

## ΜΠΟΥΣΟΥΛΑ ΓΙΑ ΠΟΜΠΟ

Σημειώσεις για το ακαδημαϊκό έτος 2018-9

Ο πομπός που ζητείται να κατασκευαστεί αποτελείται από τέσσερα στάδια

- 1) Ταλαντωτής.
- 2) Βαθυπερατό φίλτρο πρώτης τάξης .
- 3) Βαθυπερατό φίλτρο δεύτερης τάξης.
- 4) Τελικό στάδιο.

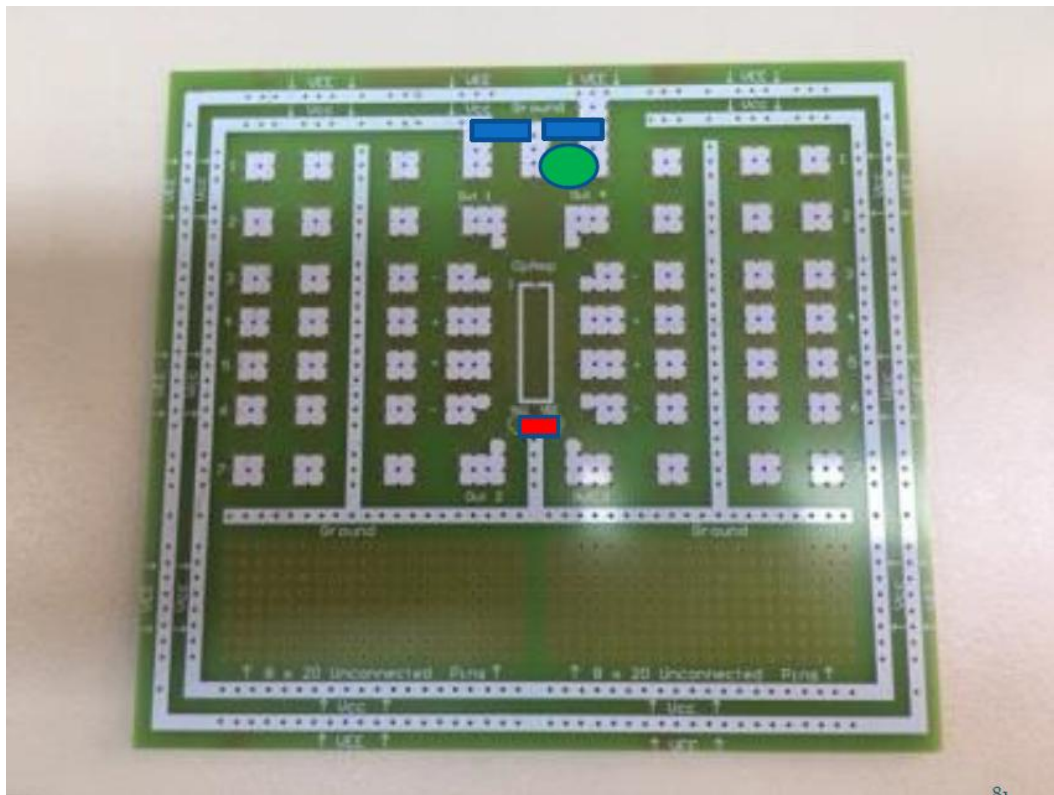
Η σειρά με την οποία ζητούνται είναι : 2,3,1,4

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ**(για τον έλεγχο κάθε σταδίου που ολοκληρώνεται) :

Η τροφοδοσία για τον πομπό είναι 20 volt. Συνδέετε το κόκκινο ακροδέκτη του τροφοδοτικού (θετικό δυναμικό) στο Vcc και το μαύρο ακροδέκτη στο Vee. Κολλήστε μακριά καλώδια στις αντίστοιχες περιοχές(Vcc,Vee) για διευκόλυνση. Πρώτα καθορίζετε τη τιμή της τάσης στο τροφοδοτικό και μετά συνδέετε στη πλακέτα.

Πρώτο βήμα είναι να δημιουργήσετε τη τεχνητή γή, η οποία συμβολίζεται με μικρό τριγωνάκι στα κυκλώματα και αντιστοιχεί σε 10 volt δυναμικό.

Για να το κάνετε αυτό απλώς ακολουθείται τις οδηγίες στη σ.82



Στα μπλε βάζετε 1KΩ αντιστάσεις.

Στο πράσινο 10μF πυκνωτή.

