

Εισαγωγικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής & Τηλεπικοινωνιών

Τελικό Σχέδιο

7^ο Εξάμηνο, Ακαδημαϊκό Έτος 2021 – 2022

| Ονοματεπώνυμο | Αριθμός Μητρώου |
|--------------------------------|-----------------|
| Μπούφαλης Οδυσσεύς – Δημήτριος | el18118 |
| Στεφανάκης Γεώργιος | el18436 |

Δέκτης

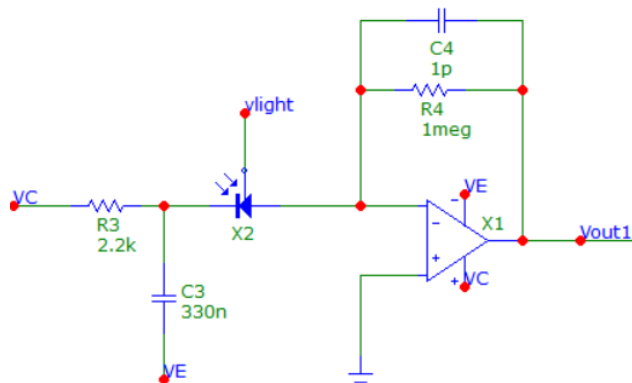
Για το τελικό σχέδιο έχουμε τα εξής στάδια με την σειρά όπως φαίνονται παρακάτω:

1. Μοντέλο για τη φωτοδίοδο
2. Bandpass φίλτρο
3. Ημιανόρθωση – εξομάλυνση
4. Συγκριτής
5. LED

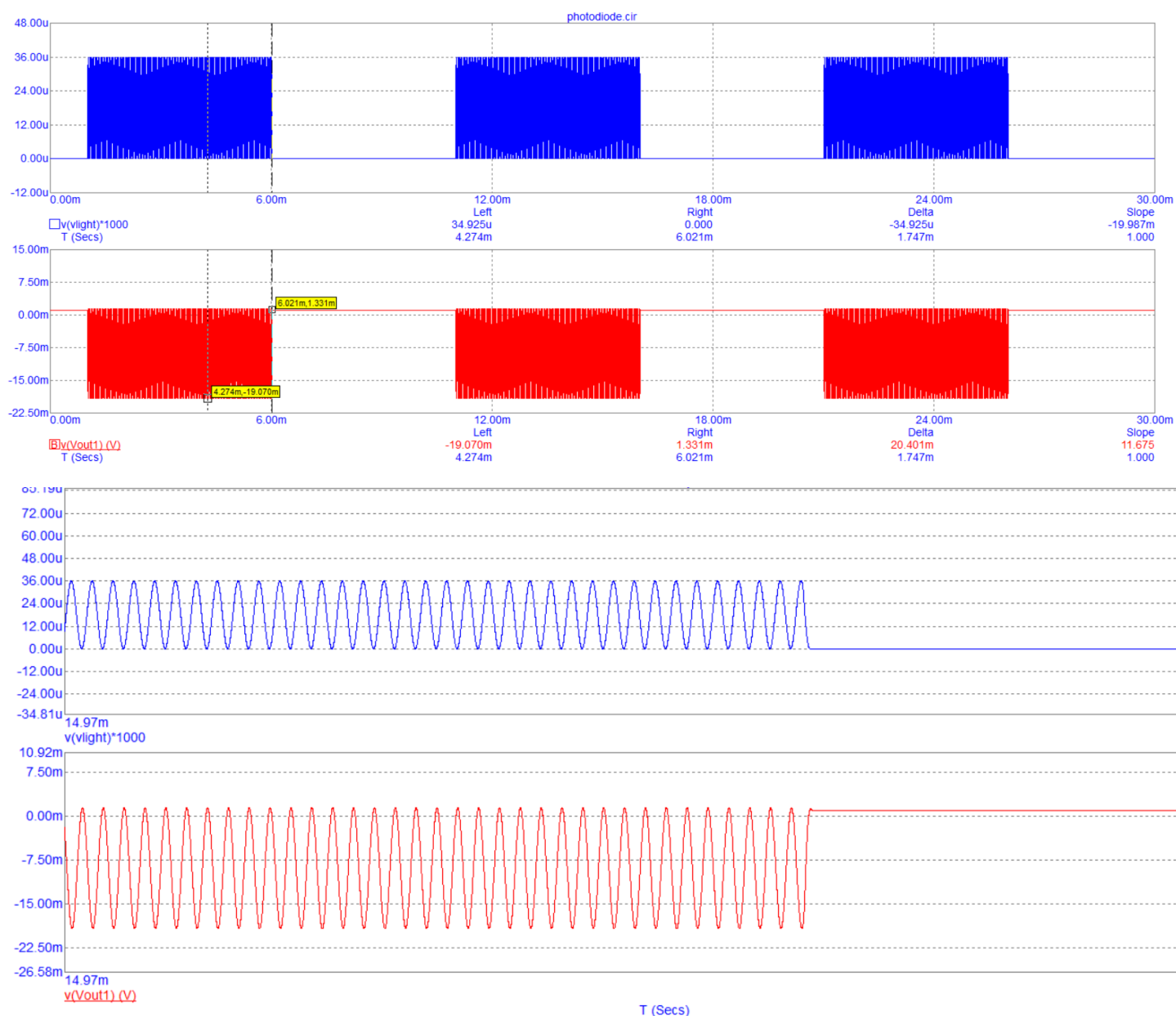
Θέλουμε να πετύχουμε κεντρική συχνότητα $f_0 = 34\text{kHz}$ και max ρεύμα LED 14mA . Πετύχαμε συχνότητα 33.743kHz και max ρεύμα LED 14.064mA .

