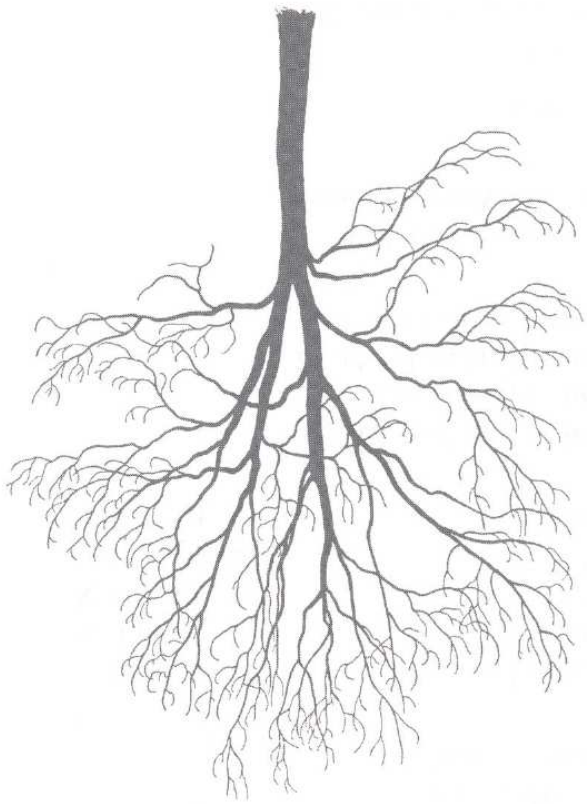


22 Σεπτεμβρίου 2008

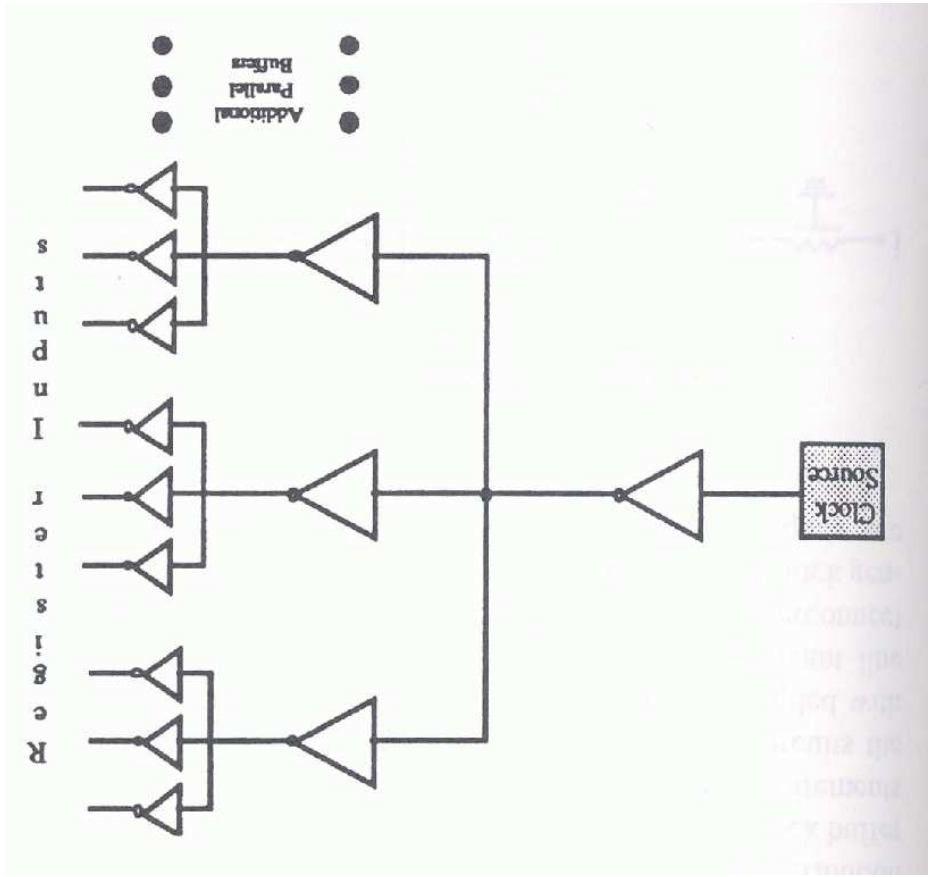
X. Σωτηρίου

ΗΤ590.20 - Χρονισμός Ψηφιακών Συστημάτων,
Επισκόπηση Ασύγχρονων Κυκλώματων

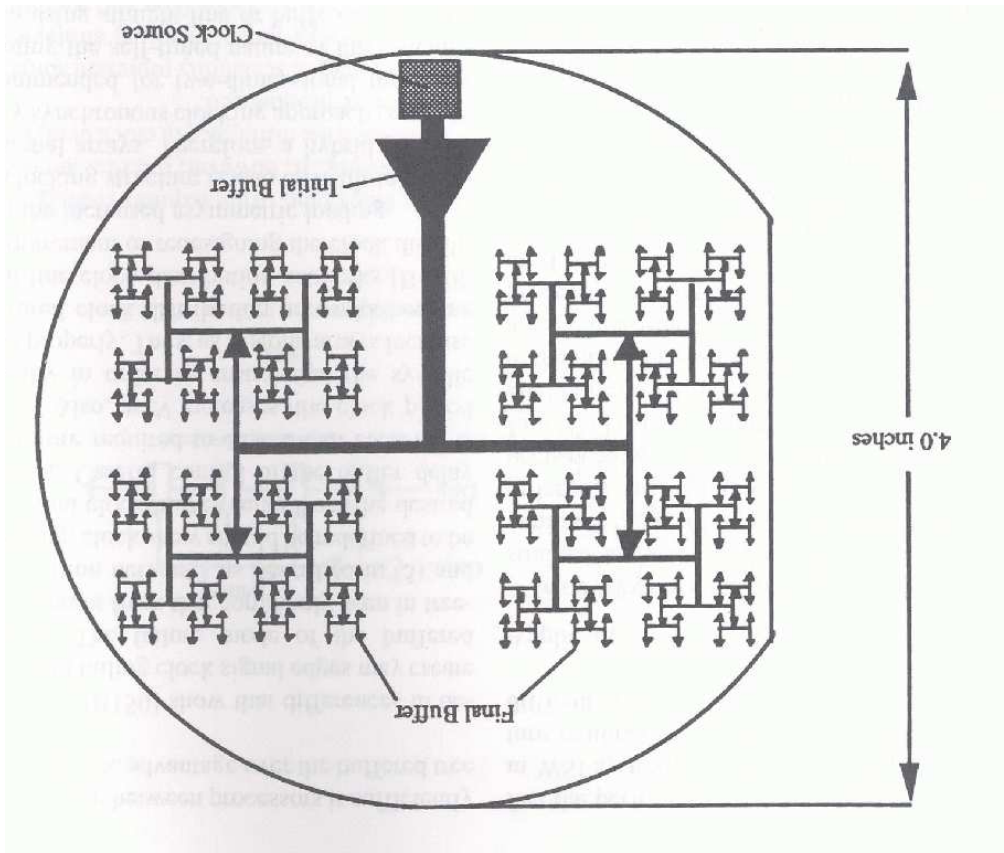


Δέντρο Ραδιού

Επίδακτης του Δύγχρονου Σχεδίαση



Σχηματικό Δέντρο



Δέντρο - Φυσική Σχεδίαση

Τι σημαίνει Ασύγχρονο κύκλωμα;

- Ασύγχρονο: Χρησιμοποιεί σωτηρικά και εξωτηρικά σήματα ως γεγονότα για πα-
ρατήρηση και διαχωρισμό καταστάσεων του συστήματος.
- Σύγχρονο: Χρησιμοποιεί ένα εξωτηρικό καθολικό σήμα για παρατήρηση και δια-
χωρισμό καταστάσεων του συστήματος.
- Ασύγχρονο = όχι Σύγχρονο.

