

# Εργαστήριο Ηλεκτρονικής

Αναφορά 2<sup>ης</sup> Εργαστηριακής Άσκησης

**Ακαδημαϊκό έτος 2024 – 2025**

**(Χειμερινό Εξάμηνο 2024)**

**Ονοματεπώνυμο:** Κλαϊντι Τσάμη

## Εισαγωγή:

Στην παρακάτω εργασία ασχοληθήκαμε με την ανάλυση και την μελέτη διαφόρων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Συγκεκριμένα, εξετάσαμε κυκλώματα όπως το κύκλωμα ηλεκτρονικού διακόπτη με ένα τρανζίστορ, κύκλωμα ηλεκτρονικού διακόπτη με δύο τρανζίστορ, κύκλωμα πριονωτή τάσης, καθώς και δυο πύλες NOT και NOR. Σε κάθε πείραμα, μελετήσαμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν και αποδείξαμε βασικές θεωρητικές αρχές. Μέσα από τη διαδικασία αυτή, αποκομίσαμε σημαντικές γνώσεις για τη λειτουργία και τις εφαρμογές των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων στην πράξη.

## Θεωρία:

### Λειτουργία ενός τρανζίστορ NPN:

Ένα τρανζίστορ NPN είναι ένας τύπος τρανζίστορ διπολικής επαφής (BJT) και λειτουργεί ως ένας διακόπτης ή ενισχυτής σήματος. Αποτελείται από τρία στρώματα ημιαγωγών: το συλλέκτη (collector), τη βάση (base) και τον εκπομπό (emitter).

### Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ:

- **Αποκοπή (Cutoff):**  
Όταν δεν εφαρμόζεται τάση στη βάση, το τρανζίστορ είναι "κλειστό", δηλαδή δεν επιτρέπει τη ροή ρεύματος από τον συλλέκτη προς τον εκπομπό.
- **Κόρος (Saturation):**  
Όταν η τάση στη βάση είναι αρκετά υψηλή, το τρανζίστορ είναι "ανοιχτό" και επιτρέπει τη μέγιστη ροή ρεύματος από τον συλλέκτη προς τον εκπομπό.
- **Ενεργή περιοχή (Active):**  
Εδώ το τρανζίστορ λειτουργεί ως ενισχυτής. Μια μικρή ροή ρεύματος από τη βάση στον εκπομπό ελέγχει τη μεγαλύτερη ροή ρεύματος από τον συλλέκτη στον εκπομπό.

## Πειραματικό μέρος:

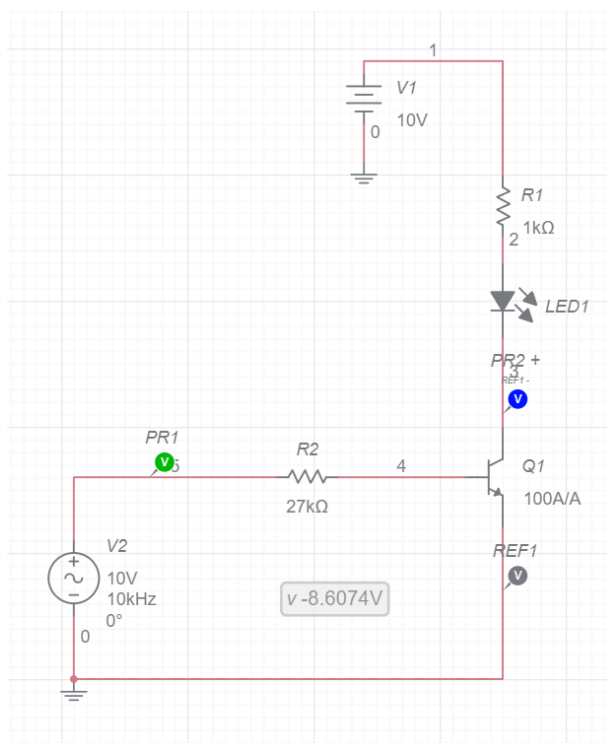
### Κύκλωμα 1: Κύκλωμα ηλεκτρονικού διακόπτη με ένα τρανζίστορ

Στο μέρος αυτό της εργαστηριακής άσκησης θα μελετήσουμε ένα κύκλωμα ηλεκτρονικού διακόπτη με ένα τρανζίστορ, συγκεκριμένα θα μελετήσουμε την τάση στα άκρα διαφόρων στοιχείων του κυκλώματος ώστε να μπορέσουμε να κατανοήσουμε σε μεγαλύτερο βάθος την λειτουργία του και έπειτα θα γίνει και ο υπολογισμός της τάσης εισόδου για την οποία το τρανζίστορ βρίσκεται στον κόρο. Για την δημιουργία του κυκλώματος και την υλοποίηση του πειράματος απαιτούνται τα εξής ηλεκτρονικά εξαρτήματα:

- Γεννήτρια ημιτονικής τάσης  $V_{pp}=20\text{ V}$  και  $f=10\text{ kHz}$
- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης  $V_{cc}=10\text{ V}$

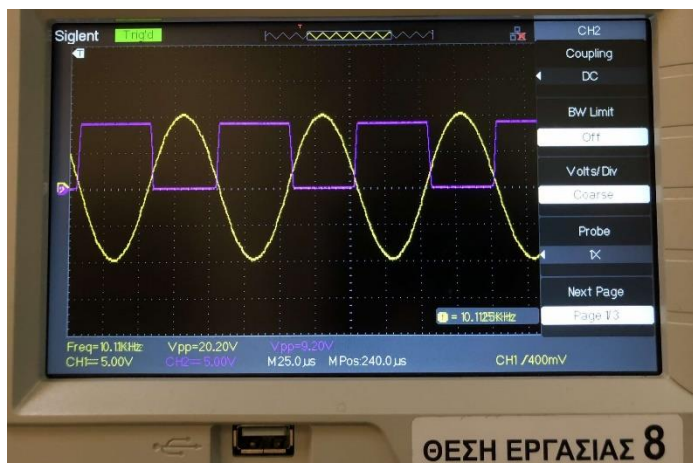
- Παλμογράφος
- Πλακέτα διασύνδεσης (breadboard)
- 2 Αντιστάσεις (1 kΩ και 27 kΩ)
- Led
- 1 τρανζίστορ NPN

Η συνδεσμολογία του κυκλώματος αποτυπώνετε χαρακτηριστικά στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 1):



Εικόνα 1: Συνδεσμολογία κυκλώματος ηλεκτρονικού διακόπτη με ένα τρανζίστορ.