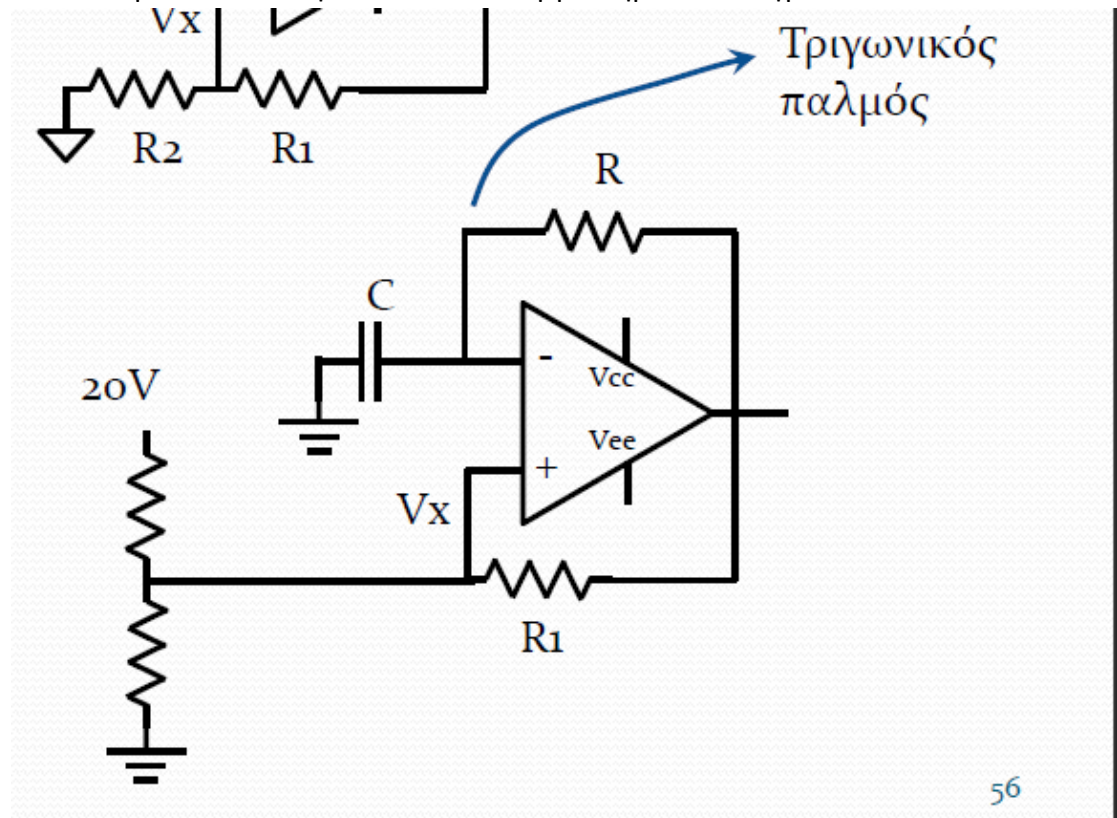
Στο κόκκινο 100nF πυκνωτή.

Οι πυκνωτές είναι για εξομάλυνση.

Επίσης θα χρειαστεί να κολλήσετε τη βάση του τελεστικού ενισχυτή.

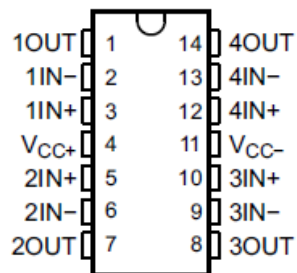
## ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ

Το κύκλωμα δίνεται στη σελίδα 56 του εργαστηριακού οδηγού:



Το τριγωνικό παλμό που θέλουμε να λάβουμε τον παίρνουμε από το (-) του op-amp .

Σημείωση: στην ουσία ο τελεστικός ενισχυτής που δίνεται περιέχει 4 τελεστικούς ενισχυτές( συμβολίζονται με το μεγάλο τρίγωνο με τους τρεις ακροδέκτες). Ουσιαστικά χρησιμοποιείτε ένα τελεστικό ενισχυτή σε κάθε στάδιο.



Τα χαρακτηριστικά του παλμού τα οποία θέλουμε να καθορίσουμε μέσω του ταλαντωτή είναι 1) η συχνότητα και 2) το πλάτος

Η συχνότητα την οποία θέλουμε να πετύχουμε δίνεται από τους αριθμούς μητρώου σας.

$$F = 22\text{KHz} + (\text{TΨAM 1} + \text{TΨAM 2}) \text{ KHz}$$

TΨAM 1 = Τελευταίο ψηφίο αριθμού Μητρώου του ενός ατόμου

TΨAM2 = Τελευταίο ψηφίο αριθμού Μητρώου του άλλου ατόμου της ομάδας

πχ. Για φοιτητές με 03118122 και 03118090 η συχνότητα είναι  $22 + 2 + 0 = 24\text{KHz}$

Τα υπόλοιπα παραδείγματα θα δοθούν για αυτή τη συχνότητα.

Το πλάτος του παλμού πρέπει να είναι γύρω στα 0,5V .