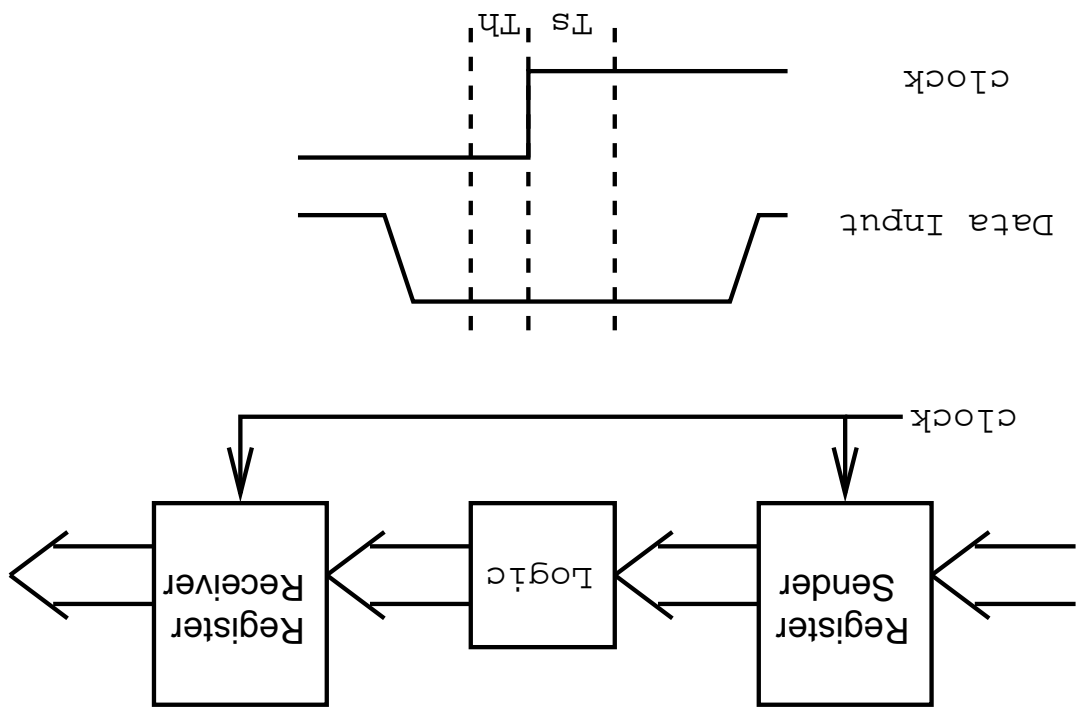
Επιχειρήματα για Ασύγχρονη Σχεδίαση

- Προβλήματα υλοποίησης σύγχρονων κυκλωμάτων υψηλών συχνοτήτων.
- Ενίσχυση του ρολογιού.
- Αποκλίσεις του ρολογιού στα σημεία άφιξης.
- Πτώση του προσεγγιστικού εμβαδού σε 1 κύκλο.

Επιχειρήματα για Ασύγχρονη Σχεδίαση

- Χαμηλή καταναλωση ενέργειας.
- Απόδοση μέσου-όρου (ως προς τα δεδομένα υπο επεξεργασία) και όχι χειρότερης επίπτωσης.
- Ορισμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ μονάδων.
- Έλαψη καθολικών χρονικών προποθέσεων.
- Ιδανικά για Συστήματα-on-Chip

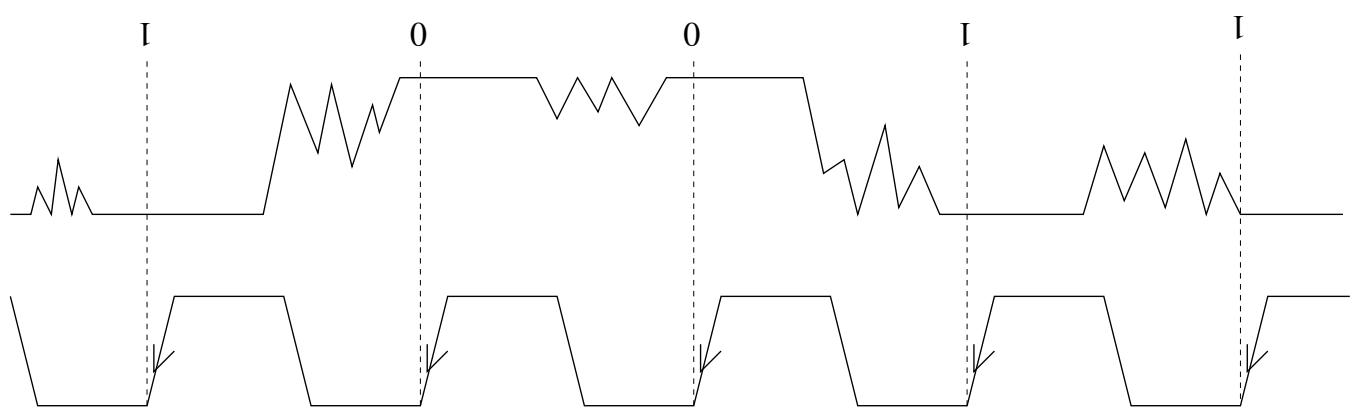
Χρονικός Περιορισμός: τα δεδομένα εισόδου μένουν σταθερά στο πλαίσιο *setup/hold* γύρω από την ακμή του ρολογιού.



Σύγχρονη Επικοινωνία

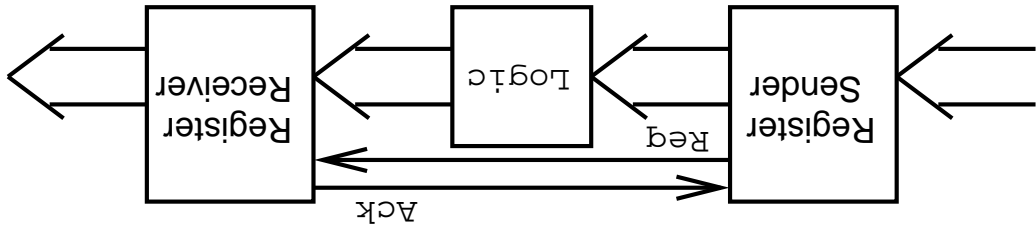
Χρόνια.

- μετάδοση/μετάβαση από κλικ σε κλικ με σταθερή ταχύτητα και σ-χρόνια.
- τα σήματα ανβρακίονυ μεταξύν ακμών (κλυσδωσίμοι - *hazards*).
- οι ακμές του ρολογιού καθορίζουν την διεγερσία των σήματων.