Έχοντας σχηματίσει λοιπόν το παραπάνω κύκλωμα πάνω στο breadboard, χρειάζεται να γίνει και η τοποθέτηση των δύο καναλιών του παλμογράφου πάνω στο κύκλωμα. Τοποθετούμε λοιπόν το πρώτο κανάλι στα άκρα της τάσης εισόδου (πράσινη πινέζα PR1, εικόνα 1) και το δεύτερο κανάλι πρώτα στον συλλέκτη του τρανζίστορ (μπλε πινέζα PR2, εικόνα 1) και έπειτα στη βάση του τρανζίστορ, δηλαδή ανάμεσα στην αντίσταση R2 και το τρανζίστορ. Οι κυματομορφές που εμφάνισε ο παλμογράφος εμφανίζονται παρακάτω (Εικόνες 2 και 3):



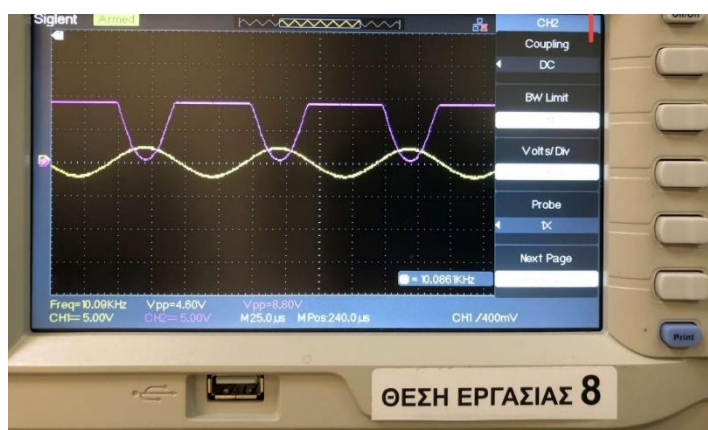
**Εικόνα 2:** Κυματομορφές τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στον συλλέκτη του τρανζίστορ (μοβ κυματομορφή).



**Εικόνα 3:** Κυματομορφές τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στην βάση του τρανζίστορ (μοβ κυματομορφή).

Στην πρώτη εικόνα (Εικόνα 2) παρατηρούμε την τάση εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) η οποία είναι ένα αναμενόμενο ημιτονικό κύμα και την τάση στον συλλέκτη του τρανζίστορ (μοβ κυματομορφή), στην κυματομορφή αυτή παρατηρούμε καταρχάς ότι στην θετική πόλωση της τάσης εισόδου η τιμή της περίπου μηδενίζεται και αυτό διότι το τρανζίστορ βρίσκεται στον κόρο, δηλαδή το τρανζίστορ λειτουργεί σαν κλειστός διακόπτης και αρά η τάση στο συλλέκτη είναι περίπου ίση με 0, από την άλλη στην αρνητική πόλωση το τρανζίστορ βρίσκεται σε αποκοπή δηλαδή λειτουργεί σαν ανοικτός διακόπτης και η τάση VCE παίρνει μια μέγιστη τιμή η οποία ισοδύναμη με την συνεχής τάση Vcc (V1 από την εικόνα 1). Ακριβώς αυτό παρατηρούμε και στην εικόνα 3 όπου η τάση στην βάση του τρανζίστορ στην θετική πόλωση της τάσης εισόδου είναι περίπου 0.7 V (αφού η διόδος άγει και διατηρεί στα άκρα της 0.7 V) ενώ στην αρνητική πόλωση διατηρεί την τάση εισόδου.

Τέλος θα υπολογίσουμε την τιμή της τάσης εισόδου για την οποία το τρανζίστορ βρίσκεται στον κόρο, αυτό πειραματικά μπορεί να γίνει εάν μειώσουμε την τάση εισόδου Vpp έως ότου η κυματομορφή της τάσης Vce πάρει την παρακάτω μορφή (Εικόνα 4):



**Εικόνα 4:** Κυματομορφές τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης Vce του τρανζίστορ (μοβ κυματομορφή).

Αυτό γίνεται καθώς θέλουμε να φέρουμε το τρανζίστορ ίσα ίσα στον κόρο, ώστε να βρούμε την τιμή της τάσης εισόδου για την οποία αυτό βρίσκεται στον κόρο. Εάν παρατηρήσουμε και τη μοβ κυματομορφή της Εικόνας 4, θα δούμε ότι η τάση στον συλλέκτη γίνεται περίπου 0 (δηλαδή το τρανζίστορ είναι στον κόρο) μόνο για ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα, καθώς έχουμε μειώσει τόσο την τιμή της τάσης εισόδου, όπου αυτή φτάνει στη θετική πόλωση, περίπου ακριβώς στην τάση  $V_i(\text{sat})$ , δηλαδή την τιμή της τάσης για την οποία το τρανζίστορ βρίσκεται στον κόρο.

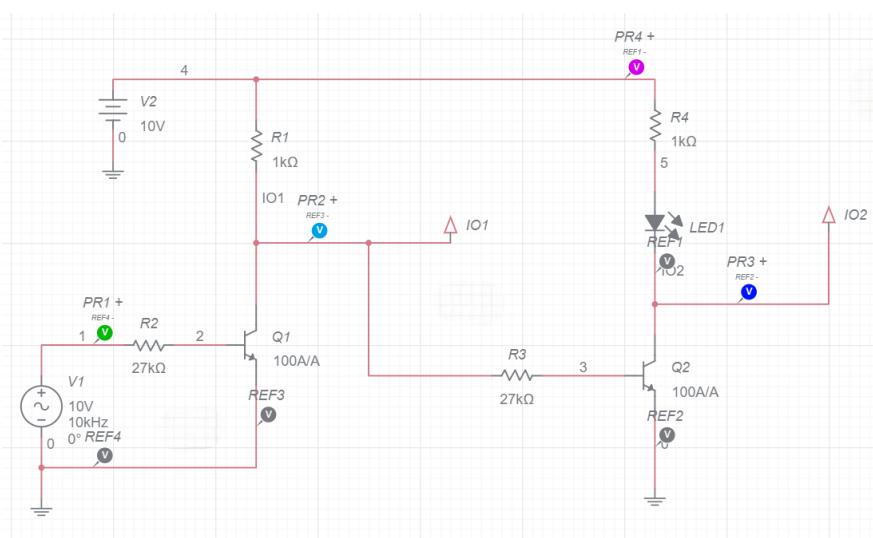
Σύμφωνα με την εικόνα 4 το transistor βρίσκεται στον κόρο όταν η τιμή της τάσης εισόδου ισούται με  $V_{i-\text{pp}}(\text{sat}) = 4.6 \text{ V}$

## **Κύκλωμα 2: Κύκλωμα ηλεκτρονικού διακόπτη με δύο τρανζίστορ**

Στο δεύτερο μέρος της εργαστηριακής άσκησης θα μελετήσουμε ένα κύκλωμα ηλεκτρονικού διακόπτη με δύο τρανζίστορ, συγκεκριμένα θα μελετήσουμε την τάση στον συλλέκτη και στην βάση και των δυο τρανζίστορ και θα εξετάσουμε κατά πόσο βελτιώθηκε το κύκλωμα αυτό σε σχέση με το προηγούμενο κύκλωμα με ένα τρανζίστορ. Για την δημιουργία του κυκλώματος και την υλοποίηση του πειράματος απαιτούνται τα εξής ηλεκτρονικά εξαρτήματα:

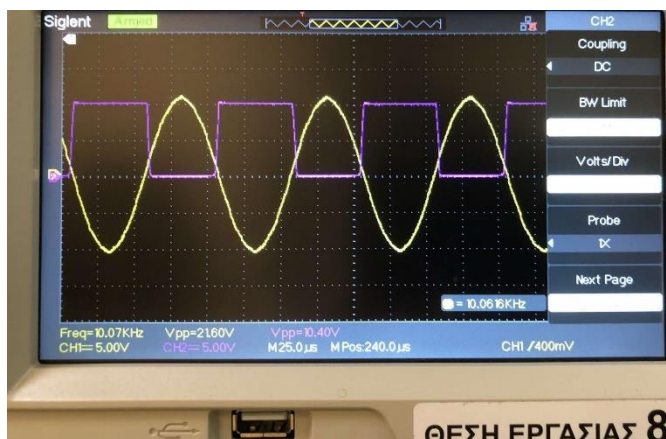
- Γεννήτρια ημιτονικής τάσης  $V_{\text{pp}}=20 \text{ V}$  και  $f=10 \text{ kHz}$
- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης  $V_{\text{cc}}=10 \text{ V}$
- Παλμογράφος
- Πλακέτα διασύνδεσης (breadboard)
- 4 Αντιστάσεις ( $2 \times 1 \text{ k}\Omega$  και  $2 \times 27 \text{ k}\Omega$ )
- Led
- 2 τρανζίστορ NPN

