

HY437 – Αλγόριθμοι CAD

Διδάσκων: Χ. Σωτηρίου

<http://inf-server.inf.uth.gr/courses/CE437/>

I

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

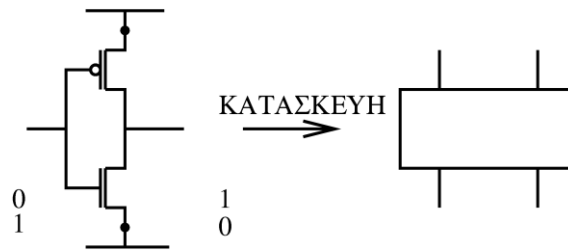
Περιεχόμενα

- ▶ Έλεγχος Σφαλμάτων μετά την Κατασκευή
- ▶ Μοντέλο Κολλημένο-στο-0, -1
- ▶ Παραδείγματα Διαδικασίας Ελέγχου
- ▶ Λογική 5-Τιμών
- ▶ Δέντρο Αποφάσεων και η Τεχνική της Υπαναχώρησης (Backtrack)
- ▶ Γενικός Αλγόριθμος ATPG για 1 Σφάλμα
 - ▶ Παράδειγμα εκτέλεσης
- ▶ Επιλογή Κόμβου
- ▶ Ισοδύναμα Σφάλματα
- ▶ Συνολική Διαδικασία ATPG
- ▶ Εσωτερική Σάρωση

▶ 2

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Πως Ελέγχουμε την Ορθή Κατασκευή;

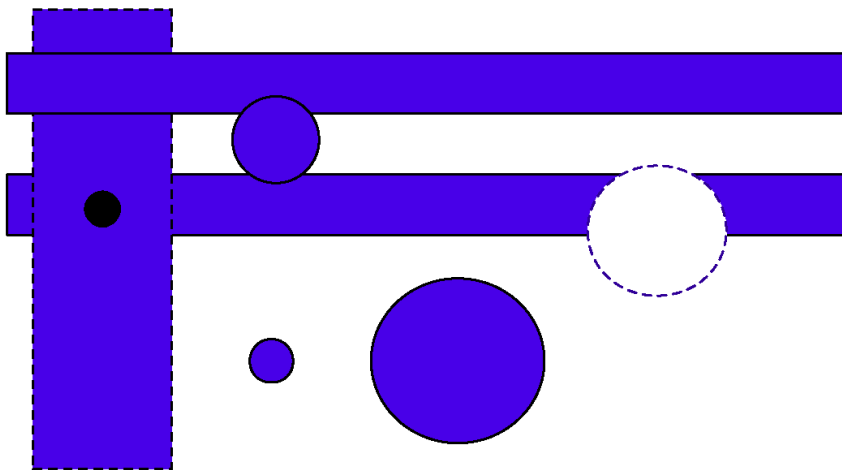


- ▶ Εφαρμόζουμε ακολουθία εισόδων
- ▶ Παρατηρούμε απόκριση εξόδων
- ▶ Συγκρίνουμε με το αναμενόμενο αποτέλεσμα
- ▶ Κάθε απόκλιση αντιστοιχεί σε σφάλμα και προκαλείται από κατασκευαστικό ελάττωμα

▶ 3

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Παραδείγματα Κατασκευαστικών Σφαλμάτων



▶ 4

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Μοντέλο Κατασκευαστικών Σφαλμάτων

- ▶ Τα σφάλματα προκαλούνται από
 - ▶ γεφυρώσεις σημείων
 - ▶ βραχυκυκλώματα
 - ▶ ανοίγματα στο κύκλωμα
 - ▶ κλειστά, ανοικτά τρανζίστορ

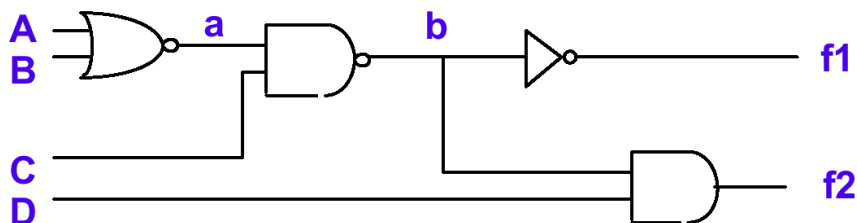
- ▶ μπορούν να αναχθούν στο εξής εμπειρικό μοντέλο
 - ▶ **κολλημένο-στο-0, κολλημένο-στο-1**
 - ▶ **stuck-at-0, stuck-at-1**
 - ▶ για κάθε σημείο, δηλ. σύνδεση του κυκλώματος