Πως επιλέγουμε τώρα τις κατάλληλες τιμές για τα στοιχεία μας:

Για τη συχνότητα χρησιμοποιούμε το τύπο στη σελίδα 52

$$\lambda = R2 / (R1 + R2)$$

R2: η αντίσταση που καταλήγει στο ground

!!ίσως δεν είναι αυτή η R2 άρα καλύτερα στο διαιρέτη τάσης να βάλετε τις ίδιες τιμές αντιστάσεων!!

R1: όπως φαίνεται στο σχήμα

Λύνοντας όσα φαίνονται στη σ. 52 καταλήγουμε να υπολογίσουμε τη περίοδο με τον εξής τύπο:

$$T = 2 * R * C * \ln((1 + \lambda) / (1 - \lambda))$$

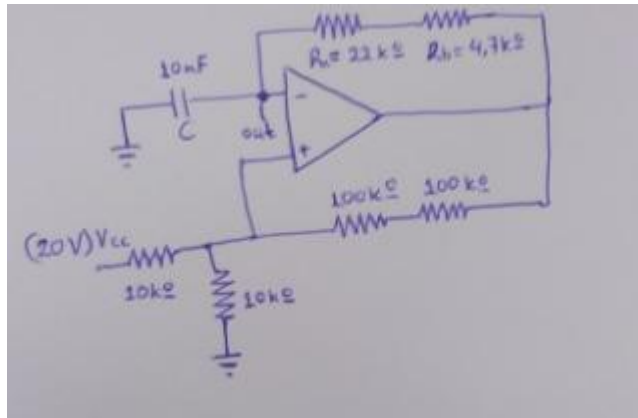
R,C : όπως φαίνονται στο σχήμα

Όσον αφορά το πλάτος !!ΟΧΙ ΣΙΓΟΥΡΑ!!

$$V_{\text{max}} = \lambda * V_{\text{του διαιρέτη τάσης}}$$

Ανεξάρτητα από τους υπολογισμούς υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις ανάμεσα στη θεωρία και τη πράξη και άρα για να πετύχετε τις επιθυμητές τιμές χρειάζονται δοκιμές στο εργαστήριο ή σε προσομοιωτή όπως το falstad.

Πρότυπες τιμές για 24KHz:



Να σημειωθεί ότι ο τύπος υπολογίζει 20KHz ενώ στη πράξη παίρνουμε 24KHz.

## ΦΙΛΤΡΟ ΠΡΩΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ

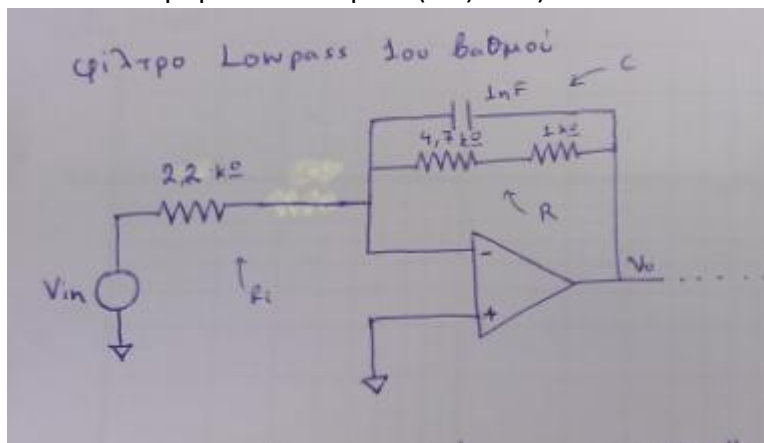
Λαμβάνει το τριγωνικό παλμό από το ταλαντωτή στην είσοδο και το μετατρέπει σε ημίτονο στην έξοδο του.

Πιο συγκεκριμένα το φάσμα του τριγωνικού παλμού έχει περιβάλλουσα ένα sinc και κρουστικές σε κάθε ακέραιο πολλαπλάσιο της συχνότητας του παλμού. Πχ 24, 48, 72... KHz

Με το φίλτρο προσπαθούμε αν αποκόψουμε με το βέλτιστο τρόπο όλες τις συχνότητες εκτός των 24K ώστε να μας μείνει μόνο το ημίτονο. Όσο πιο καλά τις αποκόψουμε τόσο πιο ομοιόμορφο θα είναι το ημίτονο.

Επειδή η συχνότητα αποκοπής του φίλτρου έχει 3db πτώση, διαλέγουμε για το φίλτρο μας μια συχνότητα λίγο μετά την επιθυμητή πχ 28K.