Η συνδεσμολογία του κυκλώματος αποτυπώνετε χαρακτηριστικά στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5):

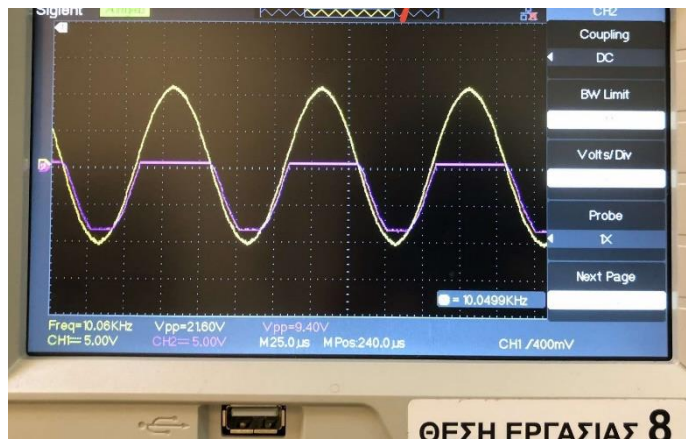


Εικόνα 5: Συνδεσμολογία κυκλώματος ηλεκτρονικού διακόπτη με δύο τρανζίστορ.

Στο παραπάνω κύκλωμα λοιπόν, τοποθετούμε το κανάλι 1 του παλμογράφου στα άκρα της τάσης εισόδου (πράσινη πινέζα PR1, εικόνα 5), ενώ το κανάλι 2 το τοποθετούμε με τη σειρά στις εξής θέσεις: Πρώτα στον συλλέκτη και έπειτα στη βάση του τρανζίστορ 1, όπως και στο προηγούμενο κύκλωμα. Οι κυματομορφές που εμφάνισε ο παλμογράφος αποτυπώνονται στις παρακάτω εικόνες (εικόνες 6 και 7 αντίστοιχα):

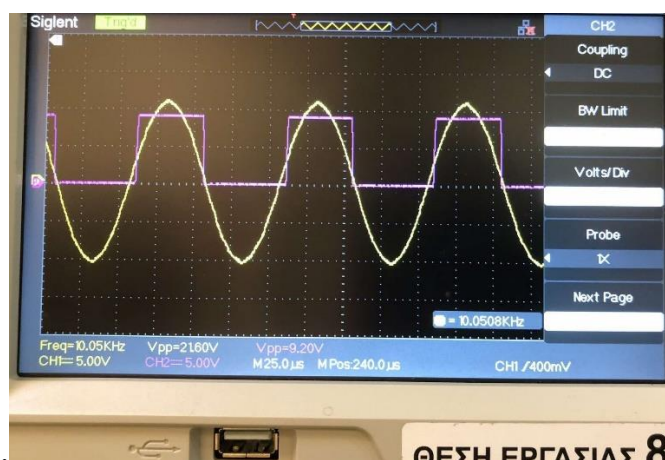


**Εικόνα 6:** Κυματομορφές τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στον συλλέκτη του τρανζίστορ Q1 (μοβ κυματομορφή).

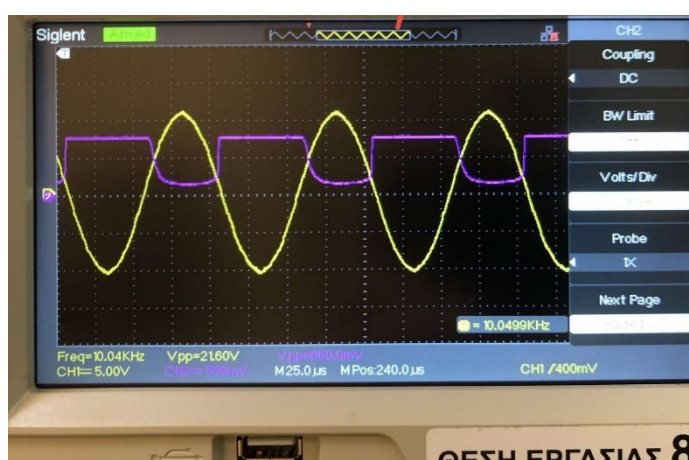


**Εικόνα 7:** Κυματομορφές τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στην βάση του τρανζίστορ Q1 (μοβ κυματομορφή).

Στις παραπάνω εικόνες παρατηρούμε ακριβώς τις ίδιες κυματομορφές του πρώτου κυκλώματος με ένα τρανζίστορ, κάτι που είναι λογικό, καθώς έως το τρανζίστορ Q1 το κύκλωμα είναι ακριβώς το ίδιο. Έπειτα, τοποθετούμε το κανάλι 2 του παλμογράφου στο δεύτερο τρανζίστορ Q2, πρώτα στον συλλέκτη και έπειτα στη βάση του. Οι κυματομορφές που εμφάνισε ο παλμογράφος παρουσιάζονται παρακάτω (Εικόνα 8 και 9 αντίστοιχα):



**Εικόνα 8:** Κυματομορφές τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στον συλλέκτη του τρανζίστορ Q2 (μοβ κυματομορφή).



**Εικόνα 9:** Κυματομορφές τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στην βάση του τρανζίστορ Q2 (μοβ κυματομορφή).

Με συνδυασμό των δύο παραπάνω εικόνων μπορούμε να εξηγήσουμε τα εξής:

Καταρχάς, στην αρνητική πόλωση της τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) το τρανζίστορ Q1 βρίσκεται σε αποκοπή, κάτι που σημαίνει ότι το τρανζίστορ Q2 θα βρεθεί στον κόρο, καθώς η τάση που θα εφαρμοστεί στη βάση του Q2 είναι αυτή μέσω των αντιστάσεων RC1 και RB2. Στην περίπτωση αυτή, το λαμπάκι LED θα ανάψει, αφού η τάση στον συλλέκτη του Q2 θα είναι περίπου ίση με 0 και άρα στην αντίσταση R4 και το led θα διαρρέετε ρεύμα. Από την άλλη, στην θετική πόλωση, το Q1 βρίσκεται στον κόρο, δηλαδή η τάση στον συλλέκτη του Q1 θα είναι περίπου ίση με 0, με αποτέλεσμα το Q2 να βρίσκεται σε αποκοπή, κάτι που σημαίνει ότι το LED δεν θα ανάψει στην περίπτωση αυτή.

Τέλος, παρατηρούμε ότι η τάση στα άκρα του τρανζίστορ Q2 είναι σχεδόν τετραγωνική, κάτι που σημαίνει ότι το τρανζίστορ αυτό βρίσκεται στη γραμμική περιοχή για πολύ λιγότερο χρόνο σε σχέση με το Q1, όπου η μεταβολή από την αποκοπή στον κόρο γίνεται με πιο ομαλό ρυθμό.

