

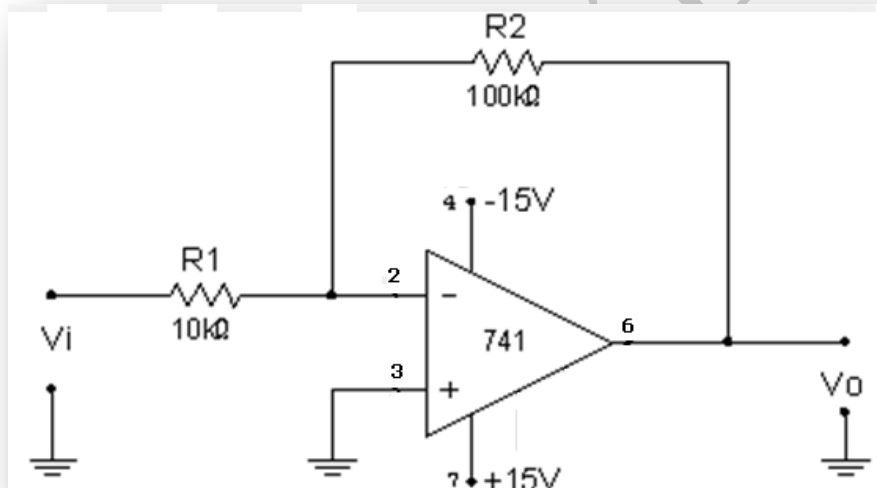
ΒΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ (ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LM741)

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο τελεστικός ενισχυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πάρα πολλές εφαρμογές και με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται καθορίζεται από τη συνδεσμολογία που χρησιμοποιούμε. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται μερικά από τα βασικότερα κυκλώματα με τελεστικούς ενισχυτές.

Κύκλωμα 1 - Αναστροφικός ενισχυτής

Το κύκλωμα του αναστρέφοντος ενισχυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Υπάρχει η αντίσταση R_1 που συνδέεται με το σήμα εισόδου V_i και με την είσοδο αναστροφής και η αντίσταση ανάδρασης R_2 (ή R_f) που συνδέεται με την είσοδο και την έξοδο. Η είσοδος μη αναστροφής είναι προσγειωμένη.

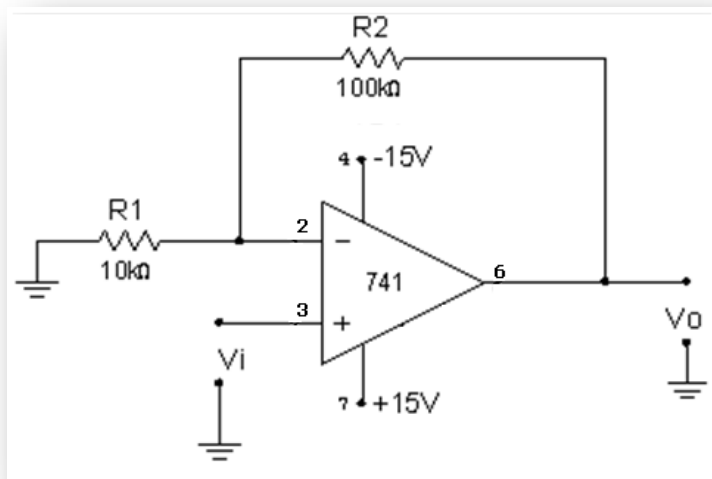


Σχήμα 10.1

Αντίσταση εισόδου	$R_i \cong R_1$
Αντίσταση εξόδου	$R_o' \cong \frac{R_o}{A \cdot \beta}$ όπου R_o είναι η αντίσταση εξόδου του τελεστικού, A είναι η ενίσχυση του τελεστικού ενισχυτή (π.χ. $A = 10.000$) και β ο συντελεστής ανάδρασης $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$
Απολαβή Τάσης & Έξοδος	$\left. \begin{aligned} A_v &= \frac{V_o}{V_i} \\ A_v &= -\frac{R_2}{R_1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_i$

Κύκλωμα 2 - Μη αναστροφικός ενισχυτής

Στο κύκλωμα αυτό η τάση εισόδου εφαρμόζεται στη μη αναστρέφουσα είσοδο του τελεστικού ενισχυτή και έτσι εμφανίζεται στην έξοδο χωρίς αναστροφή. Το κύκλωμα φαίνεται παρακάτω:

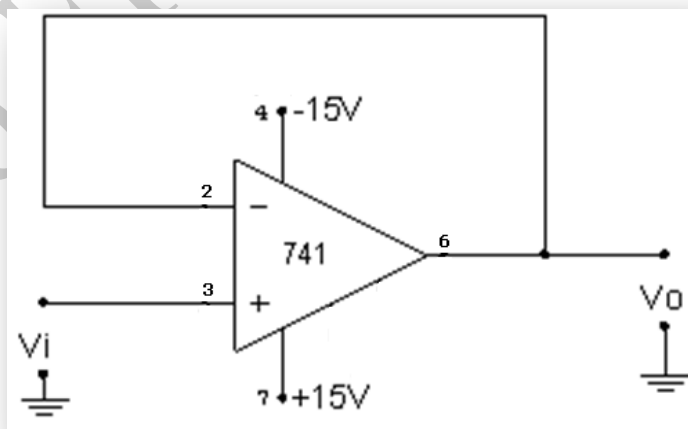


Σχήμα 10.2

Έξοδος	$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_i$
--------	--

Κύκλωμα 3 - Ακολουθητής τάσης

Αποτελεί μία πολύ καλή βαθμίδα απομόνωσης (buffer) και προσαρμογής ταυτόχρονα ,με πολύ μεγάλη αντίσταση εισόδου και μικρή αντίσταση εξόδου.



Σχήμα 10.3

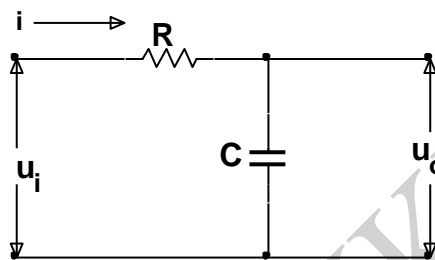
Αντίσταση εξόδου	$R_o' \cong \frac{R_o}{A}$ (αν $A=50.000$ και $R_o=200\Omega$, τότε $R_o'=0,004\Omega$)
Απολαβή τάσης & Έξοδος	$A_v \cong 1 \Rightarrow V_o = V_i$

Κύκλωμα 4 - Ολοκληρωτής

Ας αναφέρουμε πρώτα κάποια εισαγωγικά:

Κύκλωμα RC ολοκλήρωσης

Το συγκεκριμένο κύκλωμα χαρακτηρίζεται σαν **κύκλωμα ολοκλήρωσης, βαθυπερατό φίλτρο** ή **κύκλωμα καθυστέρησης φάσης** ανάλογα με τις εφαρμογές του.



Για το παραπάνω κύκλωμα ισχύουν :

$$Ri + u_i = u_o$$

όμως $i = C \frac{du_c}{dt} = C \frac{du_o}{dt}$

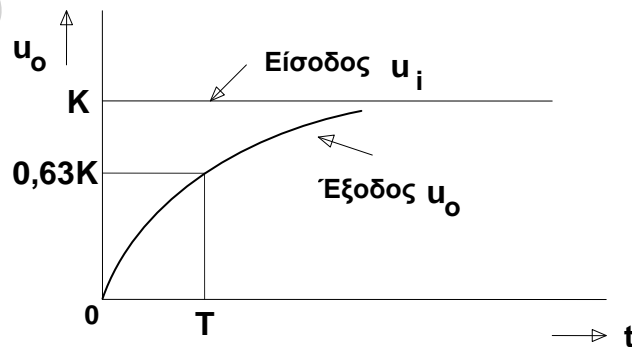
και η διαφορική εξίσωση του δικτυώματος είναι:

$$RC \frac{du_o}{dt} + u_o = u_i$$

Η απόκριση τώρα του παραπάνω δικτυώματος σε βηματική συνάρτηση

$$u_i(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \\ K & t > 0 \end{cases}$$

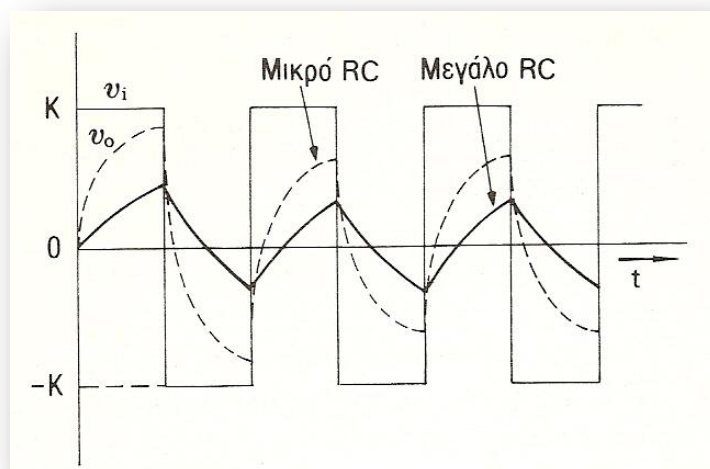
είναι :



Και η έξοδος του παραπάνω κυκλώματος είναι ανάλογη με το ολοκλήρωμα της

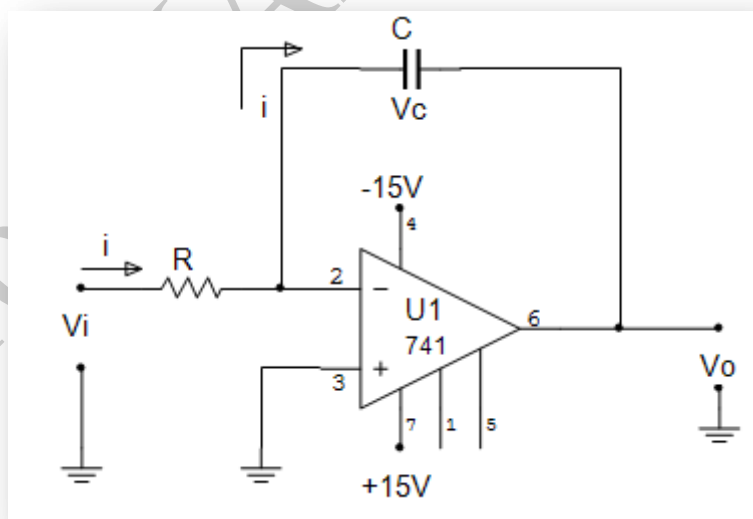
εισόδου, δηλαδή: $u_o = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_i dt$, για $t=RC$

Η έξοδος του παραπάνω κυκλώματος σε τετραγωνικούς παλμούς τάσης είναι αυτή που βλέπετε παρακάτω. Για μεγάλες σταθερές χρόνου(RC) η έξοδος πλησιάζει την τριγωνική μορφή.



Η έξοδος του κυκλώματος σε ημιτονικό σήμα είναι ημιτονικό σήμα με διαφορά φάσης, γιατί και λέγεται κύκλωμα καθυστέρησης φάσης.