Το κύκλωμα του βαθυπερατού φίλτρου δίνεται παρακάτω αλλά υπάρχουν και άλλα παρόμοια κυκλώματα(Δες σ.58)



Η συχνότητα αποκοπής και η ενίσχυση επιλέγονται από τους παρακάτω τύπους:

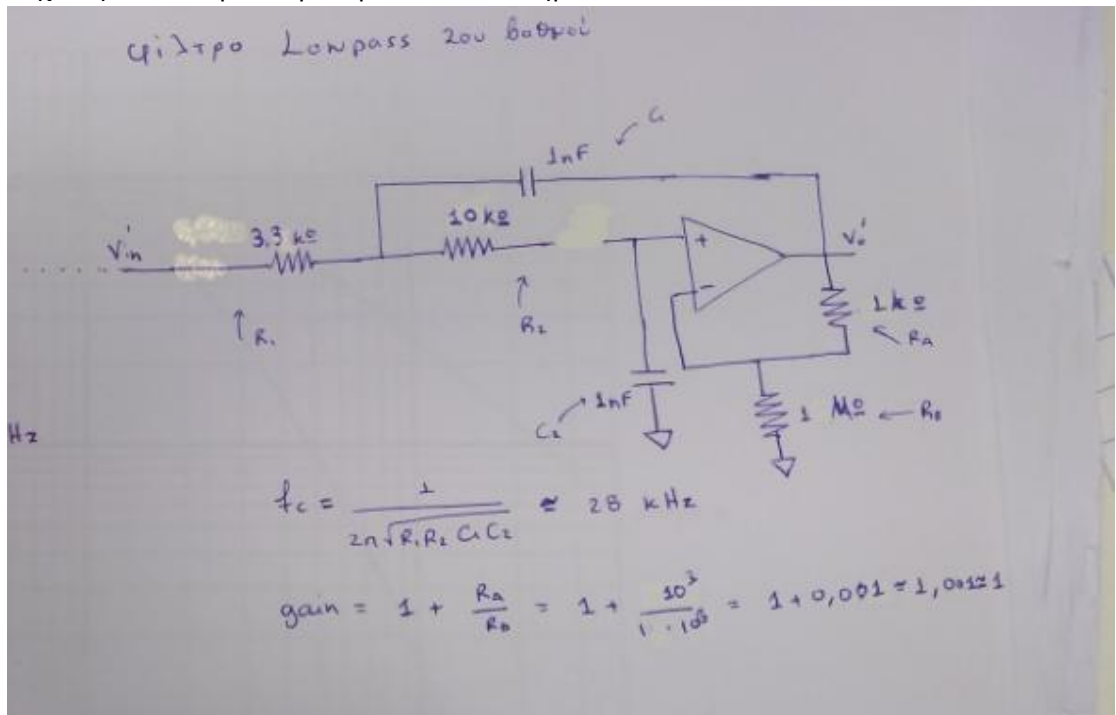
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 5,7 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9}} = 28,67 \text{ kHz}$$

$$\text{gain} = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R}{R_i} = \frac{5,7}{2,2} = 2,6$$

Η ενίσχυση μας ενδιαφέρει ώστε να διατηρήσουμε τον παλμό μας σε μια φυσιολογική τιμή πλάτους περίπου 0,5volt.

## ΦΙΛΤΡΟ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΒΑΘΜΟΥ

Ομοίως με προηγούμενως απλώς τώρα γίνεται πιο απότομη η αποκοπή των συχνοτήτων και άρα παίρνουμε πιο «καλό» ημίτονο.



Όπως και πριν, υπάρχουν και άλλες συνδεσμολογίες.

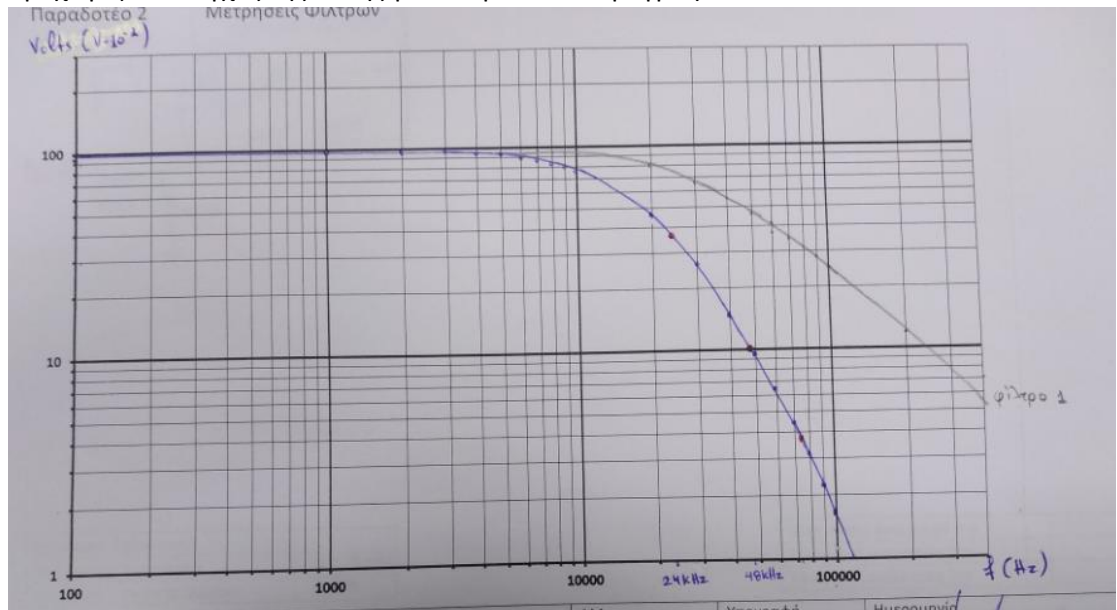
Για να αποφύγετε υπολογισμούς χρησιμοποιείτε το παρακάτω σύνδεσμο:

<http://sim.okawa-denshi.jp/en/OPseikiLowkeisan.htm>

**Σημείωση1:** Η έξοδος του πρώτου φίλτρου συνδέεται απευθείας στην είσοδο του δεύτερου φίλτρου.

**Σημείωση2:** Για να ελέγξετε τη λειτουργία των φίλτρων, συνδέετε στην είσοδο του πρώτου φίλτρου ένα μεγάλο πυκνωτή (χρειάζεται μόνο για τις μετρήσεις, μετά θα τον βγάλετε). Έπειτα μέσω της γεννήτριας συχνοτήτων επιλέγεται ένα τριγωνικό παλμό ανεξαρτήτως πλάτους πχ. 10volt και σιγά σιγά αυξάνεται τη συχνότητα από το 1K στα 200K και ανά τακτά διαστήματα σημειώνετε το πλάτος πάνω στο

παραδοτέο που σας έχει δοθεί. (εκτυπώστε ένα σπίτι σας για να το έχετε σαν πρόχειρο). Ο έλεγχος της τάσης γίνεται με τον παλμογράφο.



Επίσης δε χρειάζεται να ελέγξετε το δεύτερο φίλτρο μόνο του.

#### ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

Όταν ολοκληρώνεται τους υπολογισμούς και τις προσομοιώσεις πρέπει οι τιμές των στοιχείων που διαλέγετε να είναι συμβατές με αυτές που υπάρχουν στο εργαστήριο.

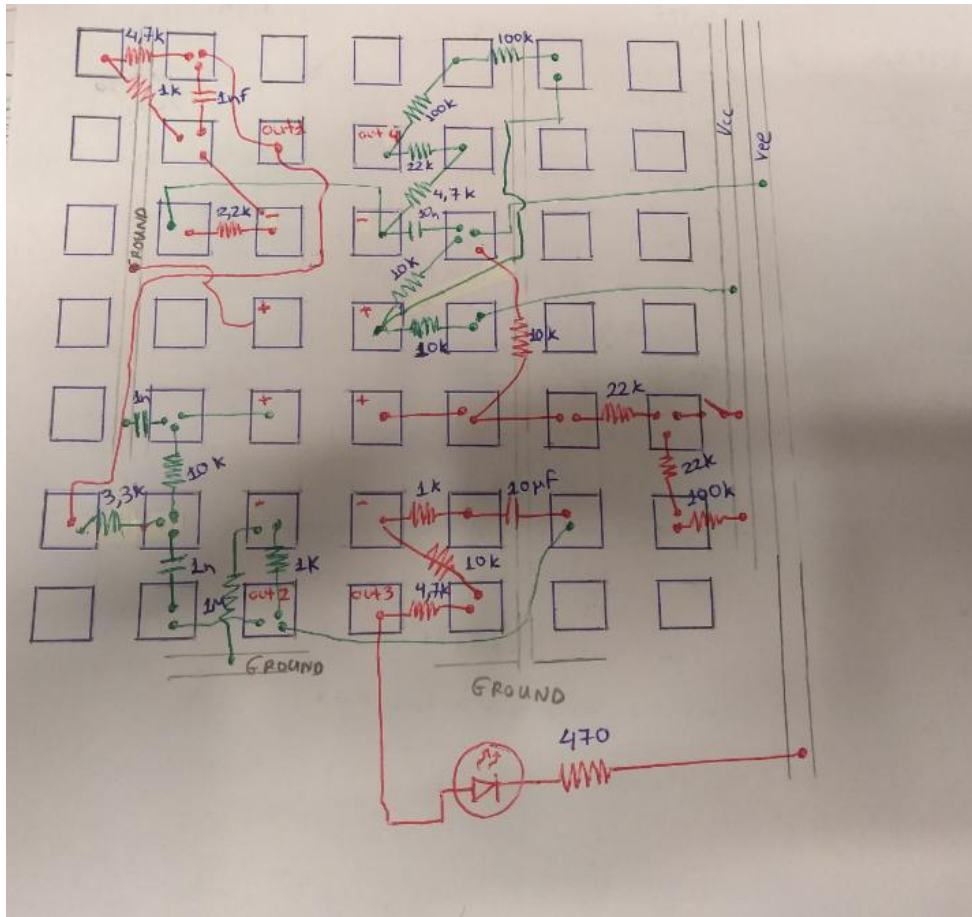
Πυκνωτές	Αντιστάσεις
10pf	47Ω
100pf	100Ω
1nf	150Ω
10nf	220Ω
100nf	470Ω
10uf	1KΩ
	2.2KΩ
	4.7KΩ
	10KΩ
	22KΩ
	47KΩ
	100KΩ
	470KΩ
	1MΩ

Προστέθηκαν  
αντιστάσεις 330Ω,  
3.3KΩ, 33KΩ 330KΩ και  
ανάλογοι πυκνωτές.