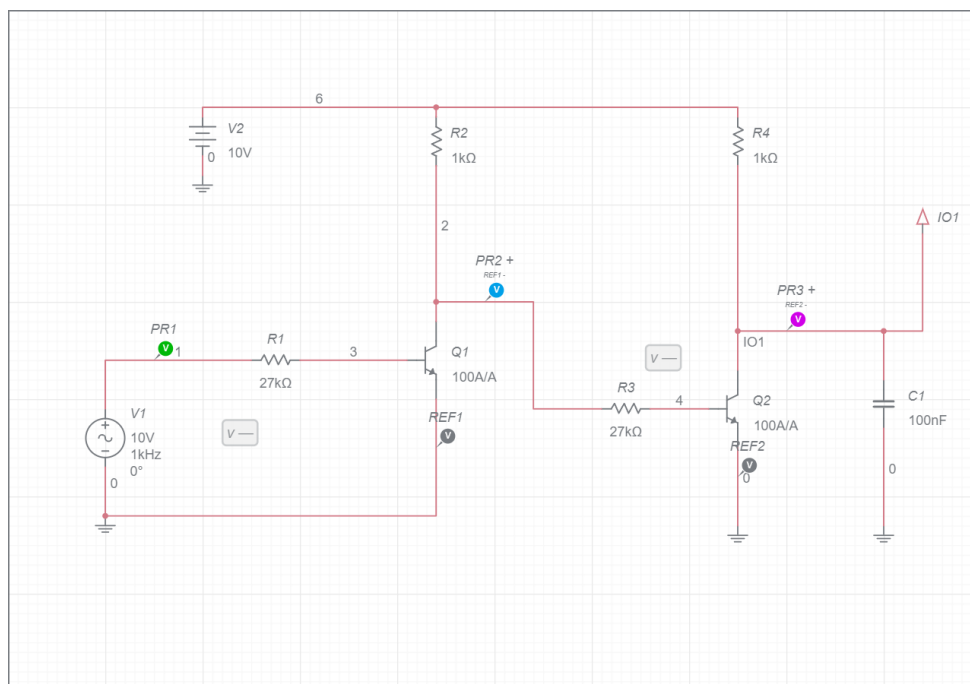
### **Κύκλωμα 3: Κύκλωμα πριονωτής τάσης**

Στο μέρος αυτό της εργαστηριακής άσκησης θα μελετήσουμε ξανά το κύκλωμα ηλεκτρονικού διακόπτη με δύο τρανζίστορ αλλά με την μόνη διαφορά ότι θα προσθέσουμε στην έξοδο και έναν πυκνωτή, συγκεκριμένα θα επιχειρήσουμε να μετατρέψουμε την τάση εισόδου σε πριονωτή τάση. Για την δημιουργία του κυκλώματος και την υλοποίηση του πειράματος απαιτούνται τα εξής ηλεκτρονικά εξαρτήματα:

- Γεννήτρια τριγωνικής τάσης  $V_{pp}=20\text{ V}$  και  $f=10\text{ kHz}$
- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης  $V_{cc}=10\text{ V}$
- Παλμογράφος
- Πλακέτα διασύνδεσης (breadboard)
- 4 Αντιστάσεις ( $2 \times 1\text{ k}\Omega$  και  $2 \times 27\text{ k}\Omega$ )
- Led
- 2 τρανζίστορ NPN
- Πυκνωτής  $C=100\text{ nF}$

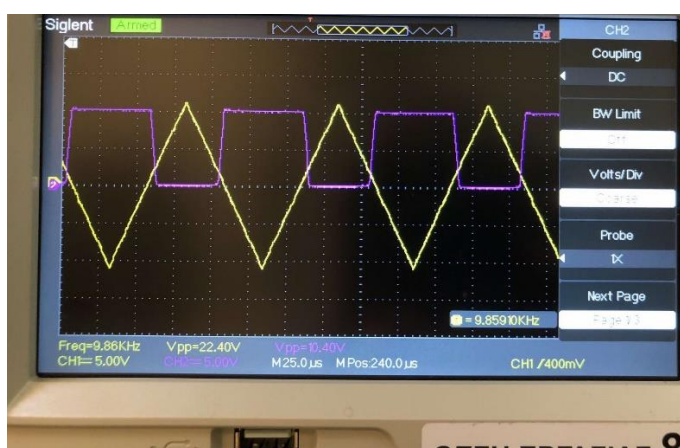
Η συνδεσμολογία του κυκλώματος αποτυπώνετε χαρακτηριστικά στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 10):



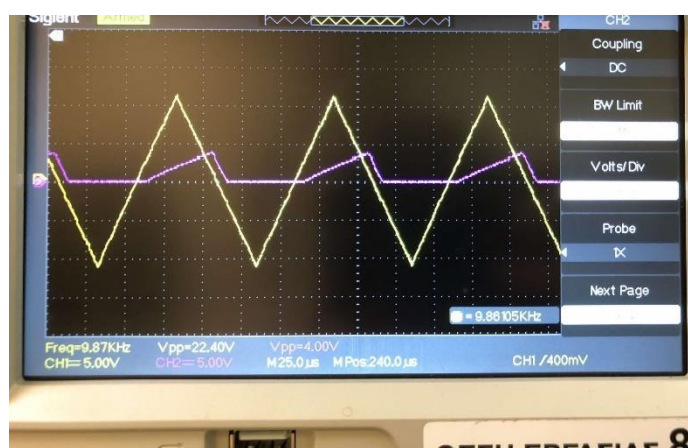


Εικόνα 10: Συνδεσμολογία κυκλώματος πριονωτή τάσης.

Μετά τον σχηματισμό του κυκλώματος πάνω στο breadboard, συνδέουμε καταρχάς το κανάλι 1 του παλμογράφου στην τριγωνική τάση εισόδου, ενώ το δεύτερο κανάλι το τοποθετούμε αρχικά στον συλλέκτη του τρανζίστορ 1 και μετά στα άκρα του πυκνωτή. Οι κυματομορφές που θα λάβουμε από τον παλμογράφο παριστάνονται στις δύο παρακάτω εικόνες (Εικόνα 11 και 12).



Εικόνα 11: Κυματομορφές τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στον συλλέκτη του τρανζίστορ Q1 (μοβ κυματομορφή).



Εικόνα 12: Κυματομορφές τάσης εισόδου (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στα άκρα του πυκνωτή (μοβ κυματομορφή).

Καταρχάς, εύκολα μπορεί να παρατηρήσει κανείς την πριόνιση της τάσης στον πυκνωτή (Εικόνα 12, μοβ κυματομορφή), την οποία θεωρούμε και τάση εξόδου. Άρα, το κύκλωμα όντως δέχεται ως είσοδο



μια κυματική τάση και βγάζει στην έξοδο μια πριονωτή τάση.

