



# Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
Ροή Η - Σχεδίαση Αναλογικών Ηλεκτρονικών Συστημάτων

Ονοματεπώνυμο: Ηρακλής Στιβακτάκης (03121849),

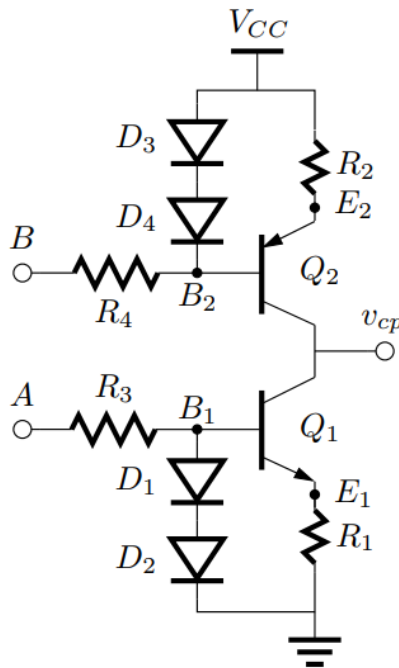
Αντώνης Αδαμίδης (03121816)

Εργαστηριακή Ομάδα: 23

Ακαδ. Έτος / Εξάμηνο: 2024-2025 / 8ο

## 6η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

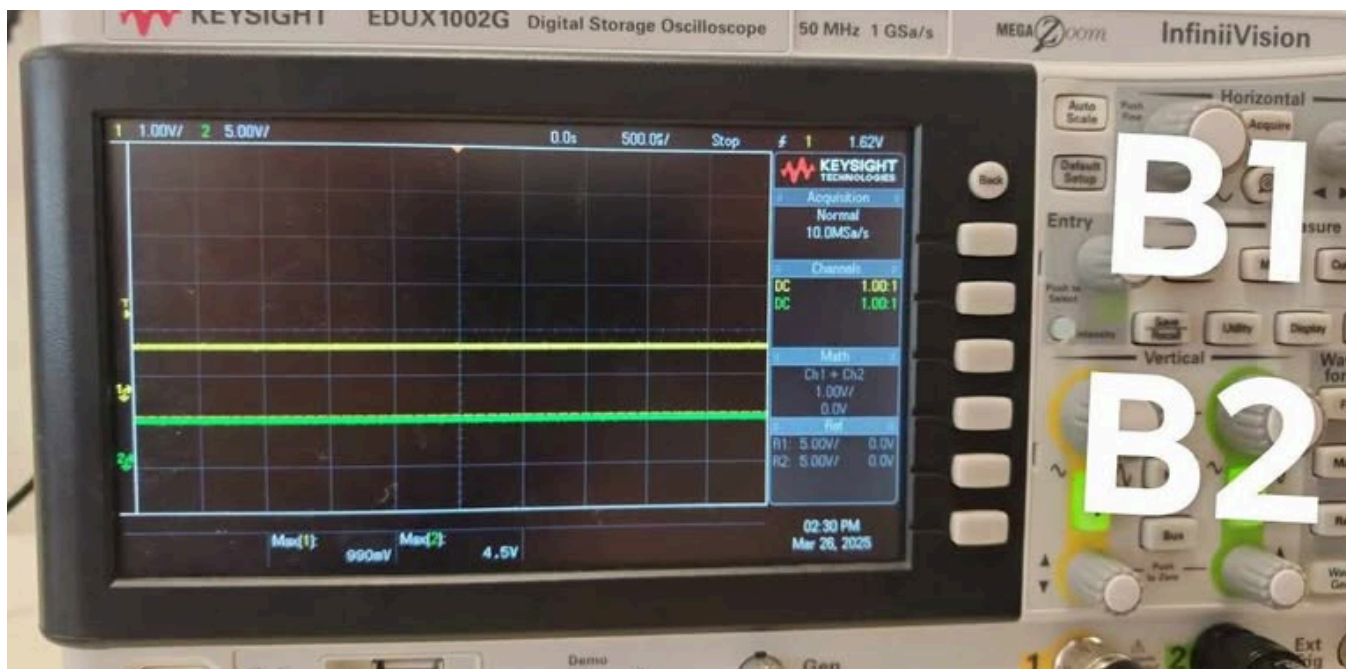
### Χαρακτηρισμός του Charge Pump:



Σχήμα 1: Σχηματικό διάγραμμα CP με τροφοδοσία  $V_{CC} = 5\text{ V}$ , υλοποιημένος με τη χρήση δύο διπολικών τρανζίστορ, ενός NPN ( $Q_1=2\text{N}2222$ ) και ενός PNP ( $Q_2=2\text{N}2907$ ), 4 διόδων για την πόλωση των τρανζίστορ ( $D_1 = D_2 = D_3 = D_4=1\text{N}4148$ ) και 4 αντιστάσεων ( $R_1 = R_2 = 33\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = R_4 = 47\text{ k}\Omega$ )