1^ο Στάδιο

Στο πρώτο στάδιο έχουμε τον ενισχυτή φωτοδίοδου το κύκλωμα του οποίου φαίνεται παρακάτω:



Η έξοδος του παραπάνω κυκλώματος φαίνεται παρακάτω:

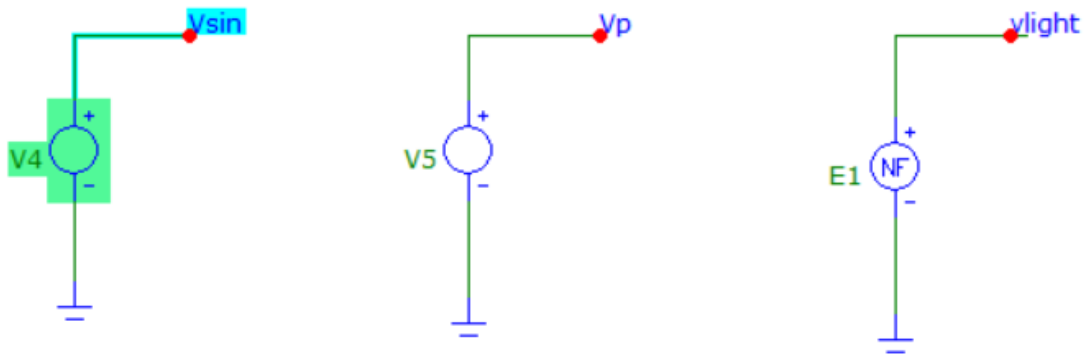


Οι τιμές των στοιχείων που χρησιμοποιήσαμε είναι οι εξής:

| Στοιχεία | MC12 |
|----------|--------------|
| R_3 | $2,2k\Omega$ |
| R_4 | $1M\Omega$ |
| C_3 | $330nF$ |
| C_4 | $1pF$ |