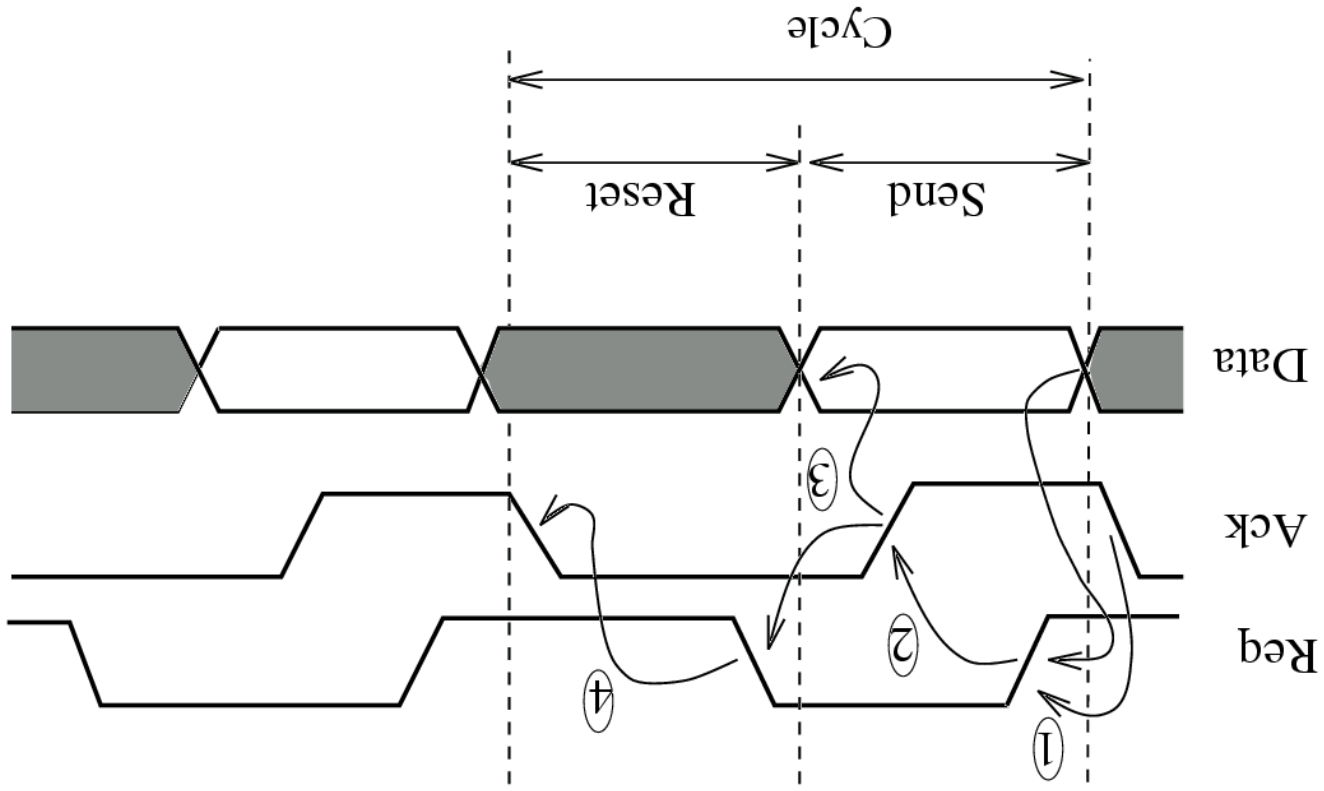
Σύγχρονη Επικοινωνία

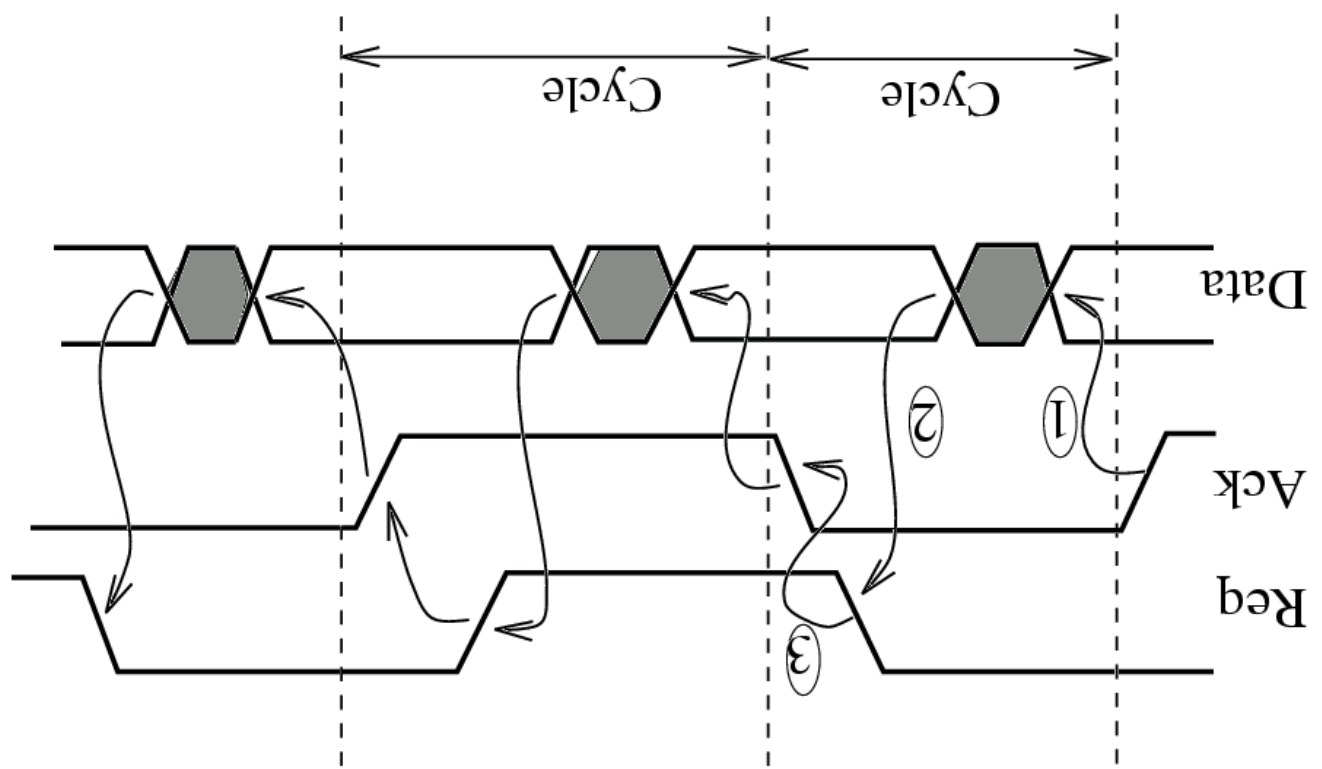
Ασύγχρονη Επικοινωνία



- Πρώτοκολλο χειραψίας (*handshake*) υλοποιεί την διαδικασία επικοινωνία αντί του (απο κοινού) ρολογιού.
 - 2 ή 4-ρων φάσεων.
 - Τρόποι Δειτυρηγίας:
 1. Όλα τα ψηφία των δεδομένων συντονίζονται από ένα σήμα, *Req* ή *Ack*. Πακέτο Δεδομένων.
 2. Τα δεδομένα είναι κατααλήθως κωδικοποιημένα, ώστε το κύκλωμα να αναγνωρίζει την άφιξη έγκυρων λέξεων. κωδικοποίηση 1-από-2 ή *m*-από-*n*.
- Επικοινωνία μεταξύ λογικής και ελέγχου μπορεί να υλοποιηθεί είτε με σταθερή καθυστέρηση (1), είτε με αναγνώριση ομοκαλήρωσης (2).

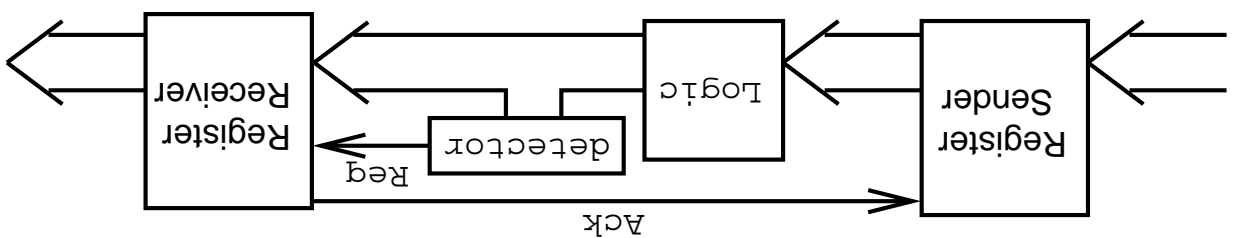
Πρωτόκολλο Χειραψίας 4 Φάσεων





Πρωτόκολλο Χειραψίας 2 Φάσεων

- Η ανακάλυψη ολοκλήρωσης βασίζεται στα εξής:
 1. κωδικοποίηση δεδομένων, λ.χ. διπλής παράστασης
 2. δυο φάσεις μονότονης λειτουργίας
- η ολοκλήρωση μιας λειτουργίας, π.χ. πρόσθεση, σηματοδοτείται από ξεχωριστή λέξη στην έξοδο και δηλώνεται το σήμα *Req*.
- απαιτούνται κωδικές λέξεις για (α) δεδομένα και (β) κενή λέξη.



Ανακάλυψη Ολοκλήρωσης

1000	κενό
0001	λογικό 0
0010	λογικό 1
0100	λογικό 2
1000	λογικό 3

Κώδικας Σημασία

Κωδικοποίηση 1 από 4:

00	κενό
01	λογικό 0
10	λογικό 1

Κώδικας Σημασία

Κωδικοποίηση 1 από 2:

Κωδικοποίηση Σημάτων για Αναγνώριση Ολοκλήρωσης

Αναγνώριση Ολοκληρώσης

- λογική 1-από-2 ή m-από-n χρησιμοποιείται για αναγνώριση ολοκληρώσης.

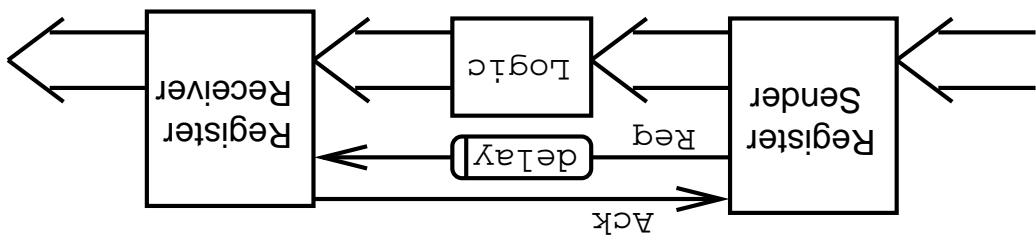
- βασικά χαρακτηριστικά:

- 2 φάσεις λειτουργίας, $\Delta E \Delta \rightarrow \Delta E \Delta$, $K E N O \rightarrow K E N O$ (μονότονη λογική).
- κωδικές λέξεις για δεδομένα και κενό.
- ασθενούς ή ισχυρής ένδειξης.
- χρήση μόνο μονότονης λογικής, δεν χρειάζονται αντιστροφές.

- ολική μετατροπή του κυκλώματος που ακριβή.

- η φάση $K E N O \rightarrow K E N O$ επιβαρύνει κατά πολύ την λειτουργία.

- Χρονικά περιθώρια απαιτούνται.
- Μείραμε ή υπολογίζουμε την μέγιστη καθυστέρηση της λογικής ανάλογα με την κριτική οδό της λογικής.
- Παρόμοια με την σύγχρονη μέθοδο.



Σταθερή Καθυστέρηση

των.

- στα ασύγχρονα κυκλώματα η περιγραφή αντιστοιχεί σε εξαρτήσεις μεταξύ σημάτων.
- περιγραφή του κυκλώματος γίνεται με χρονικό διάγραμμα (στον 1ο κύκλο, στον 2ο κύκλο... κ.λ.π.).
- πίνακας ρολής ή διάγραμμα καταστάσεων → ακολουθιακά κυκλώματα.
- πίνακας αληθείας → συνδυαστικά κυκλώματα.
- Συμβατικός ορισμός ψηφιακών κυκλωμάτων: πίνακας αληθείας ή πίνακας ρολής.

