

ΠΕΙΡΑΜΑ 4

από Βιβλίο Τσιβίδη

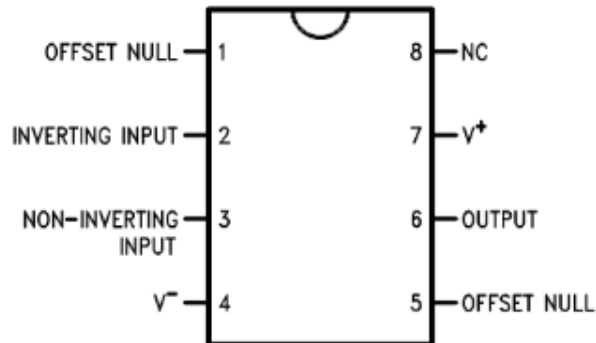
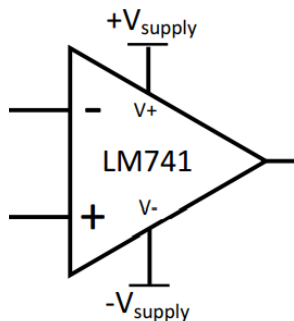
Οκτώβριος 2021

N. Βουδούκης

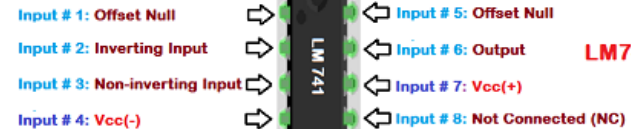
ΠΕΙΡΑΜΑ 4

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΩΝ

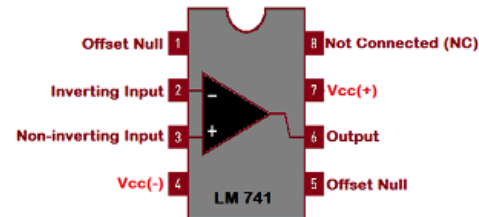
LM741 Operational Amplifier



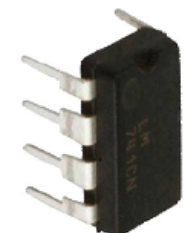
LM 741 Pinout



LM741 Animation



LM741 Symbolic Representation



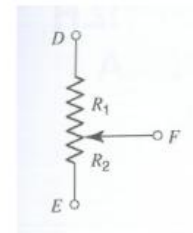
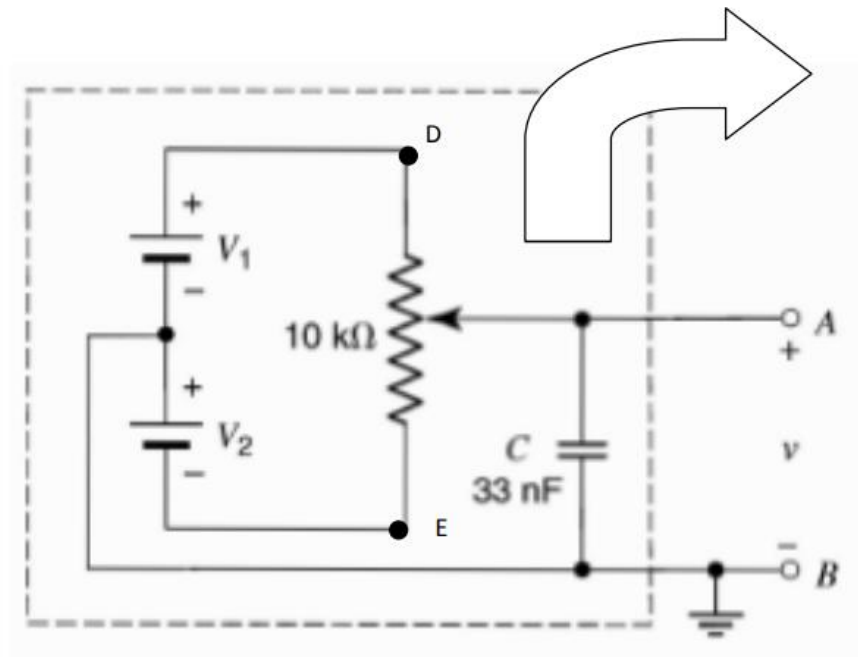
LM 741