Από το κύκλωμα R3C3 παρατηρούμε ότι περνάει σχεδόν όλη η τάση V_c και επίσης το κυκλωματάκι αυτό κόβει την DC συνιστώσα. Επίσης το κύκλωμα της φωτοδιόδου έχει συνολική ενίσχυση της τάξης των 10^6 λόγω της αντίστασης $R_4 = 1M\Omega$ οπότε η v_{light} που είναι της τάξης των nV γίνεται στην έξοδο του κυκλώματος της φωτοδιόδου της τάξεως των mV. Επίσης παραπάνω βλέπουμε ότι η διακύμανση της τάσης στην έξοδο του κυκλώματος της φωτοδιόδου είναι περίπου 20mV που είναι το ζητούμενο. Για να προσομοιώσουμε το σήμα που στέλνουμε στην φωτοδίοδο χρησιμοποιήσαμε δύο

πηγές τάσης, μια ημιτονοειδούς σήματος και μια τετραγωνικού παλμού και έπειτα προσθέσαμε μια πηγή η οποία πολλαπλασιάζει αυτά τα 2 σήματα δημιουργώντας το vlight που θέλουμε. Οι πηγές αυτές φαίνονται παρακάτω:



2° Στάδιο

Το δεύτερο στάδιο το είχαμε παραθέσει στην 1η σειρά ασκήσεων με όλη την ανάλυση:

Η συνάρτηση μεταφοράς του φίλτρου είναι η εξής:

$$H(s) = -\frac{R_2}{R_1} \frac{\frac{1}{C_1 C_2 R_2 R_3}}{s^2 + s \left(\frac{1}{C_2 R_1} + \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_2 R_3} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_2 R_3}}$$

Η συνάρτηση είναι πλέον της γνωστής μορφής $H(s) = g \frac{\omega_o^2}{s^2 + as + \omega_o^2}$, συνεπώς έχουμε:

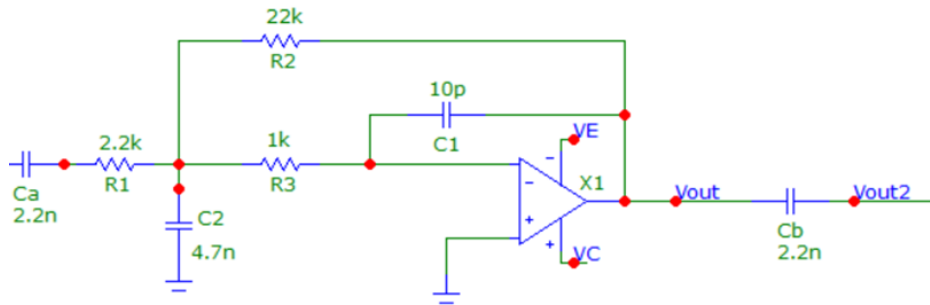
$$g = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\omega_o = \sqrt{\frac{1}{C_1 C_2 R_2 R_3}}$$

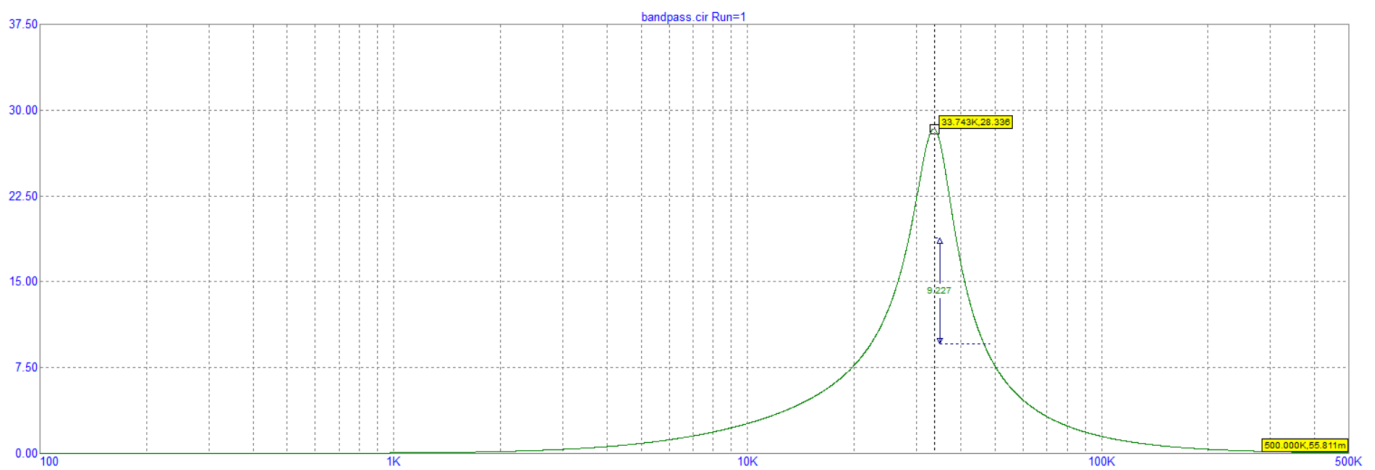
$$a = \frac{1}{C_2 R_1} + \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_2 R_3}$$