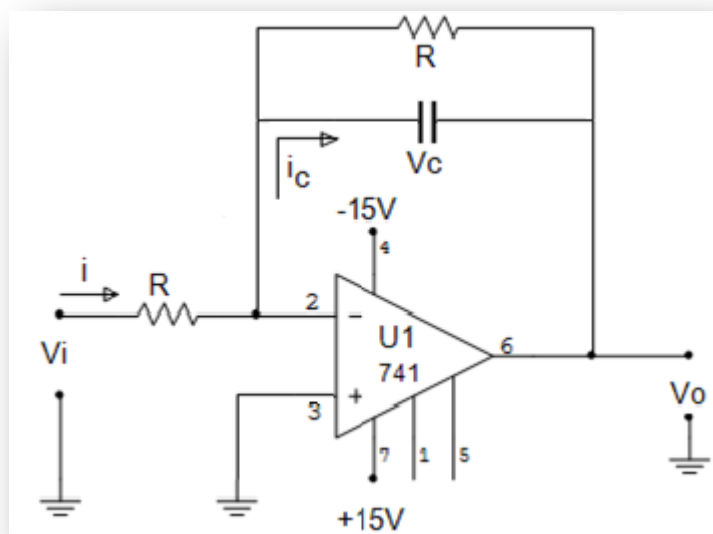
Χρησιμοποιώντας τον τελεστικό ενισχυτή μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα ολοκληρωτή με πολύ καλές επιδόσεις. Και εδώ η έξοδος είναι το ολοκλήρωμα της εισόδου. Είδαμε αναλυτικά παραπάνω ότι με ένα δικτύωμα RC, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε την ολοκλήρωση ενός σήματος, όμως με αυτό εισάγονται πολλοί περιορισμοί, έχοντας έτσι μη ανεκτά αποτελέσματα, πράγμα που δεν συμβαίνει με τη χρήση τελεστικού ενισχυτή. Το κύκλωμα του ολοκληρωτή με τη χρήση τελεστικού δίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 10.4

Έξοδος	$V_o = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_i dt$
--------	---------------------------------------

Ο ολοκληρωτής του παραπάνω σχήματος είναι ιδανικός και στην πράξη μπορεί να δημιουργεί προβλήματα. Ένας πρακτικός ολοκληρωτής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και περιλαμβάνει μια μεγάλη ωμική αντίσταση παράλληλα με τον πυκνωτή ανάδρασης. Αυτή χρειάζεται επειδή το μικρό ρεύμα πόλωσης των Τ.Ε. που ρέει στις εισόδους τους και είναι της τάξης των λίγων nA μπορεί να φορτίσει ένα πυκνωτή της τάξης των 0,1μF που βρίσκεται στο βρόχο ανάδρασης του ολοκληρωτή, καθιστώντας έτσι τον κλάδο αυτόν ανοικτό κύκλωμα. Η αντίσταση ανάδρασης που μπαίνει παράλληλα στον πυκνωτή ανάδρασης δίνει έτσι διέξοδο στο ρεύμα πόλωσης, επιτρέποντας στον ολοκληρωτή να λειτουργήσει σωστά, και επιδρώντας ελάχιστα στην απόκριση του κυκλώματος.



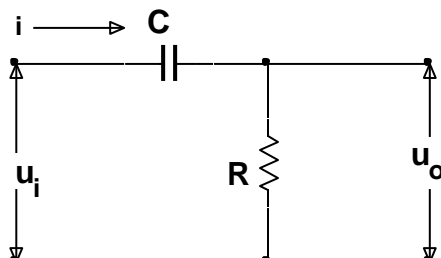
Σχήμα 10.4α Πρακτικός ολοκληρωτής

Κύκλωμα 5 - Διαφοριστής

Ας αναφέρουμε πρώτα κάποια εισαγωγικά:

Κύκλωμα RC διαφόρισης

Το συγκεκριμένο κύκλωμα χαρακτηρίζεται σαν **κύκλωμα διαφόρισης, υπερπαρατό φίλτρο ή κύκλωμα προήγησης φάσης** ανάλογα με τις εφαρμογές του.



Για το παραπάνω κύκλωμα ισχύουν :

$$u_o = Ri$$

$$\text{όμως } i = C \frac{du_c}{dt} = C \frac{du_o}{dt}$$

$$\text{άρα } u_o = Ri = RC \frac{du_c}{dt} = RC \frac{d(u_i - u_o)}{dt}$$

όπου u_i είναι το σήμα εισόδου

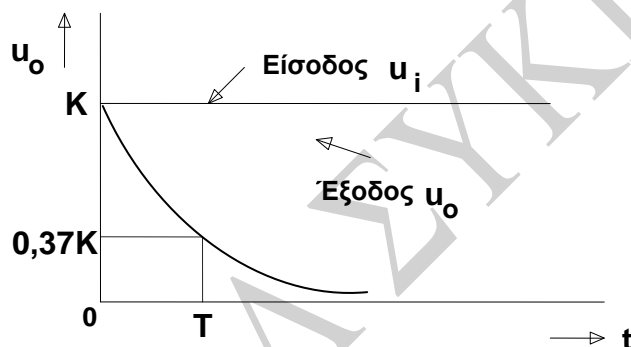
u_o είναι το σήμα εξόδου και $u_c = u_i - u_o$ είναι η τάση στα άκρα του πυκνωτή και η διαφορική εξίσωση του δικτυώματος είναι:

$$RC \frac{du_o}{dt} + u_o = u_i$$

Η απόκριση τώρα του παραπάνω δικτυώματος σε βηματική συνάρτηση

$$u_i(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \\ K & t > 0 \end{cases}$$

είναι :



Και η έξοδος του παραπάνω κυκλώματος είναι :

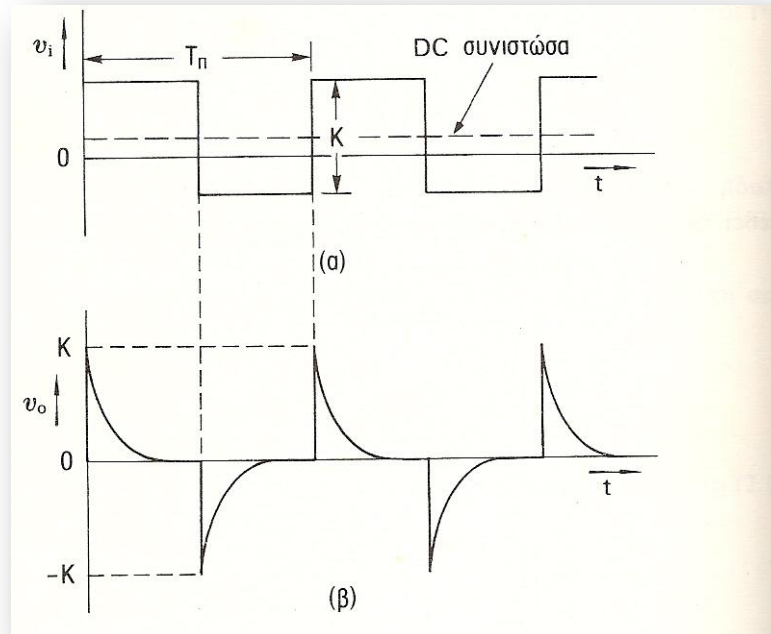
$$u_o = Ke^{-\frac{t}{RC}}$$

Το γινόμενο RC ονομάζεται σταθερά χρόνου του κυκλώματος και συμβολίζεται με $T=RC$ (sec)

Η έξοδος του παραπάνω κυκλώματος σε τετραγωνικούς παλμούς τάσης είναι στενοί παλμοί πάντοτε σταθερού ύψους K και μικρής διάρκειας. Συγκεκριμένα όσο πιο μικρή είναι η σταθερά χρόνου RC τόσο πιο μικροί σε διάρκεια θα είναι οι παλμοί.

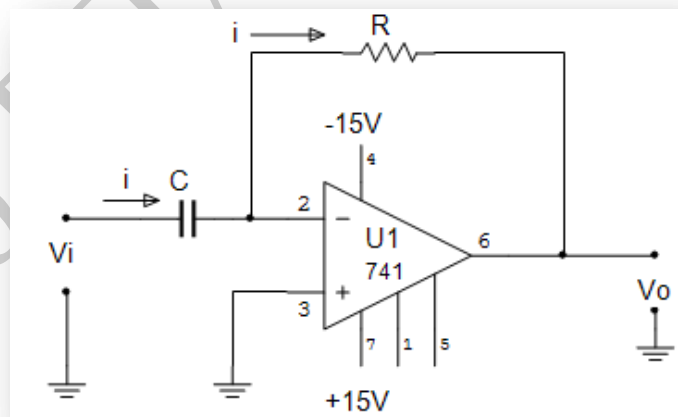
Η έξοδος του κυκλώματος σε ημιτονικό (συνημιτονικό) σήμα είναι ημιτονικό (συνημιτονικό) σήμα με διαφορά φάσης, γιατί και λέγεται κύκλωμα προήγησης φάσης.

Την μορφή των παλμών αυτών την βλέπετε στο παρακάτω σχήμα.



Είσοδος και έξοδος του κυκλώματος διαφορίσης

Χρησιμοποιώντας τον τελεστικό ενισχυτή μπορούμε επίσης να κατασκευάσουμε ένα διαφοριστή με πολύ καλές επιδόσεις. Εδώ η έξοδος είναι ίση με την παράγωγο της τάσης εισόδου πολλαπλασιασμένη με την σταθερά RC. Το κύκλωμα αυτό επηρεάζεται σημαντικά από το θόρυβο τον οποίο διαφορίζει και εμφανίζει στην έξοδο μεγάλα σήματα. Αυτό αντισταθμίζεται συνήθως ,με μία μικρή χωρητικότητα που τοποθετείται παράλληλα με την R, η οποία φιλτράρει τον θόρυβο, χαλάει όμως την τέλεια διαφορίση και κάποιες φορές τοποθετούμε και μια μικρή αντίστασης σε σειρά με τον C. Το κύκλωμα του ιδανικού διαφοριστή φαίνεται παρακάτω:

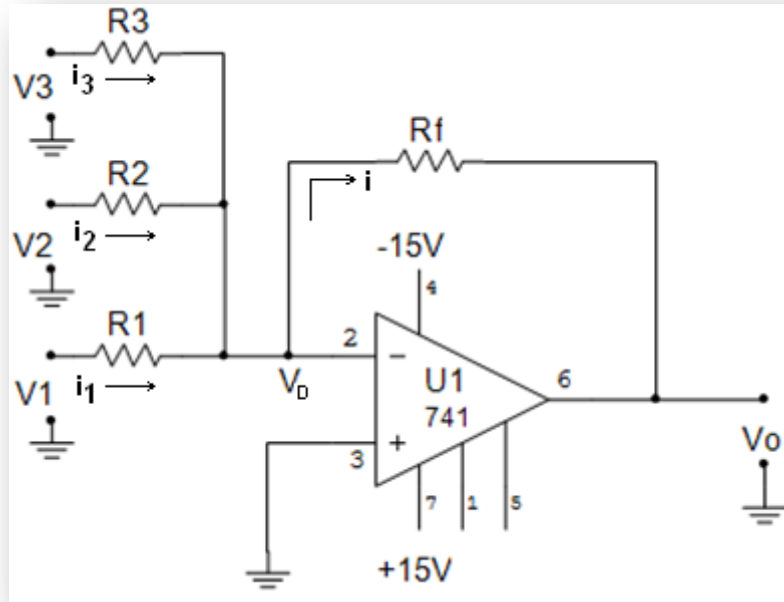


Σχήμα 10.5

Έξοδος	$V_o = -RC \frac{dV_i}{dt}$
--------	-----------------------------

Κύκλωμα 6 - Αναστροφικός αθροιστής

Στο συγκεκριμένο κύκλωμα ο αριθμός των εισόδων είναι θεωρητικά απεριόριστος. Τα ρεύματα που διέρχονται από τις αντιστάσεις εισόδου οδηγούνται όλα προς τον κλάδο της ανάδρασης, αφού το ρεύμα στην είσοδο του τελεστικού είναι μηδενικό. Εμείς παρακάτω, θα δούμε ένα κύκλωμα με τρεις εισόδους.



