

Εργασία 3: Προσομοίωση σφαλμάτων σε ένα σύστημα

Έκδοση v5.0

Αξιοπιστία Συστημάτων 2025-2026

1 Προσομοίωση σύνθετου συστήματος

Δίνεται μία σειρά από εξαρτήματα μαζί με χαρακτηριστικά αξιοπιστίας τους (Ενότητα 4), και καλείστε να γράψετε κώδικα που προσομοιώνει στο χρόνο τη λειτουργία αυτών των εξαρτημάτων, και εξάγει συμπεράσματα για την αξιοπιστία ενός συστήματος,

Η άσκηση μπορεί να εκτελεστεί με 1 από 11 διαφορετικά σενάρια που αντιστοιχούν σε διαφορετικά συστήματα, και περιγράφονται στην Ενότητα 4.

1. Για το κάθε ένα από τα εξαρτήματα, να εκτελεστεί στο χρόνο προσομοίωση των βλαβών που εμφανίζονται, χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψιν η παράμετρος του MTTR. Πιο συγκεκριμένα:
 - a) Σε κάθε χρονική στιγμή t , το εξάρτημα μπορεί να είναι λειτουργικό, μη λειτουργικό ή σε κατάσταση βλάβης.
 - b) Ένα εξάρτημα εναλλάσσεται μεταξύ της λειτουργικής και μη λειτουργικής κατάστασης ανάλογα με τον κύκλο λειτουργίας του (duty cycle).
 - c) Ένα ενεργό εξάρτημα, όσο λειτουργεί, μπορεί να αποτύχει με βάση μια τυχαία διαδικασία Poisson (ή, ισοδύναμα, με χρόνους μεταξύ βλαβών που περιγράφονται από την εκθετική κατανομή). Η παράμετρος της διαδικασίας αυτής προκύπτει από το $MTTF = \frac{1}{\lambda}$ που δίνεται. Ένα εξάρτημα που αποτυγχάνει μεταβαίνει από λειτουργική κατάσταση σε κατάσταση βλάβης.
2. Εκτελώντας έναν μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων (π.χ. $N = 100$ ή $N = 1000$) του προηγούμενου υποερωτήματος, να εξαχθούν για το κάθε εξάρτημα οι πειραματικές τιμές του ρυθμού αποτυχίας λ και της αξιοπιστίας R , για χρόνο T_c .
3. Δεδομένου του μπλοκ διαγράμματος αξιοπιστίας, να εξαχθούν για το σύστημα οι πειραματικές τιμές του ρυθμού αποτυχίας λ , της αξιοπιστίας R , και του χρόνου

MTTF, για χρόνο T_s .

4. Για όλα τα παραπάνω, να υπολογιστούν οι θεωρητικές τιμές και να συγκριθούν με τις τιμές της προσομοίωσης.

2 Προσομοίωση σύνθετου συστήματος με επιδιόρθωση

Να πραγματοποιηθεί η ανάλυση της **Ενότητας 1**, προσθέτοντας επιπλέον τις παραμέτρους της συντήρησης. Πιο συγκεκριμένα:

1. Για το κάθε ένα από τα εξαρτήματα των πινάκων, να εκτελεστεί στο χρόνο προσομοίωση των βλαβών που εμφανίζονται. Όταν σε ένα εξάρτημα συμβεί βλάβη, μετά από ένα χρονικό διάστημα t_r να γίνεται επιδιόρθωση και να συνεχίζεται η λειτουργία κανονικά. Το t_r προκύπτει τυχαία από εκθετική κατανομή με μέση τιμή το MTTR.
2. Εκτελώντας έναν μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων (π.χ. $N = 100$ ή $N = 1000$) του προηγούμενου υποερωτήματος, να εξαχθούν για το κάθε εξάρτημα οι πειραματικές τιμές του Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Up Time (MUT), Mean Time To Repair (MTTR), και της διαθεσιμότητας A , για χρόνο T_c .

Σημείωση: Για τον υπολογισμό του MTBF μπορείτε να συμπεριλάβετε και τον χρόνο μέχρι την 1^η αποτυχία.