$$Q = \frac{\omega_o}{a}$$

Ενώ το bandpass φίλτρο που χρησιμοποιήσαμε είναι το παρακάτω:



Του οποίου η AC ανάλυση στο Micro-Cap μας δίνει το εξής:



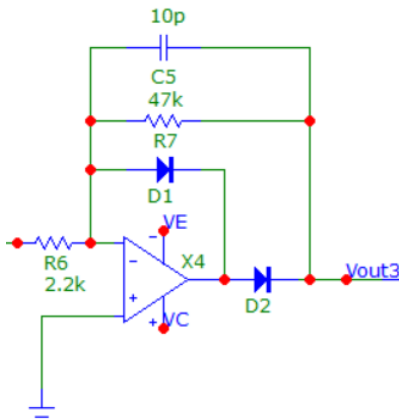
Βλέπουμε ότι έχουμε peak στα 33,743kHz, πολύ κοντά δηλαδή στην ζητούμενη συχνότητα των 34kHz, και το κέρδος είναι ίσο περίπου με 28.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήσαμε είναι τα εξής:

| Στοιχεία | MC12 |
|----------|--------------|
| R_1 | $2,2k\Omega$ |
| R_3 | $1k\Omega$ |
| R_2 | $22k\Omega$ |
| C_a | $2,2nF$ |
| C_b | $2,2nF$ |
| C_1 | $10pF$ |

3^ο Στάδιο

Για να πετύχουμε συνολική ενίσχυση της τάξης κοντά στο 600 χρειαζόμαστε την ενίσχυση στον ημιανορθωτή είναι περίπου στο 21 και αυτό διότι το κέρδος στο φίλτρο μας είναι περίπου 28. Το κύκλωμα που χρησιμοποιήσαμε για την ημιανόρθωση είναι το εξής:



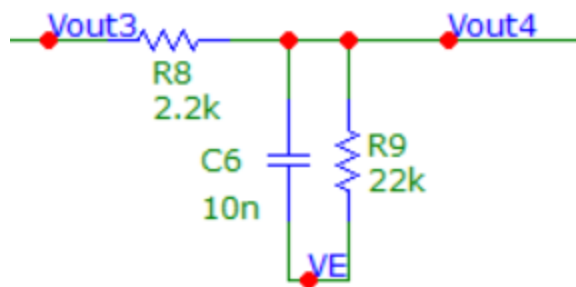
Για να πετύχουμε την ενίσχυση που αναφέραμε παραπάνω θα πρέπει:

$$\frac{R_7}{R_6} = 21$$

Επομένως οι τιμές που επιλέγουμε με βάση και τις διαθέσιμες είναι οι εξής:

| | |
|----------------|-------|
| R ₈ | 2.2kΩ |
| R ₉ | 47kΩ |
| C ₅ | 10pF |

Οι δίοδοι που χρησιμοποιήσαμε είναι αυτές που μας δόθηκαν οι 1N4148. Στην πράξη δεν χρειαστήκαμε τον πυκνωτή τον οποίο δεν προσθέσαμε τελικά. Επίσης μετά από το κύκλωμα ημιανόρθωσης δημιουργήσαμε μια εξομάλυνση το κύκλωμα της οποίας φαίνεται παρακάτω:



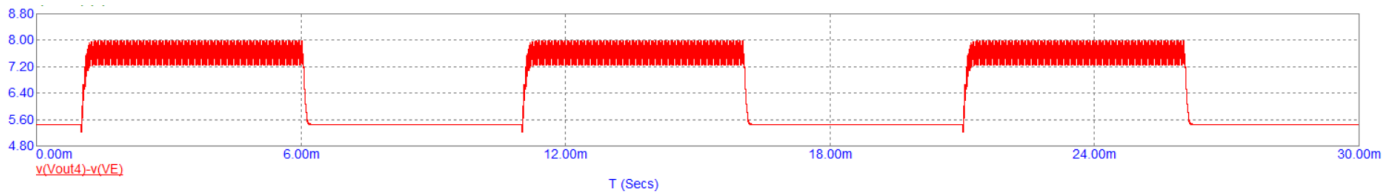
Στο παραπάνω κύκλωμα ο πυκνωτής βοηθάει στην εξομάλυνση του σήματος ενώ οι δύο αντιστάσεις αποτελούν στην ουσία έναν διαιρέτη τάσης ώστε να ρυθμίζουμε το ποσοστό του σήματος που περνάει στην έξοδο. Η τάση μετά την εξομάλυνση προκύπτει από τον τύπο $V_{out4} = \frac{R_9}{R_8 + R_9} V_{out3}$. Έπειτα από δοκιμές για το σήμα το οποίο θέλουμε να έχουμε στην είσοδο του συγκριτή καταλήξαμε στις τιμές για τις δύο αντιστάσεις. Επίσης η τιμή του πυκνωτή επιλέχτηκε με

τέτοιον τρόπο ούτως ώστε να έχουμε μια ικανοποιητική εξομάλυνση αλλά και να μην έχουμε επιπλέον καθυστέρηση εναλλαγής από την φόρτιση στην εκφόρτιση του πυκνωτή.

Έχουμε τις παρακάτω τιμές:

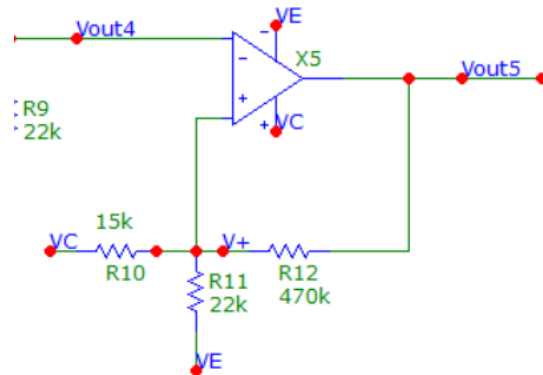
| | |
|----------|---------------|
| R_{10} | 2,2k Ω |
| R_{11} | 22k Ω |
| C_{10} | 10nF |

Με transient ανάλυση τώρα λαμβάνουμε το εξής:



4^ο Στάδιο

Χρησιμοποιήσαμε τον συγκριτή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Η είσοδος του συγκριτή είναι η έξοδος της εξομάλυνσης. Οι τύποι που χρησιμοποιήσαμε για τον συγκριτή όπως προέκυψαν και από την δεύτερη εργασία είναι οι παρακάτω:

$$V_{in}^{+ \rightarrow -} = \frac{R_2 R_f V_{cc} + R_1 R_f V_{ee} + R_1 R_2 V_{out}^+}{R_1 R_f + R_2 R_f + R_1 R_2}$$

$$V_{in}^{- \rightarrow +} = \frac{R_2 R_f V_{cc} + R_1 R_f V_{ee} + R_1 R_2 V_{out}^-}{R_1 R_f + R_2 R_f + R_1 R_2}$$

Για την υστέρηση έχουμε τα εξής:

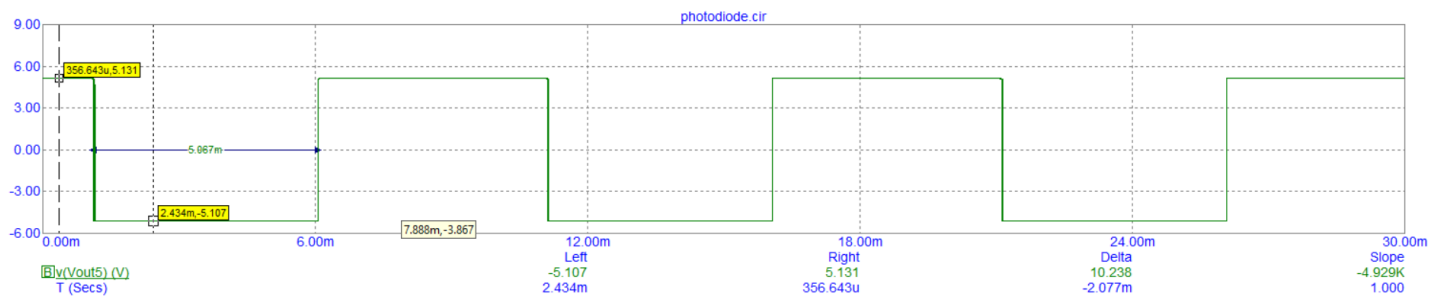
$$V_h = |V_{in}^{+ \rightarrow -} - V_{in}^{- \rightarrow +}| = V_{in}^{+ \rightarrow -} - V_{in}^{- \rightarrow +} = \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 R_f + R_2 R_f + R_1 R_2} \right) (V_{out}^+ - V_{out}^-)$$

Επίσης θεωρούμε ότι $V_{out}^+ = 4.5V$ και $V_{out}^- = -4.5V$. Κοιτώντας την έξοδο της εξομάλυνσης από το προηγούμενο βήμα θεωρώντας ως γη το Vgnd γιατί έτσι έχουν υπολογιστεί η παραπάνω τύποι βλέπουμε ότι όταν το V^- είναι λίγο κάτω από

τα 1.367V (λίγο κάτω από το 1.367V θέλουμε να είναι το threshold) τότε θέλουμε να περνάει σαν έξοδος η θετική τάση κορεσμού του opamp (4.5-5 Volt) έτσι ώστε να μην ανάβει το Led. Αντίθετα όταν το V^- ξεπερνάει το threshold τότε θέλουμε να περνάει στην έξοδο η αρνητική τάση κορεσμού του opamp (που κυμαίνεται γύρω στα [-5,4.5] Volts) έτσι ώστε να υπάρχει η κατάλληλη διαφορά δυναμικού στα άκρα του Led και αυτό να ανάβει. Έτσι με βάση τα παραπάνω και με γνώμονα να χρησιμοποιήσουμε όσο το δυνατόν λιγότερο υλικό καταλήξαμε στις παρακάτω τιμές των αντιστάσεων:

| | |
|----------|---------------|
| R_{10} | 15k Ω |
| R_{11} | 22k Ω |
| R_{12} | 470k Ω |

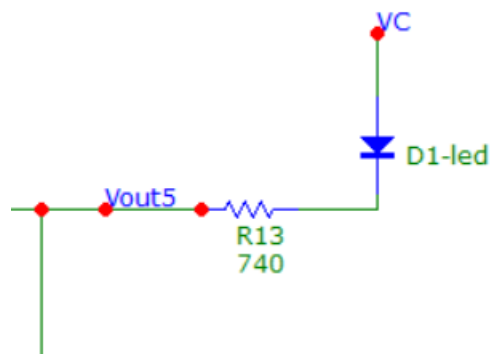
Η έξοδος του συγκριτή φαίνεται παρακάτω:



Παρατηρούμε ότι η λειτουργία του συγκριτή είναι σωστή και μάλιστα η διάρκεια των παλμών είναι πολύ κοντά στα 5ms όπως ήταν ο παλμός στην είσοδο.