Σχήμα 10.6

Για το συγκεκριμένο κύκλωμα έχουμε :

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

ή

$$\frac{V_1 - V_D}{R_1} + \frac{V_2 - V_D}{R_2} + \frac{V_3 - V_D}{R_3} = \frac{V_D - V_O}{R_f}$$

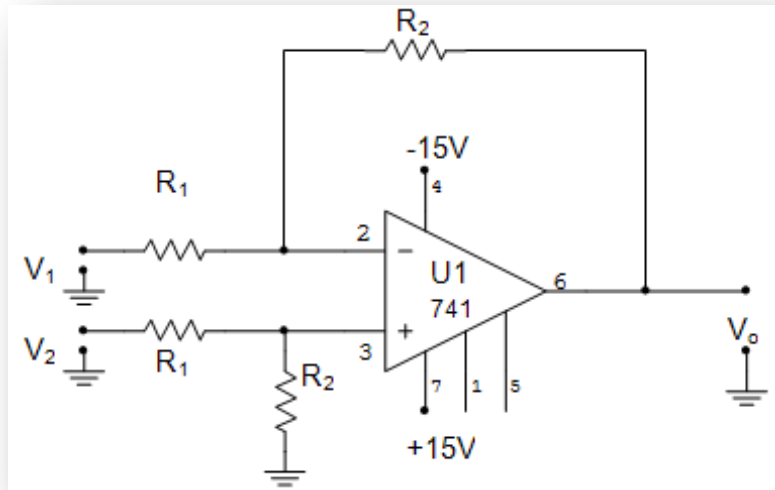
όμως $V_D = 0$ οπότε βρίσκουμε

$$V_O = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

Έξοδος	$V_O = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$
--------	---

Κύκλωμα 7 - Ενισχυτής διαφοράς

Λέγεται και **διαφορικός ενισχυτής**. Χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της διαφοράς των δύο σημάτων κατά τον λόγο R_2/R_1 . Το κύκλωμα φαίνεται παρακάτω:

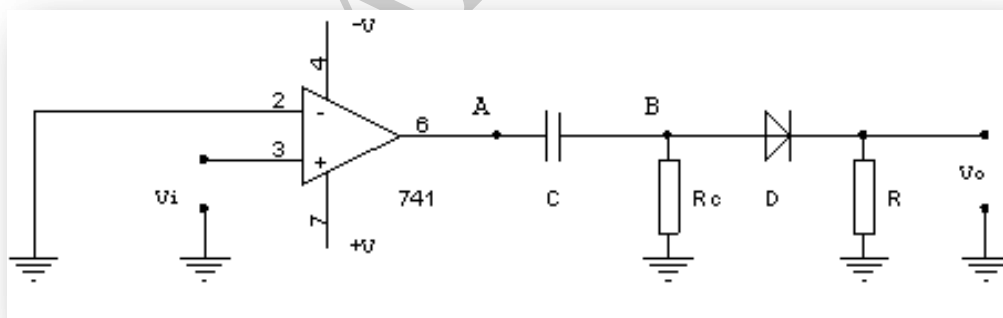


Σχήμα 10.7

Έξοδος	$V_o = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$
--------	-------------------------------------

Κύκλωμα 8 - Ανιχνευτής μηδενός

Ο ανιχνευτής μηδενός ανιχνεύει τη διέλευση από το μηδέν μιας ημιτονοειδούς κυματομορφής. Κατ' αρχάς μετατρέπει την ημιτονική τάση σε τετραγωνική κατόπιν την διαφορίζει και μετά ανορθώνει την διαφορισμένη κυματομορφή. Το κύκλωμα του φαίνεται παρακάτω .



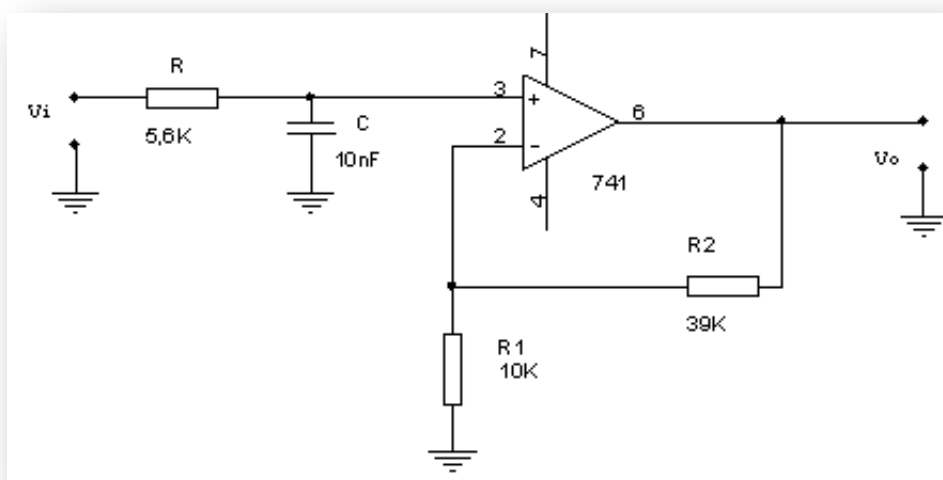
Σχήμα 10.8

Κύκλωμα 9 - Φίλτρο διελεύσεως χαμηλών συχνοτήτων 1^{ου} βαθμού(-20db/dec ή -6db/oct).

Οι τύποι του παραπάνω φίλτρου είναι:

$$K = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad H(jf) = \frac{K}{1 + j\left(\frac{f}{f_c}\right)} \quad V_o = K \cdot V_i \quad f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

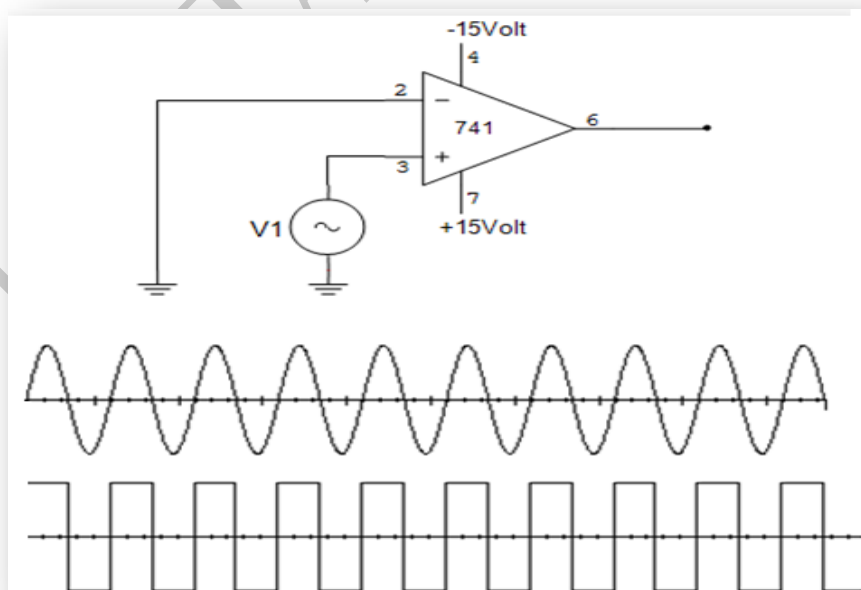
Φυσικά τα κυκλώματα φίλτρων με Τ.Ε. είναι πάρα πολλά, γι' αυτό παρουσιάζουμε ενδεικτικά μόνο ένα.



Σχήμα 10.9

Κύκλωμα 10 - Συγκριτής τάσης

Η χρήση του τελεστικού ενισχυτή ως συγκριτή (comparator) τάσεων βασίζεται στην υψηλή ενίσχυση ανοικτού βρόχου που διαθέτει και στην περιορισμένη μέγιστη τάση εξόδου του. Σε ανοικτό βρόχο, ελάχιστη διαφορά στις τάσεις εισόδων του θα οδηγήσει τον τελεστικό ενισχυτή στον θετικό ή αρνητικό κόρο. Κλασική εφαρμογή έχουμε στην παραγωγή τετραγωνικών παλμών από ημιτονικό σήμα με τη χρήση του τελεστικού ενισχυτή, όπου ταυτόχρονα ο τελεστικός ενισχυτής ανιχνεύει την διέλευση της τάσης από την μηδενική τιμή.



Σχήμα 10.10 Παραγωγή τετραγωνικών παλμών από ημιτονικό σήμα εισόδου

Στο πειραματικό μέρος θα δούμε κάποια απλά κυκλώματα συγκριτή ανίχνευσης μηδενικής τάσης, συγκριτή ανίχνευσης θετικής τάσης αναφοράς, συγκριτή ανίχνευσης αρνητικής τάσης αναφοράς, συγκριτή τάσης αναφοράς Zener. Φυσικά υπάρχουν πολλά κυκλώματα συγκριτών, που όμως ξεφεύγουν από την λογική του συγκεκριμένου εργαστηρίου.

10 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΚΚΕΩΝ

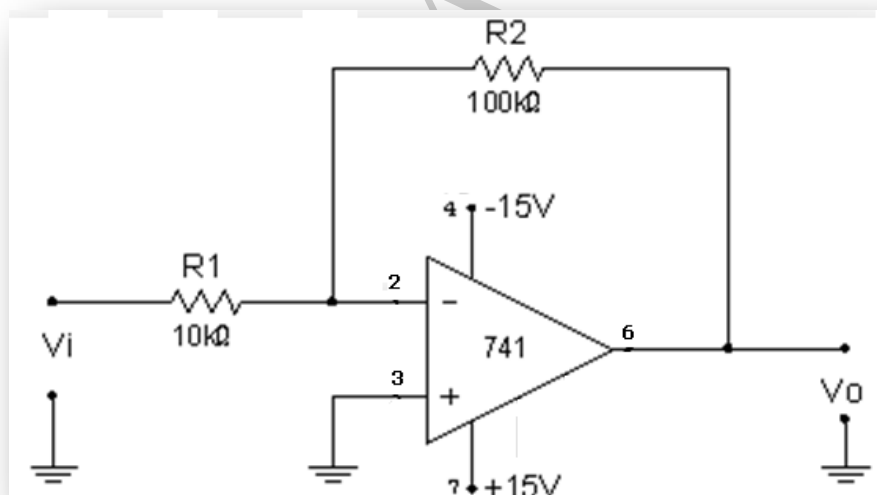
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Χρησιμοποιούμε τον τελεστικό ενισχυτή 741 με τάση $\pm 15\text{V}$. Τα υλικά που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των κυκλωμάτων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΥΛΙΚΑ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
U_1	741	1
R	100KΩ	2
R	10KΩ	6
R	1KΩ	4
R	270Ω	1
R	2,7KΩ	1
C	1μF	1
D	1N4001	1
Zener	5,1Volt	2

1^ο Βήμα

Κατασκευάστε το κύκλωμα του ενισχυτή τάσης (αναστροφικός ενισχυτής). Δώστε $R_2=100\text{K}\Omega$ και $R_1=10\text{K}\Omega$ και υπολογίστε την ενίσχυση τάσης A, για διάφορες συχνότητες και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα και βρείτε την συχνότητα θλάσης f_c .