Όταν έχετε αποφασίσει ποια στοιχεία θα χρησιμοποιήσετε **συνίσταται** να φτιάξετε ένα σχέδιο της πλακέτας σας, που να φαίνεται ξεκάθαρα που θα κολλήσετε τι ώστε να αποφύγετε λάθη και να βελτιστοποιήσετε την τοποθέτηση τους, εξοικονομώντας χώρο.

Παράδειγμα:

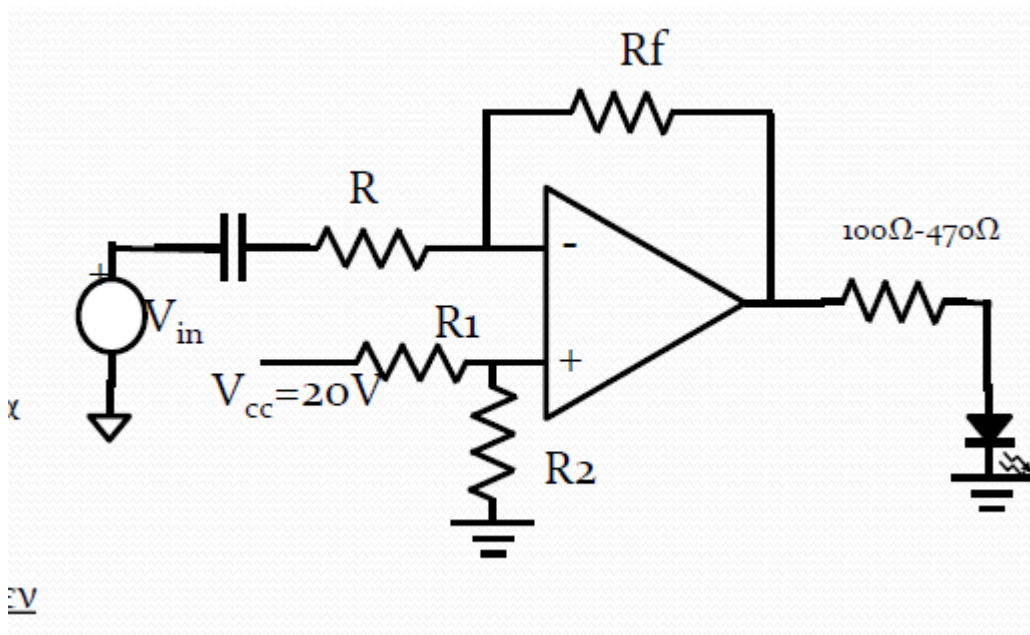




## ΤΕΛΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ

Αφού έχουμε δημιουργήσει ένα τριγωνικό παλμό και τον έχουμε κάνει ημίτονο, φτάνουμε στο τελικό στάδιο. Στην είσοδο του λαμβάνουμε ένα ημιτονοειδές σήμα πλάτους τάξης 0,5 volt και στόχος μας σε αυτό το στάδιο είναι 1) να το ενισχύσουμε κα 2) να του δώσουμε μια DC συνιστώσα. Έτσι η μετάδοση της πληροφορίας από το πομπό θα γίνεται με αυξομειώσεις της έντασης του υπέρυθρου led (προφανώς δε μπορούμε να δούμε την υπέρυθρη ακτινοβολία αλλά μπορείτε να ελέγξετε τη λειτουργία του μέσω της κάμερας του κινητού).

Η συνδεσμολογία είναι η εξής:



Πρώτο βήμα είναι να υπολογίσουμε το μέγιστο ρεύμα που θέλουμε να περνάει από το led.

Αυτό δίνεται από τον τύπο :

$$I_{ac\ peak} = 18\text{ mA} + (T\psi_{AM\ 1} + T\psi_{AM\ 2})/2\text{ mA}$$

Δηλαδή για AM 03118122 και 03118090 το  $I = 18 + (0+2)/2 = 18+1 = 19\text{ mA}$

Το ελάχιστο ρεύμα που πρέπει να περνά πρέπει να είναι 1-3 mA

Επόμενο βήμα είναι να επιλέξουμε τη τιμή της αντίστασης πριν το led. Αν έχετε μεγάλο  $I_{max}$  προτείνεται η 100Ω για να μη καταλήξετε σε πολύ μεγάλες τιμές τάσης.