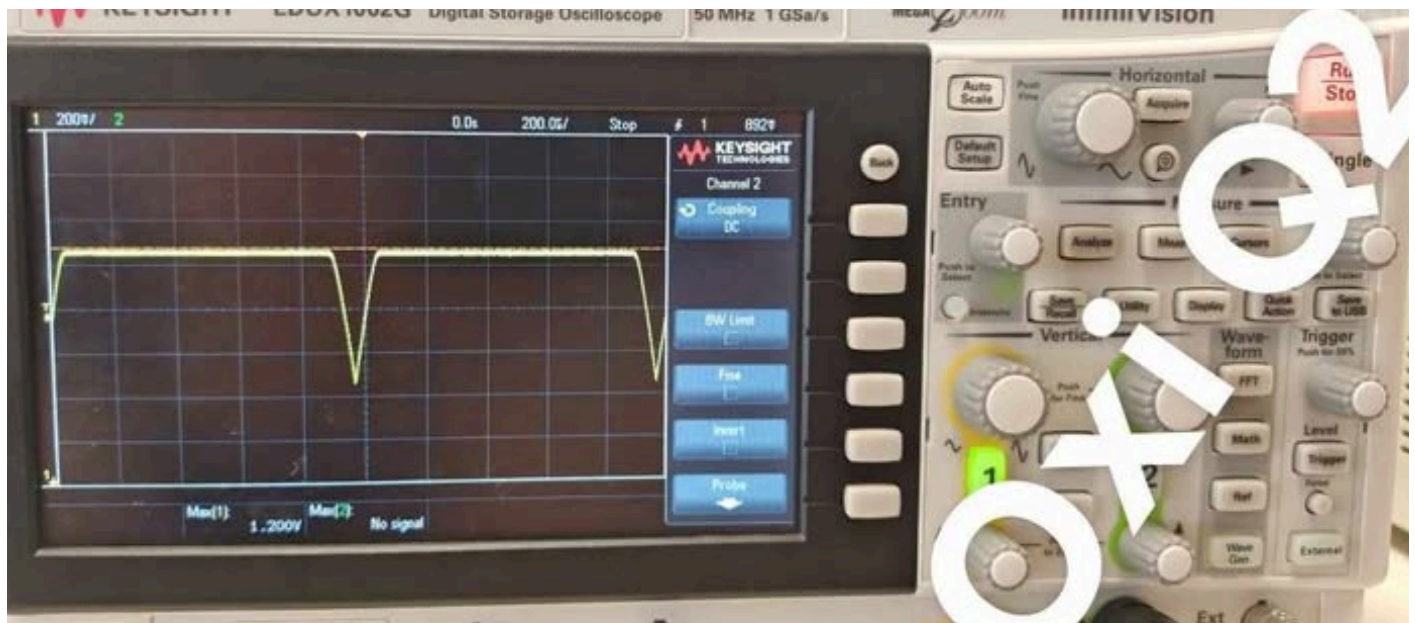
Υλοποιούμε το κύκλωμα του CP του Σχήματος 1. Τα τρανζίστορ  $Q_1$  και  $Q_2$  συμπεριφέρονται ως πηγές ρεύματος και οι διόδοι  $D_1 - D_4$  είναι οι πολώσεις των πηγών ρεύματος.

- Τροφοδοτούμε το κύκλωμα με  $V_{CC} = 5\text{ V}$  και εφαρμόζουμε  $A = 5\text{ V}$ ,  $B = 0\text{ V}$ .
- Καταγράφουμε τις τάσεις πόλωσης  $B_1$  και  $B_2$  που δημιουργούνται από τις διόδους, όπως φαίνεται παρακάτω:



Το B1 αντιστοιχίζεται στο CH1 (κίτρινο) ενώ το B2 στο CH2 (πράσινο). Παρατηρούμε ότι είναι σταθερά αφού λειτουργούν ως πηγές ρεύματος, με τιμές: B1=990mV και B2=4,5V.

- Αποσυνδέουμε το Q2 και επιβεβαιώνουμε ότι το υποκύκλωμα λειτουργεί ακόμα ως πηγή ρεύματος.