▶ 5

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Παράδειγμα Σφαλμάτων σε Κύκλωμα

- ▶ Η κάθε είσοδος, εσωτερική σύνδεση, ή και έξοδος μπορεί να είναι κολλημένη-στο-0 ή κολλημένη-στο-1, λ.χ. a, b

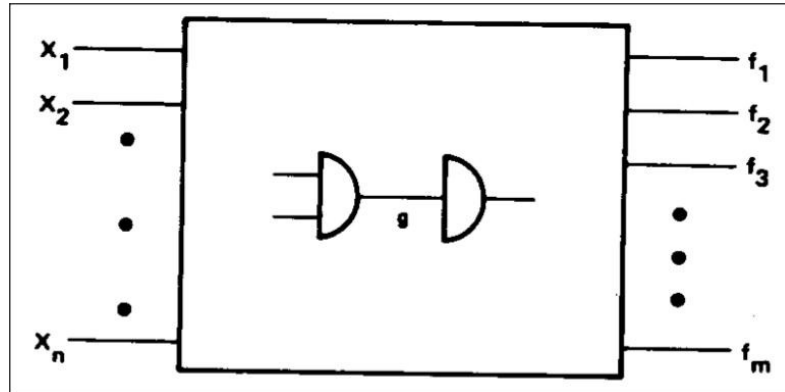


- ▶ Διαδικασία Ελέγχου Σφάλματος
 - ▶ Θέτουμε σε κατάλληλη τιμή το σημείο υπό έλεγχο
 - ▶ Προάγουμε την τιμή του σημείου σε ορατό σημείο (έξοδο)

▶ 6

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Δόκιμη Έκφραση της Διαδικασίας Ελέγχου

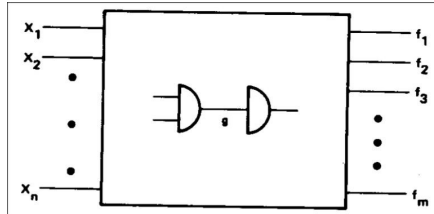


- ▶ Σημείο ελέγχου g (s-a-0)
- ▶ Βάση της δομής του κυκλώματος
 - ▶ $g = G(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $f_j = F_j(g, x_1, x_2, \dots, x_n)$

▶ 7

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Δόκιμη Έκφραση της Διαδικασίας Ελέγχου



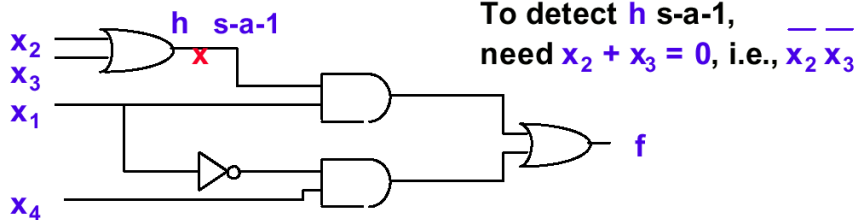
- ▶ Βάση της δομής του κυκλώματος
 - ▶ $g = G(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $f_j = F_j(g, x_1, x_2, \dots, x_n)$
- ▶ Το πρόβλημα ελέγχου ισοδυναμεί με την επίλυση των
 - ▶ $g = G(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1$ και $F_j(0, x_1, x_2, \dots, x_n) \neq F_j(1, x_1, x_2, \dots, x_n)$
 - ▶ Ισοδύναμα
 - ▶ $F_j(0, x_1, x_2, \dots, x_n) (+) F_j(1, x_1, x_2, \dots, x_n) = 1$

▶ 8

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Παράδειγμα Διαδικασίας Εύρεσης Διάνυσματος - 1