Σχεδίαση Ψηφιακών Κυκλωμάτων

- λογικές πύλες
- πολλαπλασιαστές, διαιρέτες, μετατροπείς κ.λπ.

υλοποίηση συνδυαστικών κυκλωμάτων:

α	β	έξοδος
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

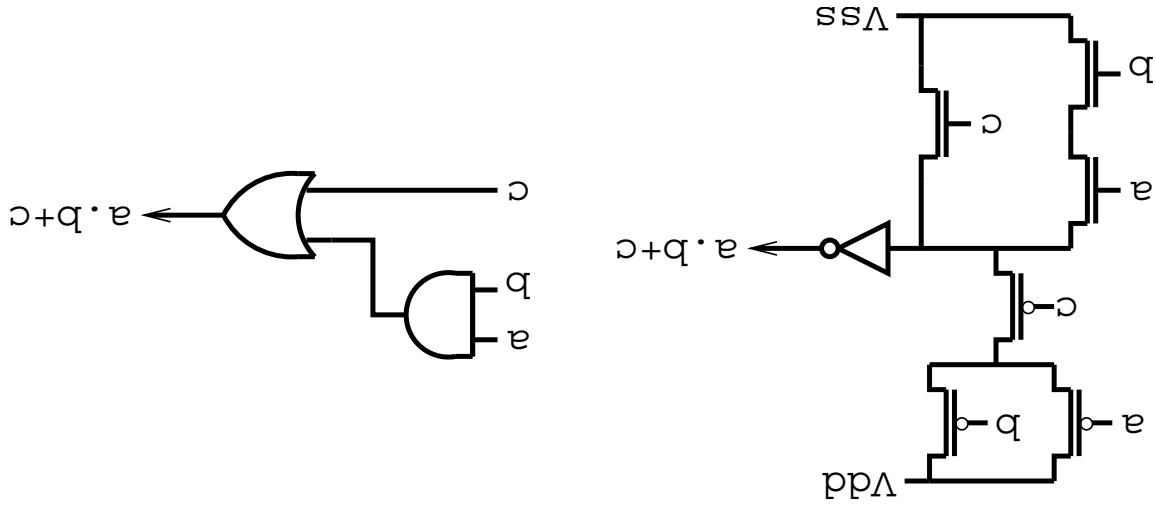
παραδειγμα - λογική πύλη σύζευξης (AND):

- Η έξοδος είναι συνάρτηση της εισόδου.
- Ο ορισμός γίνεται με ένα πίνακα αλήθειας.

Συνδυαστικά Κυκλώματα

Υλοποίηση Συνδιαστικών Κυκλωμάτων

παράδειγμα:



		1	2	3	4
	0	(1), 00	(3), 11	(3), 11	1, 00
x	1	(2), 01	(2), 01	4, 10	(4), 10

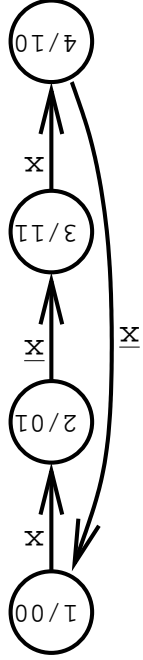
Πίνακας Pofis:
 παράδειγμα - μετρητής 2 ψηφίων:

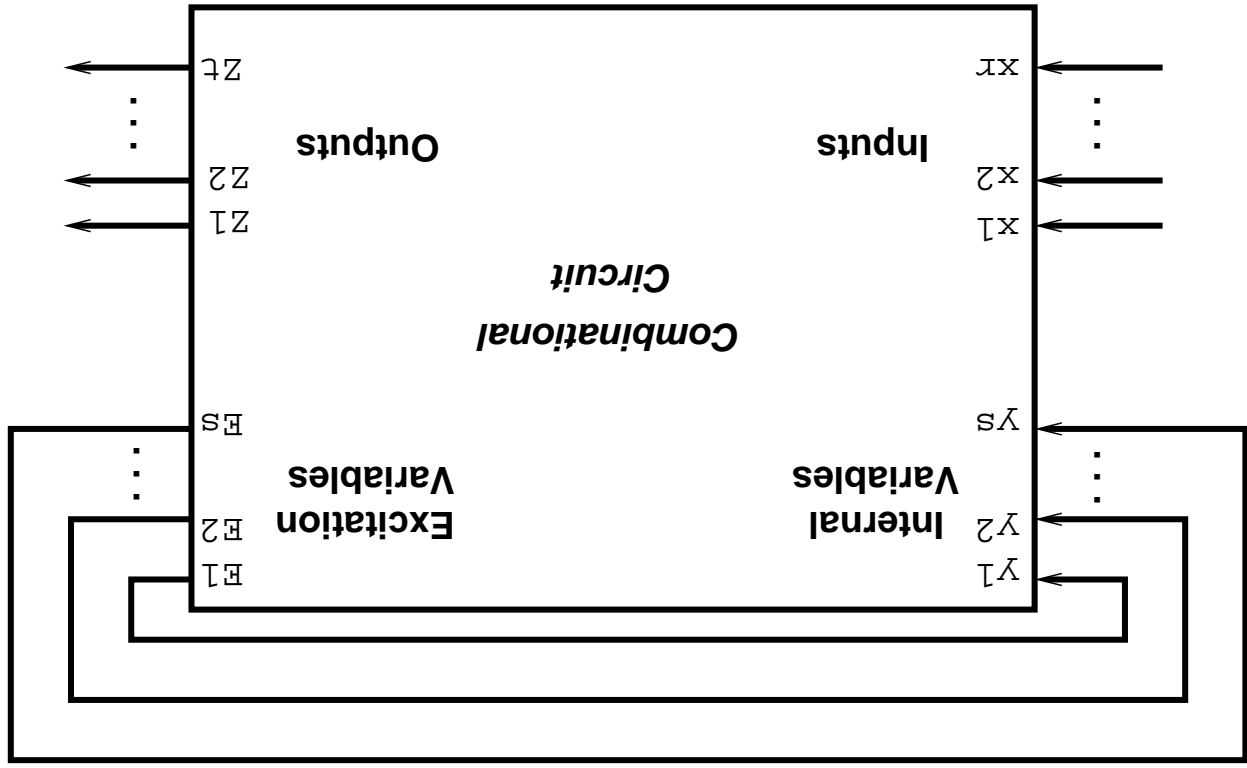
- Η έξοδος είναι συνάρτηση της εισόδου και της παρούσας καταστάσης.
- Ο ορισμός μπορεί να γίνει με διάγραμμα καταστάσεων ή με πίνακα Pofis.

Ακολουθιακά Κυκλώματα

Ακολουθιακά Κυκλώματα

παράδειγμα - μετρητής 2 ψηφίων:
Διάγραμμα Καταστάσεων:

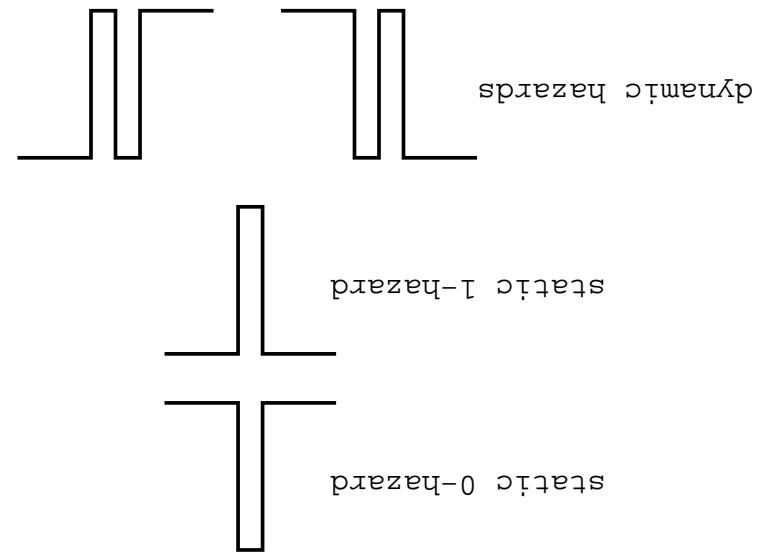




Γενηκί μορφή ακολουθιακού κυκλώματος:

Γλοποίηση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

- Προκαλούνται από τις καθυστερήσεις των λογικών πυλών και συνδέσεων.



Κίνδυνοι/Καθυστερήσεις (*Hazards*):

Υλοποίηση Συνδυαστικών Κυκλωμάτων

Επιρροή περιβάλλοντος (*SIC, MIC*).

- Συνδυαστικοί κλυσματισμοί στις εξόδους του ακολοθιακού κυκλώματος.

2. Εξόδων

- Κίνδυνοι που οδηγούν ένα κύκλωμα σε λάθος κατάσταση.
- Δεν απαλείφονται, αλλά αποφεύγονται με την εφαρμογή καθυστέρησης.