Σχήμα 10.11

Πως θα μπορούσε να γίνει ο ενισχυτής μεταβλητού κέρδους $A_v = 1$ έως 10;

.....

.....

.....

f	V _i	V _o	$A = \frac{V_o}{V_i}$
5Hz	400mV		
10Hz	400mV		
50Hz	400mV		
100Hz	400mV		
300Hz	400mV		
500Hz	400mV		
600Hz	400mV		
700Hz	400mV		
800Hz	400mV		
900Hz	400mV		
1KHz	400mV		
2KHz	400mV		
3KHZ	400mV		
4KHZ	400mV		
5KHz	400mV		
7KHz	400mV		
10KHz	400mV		
20KHz	400mV		
30KHZ	400mV		
50KHZ	400mV		
60KHZ	400mV		
70KHZ	400mV		
80KHZ	400mV		
90KHz	400mV		
100KHz	400mV		
200KHz	400mV		
300KHz	400mV		
400KHz	400mV		
500KHz	400mV		
600KHZ	400mV		
700KHZ	400mV		
800KHZ	400mV		
900KHz	400mV		
1MHZ	400mV		
2MHz	400mV		

Πίνακας 10.1

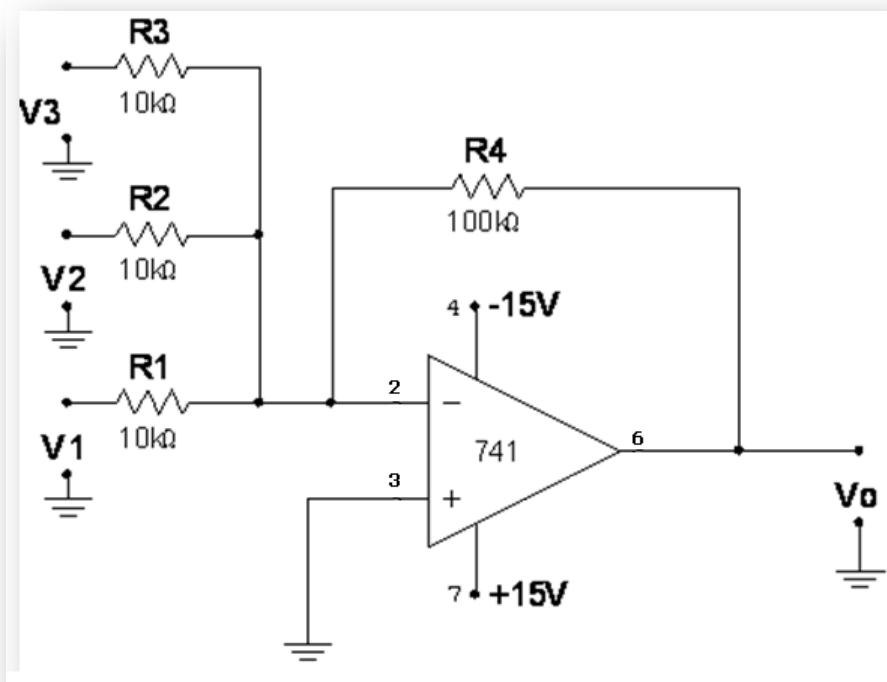
Βρείτε τις συχνότητες θλάσης και το εύρος ζώνης.

f _{c1}		f _{c2}		BW	
-----------------	--	-----------------	--	----	--

Πίνακας 10.2

2^ο Βήμα

Κατασκευάστε το κύκλωμα του αθροιστή για $R_1=R_2=R_3=10K$ και $R_4=100K$. Δώστε συνεχή τάση $V_1=10mV$, $V_2=20mV$, $V_3=30mV$ και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:



Σχήμα 10.12

Θεωρητικά		Πειραματικά	
V_o		V_o	

Πίνακας 10.3

Συμπίπτει με την θεωρητική τιμή η μετρούμενη τιμή;

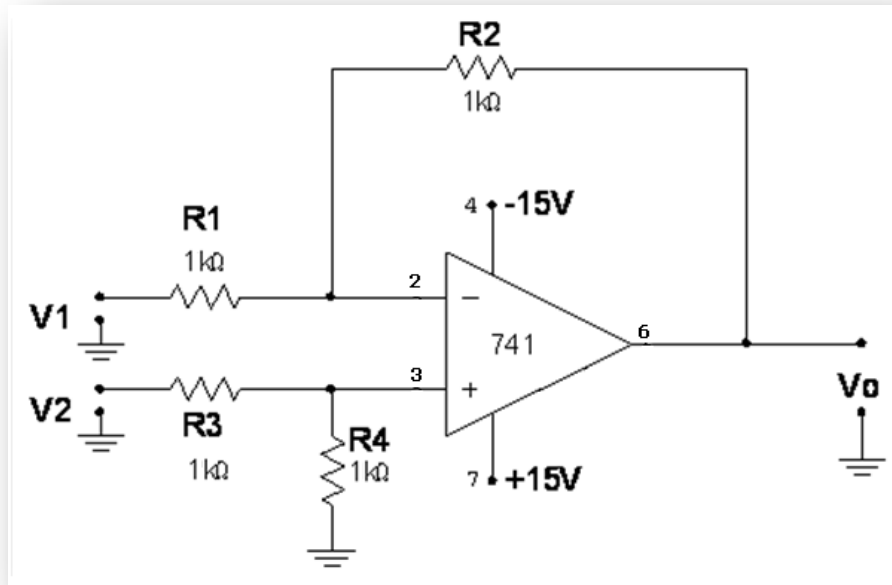
.....

Τα σήματα V_1, V_2, V_3 μπορεί να είναι AC ή DC;

.....

3^ο Βήμα

Κατασκευάστε το κύκλωμα του ενισχυτή διαφοράς για $R_1=R_2=R_3=R_4=1K$ και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα :



Σχήμα 10.13

Είσοδοι	Θεωρητικά		Πειραματικά	
Συνεχής τάση $V_1=600\text{mV}$, $V_2=800\text{mV}$	V_o		V_o	
Ημιτονοειδή σήματα $f=1\text{kHz}$ $V_1=700\text{mV}$ $V_2=900\text{mV}$	V_o		V_o	
Ημιτονοειδή σήματα $f=1\text{kHz}$ $V_1=900\text{mV}$ $V_2=900\text{mV}$	V_o		V_o	

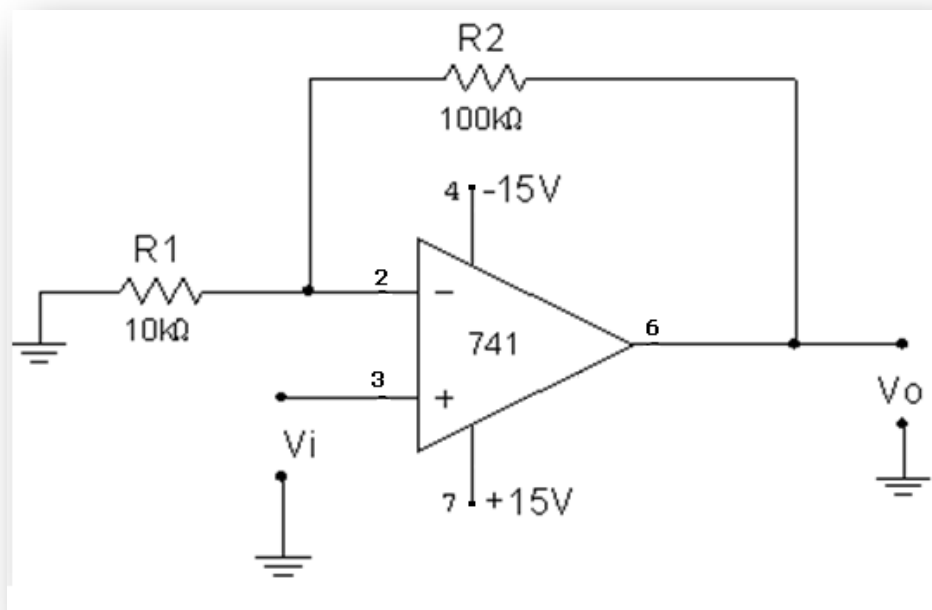
Πίνακας 10.4

Συμπίπτει η μετρούμενη τιμή με την θεωρητική τιμή;

.....

4^ο Βήμα

Κατασκευάστε το κύκλωμα του ενισχυτή τάσης (μη αναστρέφον ενισχυτής). Δώστε $R_2=100\text{K}$ και $R_1=10\text{K}$ και υπολογίστε την ενίσχυση τάσης A, για διάφορες συχνότητες. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα και βρείτε την συχνότητα θλάσης f_c .



Σχήμα 10.14

V_i	f	V_o	$A = \frac{V_o}{V_i}$
10mV	5Hz		
10mV	10Hz		
10mV	50Hz		
10mV	100Hz		
10mV	300Hz		
10mV	500Hz		
10mV	800Hz		
10mV	1KHz		
10mV	2KHz		
10mV	5KHz		
10mV	7KHz		
10mV	10KHz		
10mV	50KHz		
10mV	80KHz		
10mV	100KHz		
10mV	300KHz		
10mV	400KHz		
10mV	500KHz		
10mV	800KHz		
10mV	900KHz		
10mV	1MHz		
10mV	2MHz		

Πίνακας 10.5

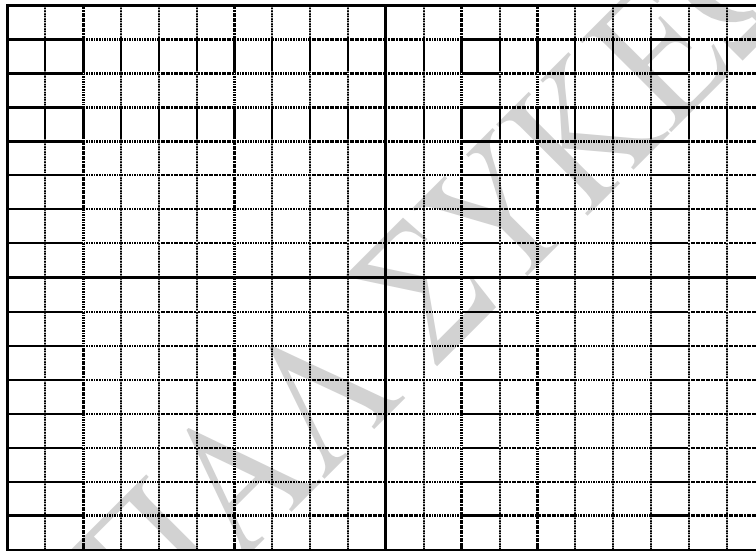
Βρείτε τις συχνότητες θλάσης και το εύρος ζώνης.

f_{C1}		f_{C2}		BW	
----------	--	----------	--	----	--

Πίνακας 10.6

5^ο Βήμα

Να κατασκευάσετε τον ακολουθητή τάσης και να δώσετε ημιτονικό σήμα στην είσοδο πλάτους $V_p=1V$ και συχνότητας $f=1KHz$ και να παρατηρήσετε την έξοδο. Να σχεδιάσετε τις κυματομορφές εισόδου – εξόδου.