- ▶ Για να διαγνώσει ένα διάνυσμα X ένα σφάλμα $s-a-j$, σε σημείο h
 - ▶ η είσοδος, X πρέπει να αναθέσει στο σημείο h , του κυκλώματος χωρίς σφάλμα, στην τιμή j'



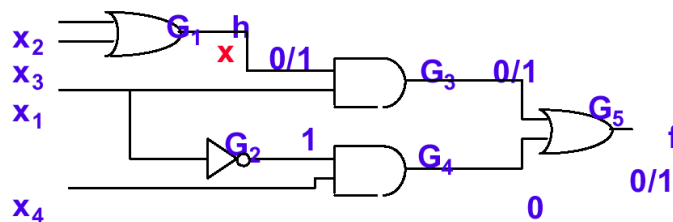
- ▶ η παραπάνω προϋπόθεση είναι αναγκαία, αλλά όχι επαρκής
 - ▶ το σφάλμα θα πρέπει να προαχθεί για να γίνει ορατό σε έξοδο

▶ 9

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Παράδειγμα Διαδικασίας Εύρεσης Διάνυσματος - 2

- ▶ Το σημείο δοκιμής πρέπει και να διαδοθεί σε έξοδο



- ▶ h $s-a-1$, for h to be 0 , need $x_2 = x_3 = 0$ ($x_2 x_3$)
- ▶ Υπάρχει μόνο μια οδός διάδοσης, η G_3 , G_5
- ▶ Για να διαδοθεί το σφάλμα μέσω της G_3 , πρέπει $x_1 = 1$
- ▶ Για να διαδοθεί μέσω της G_5 , πρέπει $x_4 = 0$
- ▶ Διάνυσμα δοκιμής $x_1 x_2 x_3 x_4 = 1000$

▶ 10

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Λογική 5 Τιμών για Υπολογισμό Διανυσμάτων Κατασκευαστικής Δοκιμής

- ▶ Για την αλγοριθμική ανάλυση των διανυσμάτων δοκιμής είναι εξαιρετικά χρήσιμη η **Άλγεβρα 5 τιμών**
 - ▶ $\{0, 1, D, D', X\}$
 - ▶ D = τιμή 1 για το κύκλωμα χωρίς σφάλμα
 - ▶ D' = τιμή 0 για το κύκλωμα χωρίς σφάλμα
 - ▶ X = αδιάφορη τιμή (DC)

FIVE-VALUED LOGIC SYSTEM USED IN TEST GENERATION					
B = NOT A			C = A AND B		
A	B		A^B	0	1
0	1		0	0	0
1	0		0	1	x
x	x		0	x	x
D	D̄		D	D	D
D̄	D		0	D̄	x

▶ 11

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

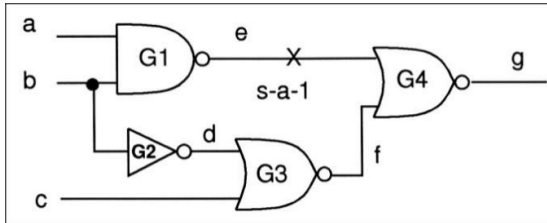
Δέντρο Αποφάσεων και Υπαναχώρηση

- ▶ **Δέντρο Αποφάσεων**
 - ▶ Οι επιλογές των PIs του αλγορίθμου υπολογισμού διανυσμάτων ουσιαστικά αντιστοιχούν σε ένα δέντρο αποφάσεων
 - ▶ Παρόμοιο με δέντρο που είδαμε στο πρόβλημα UCP
 - ▶ Ή γενικά σε αλγορίθμους τύπου Επιλογής και Φραγής (Branch and Bound)
- ▶ **Ορισμός[Υπαναχώρηση (Backtracking)]**
 - ▶ Η υπαναχώρηση είναι η διαδικασία ανάκλησης μιας πρόσφατης απόφασης ενός αλγορίθμου
 - ▶ Συμβαίνει όταν βρεθεί αντίφαση στην προηγούμενη απόφαση
 - ▶ Συσχετίζεται με αλγορίθμους τοπικών αποφάσεων, χωρίς καθολική πληροφορία

▶ 12

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Παράδειγμα Αποφάσεων και Υπαναχώρησης