3. Δεδομένου του μπλοκ διαγράμματος αξιοπιστίας, να εξαχθούν για το σύστημα οι πειραματικές τιμές των MTBF, MUT, MTTR και A , για χρόνο T_c .
4. Η λειτουργία όλου του συστήματος σε μία προσομοίωση να αναπαρασταθεί σε ένα διάγραμμα με οριζόντιο άξονα τον χρόνο λειτουργίας, όπου σε ξεχωριστές γραμμές θα φαίνονται για την κάθε χρονική στιγμή η κατάσταση του συστήματος και του κάθε εξαρτήματος.

3 Οδηγίες

- Οι εργασίες είναι **ομαδικές**. Οι ομάδες των υπολογιστικών εργασιών είναι ίδιες με αυτές των βιβλιογραφικών εργασιών.
- Για τον υπολογισμό των παραπάνω και την εκτέλεση των αντίστοιχων προσομοιώσεων να γραφτεί πρόγραμμα (σε οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού) που θα υλοποιεί αυτόματα τη σχετική διαδικασία. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτοιμες βιβλιοθήκες (π.χ. για τυχαία πειράματα Poisson/Weibull). Ενδεικτικά, οι γλώσσες Python, Julia και MATLAB προσφέρουν έτοιμες συναρτήσεις για τη δειγματοληψία από τις κατανομές.
- Για χρονικό βήμα επιλέξτε εσείς μία τιμή που θεωρείτε κατάλληλη ώστε τα αποτελέσματα να έχουν αρκετή ακρίβεια, και το πρόγραμμα να εκτελείται εντός εύλογης χρονικής διάρκειας.
- Ο κώδικας πρέπει να είναι ευανάγνωστος και προτείνεται να περιέχει σχόλια ή/και περιγραφικά ονόματα μεταβλητών.
- Τα παραδοτέα κομμάτια της εργασίας είναι:
 - (a) Ο **κώδικας** που ζητείται παραπάνω.
 - (b) Μία **αναφορά** (σε μορφή .pdf ή αντίστοιχη) που θα περιλαμβάνει:
 - Απαντήσεις στις ερωτήσεις της εργασίας
 - Τα αντίστοιχα διαγράμματα/υπολογισμούς
 - Σύντομη εξήγηση των αποτελεσμάτων
 - Τυχόν παραμέτρους που επιλέξατε
 - Σύντομη βασική εξήγηση του κώδικα (εναλλακτικά μπορεί να γραφτεί στα σχόλια)

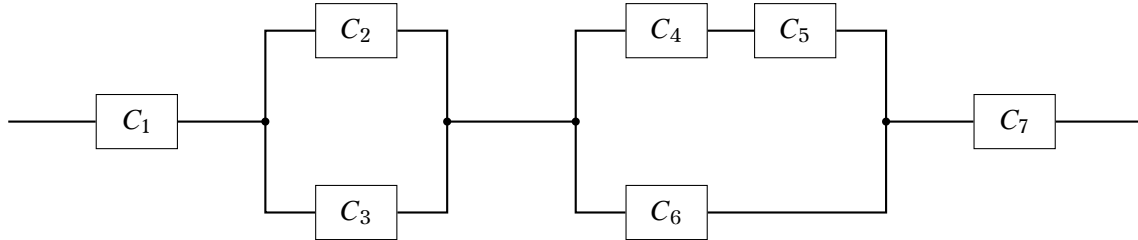
Σας συνιστούμε να κάνετε την αναφορά σας ευανάγνωστη, ακολουθώντας κανόνες όπως:

 - Σωστή ορθογραφία και γραμματική
 - Εύλογος χωρισμός σε ενότητες
 - Λεξάντες ή περιγραφές για κάθε διάγραμμα/πίνακα
 - Μονάδες μέτρησης όπου χρειάζεται
 - Διαγράμματα με αρκετά καλή ανάλυση
 - Πλέγμα (grid) σε κάθε διάγραμμα
- Αν και ενθαρρύνεται η συνεργασία, απαγορεύεται η αντιγραφή κώδικα και εργασιών.