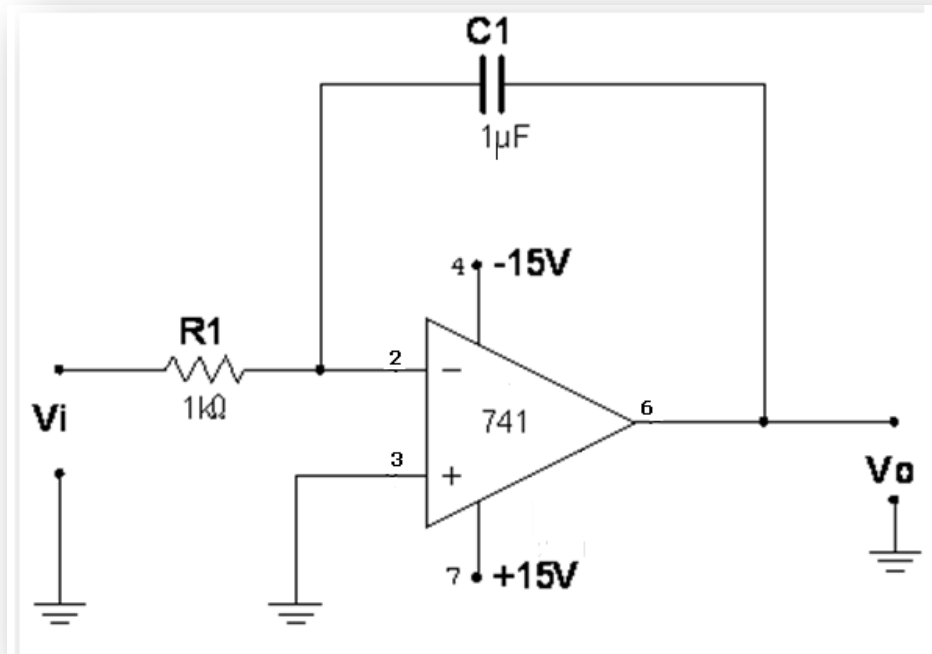


Έχουν τα σήματα εισόδου - εξόδου διαφορά φάσης;.....

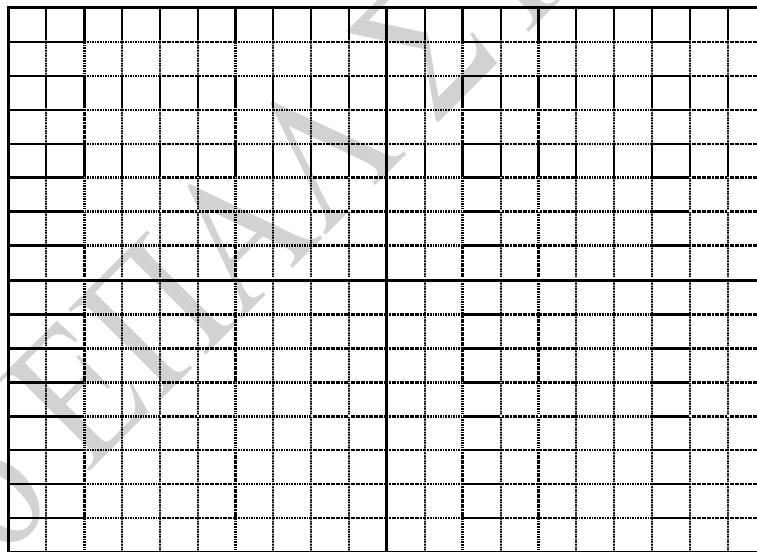
Πόση είναι η ενίσχυση του κυκλώματος;.....

6^ο Βήμα

Κατασκευάστε το κύκλωμα του ιδανικού ολοκληρωτή. Δώστε τετραγωνικό σήμα στην είσοδο πλάτους $V_p=1V$ και συχνότητας $f=100Hz$, παρατηρείστε στον παλμογράφο τις κυματομορφές εισόδου-εξόδου και σχεδιάστε τις. Δίδονται $R=1K\Omega$ και $C=1\mu F/100V$:



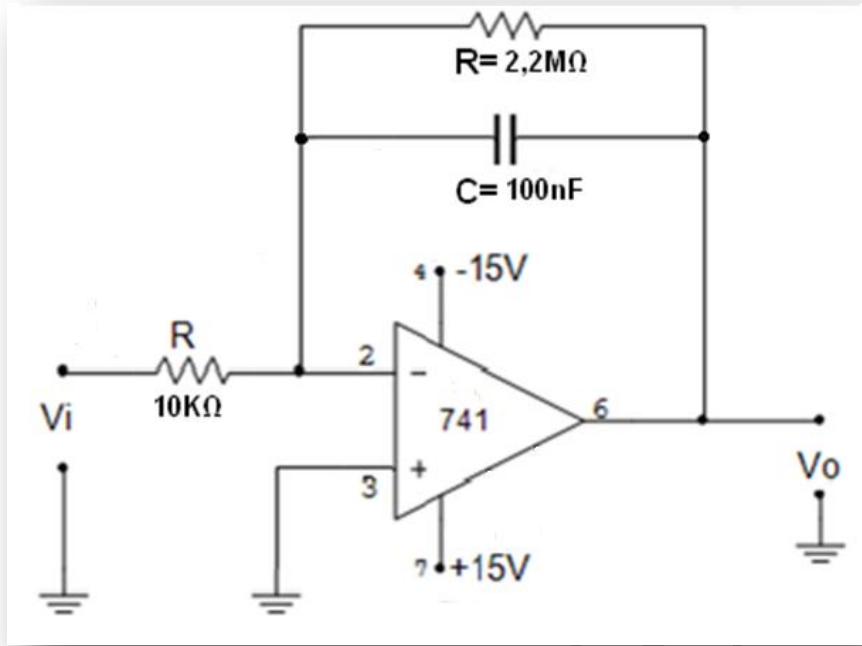
Σχήμα 10.15



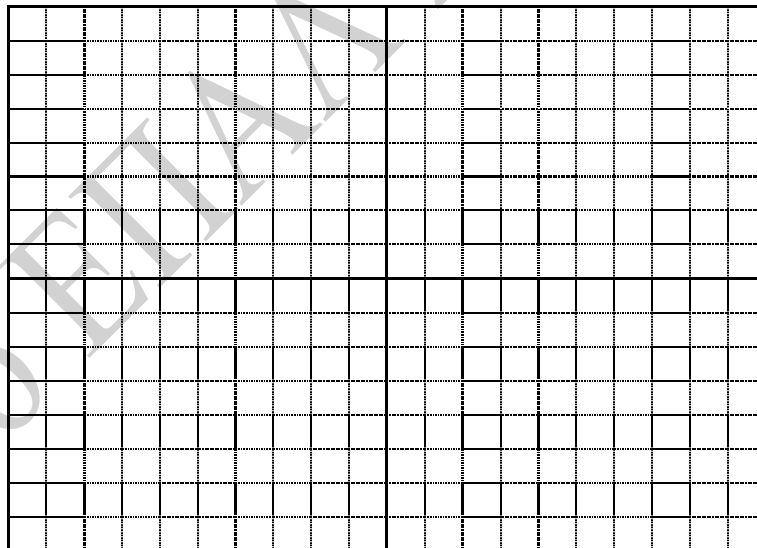
Πόση είναι η σταθερά χρόνου του κυκλώματος σε(sec). $T=RC=.....$

.....

Εάν δεν δουλέψει ο παραπάνω ολοκληρωτής, τότε κατασκευάστε το κύκλωμα του παρακάτω πρακτικού ολοκληρωτή.



α) Δώστε στην είσοδο τετραγωνικό σήμα συχνότητας $f=500\text{Hz}$ και πλάτους $V_p=2V_{pp}$ παρατηρήστε στον παλμογράφο τις κυματομορφές εισόδου-εξόδου και σχεδιάστε τις. Ποια είναι τώρα η νέα σταθερά χρόνου T του κυκλώματος;.....

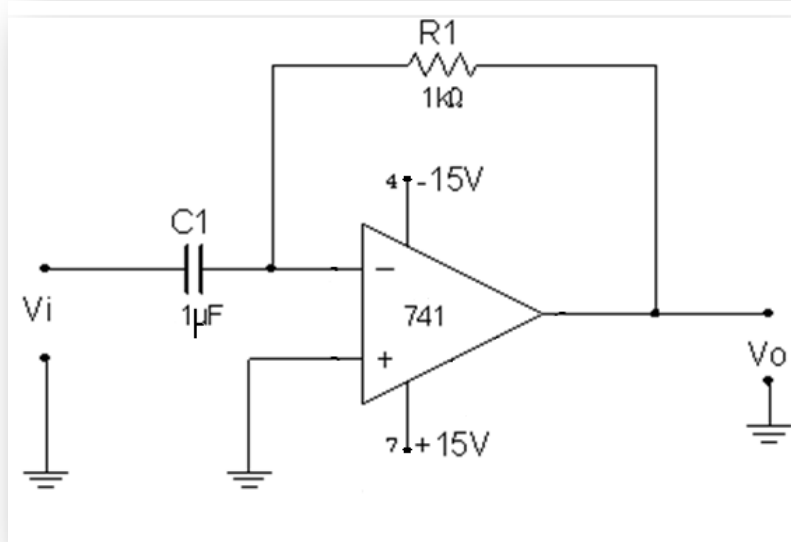


β) Δώστε τώρα στην είσοδο ημιτονικό σήμα $f=500\text{Hz}$ και πλάτους $V_p=2V_{pp}$ παρατηρήστε στον παλμογράφο τις κυματομορφές εισόδου-εξόδου. Τι διαφορά βλέπετε μεταξύ εισόδου και εξόδου;

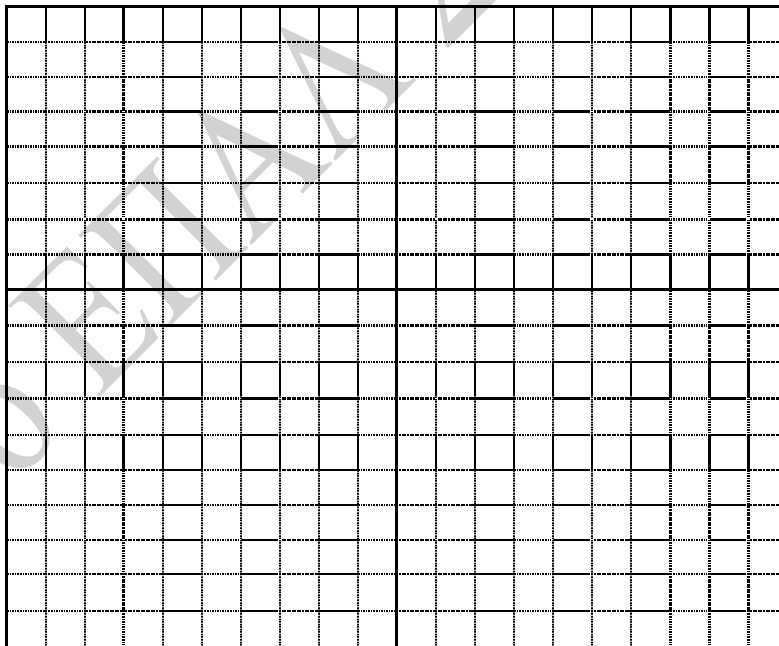
ΑΠ:.....