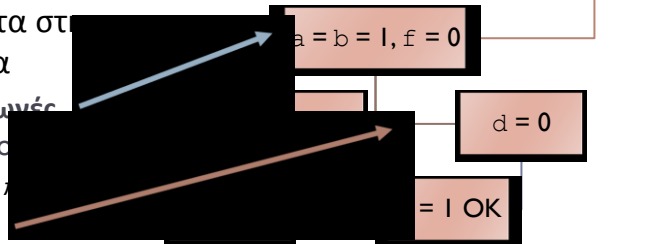


- ▶ Δυο Βήματα στη διαδικασία

- ▶ Συνεπαγωγές (Implications)

- ▶ Προς τα εμπρός

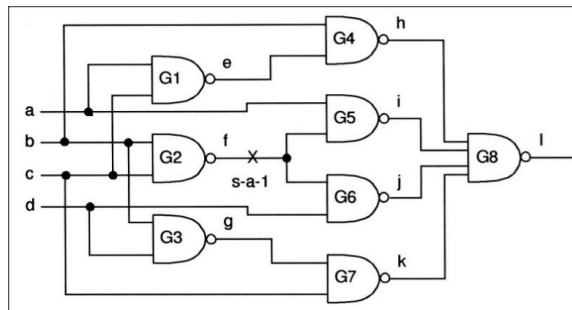
- ▶ Επιλογές



▶ 13

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Παράδειγμα Χωρίς Επιλογή



- ▶ Για $f = s-a-1 \rightarrow f = 0$ – η συνάρτηση IMPLICATIONS υπολογίζει τις συνεπαγωγές προς τα μπρός και πίσω βάσει της τρέχουσας κατάστασης των σημάτων – καθολική πληροφορία
- ▶ $IMPLICATIONS(f = 0) = \{(b = c = 1), (h = 1), (k = 1), (l = 0)\}$
- ▶ $IMPLICATIONS(\{(b = c = 1), (h = 1), (k = 1), (l = 0)\}) = \{(e = g = 0, a = d = 1)\}$

▶ 14

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Γενικός Αλγόριθμος ATPG

Αλγόριθμος GENERAL_ATPG_SINGLE_STUCK_AT(f, BN)

```
f = D; while (1)
{
  IMPLICATIONS();
  if (FRONTIER() ≥ PO) // frontier includes a P.O. //
  {
    do {
      IRESULT = IMPLICATIONS(); // continue computing implications //
      if (IREULT == NULL) // found conflict //
        BACKTRACK(); break; // revert last decision //
    } while (node assignments increasing) // until no more deducible //
    if (all nodes set) return; // test found //
  }
  if (FRONTIER() == NULL)
    BACKTRACK(); break;
  if (|FRONTIER()| == 1) // frontier includes a single gate //
    IMPLICATIONS(); // non-controlling values on side inputs of frontier //
  if (|FRONTIER()| > 1)
  {
    xi = CHOOSE_NET(); // make decision on net NOT reachable from fault //
    FORCE(xi, 0 or 1); // either to 0 or 1 //
  }
}
```

▶ 15

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

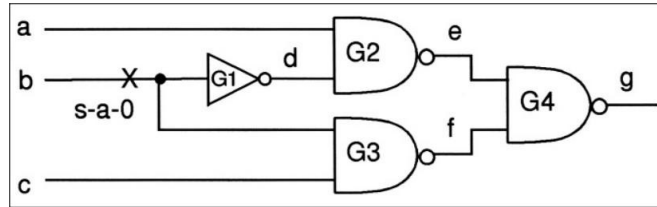
Γενικός Αλγόριθμος ATPG

- ▶ IMPLICATIONS ()
 - ▶ Υπολογίζει συνεπαγωγές προς τα εμπρός
 - ▶ Πλευρικές εισόδους στο μέτωπο του D
 - ▶ ή προς τα πίσω
 - ▶ Από τα POs ή το μέτωπο προς τις εισόδους της τρέχουσας πύλης
- ▶ FRONTIER ()
 - ▶ Επιστρέφει λίστα με τα σημεία του μετώπου
 - ▶ Συνδέσεις στο κύκλωμα με τιμές D, D'
- ▶ BACKTRACK ()
 - ▶ Αντιστρέφει την τελευταία απόφαση στο δέντρο αποφάσεων
- ▶ CHOOSE_NET ()
 - ▶ Επιλέγει ένα σημείο/σύνδεση που δεν είναι προσβάσιμο από το σημείο του σφάλματος
- ▶ FORCE ()
 - ▶ Θέτει την τιμή μιας σύνδεσης σε 0 ή 1