Έστω ότι επιλέχθηκε η 470Ω , τώρα υπολογίζω το  $V_{max}$  και το  $V_{min}$  με το νόμο του Ohm.

$$V_{max} = I_{max} * R$$

$$V_{min} = I_{min} * R$$

$V_{max} - V_{min} = V_{pp}$  δλδ το πλάτος που επιθυμούμε να έχουμε στην έξοδο και άρα μπορούμε να υπολογίσουμε πόση ενίσχυση χρειάζεται.

Δλδ πχ για παλμό εισόδου 0.55 ( θα το έχετε υπολογίσει με το παλμογράφο) αν θέλετε να γίνει 7,52V πρέπει να κάνετε ενίσχυση κατά 13,7

Η ενίσχυση υπολογίζεται εύκολα με το τύπο  $R_f/R$  αφού αποτελεί αναστρέφων ενισχυτή.

Η dc συνιστώσα που θέλουμε να δώσουμε υπολογίζεται ως εξής:

$$V_{dc} = V_{min} + V_{pp}/2$$

Η τιμή της υπολογίζεται από το τύπο:

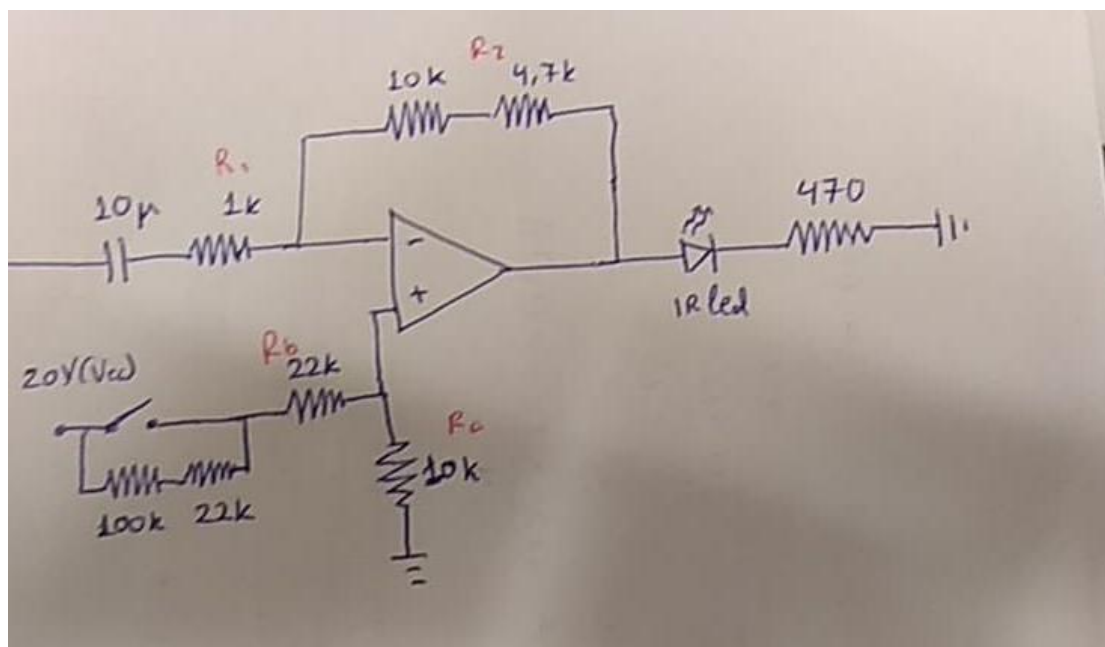
$$V_{dc} = R_2/(R_1+R_2) * 20$$

!δεν είναι πολύ ακριβές στη πράξη, κάντε δοκιμές



Ωστόσο, αυτό θα ήταν το κύκλωμα για συνεχόμενη λειτουργία. Εμείς όμως θέλουμε να βάλουμε και ένα διακόπτη για να επιλέγουμε πότε θα στέλνεται ο παλμός.

Οπότε η συνδεσμολογία γίνεται ως εξής: (προσθέσαμε ένα διακόπτη και παράλληλα σε αυτόν μια αντίσταση)(προσοχή άλλαξαν τα σύμβολα)



Εδώ πρέπει να τονιστεί το εξής: όταν δε πατάμε το διακόπτη πρέπει η τάση στο V+ να είναι εντός των ορίων που ορίζει ο οπαμπ δηλαδή 1 volt από τα όρια τροφοδοσίας και πιο συγκεκριμένα από 1 έως 19 volt. Εδώ απλώς πρέπει να προσέξετε η τιμή στο V+ να είναι κοντά αλλά μεγαλύτερη του 1 Volt.