5^ο Στάδιο

Σε αυτό το στάδιο το οποίο είναι και το τελικό έχουμε το κύκλωμα με το LED που συνδέεται στην έξοδο του συγκριτή μας και το οποίο φαίνεται παρακάτω:



Για το κύκλωμα αυτό μας δίνεται ότι το ρεύμα μας είναι $I_{LED} = 14mA$. Επίσης η πτώσης τάσης στα άκρα του LED είναι 1.7V όπως την μετρήσαμε στο εργαστήριο.

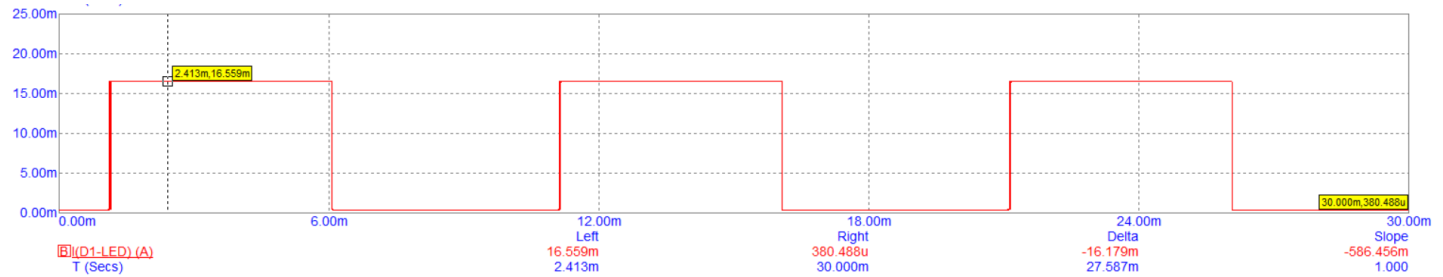
Για την πτώση τάσης στο LED θα κάνουμε έναν NTK και έτσι θα έχουμε:

$$V_{R_{LED}} = V_c - V_{led} - V_{out5} = 6 - 1.7 - (-4.5) = 8.8V$$

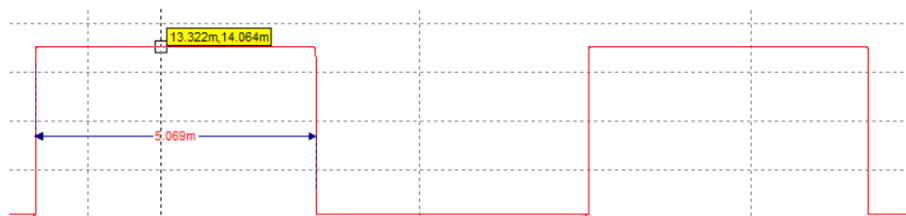
Επομένως έχουμε ότι:

$$R_{LED} = \frac{8.5}{14mA} = 628\Omega$$

Βάζοντας τώρα αυτό το κύκλωμα στο Micro-Cap παίρνουμε το εξής:



Βλέπουμε ότι το ρεύμα προκύπτει μεγαλύτερο από όσο θέλουμε οπότε για να το μειώσουμε θα αυξήσουμε λίγο την αντίσταση χρησιμοποιώντας την λειτουργία stepping. Έπειτα από δοκιμές καταλήγουμε σε τιμή 740Ω για την αντίσταση που μας δίνει τον παρακάτω παλμό για το ρεύμα του LED:



Βλέπουμε ότι και το ρεύμα είναι 14.064mA (πολύ κοντά στην ζητούμενη τιμή) καθώς και η διάρκεια του παλμού είναι σωστή και ίση με 5.069ms ίση (πολύ κοντά στα 5ms του παλμού εισόδου).

Να σημειώσουμε τέλος ότι όλες οι παραπάνω τιμές πέρα από το θεωρητικό κομμάτι επιλέχτηκαν έτσι ώστε να ταιριάζουν και με τις τιμές των αντιστάσεων και πυκνωτών που υπάρχουν διαθέσιμοι στο εργαστήριο.

Τελικό Σχέδιο