7^ο Βήμα

Κατασκευάστε το κύκλωμα του διαφοριστή Δώστε τετραγωνικό σήμα στην είσοδο πλάτους $V_p=1\text{V}$ και συχνότητας $f=100\text{Hz}$ παρατηρήστε στον παλμογράφο τις κυματομορφές εισόδου-εξόδου και σχεδιάστε τις. Δίδονται $R=1\text{k}\Omega$ και $C=1\mu\text{F}/100\text{V}$:



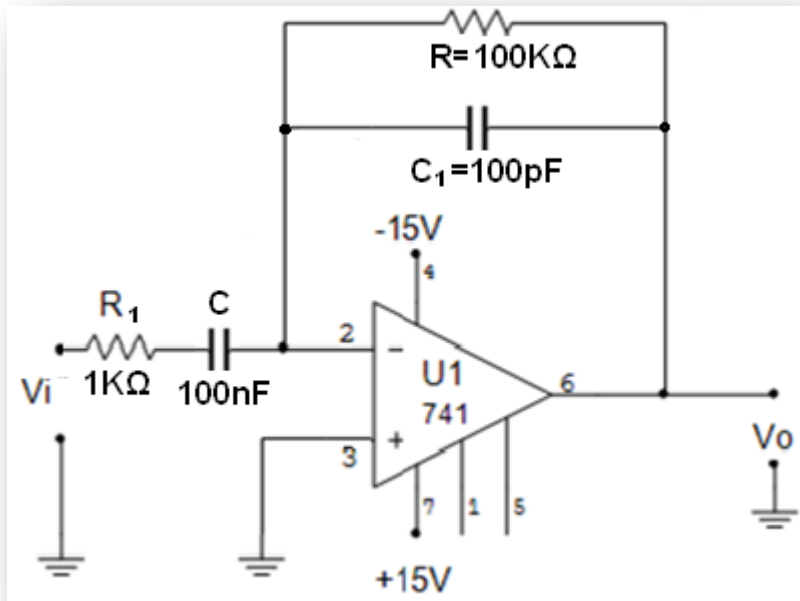
Σχήμα 10.16



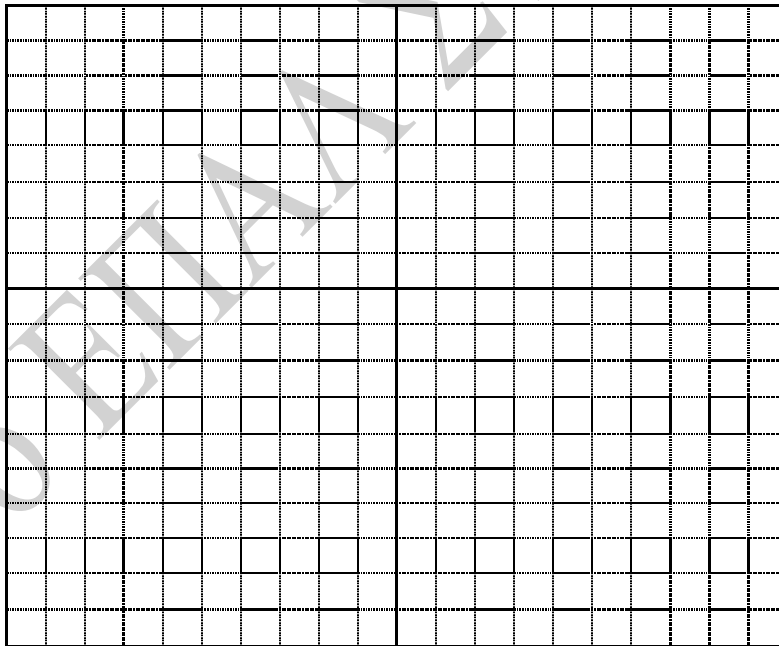
Πόση είναι η σταθερά χρόνου του κυκλώματος σε(sec). $T=RC=.....$

.....

Εάν δεν δουλέψει ο παραπάνω διαφοριστής, τότε κατασκευάστε το κύκλωμα του παρακάτω πρακτικού διαφοριστή.



α) Δώστε στην είσοδο τετραγωνικό σήμα συχνότητας $f=500\text{Hz}$ και πλάτους $V_p=2\text{V}_{pp}$ παρατηρήστε στον παλμογράφο τις κυματομορφές εισόδου-εξόδου και σχεδιάστε τις. Ποια είναι τώρα η νέα σταθερά χρόνου T του κυκλώματος;.....



β) Δώστε τώρα στην είσοδο ημιτονικό σήμα $f=500\text{Hz}$ και πλάτους $V_p=2\text{V}_{pp}$ παρατηρήστε στον παλμογράφο τις κυματομορφές εισόδου-εξόδου. Τι διαφορά βλέπετε μεταξύ εισόδου και εξόδου;

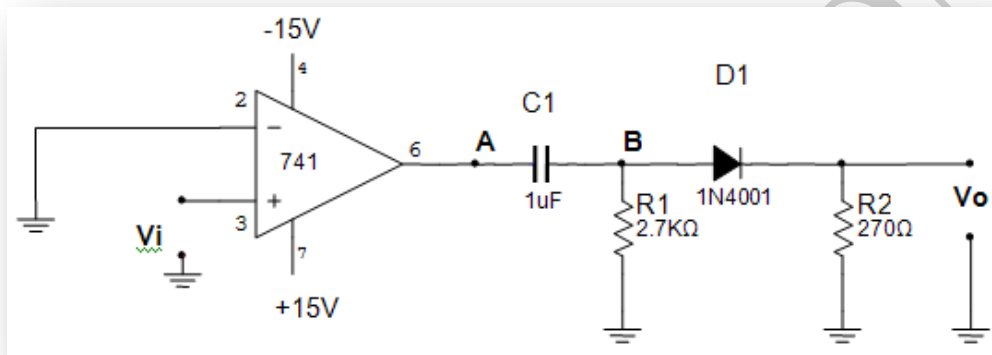
ΑΠ:.....

γ) Δώστε τώρα στην είσοδο τριγωνικό σήμα $f=500\text{Hz}$ και πλάτους $V_p=2V_{pp}$ παρατηρείστε στον παλμογράφο τις κυματομορφές εισόδου-εξόδου. Τι διαφορά βλέπετε μεταξύ εισόδου και εξόδου;

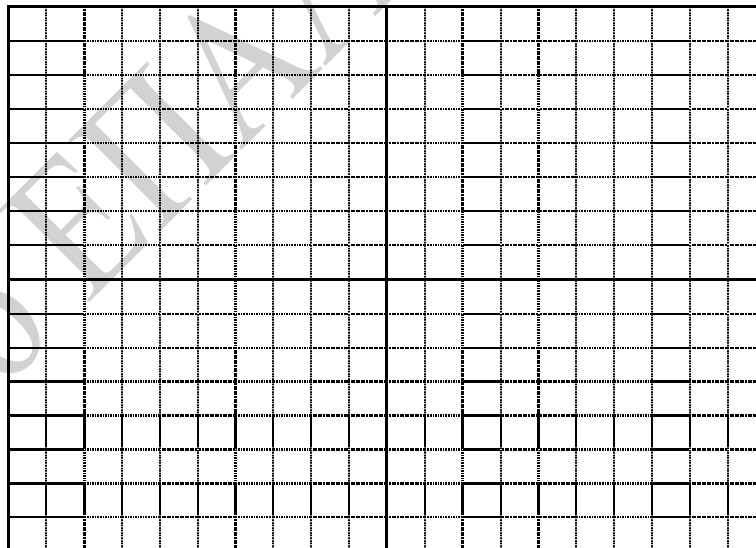
ΑΠ:.....

8^ο Βήμα

Κατασκευάστε το κύκλωμα του ανιχνευτή μηδενός. Δώστε ημιτονικό σήμα στην είσοδο πλάτους $V_p=150\text{mV}$ και συχνότητας $f=500\text{Hz}$ παρατηρείστε στον παλμογράφο και σχεδιάστε τις κυματομορφές εισόδου- εξόδου στα σημεία V_i , A, B, V_o . Δίδονται $R_c=2.7\text{K}$, $R=270\Omega$, $C=1\mu\text{F}$ και $D=1\text{N}4001$.



Σχήμα 10.17



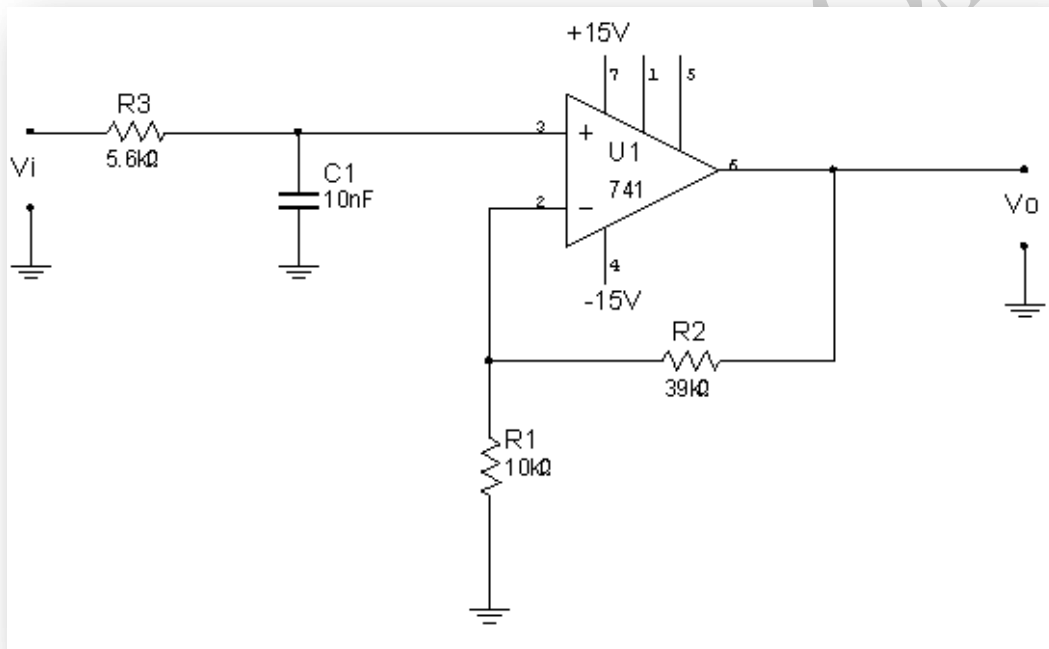
Μπορείτε να αναφέρετε μια εφαρμογή του παραπάνω κυκλώματος :

.....