- Για οποιαδήποτε ερώτηση ή πρόβλημα, επικοινωνήστε μαζί μας ελεύθερα στο forum του μαθήματος ή μέσω e-mail.

4 Περιπτώσεις

4.1 7 διαφορετικά στοιχεία 1

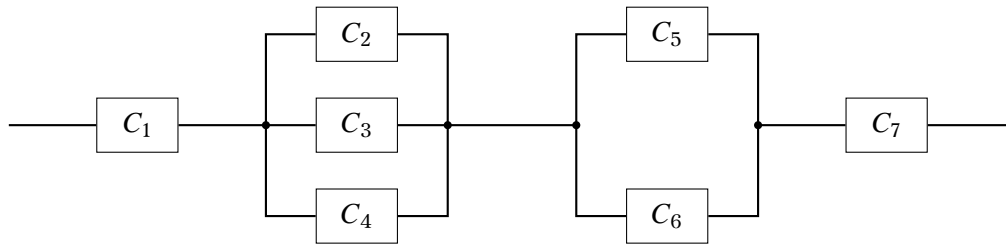


Εικόνα 1: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της Εικόνας 1

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	30 ώρες	0.3	12 ώρες
C_2	27 ώρες	1	12 ώρες
C_3	27 ώρες	1	12 ώρες
C_4	24 ώρες	1	10 ώρες
C_5	25 ώρες	1	10 ώρες
C_6	15 ώρες	1	8 ώρες
C_7	31 ώρες	0.4	12 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 100$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 30$ ώρες		

4.2 7 διαφορετικά στοιχεία 2

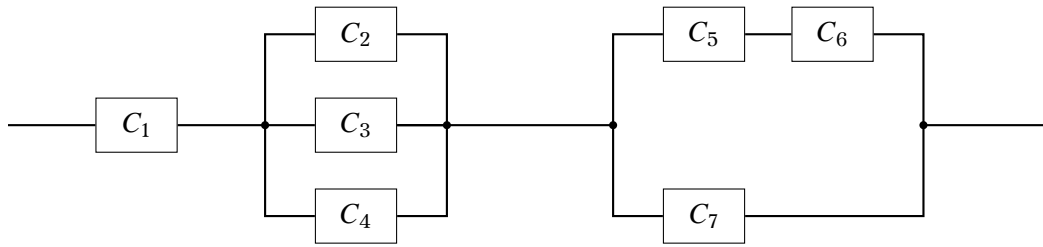


Εικόνα 2: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της Εικόνας 2

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	30 ώρες	0.3	12 ώρες
C_2	24 ώρες	1	12 ώρες
C_3	23 ώρες	1	12 ώρες
C_4	24 ώρες	1	10 ώρες
C_5	27 ώρες	1	10 ώρες
C_6	28 ώρες	1	8 ώρες
C_7	33 ώρες	0.4	12 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 100$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 30$ ώρες		

4.3 7 διαφορετικά στοιχεία 3

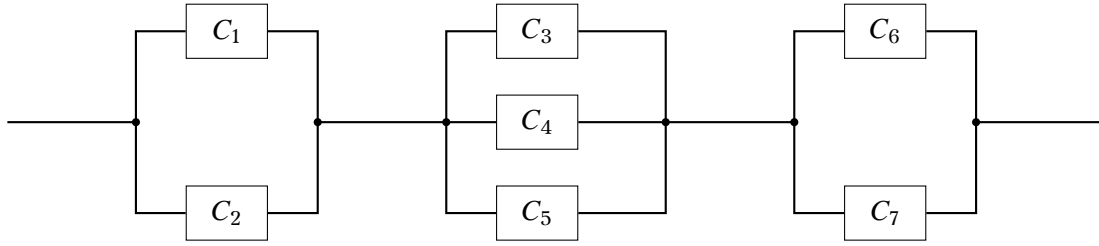


Εικόνα 3: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της Εικόνας 3

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	30 ώρες	0.3	12 ώρες
C_2	27 ώρες	1	12 ώρες
C_3	27 ώρες	1	10 ώρες
C_4	26 ώρες	1	10 ώρες
C_5	16 ώρες	1	10 ώρες
C_6	15 ώρες	1	8 ώρες
C_7	20 ώρες	1	12 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 100$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 30$ ώρες		