Για την περαιτέρω μελέτη του συγκεκριμένου κυκλώματος θα χρειαστεί να προσθέσουμε στην τριγωνική τάση εισόδου και μια DC συνιστώσα. Αυτό θα το καταφέρουμε επιλέγοντας την DC συνιστώσα στη γεννήτρια και δίνοντάς της μια τιμή. Αυξάνοντας ή μειώνοντας αυτή την τιμή, παρατηρούμε την τριγωνική κυματομορφή να ανεβοκατεβαίνει ως προς τον άξονα y. Επιπλέον παρατηρούμε ότι, εάν αυξήσουμε πολύ την DC τάση, αυτή η τριγωνική κυματομορφή θα περάσει πάνω από μια τιμή τάσης για την οποία το τρανζίστορ 1 βρίσκεται στον κόρο, με αποτέλεσμα αυτό να βρίσκεται μόνιμα σε κόρο και άρα το δεύτερο τρανζίστορ μόνιμα στον αποκοπή. Η τιμή αυτή υπολογίστηκε πειραματικά όταν η τριγωνική κυματομορφή και η τάση στον συλλέκτη του τρανζίστορ 1 βρισκόντουσαν στην εξής μορφή (Εικόνα 13):



**Εικόνα 13:** Κυματομορφές τάσης εισόδου +  $V_{dc}$  (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στον συλλέκτη του τρανζίστορ Q1 (μωβ κυματομορφή).



**Εικόνα 13.1:** Κυματομορφές τάσης εισόδου +  $V_{dc}$  (κίτρινη κυματομορφή) και τάσης στα άκρα του πυκνωτή (μωβ κυματομορφή).

Την τάση  $V_{dc}$  που προστέθηκε ώστε η κυματομορφή να φτάσει σε αυτό το ύψος μπορούμε να την υπολογίσουμε εάν μετρήσουμε τα κουτάκια τα οποία ανέβηκε η κυματομορφή. Συγκεκριμένα, αν κοιτάξουμε την Εικόνα 11 και την Εικόνα 13, θα παρατηρήσουμε ότι η κυματομορφή έχει ανέβει περίπου 2 κουτάκια και κάτι. Επειδή, σε σχέση με την κίτρινη κυματομορφή, η υποδιαίρεση των κουτιών είναι τα 5 V, αυτό σημαίνει ότι:

$$V_{DC} \sim 2.2 * 5 = 11 \text{ V} \Rightarrow V_{DC} = 11 \text{ V}$$

Ενώ με τον ίδιο τρόπο σύμφωνα με την εικόνα 13.1 παρατηρούμε ότι η τάση στα άκρα του πυκνωτή είναι περίπου σταθερή όταν το  $V_{dc}$  της τάσης εισόδου γίνει:

$$V_{DC} \sim 2.5 * 5 = 12.5 \text{ V} \Rightarrow V_{DC} = 12.5 \text{ V}$$

Άρα, για τιμές τάσης  $V_{DC}$  μεγαλύτερες από την τιμή των 11 V, το πρώτο τρανζίστορ βρίσκεται πάντα στον κόρο, με αποτέλεσμα το 2ο τρανζίστορ να μην μπορεί να ξαναβρεθεί στον κόρο. Άρα, τελικά, η μέγιστη τιμή τάσης  $V_{DC}$  για την οποία το 2ο τρανζίστορ εξακολουθεί να βρίσκεται στον κόρο είναι τα 11 V, καθώς πάνω από την τιμή αυτή το δεύτερο τρανζίστορ χάνει την δυνατότητα να ξαναβρεθεί στον κόρο. Επιπλέον, η τάση στον συλλέκτη του 1ου τρανζίστορ τότε είναι 10.4 V, σύμφωνα με την Εικόνα 13.

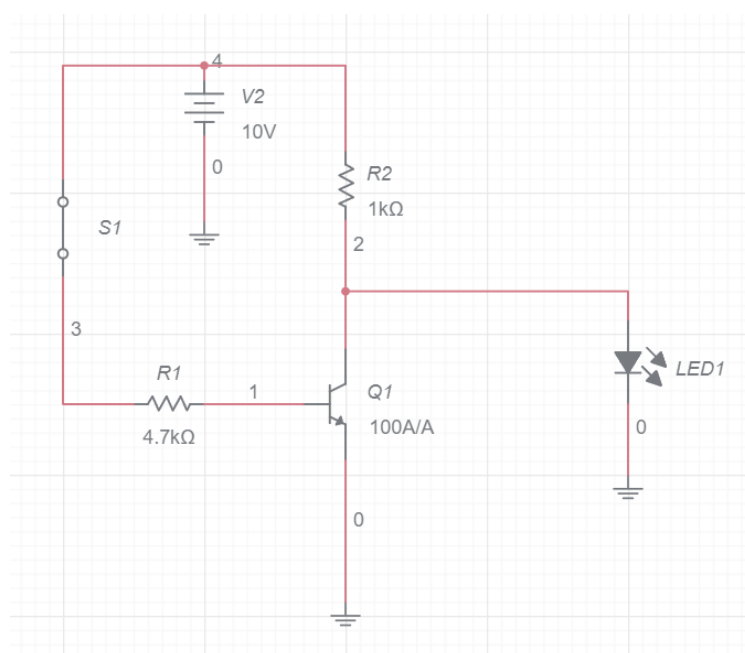
Τέλος, για να είναι το 2ο τρανζίστορ πάντα στην αποκοπή, θα πρέπει το πρώτο τρανζίστορ να είναι πάντα στον κόρο, και αυτό το πετυχαίνουμε για τάση εισόδου  $V_{pp} = 14\text{ V}$ , σύμφωνα με την Εικόνα 13.

#### **Κύκλωμα 4: Πύλη NOT**

Στο μέρος αυτό της εργαστηριακής άσκησης θα μελετήσουμε μια πύλη NOT. Για την δημιουργία του κυκλώματος και την υλοποίηση του πειράματος απαιτούνται τα εξής ηλεκτρονικά εξαρτήματα:

- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης  $V_{cc}=10\text{ V}$
- Πλακέτα διασύνδεσης (breadboard)
- 2 Αντιστάσεις ( $1\text{ k}\Omega$  και  $4.7\text{ k}\Omega$ )
- Led
- 1 τρανζίστορ NPN

Η συνδεσμολογία του κυκλώματος αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 14):



Εικόνα 14: Συνδεσμολογία πύλης NOT.

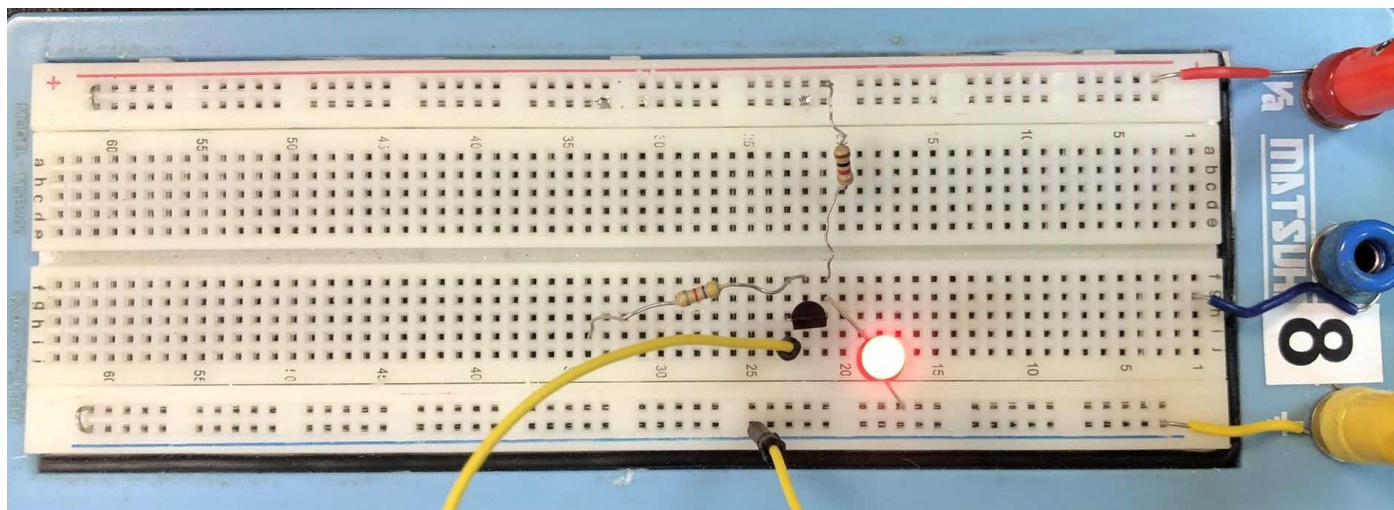
Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε ένα απλό κύκλωμα, το οποίο περιέχει μια συνεχή πηγή τάσης, ένα τρανζίστορ, ένα LED και έναν διακόπτη. Αυτό που θα κάνουμε στο πειραματικό μέρος είναι να δημιουργήσουμε πειραματικά τον πίνακα αληθείας της πύλης αυτής.