1. Θεμελιώδεις (*Essential*)

Κίνδυνοι/Κλυσματισμοί:

Υλοποίηση Ακολοθιακών Κυκλωμάτων

Υλοποίηση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

Ανταγωνισμός/Δρομήσεις (Races):

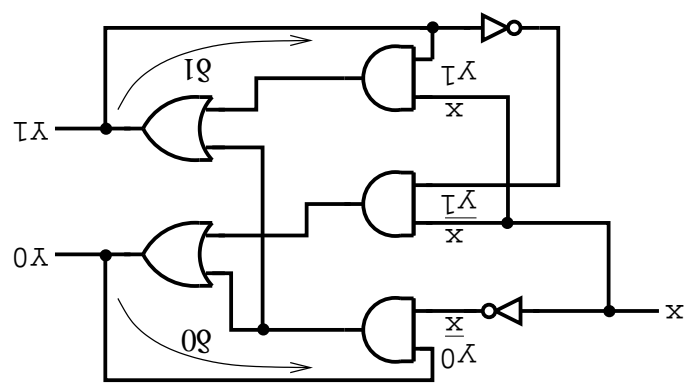
- Περιπτώσεις όπου η σωστή λειτουργία ενός κυκλώματος εξαρτάται από την σειρά εναλλαγής των μεταβλητών κατάστασης.
- Προκαλούν αύξηση των μεταβλητών κατάστασης.
- Θέση Μοναδικής Κωδικοποίησης Καταστάσεων (*Unique State Coding*): οι διαφορικές συμπεριφορές ενός κυκλώματος στον χρόνο, αντιπροσωπεύονται από διαφορικές εναλλακτικές-αποληκτικές καταστάσεις “

		0	1
κωδ.	1	(1), 00	(4), 10
		2, 01	3, 11
		(2), 01	(3), 11
		4, 10	1, 00
		(4), 10	

x

μετρήτης 2 ψηφίων:
Πίνακας Pops:

Παράδειγμα Ασύγχρονου Κυκλώματος



$$y_0 = x \cdot y_1 + \overline{x} \cdot y_0$$

	0	1
0	0	1
1	1	0

Truth table for $y_0 = x \cdot y_1 + \overline{x} \cdot y_0$. The output is 1 for (0,1) and (1,0) inputs.

$$y_1 = x \cdot y_1 + \overline{x} \cdot y_0$$

	0	1
0	0	0
1	1	1

Truth table for $y_1 = x \cdot y_1 + \overline{x} \cdot y_0$. The output is 1 for (1,0) and (1,1) inputs.

Παράδειγμα Ασύγχρονου Κυκλώματος - Κυκλώμα 1

Παράδειγμα Ασύγχρονου Κυκλώματος

Ανάυση:

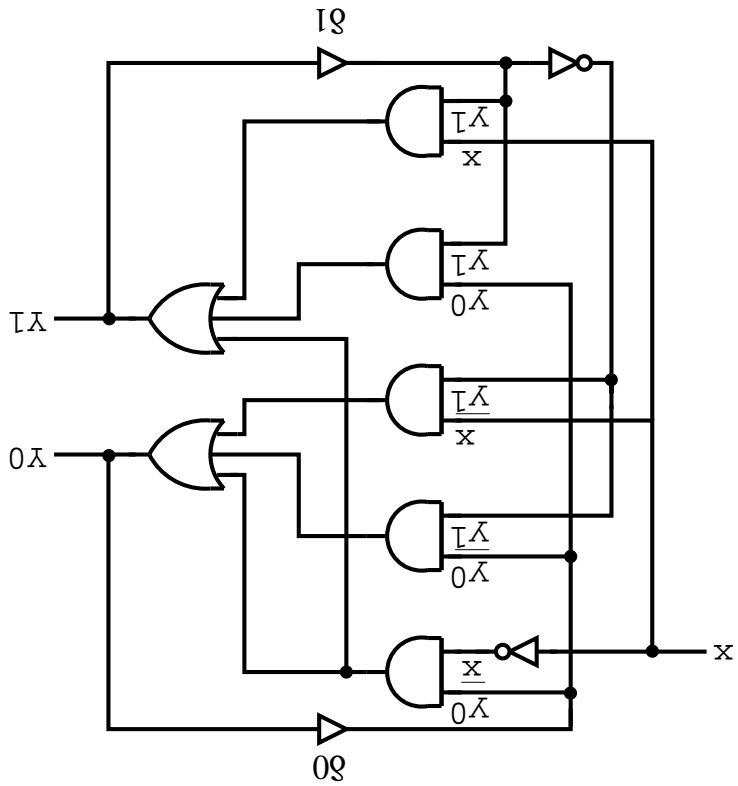
Συνδυαστικοί Κίνδυνοι

- 1-κλιματισμός στο T0 όταν T1T0 = 01.
- 1-κλιματισμός στο T1 όταν T1T0 = 11.

Ακολουθιακοί Κίνδυνοι

- Θμελιώδεις κίνδυνοι σε κάθε κατάσταση.
- Συνθήκη: Αν η είσοδος x αλλάξει 3 φορές, η τελική κατάσταση θα είναι διαφορετική από αν αλλάξει μία.

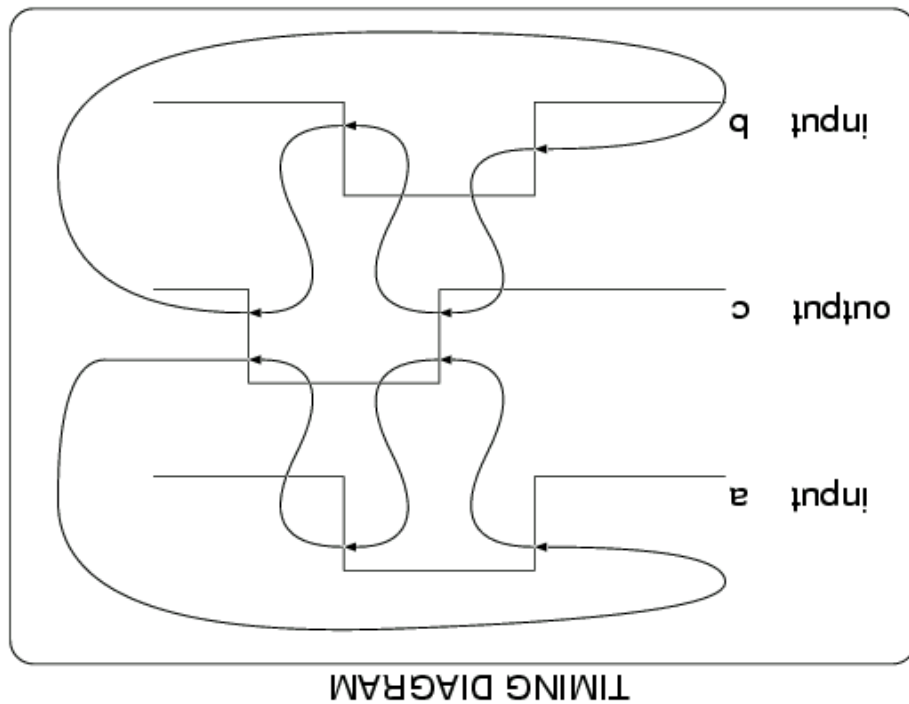
όπου $\delta 0 > \delta_{inverter}$ και $\delta 1 > \delta_{inverter}$.



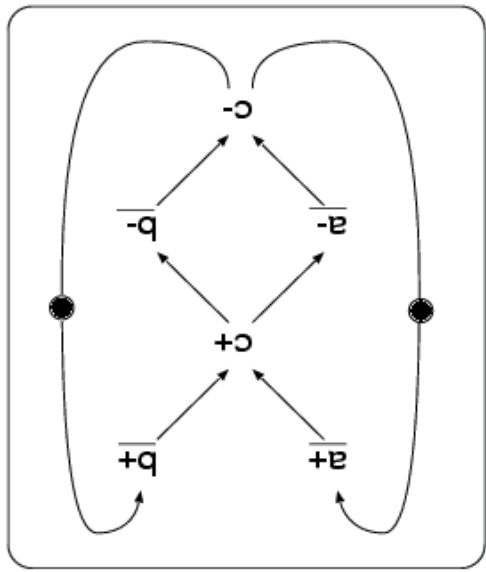
Παράδειγμα Ασύγχρονου Κυκλώματος - Κυκλώμα 2

Ορισμός Ασύγχρονων Κυκλωμάτων

- μπορεί να γίνει με τον συμβατικό τρόπο: πίνακας αλήθειας, πίνακας ρολής ή διάγραμμα καταστάσεων.
- επίσης μπορεί να γίνει με Διάγραμμα Εναλλαγής Σημάτων (*Signal Transition Graph*).
- το *STG* είναι ένα είδος *Petri-net*, δηλαδή επέκταση ενός διαγράμματος καταστάσεων.
- ένα ασύγχρονο κύκλωμα ορισμένο με *STG* μπορεί να καταλήξει σε συνδυαστικό ή ακοιλουθησιακό κύκλωμα.