4.4 7 διαφορετικά στοιχεία 4

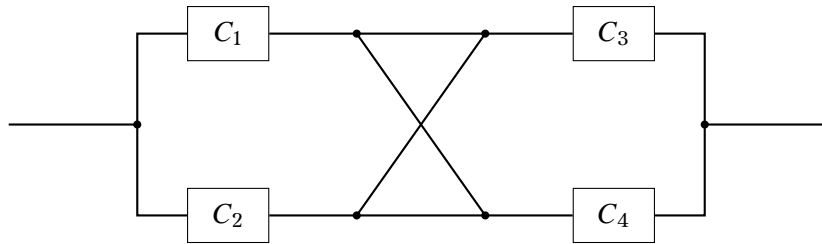


Εικόνα 4: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της Εικόνας 4

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	25 ώρες	1	12 ώρες
C_2	26 ώρες	1	12 ώρες
C_3	24 ώρες	1	12 ώρες
C_4	23 ώρες	1	10 ώρες
C_5	24 ώρες	1	10 ώρες
C_6	27 ώρες	1	8 ώρες
C_7	28 ώρες	1	12 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 100$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 30$ ώρες		

4.5 Cross-strapping 1

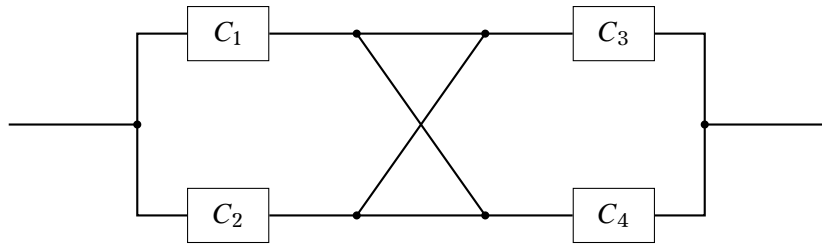


Εικόνα 5: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της Εικόνας 5

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	27 ώρες	1	12 ώρες
C_2	27 ώρες	1	12 ώρες
C_3	27 ώρες	1	12 ώρες
C_4	27 ώρες	1	12 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 200$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 30$ ώρες		

4.6 Cross-strapping 2

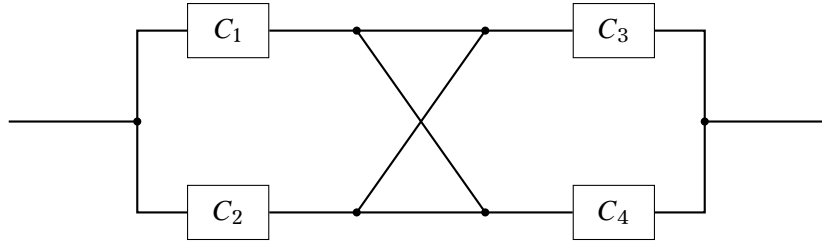


Εικόνα 6: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της Εικόνας 6

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	30 ώρες	1	12 ώρες
C_2	30 ώρες	1	12 ώρες
C_3	30 ώρες	1	12 ώρες
C_4	30 ώρες	1	12 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 150$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 40$ ώρες		

4.7 Cross-strapping 3

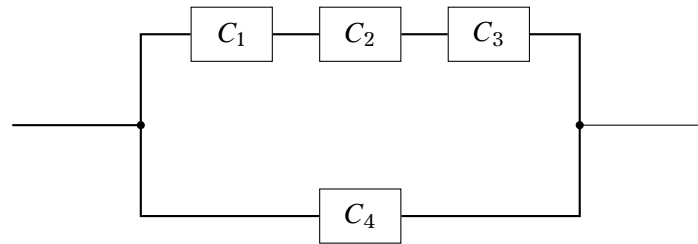


Εικόνα 7: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της **Εικόνας 7**

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	33 ώρες	1	14 ώρες
C_2	33 ώρες	1	14 ώρες
C_3	33 ώρες	1	14 ώρες
C_4	33 ώρες	1	14 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 150$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 45$ ώρες		