In	Out
0	1
1	0

Πίνακας 1: Πίνακας αληθείας πύλης NOT.

Συγκεκριμένα, στην πρώτη περίπτωση θα αφήσουμε τον διακόπτη ανοιχτό, ώστε στη βάση του τρανζίστορ να μην υπάρχει τάση εισόδου, δηλαδή το  $I_n$  θα είναι 0, και θα εξετάσουμε αν το LED ανάβει ή όχι, δηλαδή αν στην έξοδο παίρνουμε 1 ή 0. Έπειτα, θα δοκιμάσουμε το ίδιο με κλειστό τον διακόπτη, δηλαδή με  $I_n$  1.

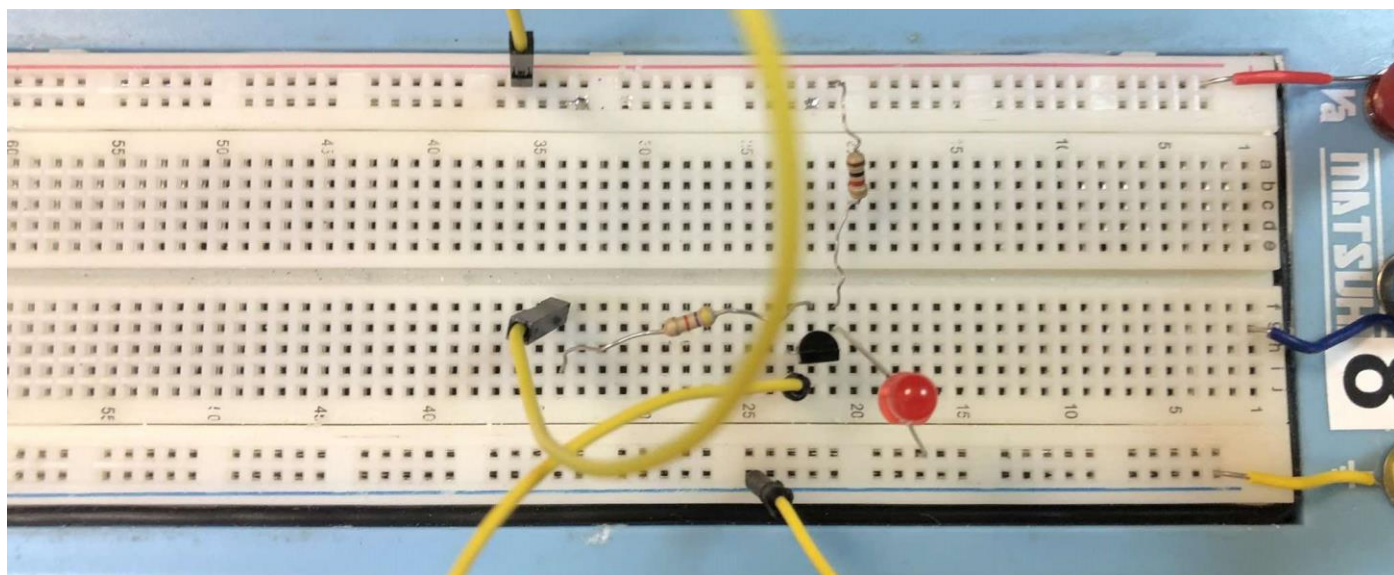
### 1<sup>η</sup> περίπτωση: Ανοιχτός διακόπτης ( $I_n=0$ ):



Εικόνα 15: Συνδεσμολογία της πύλης NOT πάνω σε breadboard όπου η τάση εισόδου ισούται με 0 ( $I_n=0$ ).

Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ότι όταν στην είσοδο βάλουμε 0, στην έξοδο παίρνουμε 1, αφού το LED άναψε. Αυτό συμβαίνει πρακτικά, διότι στην περίπτωση αυτή το τρανζίστορ είναι σαν να μην βρίσκεται στο κύκλωμα και το κύκλωμα περιέχει μόνο την αντίσταση και το LED, γι' αυτό το LED ανάβει, εφόσον το έχουμε συνδέσει με τη γείωση.

### 2<sup>η</sup> περίπτωση: Κλειστός διακόπτης ( $I_n=1$ ):



Εικόνα 16: Συνδεσμολογία της πύλης NOT πάνω σε breadboard όπου η τάση εισόδου ισούται με 10 V ( $I_n=1$ ).