TIMING DIAGRAM

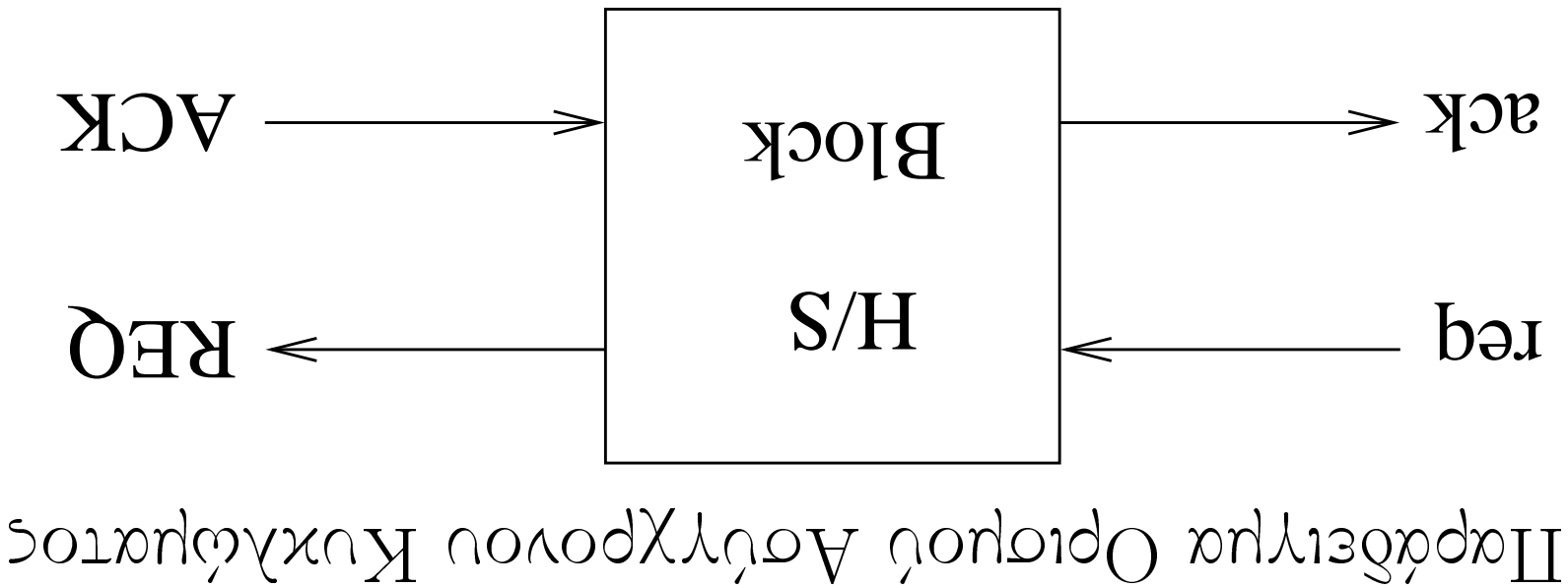


STG

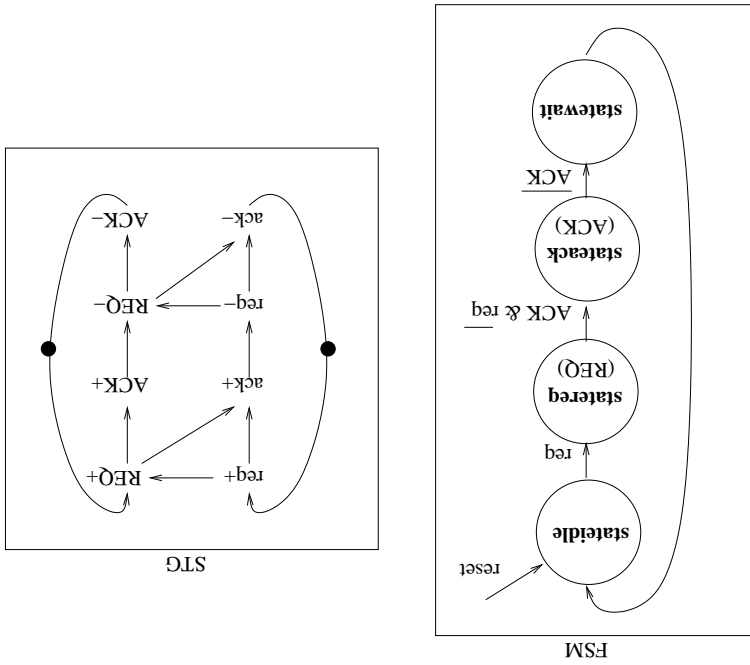
Παράδειγμα Ορισμού με STG

Ορισμός πύλης (C-Muller) που υλοποιεί σύζευξη (AND) για events:

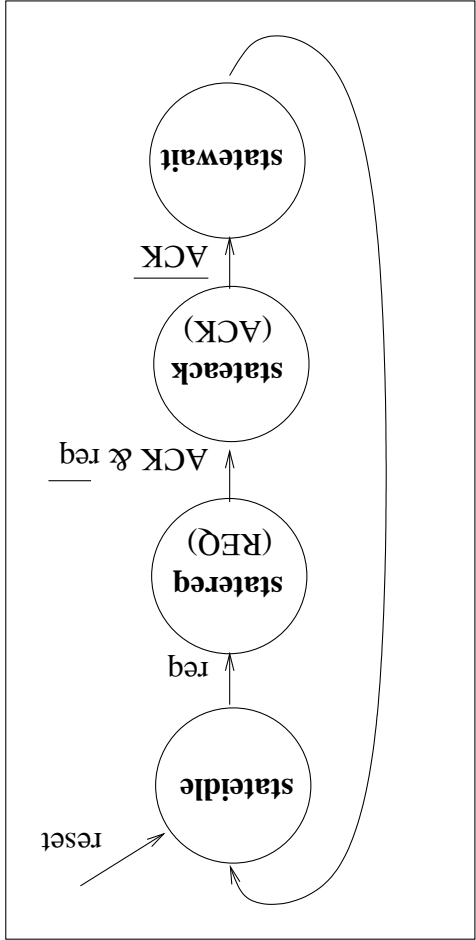
- το πιο σύνθετο ασύγχρονο κύκλωμα, ένα στοιχείο χειραψίας.



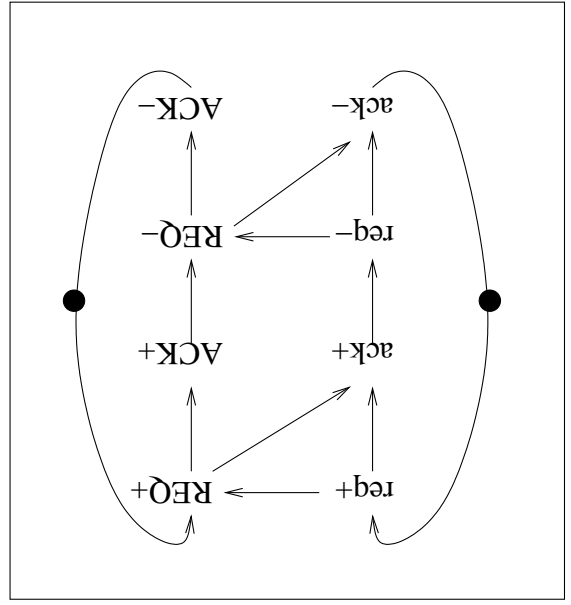
- Μπορούμε να το ορίσουμε σαν *FSM*, ή σαν *STG*.
- η *FSM* δεν περιέχει αρκείτες πληροφορίες για επαλήθευση της ορθής λειτουργίας.
- Το *STG* εκφράζει τον απαραίτητο παραλληλισμό ανάμεσα στην δεξιά και αριστερή πλευρά.



