

Ασκήσεις και Εργαστήριο 7: Δίοδοι, Ανορθωτές, Εξομάλυνση, Zener, Ψαλιδισμός, κλπ.

19 έως 22 Απριλίου 2010 (βδομάδα 9)

Διάβασμα: Διαβάστε το κεφάλαιο 9, "Ημιαγωγοί και Δίοδοι", από το 2ο τόμο του βιβλίου, δίνοντας την παρακάτω έμφαση σε κάθε θέμα:

- Εγκυκλοπαιδική ενημέρωση για τους ημιαγωγούς και την κατασκευή και λειτουργία διόδων επαφής p-n: §9.1 και §9.2 --σελ. 101-109. Τα θέματα αυτά τα εξηγεί καλύτερα το βιβλίο των Sedra & Smith, "Microelectronics Circuits" (τρίτη επιλογή βιβλίου του μαθήματος), σελίδες 224-239: αν θέλετε, περάστε τα στα γρήγορα από εκεί, αντί από το βιβλίο του Rizzoni.
- Η καμπύλη ρεύματος-τάσης της διόδου πυριτίου επαφής p-n: σελίδες 109-135, με έμφαση στα εξής: σχήματα 9.8, 9.9, 9.10· σελίδες 111-114 (χρήσιμα και τα σχετικά παραδείγματα σελ. 115-118)· ημιανορθωτής (πρώτη, εξαιρετικά σημαντική εφαρμογή): σελ. 118-119· σελίδα 120 (χρήσιμα και τα σχετικά παραδείγματα σελ. 121-122, και λιγότερο σελ. 123-124)· σελ. 124-126 (χρήσιμα και τα σχετικά παραδείγματα σελ. 129-135)· Μερικά από τα θέματα αυτά παρουσιάζονται καλύτερα στο βιβλίο των Sedra & Smith, "Microelectronics Circuits" (τρίτη επιλογή βιβλίου του μαθήματος): επιπλέον των παραπάνω σελίδων του βιβλίου Rizzoni, οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να κοιτάξουν και τις σελίδες 170-175 των Sedra & Smith, και ιδιαίτερα σελ. 172 μέσον - 175.
- Εξασκηθείτε στην κατανόηση και χρήση των φύλλων δεδομένων (data sheet) των εμπορικών ηλεκτρονικών στοιχείων --πολύ σημαντικό θέμα: μελετήστε προσεκτικά τις σελίδες 126-129.
- Ανορθωτές (rectifiers): μελετήστε προσεκτικά τις σελ. 118-119 και 138-140, κοιτάξτε επίσης τις σελ. 136-137, και ρίξτε μιά γρήγορη ματιά στις σελ. 140-142.
- Η δυνατότητα των διόδων να κάνουν λογικές πράξεις (AND, OR): δείτε τα κυκλώματα του σχήματος 3.5 στο βιβλίο των Sedra & Smith, "Microelectronics Circuits" (τρίτη επιλογή βιβλίου του μαθήματος), σελ. 165-166.
- Δίοδοι Zener: σελ. 111, 142-146 (χρήσιμα και τα σχετικά παραδείγματα σελ. 146-149, και λιγότερο σελ. 149-151).
- Ψαλιδιστής (περιοριστής - clipper): σελ. 151-154 (ενδιαφέρει να καταλάβετε την ιδέα της λειτουργίας του, χωρίς να δαπανήσετε πολύ χρόνο στις αριθμητικές πράξεις των ισοδύναμων κυκλωμάτων).
- Κύκλωμα Συγκράτησης Τάσης (Clamp): σελ. 154-157.
- Ανιχνευτής Κορυφής: σχήμα 9.67 στη σελίδα 159 (με μιά γρήγορη ματιά στις σελίδες 157-160).
- Φωτοδίοδοι: εγκυκλοπαιδική ανάγνωση σελίδων 162-167.

Ασκήσεις: Λύστε και παραδώστε σε χαρτί την Δευτέρα 19 Απριλίου τις ασκήσεις 9.14 (σελ. 171) και 9.36 (σελ. 175-176) του βιβλίου.

Πείραμα 7.1: Ημιανορθωτής

Κατασκευάστε στο εργαστήριο το κύκλωμα του σχήματος 9.20 (σελ. 118) του βιβλίου: μιά πηγή εναλλασσόμενου τροφοδοτεί μιά αντίσταση φορτίου μέσω μιάς διόδου. Σαν πηγή εναλλασσόμενου χρησιμοποιήστε την παλμογεννήτρια σε κυματομορφή ημιτονοειδούς. Σαν αντίσταση φορτίου χρησιμοποιήστε 570 Ω (γιά να μην κινδυνεύει να υπερθερμανθεί σε υψηλές τάσεις πηγής). Σαν δίοδο χρησιμοποιήστε μιά 1N4007 (βλ. σελ. 126-129 βιβλίου). Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στην πηγή, και το κανάλι 2 στην αντίσταση φορτίου.