.....

9^ο Βήμα

Κατασκευάστε το κύκλωμα του φίλτρου διελεύσεως χαμηλών συχνοτήτων. Δώστε $R_1=10K$, $R_2=39K$, $R=5.6K$ και $C=10nF$ και υπολογίστε την ενίσχυση τάσης A , για διάφορες συχνότητες (ημιτονικό σήμα) και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα και βρείτε την συχνότητα θλάσης (συχνότητα αποκοπής $-3dB$) f_c .



Σχήμα 10.18

Η συχνότητα αποκοπής από τον πίνακα είναι :.....

Η συχνότητα αποκοπής θεωρητικά, από τον τύπο $f_c=1/2\pi RC$, είναι :
 $f_c=$

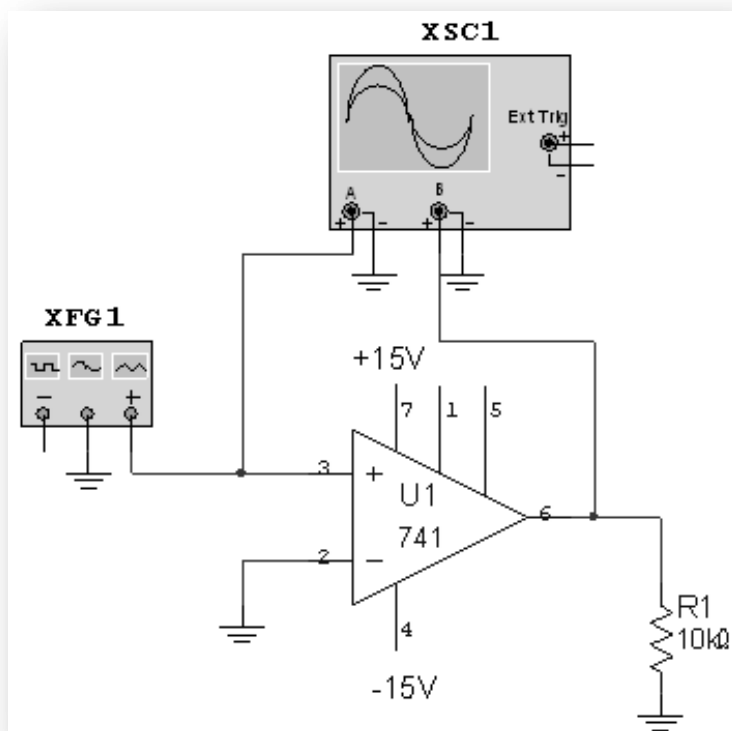
.....

f	Vi(20mVpp)	Vo	A=Vo/Vi	dB=20logA
10Hz				
30Hz				
50Hz				
100Hz				
300Hz				
500Hz				
1KHz				
3KHz				
5KHz				
10KHz				
20KHz				
30KHz				
50KHz				
70KHz				
100KHz				
200KHz				
300KHz				
500KHz				
700KHz				
800KHz				
1MHz				
1,2MHz				
1,5MHz				
1,6MHz				
1,7MHz				
1,8MHz				
1,9MHz				
2MHz				

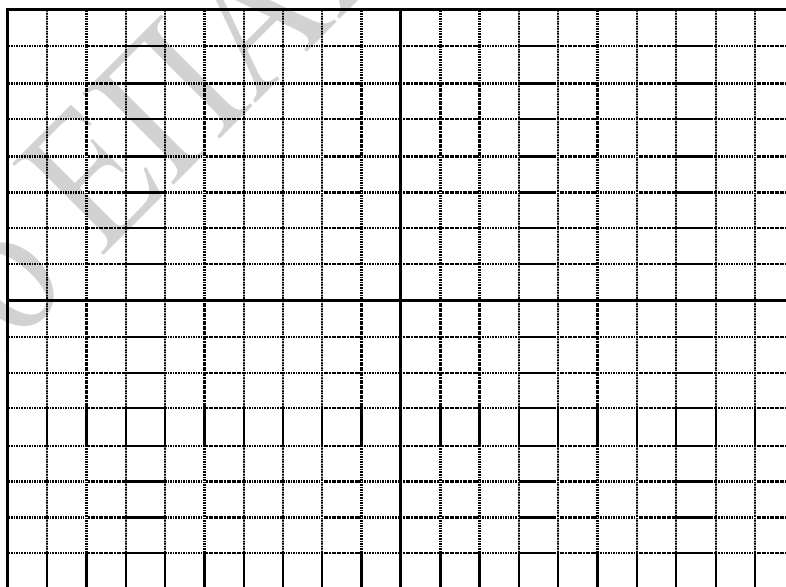
Πίνακας 10.7

10^ο Βήμα

Να κατασκευασθεί Συγκριτής Ανίχνευσης Μηδενικής Στάθμης (γεννήτρια τετραγωνικών παλμών). Δώστε από τη γεννήτρια σήμα $V_i = 2mV_{pp}$ και $f = 1KHz$ και σχεδιάστε τα σήματα εισόδου και εξόδου.



Σχήμα 10.19

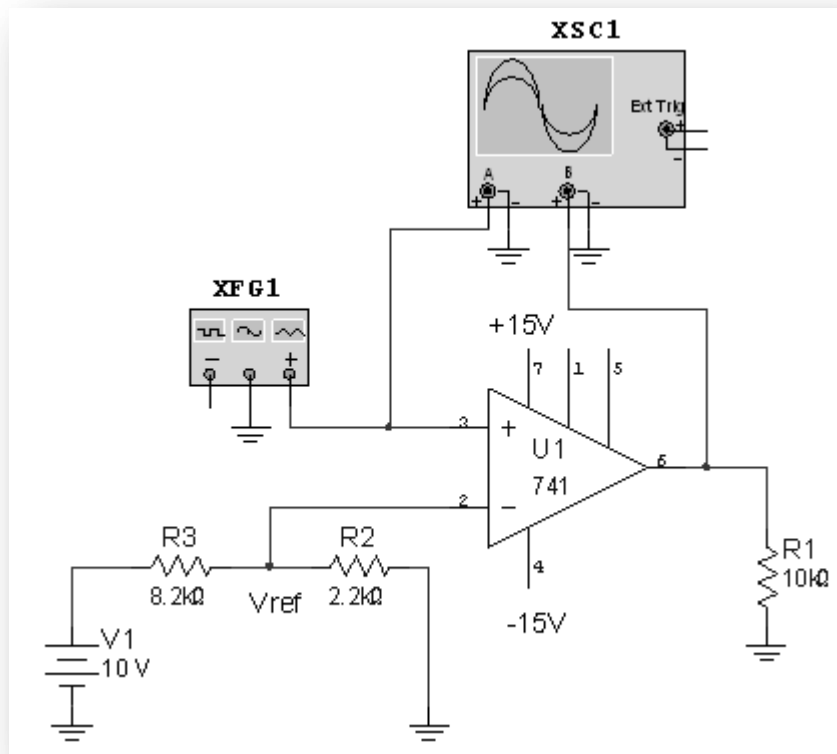


11^ο Βήμα

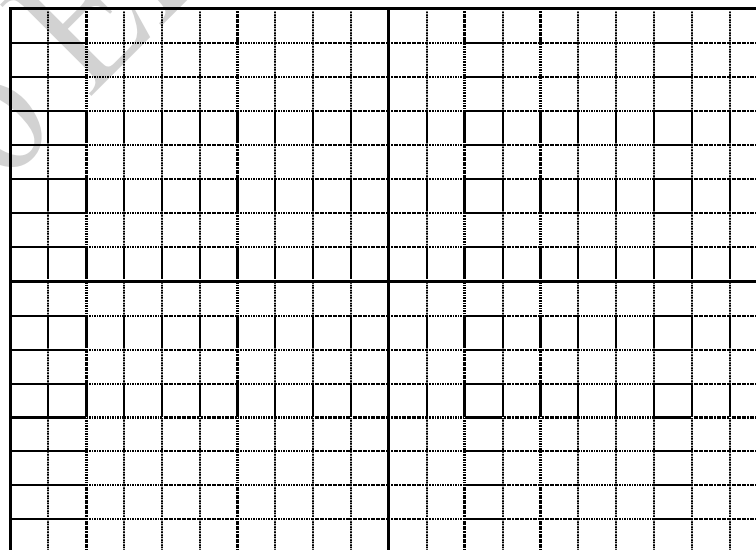
Να κατασκευασθεί Συγκριτής Ανίχνευσης Θετικής Στάθμης. Πόση είναι η τάση αναφοράς $V_{ref} = \dots\dots\dots$

Δώστε από τη γεννήτρια ημιτονικό σήμα $V_i=5V_{pp}$ και συχνότητας $f = 1KHz$. Παίζει ρόλο στην κυματομορφή εξόδου η τάση V_{ref} ;

Να σχεδιαστούν οι κυματομορφές εισόδου-εξόδου.



Σχήμα 10.20

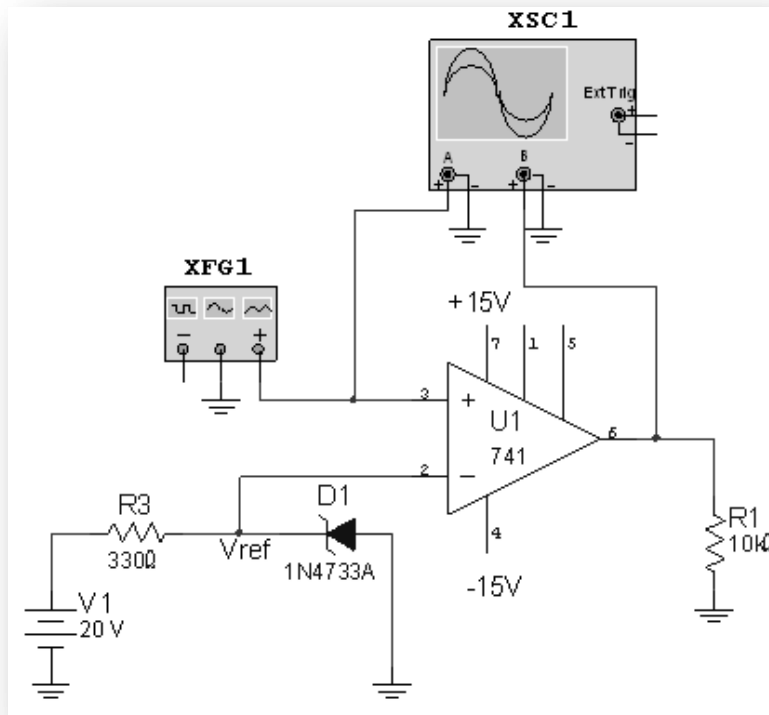


12^ο Βήμα

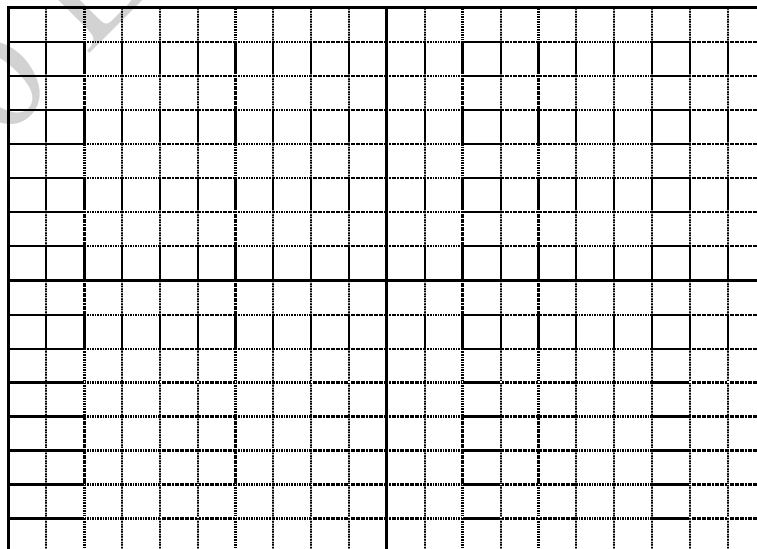
Να κατασκευασθεί το κύκλωμα του συγκριτή τάσης αναφοράς Zener. Δώστε από την γεννήτρια ημιτονικό σήμα $V_i = 10V_{pp}$ και συχνότητας $f = 1KHz$. Πως θα αλλάξει η κυματομορφή εξόδου αν χρησιμοποιούσαμε διόδους Zener διαφορετικής τάσης σταθεροποίησης.