▶ 16

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Παράδειγμα εκτέλεσης Αλγορίθμου ATPG

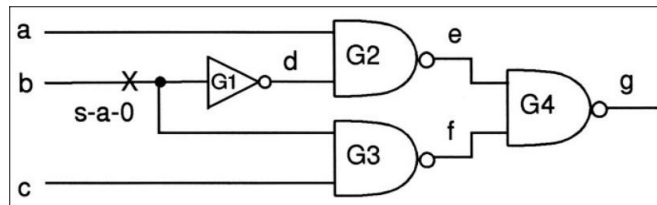


- ▶ $b = D$;
- ▶ $\text{IMPLICATIONS}() \rightarrow d = D'$
- ▶ $\text{FRONTIER}() = \{G2, G3\}$ (2 πύλες)
- ▶ $\text{CHOOSE_NET}() = a, \text{FORCE}(a, 1)$
- ▶ $\text{IMPLICATIONS}() \rightarrow e = D$
- ▶ $\text{FRONTIER}() = \{G3, G4\}$ (2 πύλες)

▶ 17

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Παράδειγμα εκτέλεσης Αλγορίθμου ATPG



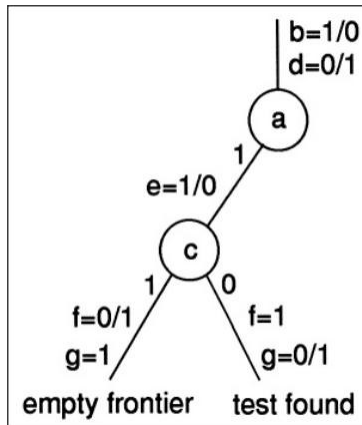
- ▶ $\text{CHOOSE_NET}() = c, \text{FORCE}(c, 1)$
- ▶ $\text{IMPLICATIONS}() \rightarrow f = D'$
- ▶ $e = D, f = D' \rightarrow g = 1$
- ▶ $\text{FRONTIER}() = \text{NULL}$, πρέπει να υπαναχωρήσουμε
- ▶ $\text{FORCE}(c, 0) \rightarrow \text{IMPLICATIONS}() \rightarrow f = 1, g = D$
- ▶ Όλοι οι κόμβοι έχουν τιμές $\rightarrow abc = 110$

▶ 18

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Παράδειγμα εκτέλεσης Αλγορίθμου ATPG

- ▶ Σχετικό Δέντρο Αποφάσεων:



▶ 19

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

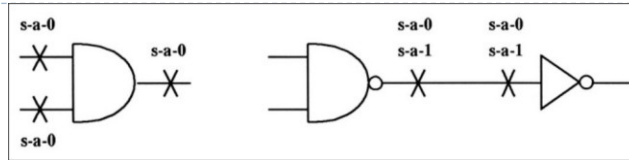
Επιλογή Κόμβου

- ▶ Διαφορετικοί αλγόριθμοι ATPG έχουν διαφορετικές στρατηγικές για την επιλογή του κόμβου
 - ▶ D-ALG, PODEM (Path Oriented Decision Making), FAN, ...
- ▶ **D-ALG**
 - ▶ Επιλέγουμε μια είσοδο μιας πύλης του μετώπου (η έξοδος της ανήκει στο μέτωπο), και μετά
 - ▶ Επιλέγουμε μια είσοδο μιας πύλης χωρίς καθορισμένη έξοδο
- ▶ **PODEM**
 - ▶ Κάνουμε πάντα επιλογές στον χώρο των PIs με στόχο να περιορίζουμε (Branch and Bound) τον εκθετικό χώρο επιλογών και υπαναχωρήσεων
 - ▶ Η διαδικασία ονομάζεται backtrace και γίνεται από εσωτερικό κόμβο