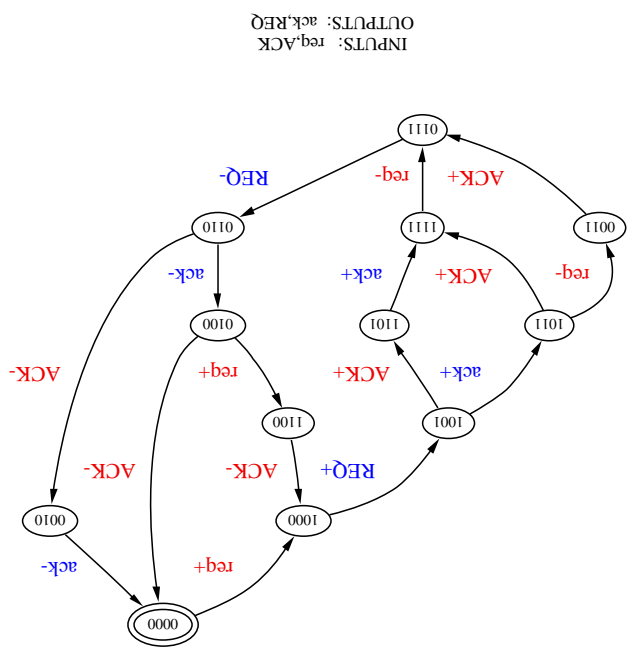
Πώς το ορίζουμε;



FSM

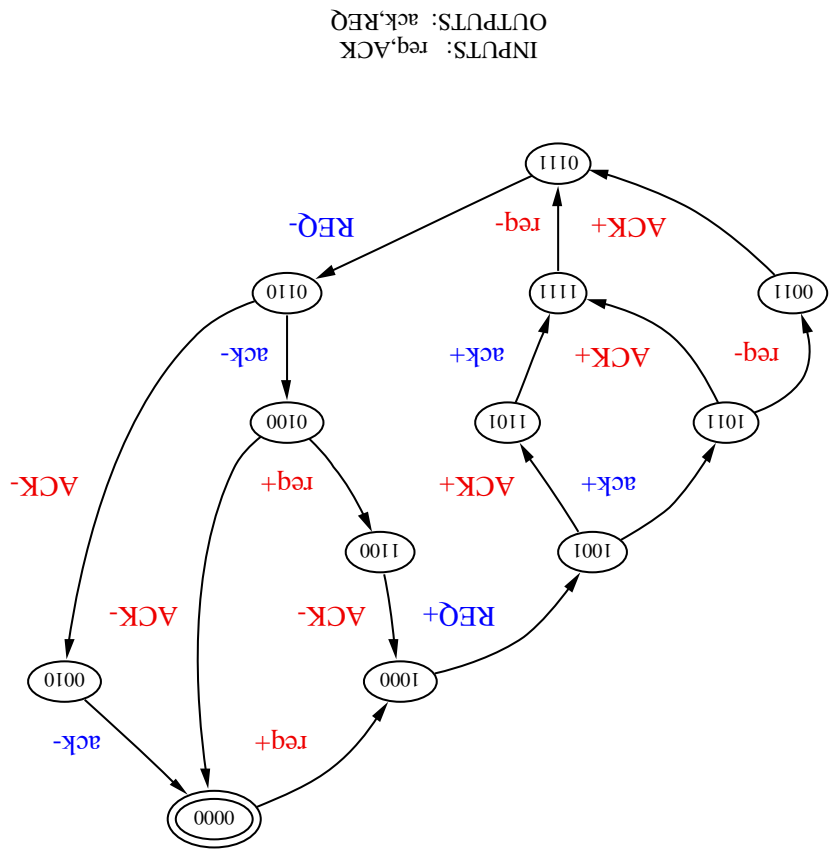


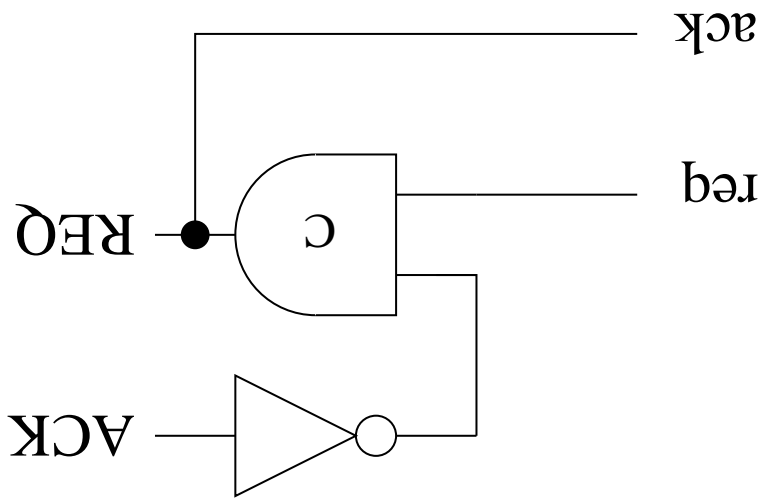
STG



- Από το *STG* μπορούμε να κατασκευάσουμε τον γράφο καταστάσεων.
 - Κάθε κατάσταση στο γράφο είναι το διάνυσμα εισόδων-εξόδων.

Σύνθεση Ασύγχρονου Κυκλώματος



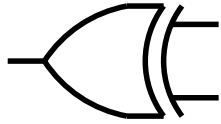


- $ack = REQ.$

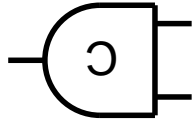
- $REQ = REQ(ACK + req) + \overline{ACK}req.$

Σύμβαση Ασύγχρονου Κυκλώματος

Παραδείγματα Ασύγχρονων πυλών



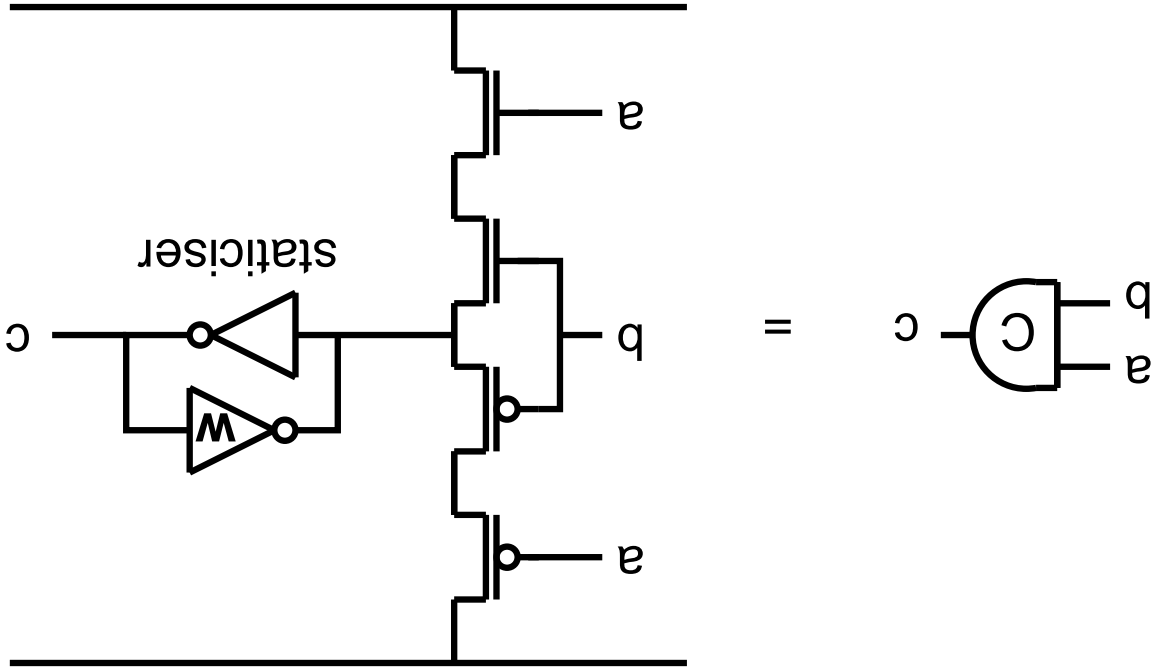
XOR Gate = OR for events



C-Muller gate = AND for events

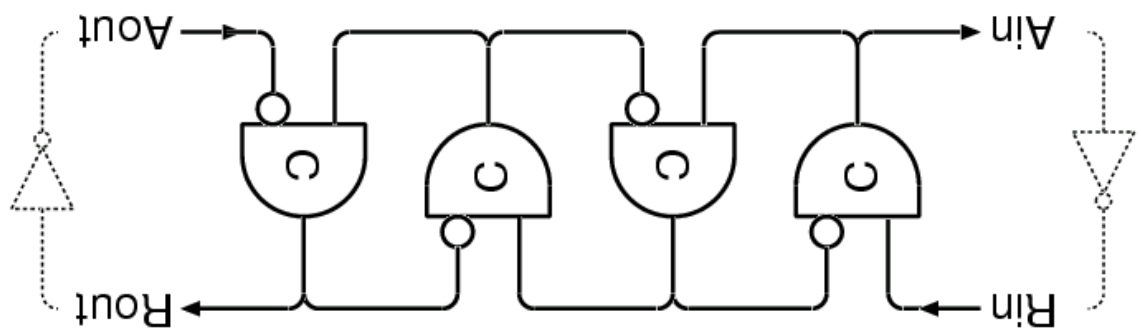
Πίνακας Αλήθειας Πύλης C – Muller:

a	b	c
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1



Υλοποίηση Πύλης C - Muller

σημ.: τα γεγονότα (*events*) είναι ακμές.