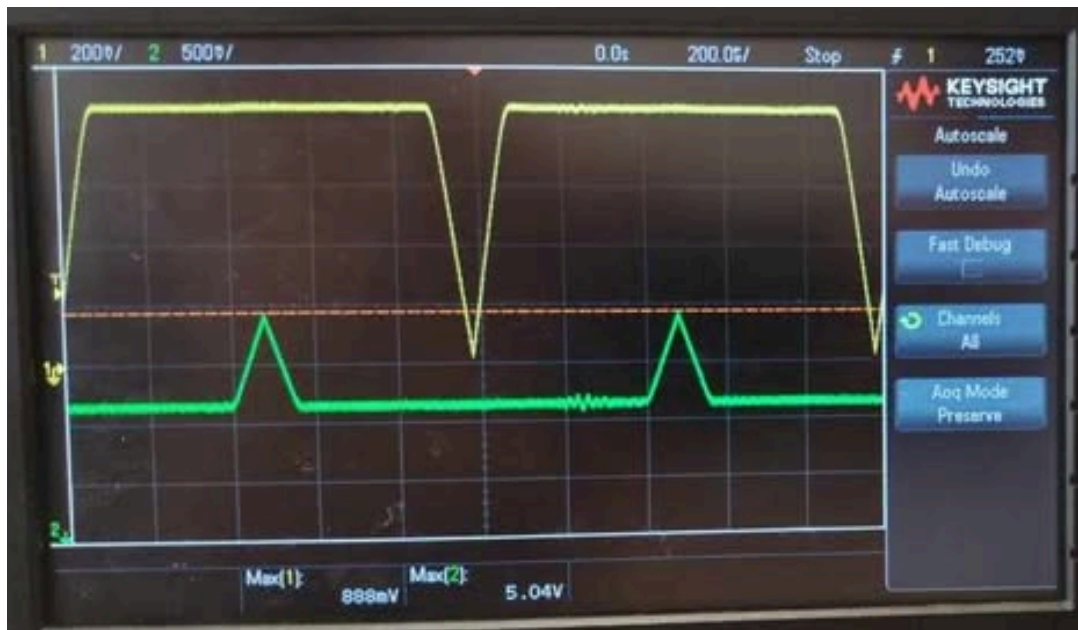
Με την αφαίρεση του Q2 (PNP), ουσιαστικά χαλάει η λειτουργία του CP, αφού πλέον όταν το Q1 άγει προς την γη, δεν υπάρχει το Q2 για να κρατήσει σταθερό πάνω το σήμα του παλμογράφου και έτσι δημιουργούνται αυτές οι απότομες πτώσεις τάσεις (τα αρνητικά spikes).

- Αποσυνδέουμε το Q1 και βλέπουμε ότι το υποκύκλωμα λειτουργεί πάλι ως πηγή ρεύματος.



Με την αφαίρεση του Q1 (NPN) χάνεται ο ρόλος του στην «κάθοδο» της τάσης προς την γη, οπότε το σήμα ελέγχεται μόνο από το PNP (Q2) και δεν έχει σωστή διαδρομή για φόρτιση/εκφόρτιση. Αυτό οδηγεί στην δημιουργία των θετικών spikes που φαίνονται παραπάνω, αφού πλέον όταν άγει το Q2 προς τα θετικά 5V, δεν υπάρχει το Q1 να τραβήξει το σήμα προς την γη.

- Συνδέουμε ξανά τα Q1 και Q2 όπως τα είχαμε αρχικά και δημιουργούμε με τη γεννήτρια ένα τριγωνικό σήμα 1kHz, πλάτους 5 V<sub>pp</sub> και 2.5 VDC.
- Ρυθμίζουμε τον παλμογράφο σε λειτουργία Y-T και συνδέουμε τα 2 κανάλια στα E1 και E2, αντίστοιχα.



Καθώς το τριγωνικό σήμα αυξομειώνεται, κάθε τρανζίστορ με κάθε δίοδο στο κύκλωμα οδηγείται σε διαφορετικά σημεία ON/OFF. Αυτό δημιουργεί τα spikes στην κυματομορφή που βλέπουμε, καθώς το E1 τείνει σε κάθε κύκλο να πάει κοντά στο 0 (γη), ενώ το E2 κοντά στο +5V.

- Ρυθμίζουμε τον παλμογράφο σε λειτουργία X-Y και τον συνδέουμε στο E1 και στο V<sub>cc</sub>.





Όταν  $V_c < V_e + 0,2$  το Q1 βρίσκεται σε κορεσμό. Συνεπώς, η τάση E1 και κατ' επέκταση το ρεύμα  $I_{e1}$  ( $I_{e1} = V_{e1}/R_1$ ) δεν διατηρούνται σταθερά, όπως φαίνεται και στον παλμογράφο. Μόλις όμως η τιμή αυτή ξεπεράσει το σχετικό κατώφλι, η τάση  $V_e$  σταθεροποιείται και αντίστοιχα σταθεροποιείται και το  $I_{e1}$ .

- Ρυθμίστε τον παλμογράφο σε λειτουργία X-Y και συνδέστε ένα κανάλι στο E2 και το άλλο στο  $v_{ce}$ .



Όταν  $V_c < V_e + (-0,2)$ , το PNP τρανζίστορ βρίσκεται στην ενεργό περιοχή. Σε αυτήν την περίπτωση, παρατηρείται ότι τα μεγέθη  $V_e$  και, κατ' επέκταση, το ρεύμα  $I_{e2}$  ( $I_{e2} = \{V_{cc} - V_{e2}\}/\{R_2\}$ ), παραμένουν σταθερά σε μία τιμή όσο ισχύει η παραπάνω σχέση. Μόλις όμως το  $V_c$  ξεπεράσει αυτό το όριο, το τρανζίστορ εισέρχεται σε κορεσμό, οπότε και παρατηρείται σταδιακή μείωση της τάσης και του ρεύματος.

- Τέλος καταγράφουμε τις χαρακτηριστικές  $I_1 = E_1/R_1$ ,  $I_2 = E_2/R_2$  και βγάζουμε ως αποτελέσματα:

$$I_1 = 5V/33k\Omega = 0,1515 \text{ mA}$$

$$I_2 = 5V/33k\Omega = 0,1515 \text{ mA}$$