▶ 20

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Ισοδύναμα Σφάλματα



- ▶ Ο συνολικός αριθμός των σφαλμάτων για N κόμβους είναι $2N$ ($s-a-1$ και $s-a-0$)
- ▶ Όμως, για κάθε σφάλμα υπάρχει σημαντικός αριθμός ισοδύναμων σφαλμάτων,
 - ▶ Π.χ. για μια πύλη AND $s-a-0$ στις εισόδους \leftrightarrow $s-a-0$ στην έξοδο
 - ▶ Για σημεία διακλάδωσης επίσης
- ▶ Για κάθε σφάλμα μπορούν να υπολογιστούν τα **ισοδύναμα σφάλματα από τα $2N$**

▶ 21

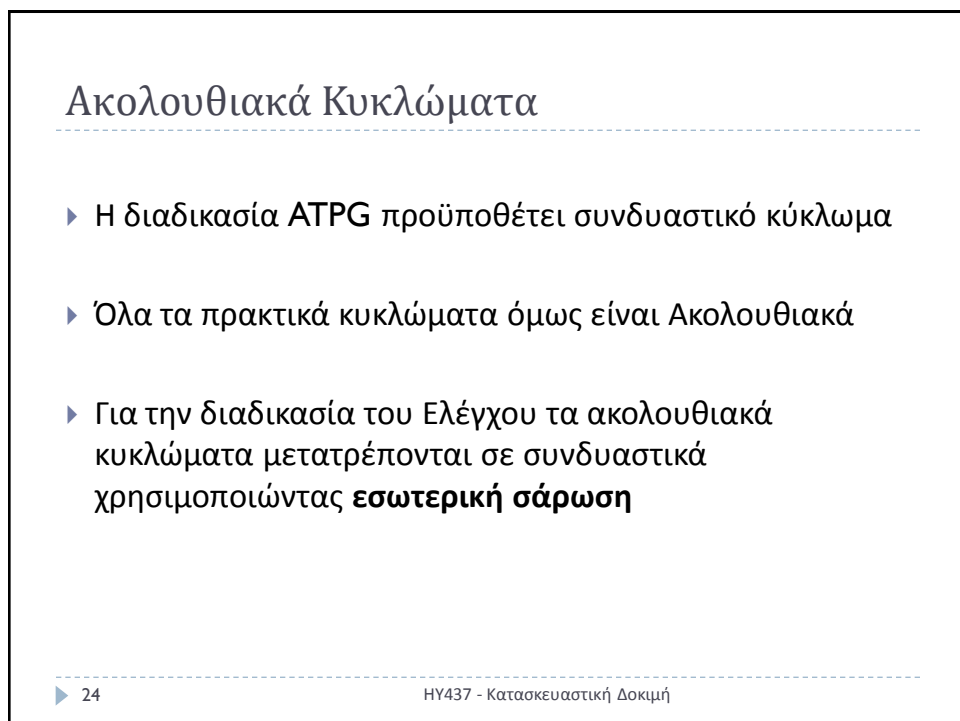
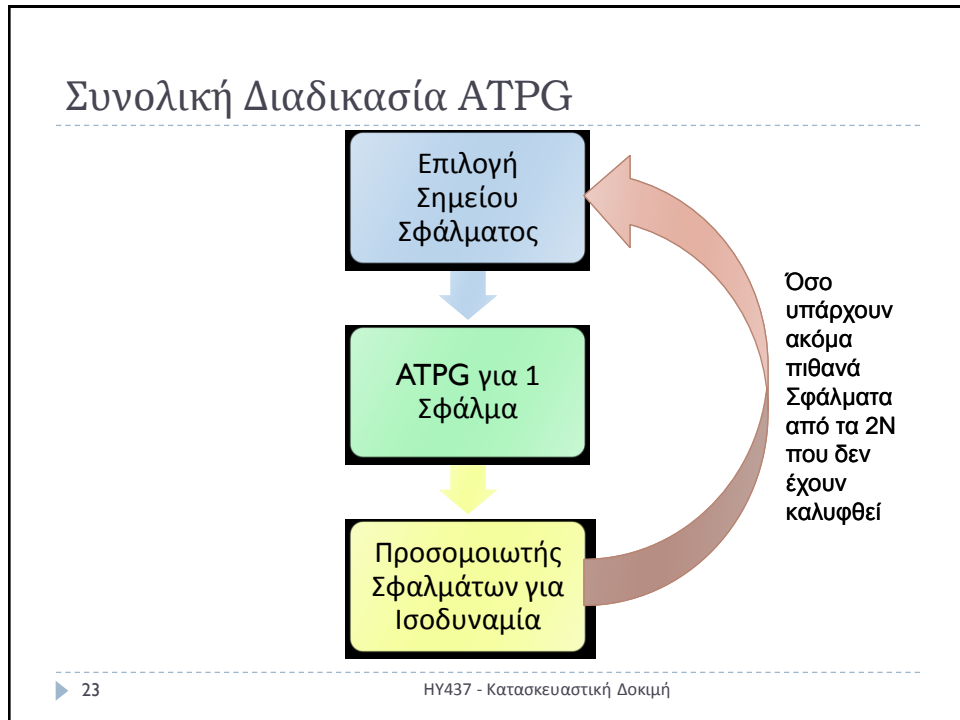
HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Προσομοιωτής Σφαλμάτων