Παρατηρήστε την κυματομορφή εξόδου σε σχέση με την κυματομορφή εισόδου. Πόση είναι η πτώση τάσης πάνω στη διόδο όταν αυτή άγει, και πού την βλέπετε αυτήν (πού την μετράτε) πάνω στον παλμογράφο; Αλλάξτε το πλάτος του σήματος εισόδου, και παρατηρήστε πώς μοιάζει η κυματομορφή εξόδου· τι παρατηρείτε για πολύ μικρά πλάτη; γιατί; Αλλάξτε το DC Offset της πηγής και παρατηρήστε. Εξηγήστε όλα όσα βλέπετε στο βοηθό του εργαστηρίου. Αυξήστε τη συχνότητα της πηγής, και δείτε αν αλλάζει καθόλου η συμπεριφορά της διόδου στις ψηλές συχνότητες (σε πολύ ψηλές συχνότητες, τα παρασιτικά στοιχεία των ημιαγωγών (π.χ. παρασιτική χωρητικότητα) κάνουν την εμφάνισή τους --όμως, οι δικές μας παλμογεννήτριες, δυστυχώς, δεν μπορούν να δώσουν "πραγματικά" ψηλές συχνότητες...).

Πείραμα 7.2: Πλήρης Ανορθωτής Γέφυρας

Κατασκευάστε στο εργαστήριο το κύκλωμα του σχήματος 9.41 (σελ. 138) του βιβλίου. Χρησιμοποιήστε την ίδια πηγή και την ίδια αντίσταση φορτίου όπως στο πείραμα 7.1, αλλά τέσσερεις (4) διόδους 1N4007 αντί μίας. Παρατηρήστε και πάλι την κυματομορφή εξόδου σε σχέση με την κυματομορφή εισόδου, και απαντήστε τις ίδιες ερωτήσεις όπως και στο πείραμα 7.1.

Πείραμα 7.3: Εξομάλυνση Πλήρως Ανορθωμένης Κυματομορφής

Προσθέστε στο κύκλωμα του πειράματος 7.2 έναν πυκνωτή εξομάλυνσης των 1 μF εν παραλλήλω με την αντίσταση φορτίου· **Προσοχή:** πυκνωτές τέτοιων χωρητικοτήτων είναι συνήθως ηλεκτρολυτικοί, άρα έχουν συγκεκριμένη πολικότητα και **πρέπει** να συνδέονται με συγκεκριμένη φορά --αλλιώς... *κίνδυνος έκρηξης!* Το κύκλωμα που προκύπτει είναι σαν το κύκλωμα του σχήματος 9.44 (σελ. 140) του βιβλίου, αλλά χωρίς την εν σειρά αντίσταση των 170 Ω (αυτή την αντίσταση θα την έβαζε κανείς για να περιορίσει το ισχυρό ρεύμα φόρτισης του πυκνωτή τη στιγμή που ανάβει η διόδος -- όμως σε εμάς τα ρεύματα είναι πολύ μικρά σε σχέση με τις αντοχές των διόδων, και επίσης η παλμογεννήτριά μας έχει εσωτερική αντίσταση *πολύ* μεγαλύτερη εκείνης της ΔΕΗ...); επίσης, εμείς έχουμε αντίσταση φορτίου, την οποία δεν έχει το σχήμα 9.44. Αλλιώς, αν θέλετε, το κύκλωμά μας εδώ είναι σαν το σχήμα 9.45 (σελ. 143) του βιβλίου, με φίλτρο και αντίσταση φορτίου, αλλά χωρίς τον ρυθμιστή τάσης. Ή εναλλακτικά, το κύκλωμά μας είναι σαν το σχήμα Π9.31 (σελ. 174) του βιβλίου, μόνο που χρησιμοποιούμε ανορθωτή γέφυρας αντί μεσαία λήψη από μετασχηματιστή.

Η κυματομορφή εξόδου που περιμένουμε να δούμε είναι σαν το σχήμα Π9.33 (σελ. 175) του βιβλίου. Παρατηρήστε στον παλμογράφο την κυματομορφή εξόδου. Αλλάξτε τη συχνότητα της πηγής, και δείτε πώς αλλάζει η κυματομορφή εξόδου. Τι παρατηρείτε για πολύ χαμηλές και για πολύ ψηλές συχνότητες; Εξηγήστε το στον βοηθό του εργαστηρίου, και κάντε έναν υπολογισμό που να δικαιολογεί την κλίση της γραμμής που βλέπετε.