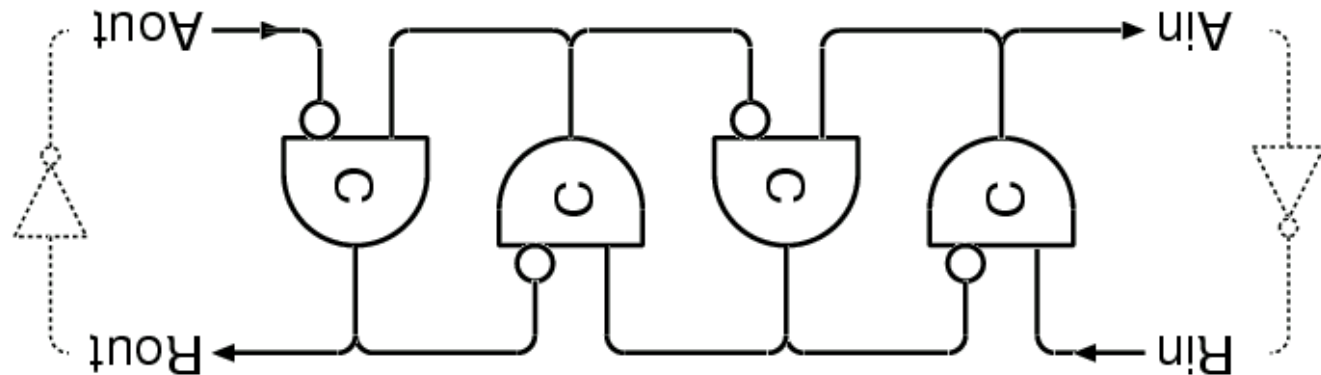
Παράδειγμα - *Event FIFO* :

Χρονες πύλες.

- Μπορούμε να υλοποιήσουμε ασύγχρονα κυκλώματα βασισμένοι σε βασικές ασύγχρονες πύλες.

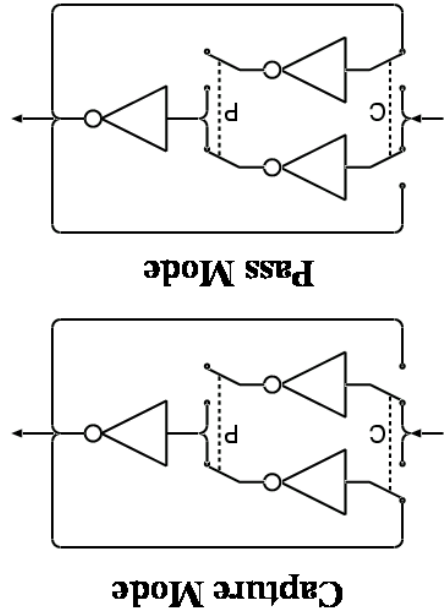
Παράδειγμα Ασύγχρονου Κυκλώματος

Αν το προηγούμενο και επόμενο στάδιο διαφέρουν:
 ΤΟΤΕ αντέγραψε το προηγούμενο,
 Αλλιώς μείνε στην κατάσταση που είσαι.



Event FIFO

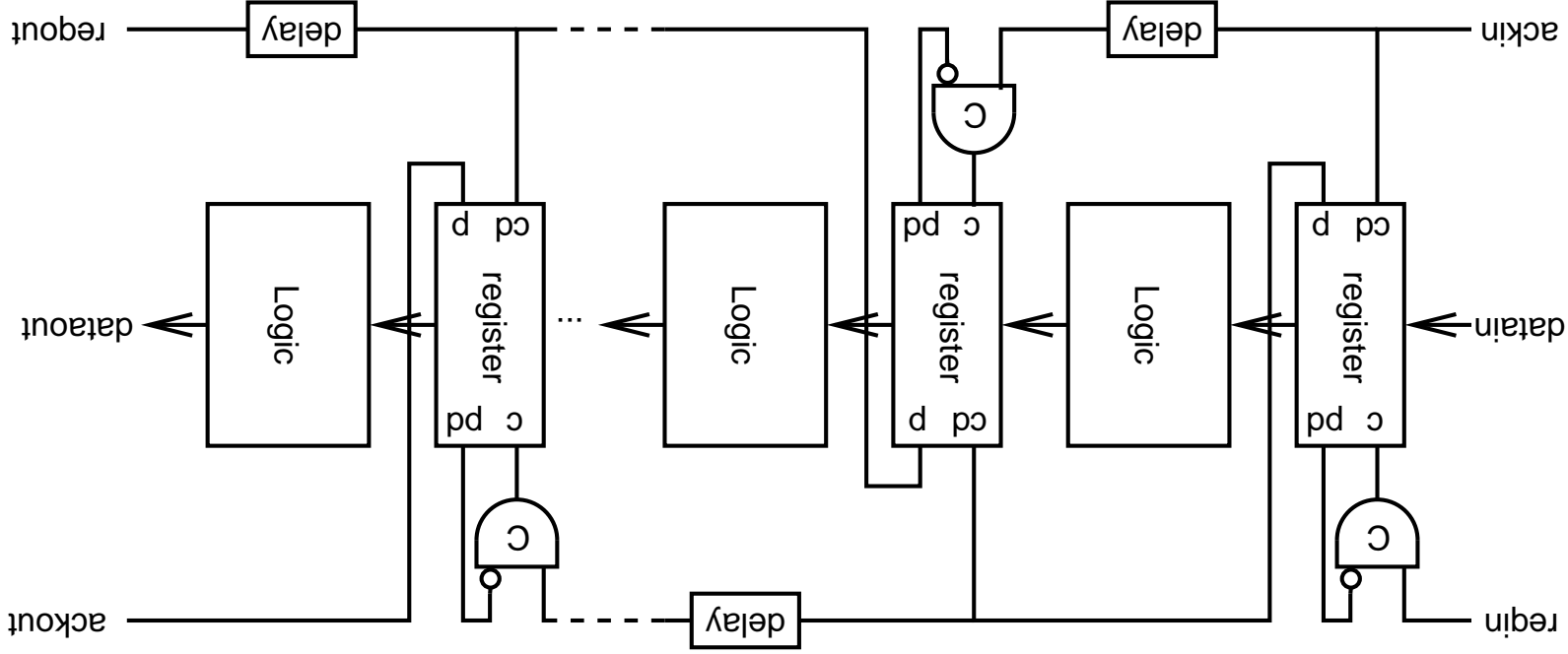
Αν τα δύο σήματα C και P είναι τα ίδια τότε η είσοδος περνάει στην έξοδο, αν όχι τότε η έξοδος απομονώνεται από την είσοδο.



Capture/Pass Latches

MicroPipeline

Χρησιμοποιώντας τα 2 προηγούμενα κυκλώματα μπορούμε να υλοποιήσουμε ένα ασύγχρονο pipeline (Sutherland):



Τρόποι Υλοποίησης Ασύγχρονων Κυκλωμάτων

- Ασύγχρονες Πύλες, π.χ. *C-Muller*, *XOR*, *Toggle*.
- *MicroPipeline*.
- *AFSM* → *transistor netlist*, *AFSM* → *std-gate netlist*.
- *STG* → *AFSM* → κύκλωμα.
- *Program (CSP)* → *CMOS*, *Program* → *STG*.

Κατηγοριοποίηση Κυκλωμάτων - Μοντέλα Καθυστορήσεων

- Τα μοντέλα καθυστορήσεων εφευρέθηκαν στα μέσα στα μέσα ενός κυκλώματος για να διαλυθούν την πιθανότητα λαθών ή να επιβεβαιώσουν την ύπαρξη τους:
- 1. μη-ευαίσθητο-στις-καθυστορήσεις (*delay-insensitive*):
 - Εφαρμόζει καθυστορήσεις σε όλα τα μέλη ενός κυκλώματος και στις συνδέσεις.
 - 2. ανεξάρτητο-ταχύτητας (*speed – independent*):
 - Εφαρμόζει καθυστορήσεις μόνο στις συσκευές ενός κυκλώματος θεωρώντας ότι οι καθυστορήσεις των συνδέσεων είναι αμελητέες.
 - 3. ημι-ευαίσθητο-στις-καθυστορήσεις (*quasi-delay-insensitive*):
 - Συνδυασμός των δύο παραπάνω.

- Τα συγχρονα κυκλώματα δεν βασίζονται σε ένα καθολικό σήμα συγχρονισμού αλλά σε τοπικούς συγχρονισμούς/επικοινωνίες.
- Οι δυο συνηθισμένοι τρόποι επικοινωνίας περιλαμβάνουν τα 2 πρώτοκολλα χειραψίας.
- Τρόπων διάφοροι τρόποι υλοποίησης συγχρονών μονάδων: π.χ. με αναπλήρωση ολόκληρης ή σταθερή καθυστέρηση.
- Ο ορισμός συγχρονών κυκλωμάτων ελέγχου και υλοποίηση γίνεται με διάφορους τρόπους.
- Η υλοποίηση συγχρονών *FIFO/Pipelines* είναι εξαιρετικά εύκολη με τύλες *C-Muller*.
- Η σωστή υλοποίηση *AFSMs* πρέπει μην επηρεάζεται από λάθη και κυνηγητά.
- Το μοντέλο καθυστέρησης και η συμπεριφορά του περιβάλλοντος του κυκλώματος παίζουν ρόλο στην σωστή λειτουργία του.

Περιλήψη