- ▶ Το κάθε διάνυσμα που εξάγεται από τον αλγόριθμο μπορεί να προσομοιωθεί
- ▶ Προσομοιωτής Σφάλματος (Fault Simulator)
 - ▶ Παρόμοια λογική με προσομοιωτή λειτουργίας
 - ▶ Χρησιμοποιεί λογική 5-τιμών ή περισσότερων
- ▶ Επαληθεύει την ορθότητα του διανύσματος
- ▶ Μπορεί να υπολογίσει τα ισοδύναμα σφάλματα, βάση των τιμών των κόμβων που προκύπτουν
- ▶ Μπορούμε στον Προσομοιωτή Σφάλματος να χρησιμοποιήσουμε ακόμα και τυχαία διανύσματα
- ▶ **Προσομοίωση γρηγορότερη από διαδικασία εύρεσης ATPG για σημείο σφάλματος**

▶ 22

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή



Εσωτερική Σάρωση

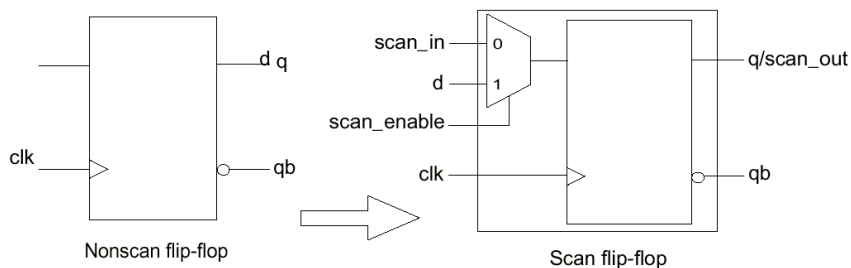
- ▶ Μετατρέπει ένα ακολουθιακό κύκλωμα σε συνδυαστικό, προσθέτοντας ένα πολυπλέκτη σε κάθε καταχωρητή
- ▶ Το σύνολο των καταχωρητών συνενώνεται σε μια σειριακή αλυσίδα με εξωτερική είσοδο και έξοδο
- ▶ Με την εσωτερική σάρωση:
 - ▶ Σε οποιοδήποτε εσωτερικό ακολουθιακό σήμα υπάρχει πρόσβαση, μέσω της αλυσίδας σάρωσης
 - ▶ Μπορεί να ανατεθεί τιμή 0 ή 1 σε εσωτερικό ακολουθιακό σήμα
 - ▶ Το οποιοδήποτε ακολουθιακό σήμα, μέσω της αλυσίδας, μπορεί να παρατηρηθεί στην έξοδο της

▶ 25

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Εσωτερική Σάρωση

- ▶ Καταχωρητής με δυνατότητα Σάρωσης:



- ▶ Η μετατροπή των καταχωρητών γίνεται αυτόματα
- ▶ Η αλυσίδα διασυνδέεται αυτόματα
- ▶ Κόστος σε εμβαδό: ~20%

▶ 26

HY437 - Κατασκευαστική Δοκιμή

Εσωτερική Σάρωση