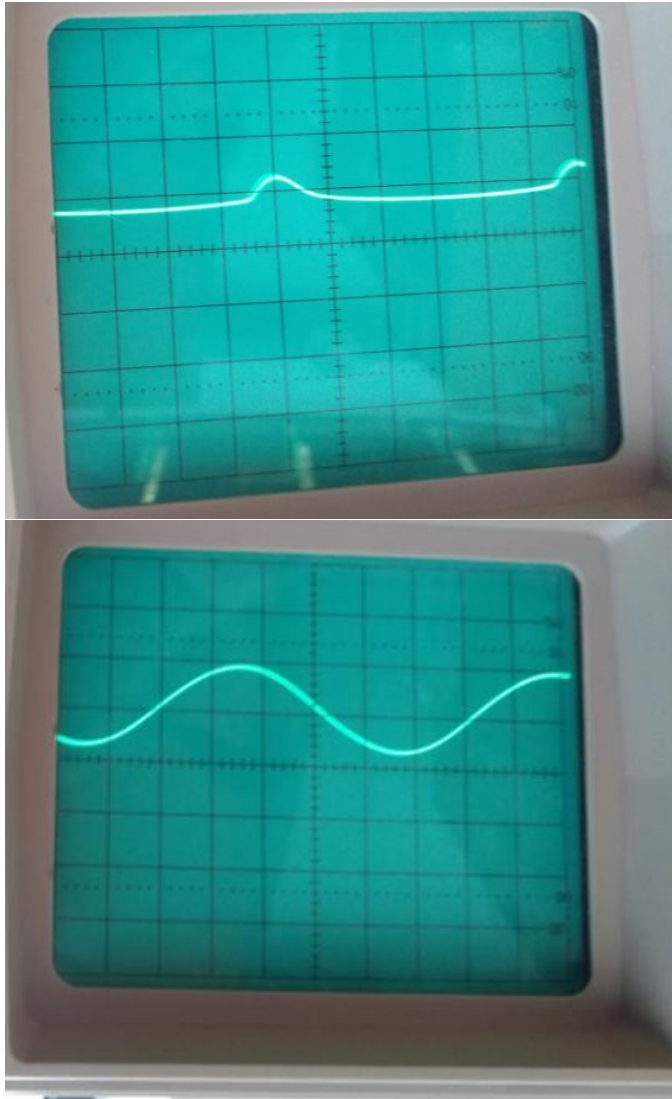
$$\text{Πχ εδώ } V+ = 10 / (22 + 22 + 100) * 20V = 1,3V$$

Αυτό είναι σημαντικό γιατί αλλιώς εμφανίζονται ψαλιδισμοί και γενικά δε δουλεύει σωστά το κύκλωμα. Ακόμα με αυτή τη «καινούργια» dc συνιστώσα υπολογίζουμε το μέγιστο ρεύμα που διέρχεται από το led σε κατάσταση με ανοιχτό το διακόπτη.

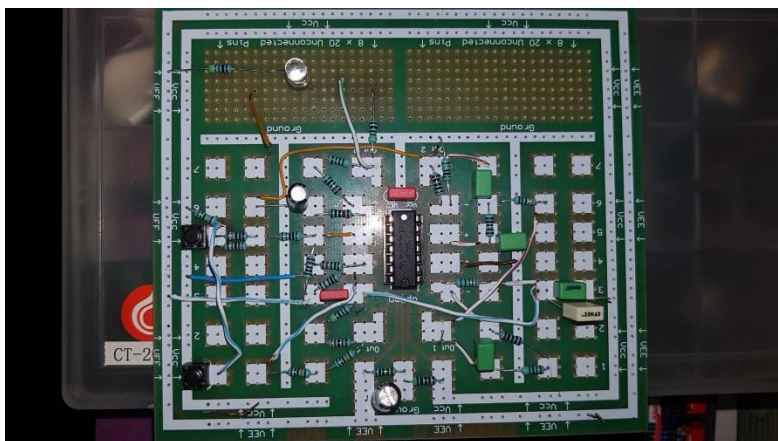
Σύμφωνα με τα παραπάνω επιλέγετε τη τιμή της ,παράλληλης στο διακόπτη, αντίστασης.

Επίσης η τιμή του πυκνωτή δεν έχει πολύ μεγάλη σημασία , απλώς αποκόπτει την dc συνιστώσα.

Τέλος, για να ελέγξετε τη λειτουργία της πλακέτας σας , συνδέεται τον παλμογράφο στα άκρα της αντίστασης.(Παρεμπιπτόντως δεν έχει μεγάλη σημασία η σειρά που θα μπουν το led και η αντίσταση, εξάλλου δεν υπολογίζουμε τη πτώση τάσης της διόδου, σ.80 για λεπτομέρειες). Αυτό που περιμένετε να δείτε είναι μια μικρή dc τάση για ανοιχτό διακόπτη και μια ημιτονοειδής κυματομορφή όταν πατάτε τον διακόπτη.



Και θα έχετε κάτι τέτοιο στα χέρια σας:



Καλή τύχη!

ΜΗΤΑΚΙΔΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