.....

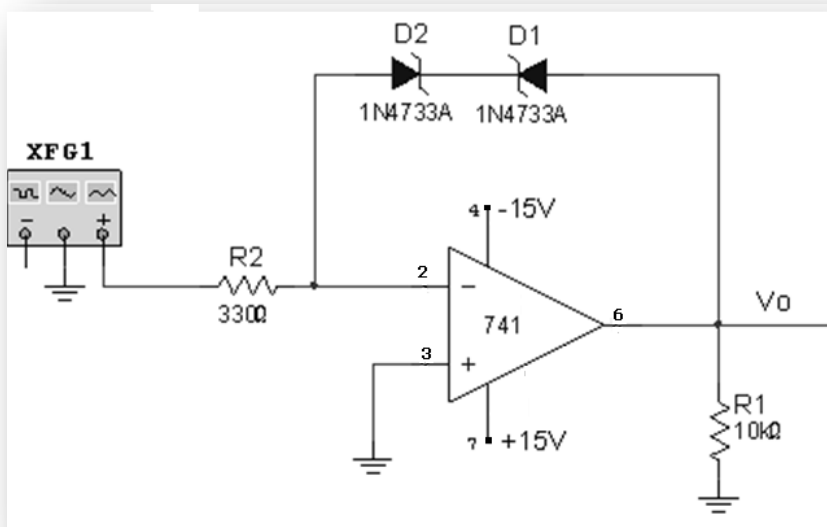
Να σχεδιαστούν οι κυματομορφές εισόδου-εξόδου.



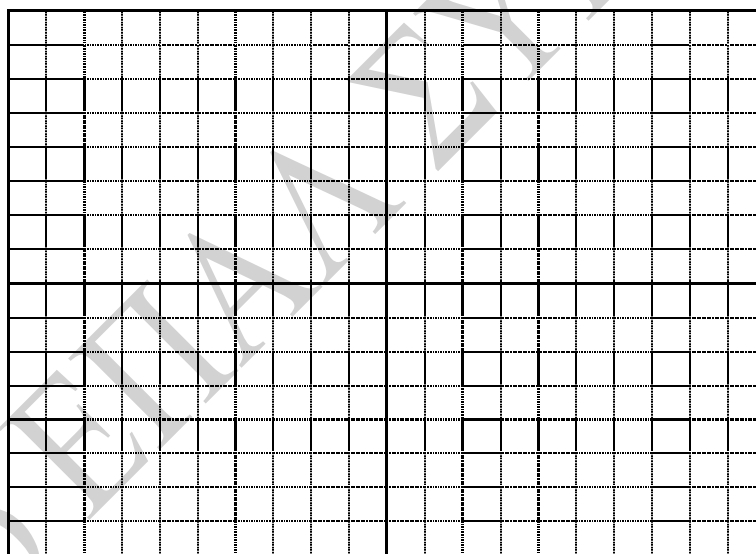
Σχήμα 10.21



Ποιο είναι το σήμα στην έξοδο του παρακάτω κυκλώματος; Σχεδιάστε το. Δώστε από την γεννήτρια $V_i = 4V_{pp}$ και $f = 1\text{kHz}$.



Σχήμα 10.22



13^ο Βήμα

Να κατασκευασθεί η γεννήτρια τριγωνικών και τετραγωνικών κυματομορφών.
Ο πρώτος τελεστικός U_1 χρησιμοποιείται ως Συγκριτής σήματος, οδηγούμενος στον θετικό η αρνητικό κόρο, χρησιμοποιώντας έτσι την στατική του χαρακτηριστική.
Ο δεύτερος τελεστικός U_2 λειτουργεί ως ολοκληρωτής.
Ο τρίτος τελεστικός λειτουργεί ως αναστρέφον ενισχυτής εισάγοντας διαφορά φάσης στο σήμα 180° .
Οι δίοδοι Zener χρησιμοποιούνται για συμμετροποίηση του τετραγωνικού σήματος, διότι η στατική χαρακτηριστική του Τ.Ε. δεν είναι συμμετρική.
 Το τετραγωνικό σήμα το παίρνουμε στο σημείο V_1 ενώ το τριγωνικό στο V_3 .

Η περίοδος του σήματος προκύπτει ως εξής:

$$V_3(t) = -\frac{1}{C} \int_0^t i dt + V_3(0) = -\frac{1}{C} \int_0^t \frac{V_1}{R} dt + V_3(0) = -\frac{V_1}{RC} t + V_3(0)$$

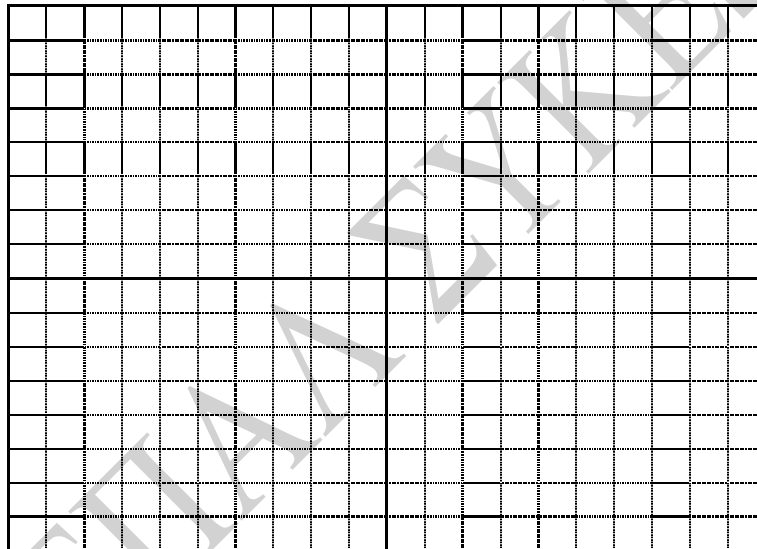
$$0 < t < \frac{T}{2}$$

$$V_3\left(\frac{T}{2}\right) = -\frac{V_1 T}{2RC} + V_3(0) \Rightarrow T = \left[V_3(0) - V_3\left(\frac{T}{2}\right) \right] \cdot \frac{2RC}{V_1}$$

$$\text{Όμως: } V_3\left(\frac{T}{2}\right) = -V_3(0) = -\frac{(V_Z + V_D)}{2} = -\frac{V_1}{2}$$

$$\text{Άρα: } T = 2RC$$

Να σχεδιασθούν οι κυματομορφές στα σημεία V_1, V_2 και V_3 .



Να υπολογισθεί η περίοδος θεωρητικά:

$$T = 2 \cdot R \cdot C = \dots\dots\dots$$

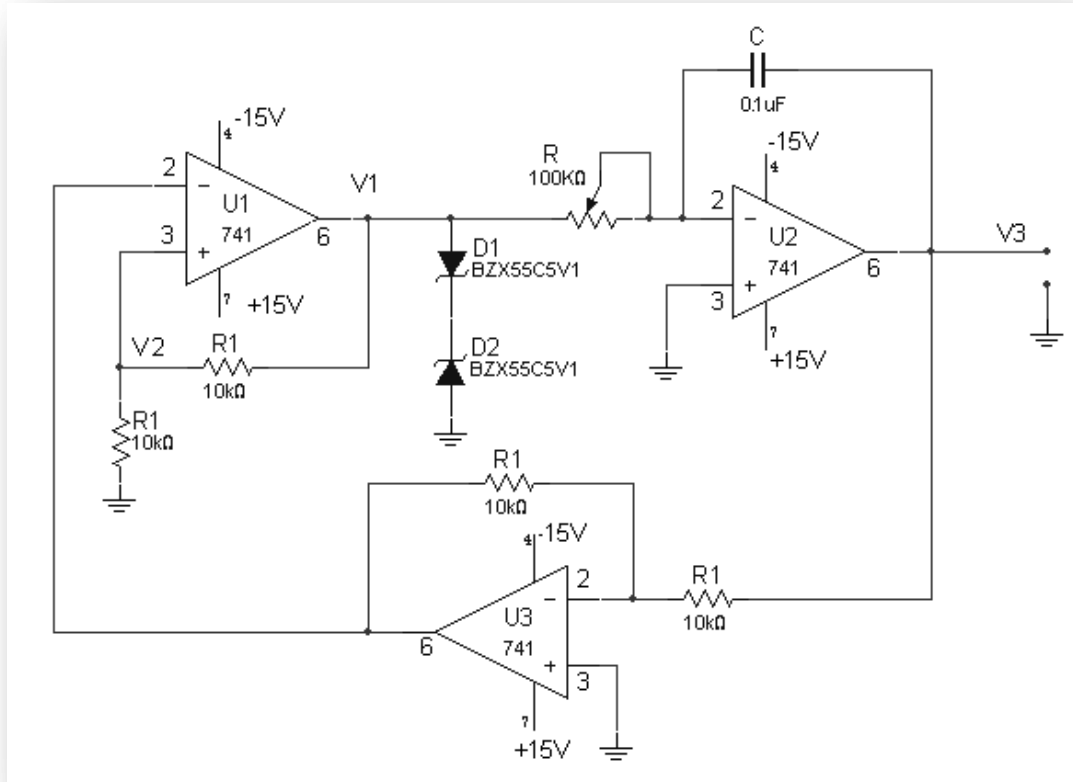
Να μετρηθεί η περίοδος με την βοήθεια του παλμογράφου $T = \dots\dots\dots$

Υπάρχουν αποκλίσεις; $\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$



Σχήμα 10.23

Να γίνουν όλα τα κυκλώματα στο Multisim και να γίνουν όλες οι ανάλογες μετρήσεις.