Πείραμα 7.4: Ρυθμιστής Τάσης με Δίοδο Zener

Στο κύκλωμα του πειράματος 7.3, μεταξύ πυκνωτή εξομάλυνσης και αντίστασης φορτίου, προσθέστε (όπως στο σχήμα 9.45, σελ. 143 του βιβλίου) έναν ρυθμιστή τάσης με δίοδο Zener σαν αυτόν του σχήματος 9.49 (σελ. 145) του βιβλίου. Σαν αντίσταση περιορισμού ρεύματος, χρησιμοποίηστε $R_s = 220 \Omega$. Σαν δίοδο Zener χρησιμοποιήστε μίαν BZX85C3v0, της οποίας η τάση κατάρρευσης είναι 3.0 Volt (προσοχή: η ανορθωμένη τάση DC πρέπει να πολώνει ανάστροφα την δίοδο Zener). Παρατηρήστε στον παλμογράφο την τάση εξόδου, για διαφορά πλάτη της πηγής, και για διάφορες συχνότητες. Ίσως προτιμήστε, σε αυτό το σημείο, να παρακολουθείτε, στο κανάλι 1 του παλμογράφου, την τάση του πυκνωτή εξομάλυνσης, αντί της τάσης της πηγής. Ερμηνεύστε προσεκτικά τις παρατηρήσεις σας στο βοηθό του εργαστηρίου.

Προαιρετικά Πειράματα 7.5: Ψαλιδιστής, Clamp, Καμπύλη Ρεύματος-Τάσης

Εάν έχετε χρόνο, κάντε τα εξής πρόσθετα πειράματα:

(α) Βγάλτε τον πυκνωτή εξομάλυνσης από το κύκλωμα του πειράματος 7.4, οπότε η έξοδος σας θα πρέπει να μοιάζει σαν το σχήμα 9.58 (σελ. 153), αλλά με ανορθωμένη κυματομορφή αντί κανονικού ημιτόνου. Πειραματιστείτε με διάφορα πλάτη πηγής, και διαπιστώστε εάν η διόδος Zener σας "ψαλιδίζει" την τάση εξόδου όποτε αυτή πάει να ανέβει πάνω από την τάση κατάρρευσης της διόδου (3.0 V).

(β) Κατασκευάστε το κύκλωμα συγκράτησης τάσης (diode clamp) του σχήματος 9.61 (επάνω --χωρίς τάση πόλωσης), σελ. 155, του βιβλίου. Χρησιμοποιήστε πυκνωτή 100 nF (μη ηλεκτρολυτικό). Με την παλμογεννήτριά μας, δεν χρειάζεται αντίσταση R πέρα από την ήδη υπάρχουσα εσωτερική αντίσταση της πηγής. Παρατηρήστε την τάση εξόδου στον παλμογράφο. Αλλάξτε πλάτος πηγής και DC Offset, και παρατηρήστε.

(γ) Μετρήστε και σχεδιάστε την καμπύλη ρεύματος-τάσης της διόδου 1N4007, π.χ. ως εξής.

(γ1) Ρεύμα διαρροής αντίστροφης πόλωσης: συνδέστε τη διόδο, ανάστροφα πολωμένη, στο τροφοδοτικό, και εν σειρά με αυτήν το αμπερόμετρο, και μετρήστε· εάν βρείτε π.χ. ένα στεγνωτήριο μαλλιών ("σεσουάρ"), θερμάντε τη διόδο και ελέγξτε τον "κανόνα δακτύλων" (rule of thumb) ότι το ρεύμα ανάστροφης πόλωσης διπλασιάζεται για κάθε περίπου 10 βαθμούς Κελσίου αύξηση της θερμοκρασίας.

(γ2) Ορθή πόλωση: ρυθμίστε το τροφοδοτικό σε περιορισμένο, μικρό ρεύμα (από τα αριστερά κουμπιά του)· συνδέστε τη διόδο ορθά πολωμένη στο τροφοδοτικό, και ανεβάστε το όριο τάσης του (από τα δεξιά κουμπιά του), ούτως ώστε το τροφοδοτικό να λειτουργεί σε current mode (σαν πηγή ρεύματος)· μετρήστε ρεύμα και τάση με το όργανο του τροφοδοτικού (εναλλάσσοντάς το μεταξύ των δύο μετρήσεων, με το σχετικό διακόπτη). Καταγράψτε τη μέτρησή σας, και επανλάβετε για διάφορα ρεύματα, χαμηλά και ψηλά. Απεικονίστε τις μετρήσεις σας σε καμπύλη.

[Up to the Home Page of CS-121](#)

© copyright University of Crete, Greece.
last updated: 13 Apr. 2010, by [M. Katevenis](#).