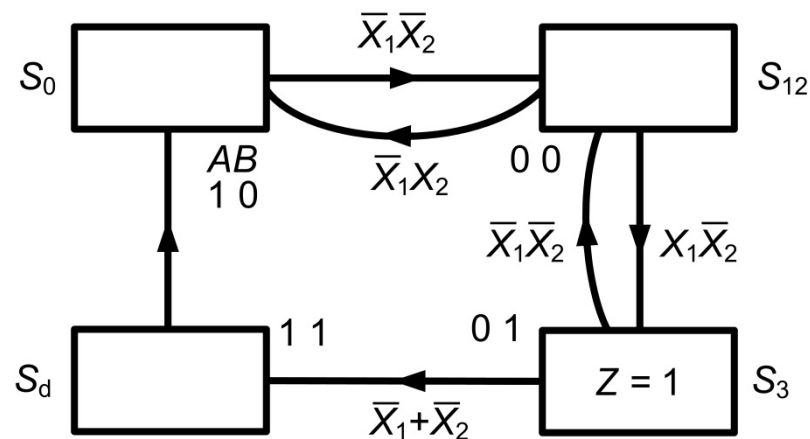
		X_1X_2			
		00	01	11	10
S_0	S_0	S_1 Z=0	S_0 Z=0	S_0 Z=0	S_0 Z=0
	S_{12}	S_{12} Z=0	S_0 Z=0	S_3 Z=1	S_{12} Z=0
	S_3		S_0 Z=0	S_3 Z=1	S_0 Z=0

Παράδειγμα: Ανιχνευτής Ακολουθίας (7/11)

➤ Διάγραμμα καταστάσεων



➤ Διάγραμμα καταστάσεων με εισαγωγή βουβών καταστάσεων



➤ Εξαγωγή Κυκλωματικών Εξισώσεων

- Σύνολο διεγέρσεων του $A = B'X_1'X_2' + B(X_1' + X_2')$
- Σύνολο αποδιεγέρσεων του $A = B'X_1'X_2'A$
 $= B'X_1'X_2 + B(X_1' + X_2') + (B'X_1'X_2')A$
 $= B'X_1'X_2' + B(X_1' + X_2') + (B + X_1 + X_2)A$
- Σύνολο διεγέρσεων του $B = A'X_1X_2$
- Σύνολο αποδιεγέρσεων του $B = A'X_1X_2 + A'B$
- Έξοδος $Z = S_3 = A'B$

Παράδειγμα: Ανιχνευτής Ακολουθίας (9/11)

➤ Υλοποίηση με SR flip-flop

		X_1X_2			
		00	01	11	10
AB	10 S_0	S_{12} Z=0	S_0 Z=0	S_0 Z=0	S_0 Z=0
	00 S_1	S_{12} Z=0	S_0 Z=0	S_3 Z=1	S_{12} Z=0
	01 S_2	S_d Z=0	S_d Z=0	S_3 Z=1	S_d Z=0
	11 S_3	S_0 Z=0	S_0 Z=0	S_0 Z=0	S_0 Z=0

		X_1X_2			
		00	01	11	10
AB	10	00	10	01	00
	00	11	11	01	11
	01	10	10	10	10
	11	00	10	10	10

Παράδειγμα: Ανιχνευτής Ακολουθίας (10/11)

		X_1X_2			
		00	01	11	10
AB	10		1		
	00	1	1		1
	01	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
	11		\emptyset	\emptyset	\emptyset

$$S_A = \overline{X_1}X_2 + BX_2$$

		X_1X_2			
		00	01	11	10
AB	10	\emptyset		\emptyset	\emptyset
	00			\emptyset	
	01				
	11	1			

$$R_A = \overline{B}X_1\overline{X_2}$$

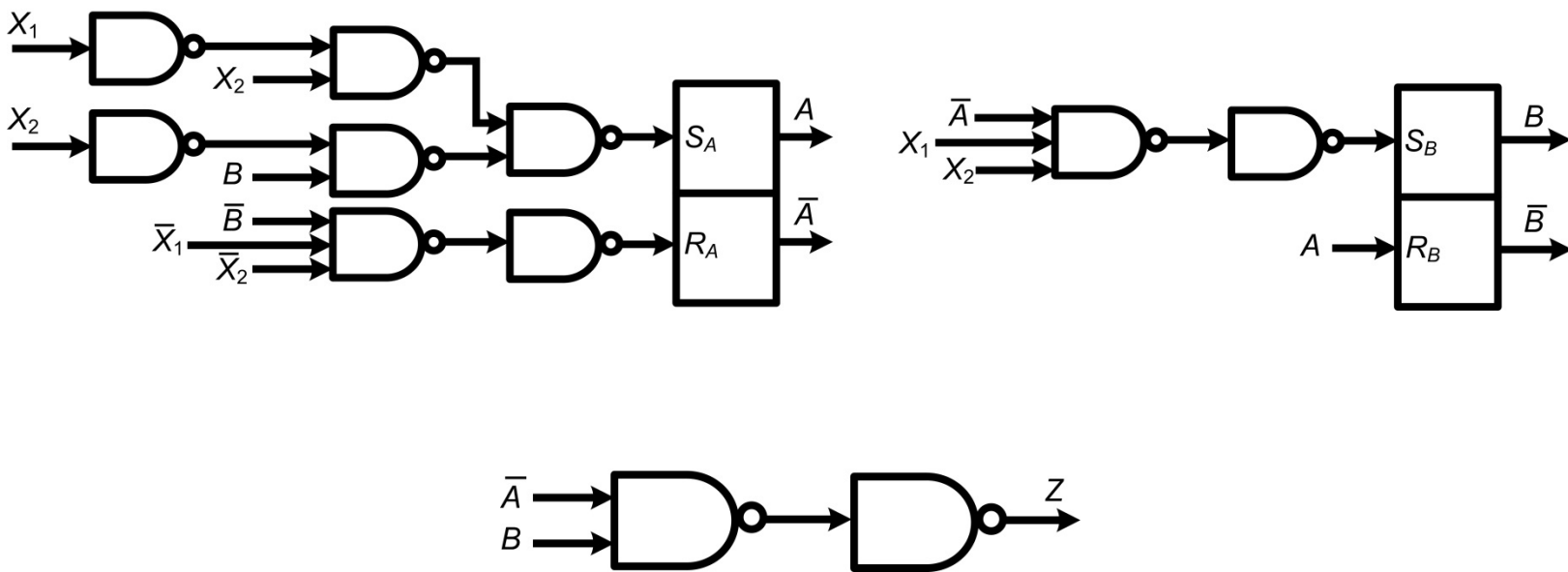
		X_1X_2			
		00	01	11	10
AB	10			1	
	00	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
	01				
	11				

$$S_B = \overline{A}X_1X_2$$

		X_1X_2			
		00	01	11	10
AB	10	\emptyset	\emptyset		\emptyset
	00				
	01	1	1	1	1
	11	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset

$$R_B = A$$

Κυκλωματική 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