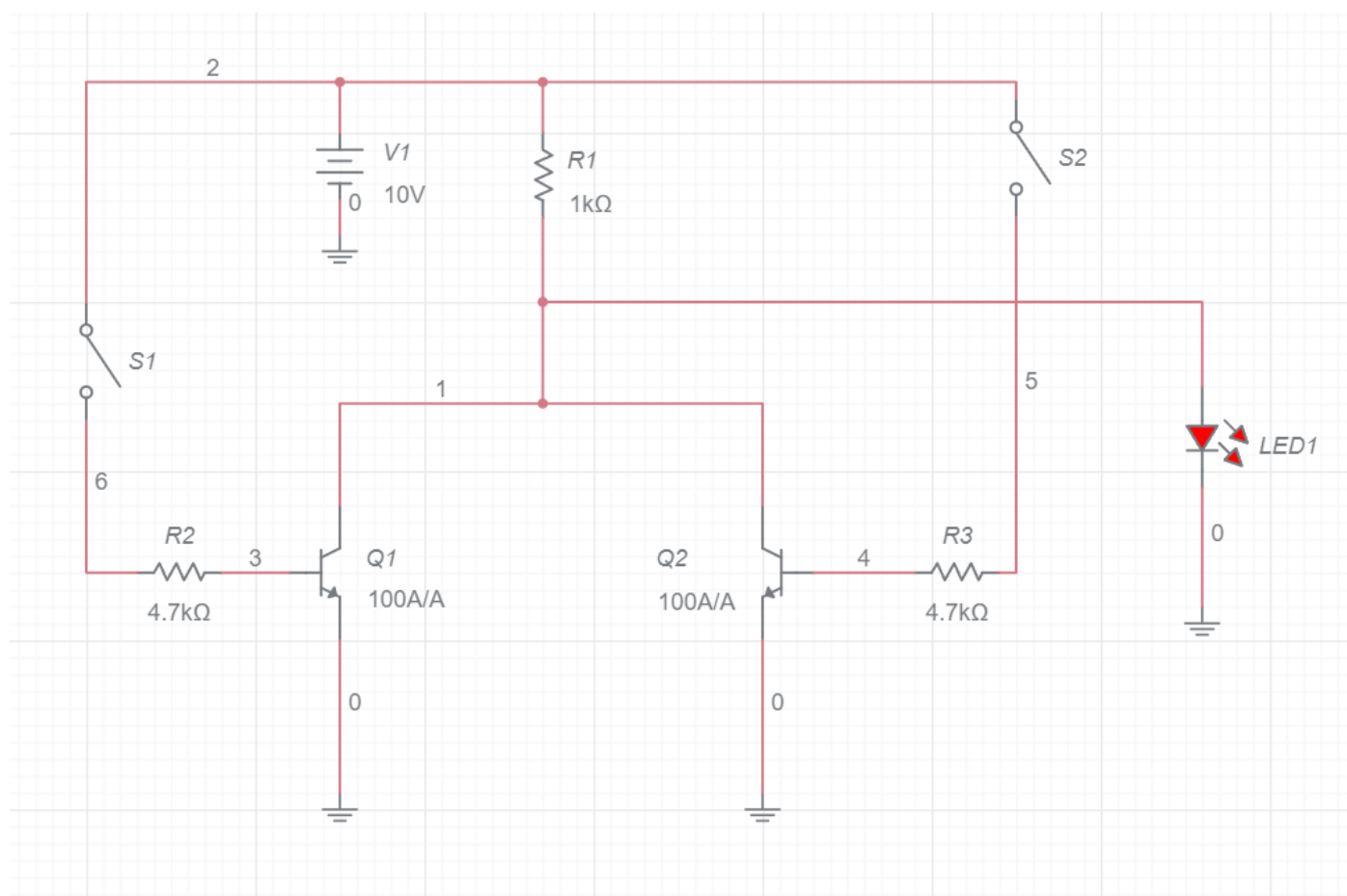
Στην περίπτωση αυτή βλέπουμε το LED να μην ανάβει, δηλαδή ισχύει ότι  $Out = 0$ , και αυτό διότι το τρανζίστορ σε αυτή την περίπτωση βρίσκεται στον κόρο, δηλαδή η τάση στον συλλέκτη είναι περίπου ίση με 0, γι' αυτό και το LED δεν ανάβει.

### Κύκλωμα 5: Πύλη NOR

Στο μέρος αυτό της εργαστηριακής άσκησης θα μελετήσουμε μια πύλη NOR. Για την δημιουργία του κυκλώματος και την υλοποίηση του πειράματος απαιτούνται τα εξής ηλεκτρονικά εξαρτήματα:

- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης  $V_{cc}=10\text{ V}$
- Πλακέτα διασύνδεσης (breadboard)
- 3 Αντιστάσεις ( $1\text{ k}\Omega$  και  $2 \times 4.7\text{ k}\Omega$ )
- Led
- 2 τρανζίστορ NPN

Η συνδεσμολογία του κυκλώματος αποτυπώνετε χαρακτηριστικά στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 17):



Εικόνα 17: Συνδεσμολογία πύλης NOR.

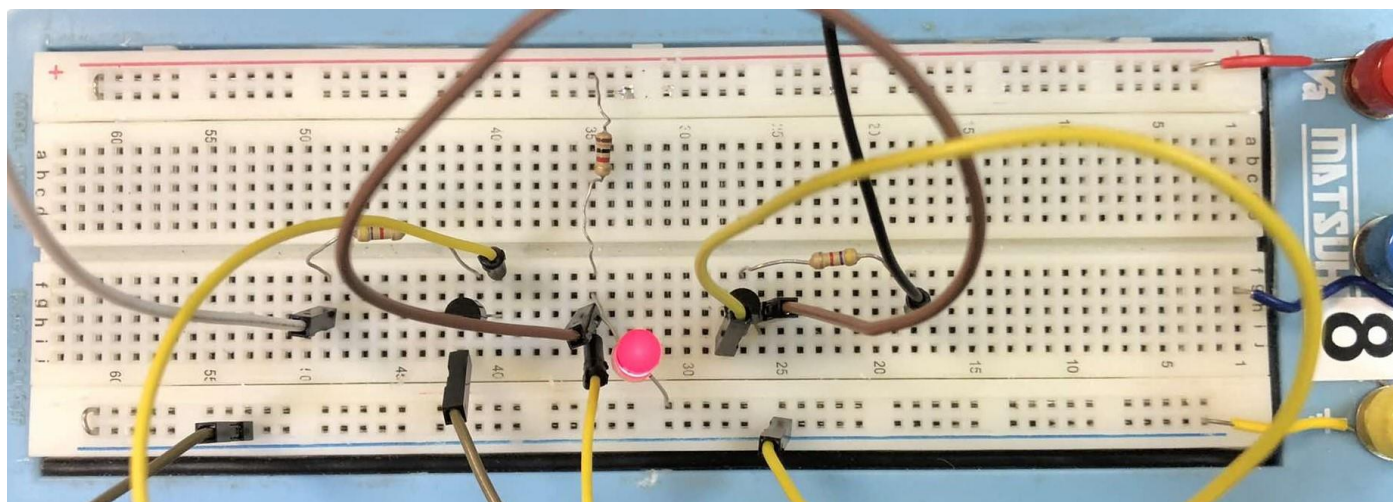


Αυτό που θα κάνουμε στο τελευταίο πειραματικό μέρος αυτό είναι να δημιουργήσουμε πειραματικά και τον πίνακα αλήθειας της πύλης αυτής (NOR).

In1	In2	Out
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Πίνακας 2: Πίνακας αληθείας πύλης NOR.

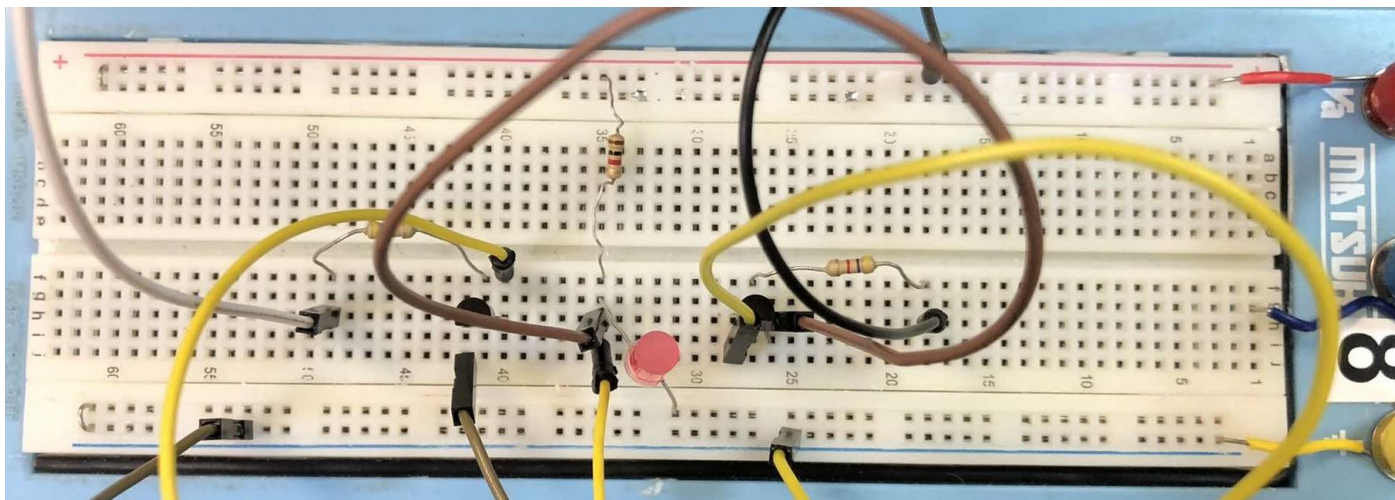
**1<sup>η</sup> περίπτωση:** Ανοιχτοί διακόπτες S1 και S2 ( $In1=0$  και  $In2=0$ ):



Εικόνα 18: Συνδεσμολογία της πύλης NOR πάνω σε breadboard όπου η τάση εισόδου ισούται με 0 V και στα δυο τρανζίστορ ( $In1=0$  και  $In2=0$ ).