4.8 Αδιόρθωτα εξαρτήματα 1

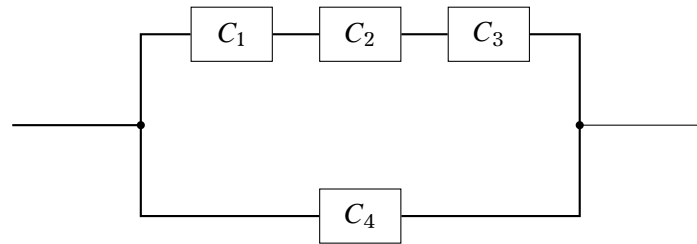


Εικόνα 8: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της Εικόνας 8

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	30 ώρες	1	∞
C_2	30 ώρες	1	12 ώρες
C_3	30 ώρες	1	∞
C_4	20 ώρες	0.8	16 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 150$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 40$ ώρες		

4.9 Αδιόρθωτα εξαρτήματα 2

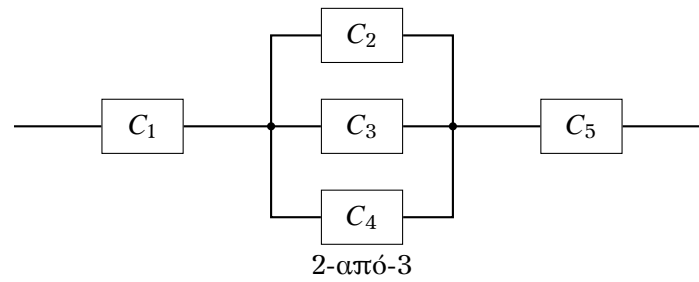


Εικόνα 9: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της **Εικόνας 9**

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	25 ώρες	1	∞
C_2	25 ώρες	1	8 ώρες
C_3	25 ώρες	1	∞
C_4	30 ώρες	0.8	16 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 150$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 40$ ώρες		

4.10 Πλεονασμός 2 από 3, 1

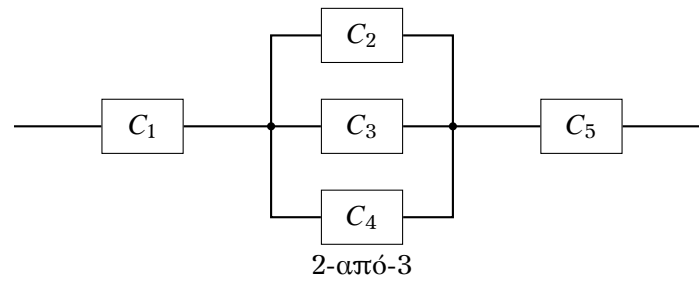


Εικόνα 10: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της Εικόνας 10

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	37 ώρες	0.7	10 ώρες
C_2	20 ώρες	1	10 ώρες
C_3	20 ώρες	1	10 ώρες
C_4	20 ώρες	1	10 ώρες
C_5	37 ώρες	0.7	10 ώρες
<hr/>			
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 150$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 30$ ώρες		

4.11 Πλεονασμός 2 από 3, 2



Εικόνα 11: Μπλοκ διάγραμμα αξιοπιστίας του συστήματος

Πίνακας 11: Χαρακτηριστικά αξιοπιστίας των εξαρτημάτων της Εικόνας 11

Εξάρτημα	MTTF	Duty Cycle	MTTR
C_1	35 ώρες	0.8	12 ώρες
C_2	22 ώρες	1	12 ώρες
C_3	22 ώρες	1	12 ώρες
C_4	22 ώρες	1	12 ώρες
C_5	35 ώρες	0.8	12 ώρες
Χρόνος μελέτης εξαρτημάτων	$T_c = 150$ ώρες		
Χρόνος μελέτης συστήματος	$T_s = 30$ ώρες		