Όπως παρατηρούμε και από το κύκλωμα της παραπάνω εικόνας (Εικόνα 18) στην περίπτωση αυτή το led άναψε που σημαίνει ότι στην έξοδο ισχύει ότι  $Out=1$  κάτι που συμφωνεί με τον πίνακα 2.

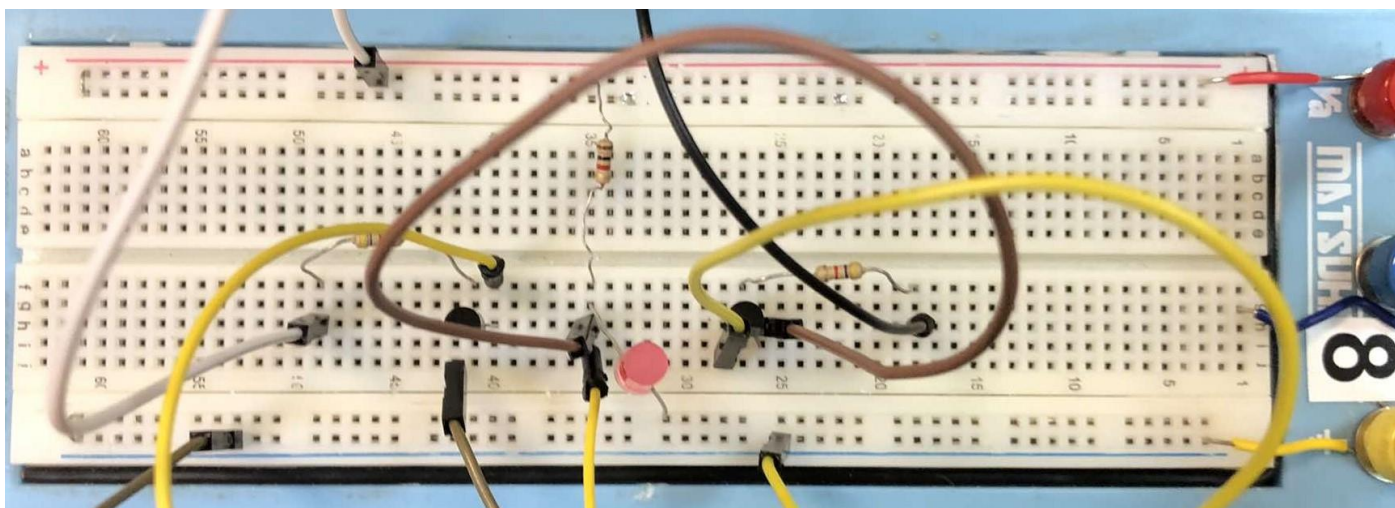
**2<sup>η</sup> περίπτωση:** Ανοιχτός διακόπτης S1 και κλειστός ο S2 ( $I_{n1}=0$  και  $I_{n2}=1$ ):



Εικόνα 19: Συνδεσμολογία της πύλης NOR πάνω σε breadboard όπου ισχύει ότι ( $I_{n1}=0$  και  $I_{n2}=1$ ).

Στο κύκλωμα αυτό (Εικόνα 19) το led δεν ανοίγει άρα  $Out=0$ .

**3<sup>η</sup> περίπτωση:** Κλειστός διακόπτης S1 και ανοιχτός ο S2 ( $I_{n1}=1$  και  $I_{n2}=0$ ):

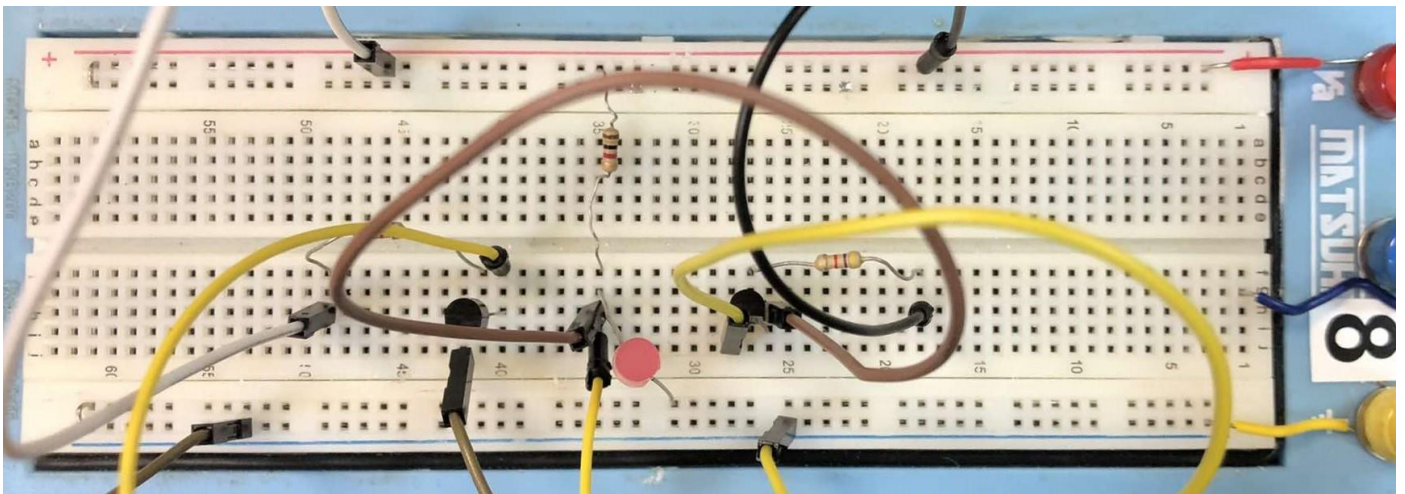


Εικόνα 20: Συνδεσμολογία της πύλης NOR πάνω σε breadboard όπου ισχύει ότι ( $I_{n1}=1$  και  $I_{n2}=0$ ).

Ομοίως για την έξοδο ισχύει ότι  $Out=0$ .



**4<sup>η</sup> περίπτωση:** Κλειστός και ο διακόπτης S1 και ο S2 ( $I_{n1}=1$  και  $I_{n2}=1$ ):



Εικόνα 20: Συνδεσμολογία της πύλης NOR  
πάνω σε breadboard όπου ισχύει ότι  
( $I_{n1}=1$  και  $I_{n2}=1$ ).

Ομοίως και σε αυτήν την περίπτωση  $Out=0$ .