Pin Functions

PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
INVERTING INPUT	2	I	Inverting signal input
NC	8	N/A	No Connect, should be left floating
NONINVERTING INPUT	3	I	Noninverting signal input
OFFSET NULL	1, 5	I	Offset null pin used to eliminate the offset voltage and balance the input voltages.
OFFSET NULL			
OUTPUT	6	O	Amplified signal output
V+	7	I	Positive supply voltage
V-	4	I	Negative supply voltage

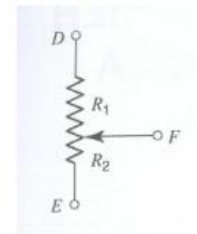
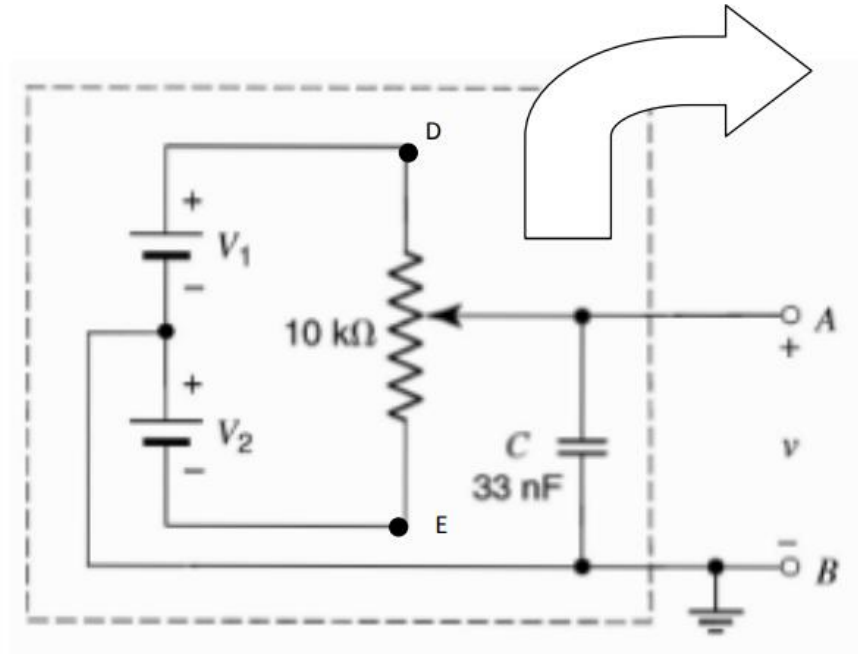
ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερώτημα 1

- 1. Η συνολική αντίσταση μεταξύ των D και E παραμένει σταθερή και ίση με $10\text{k}\Omega$. Η αντίσταση μεταξύ των F και D είναι R_1 και αυτή μεταξύ των F και E είναι R_2 ($R_1 + R_2 = 10\text{k}\Omega$). Μέσω του μηχανισμού ρύθμισης του ποτενσιόμετρου οι τιμές των R_1 και R_2 μπορούν να μεταβάλλονται.
- Έχουμε DC τάσεις οπότε ο πυκνωτής συμπεριφέρεται ως ανοιχτό κύκλωμα.
- Χρειάζονται δηλαδή δύο τάσεις V_1 και V_2 (διπλό τροφοδοτικό).
- Στο κύκλωμα που θα φτιαχτεί η v ανάλογα με την ρύθμιση του ποτενσιόμετρου μπορεί να λαμβάνει οποιαδήποτε τιμή ανάμεσα στις V_1 και $-V_2$.



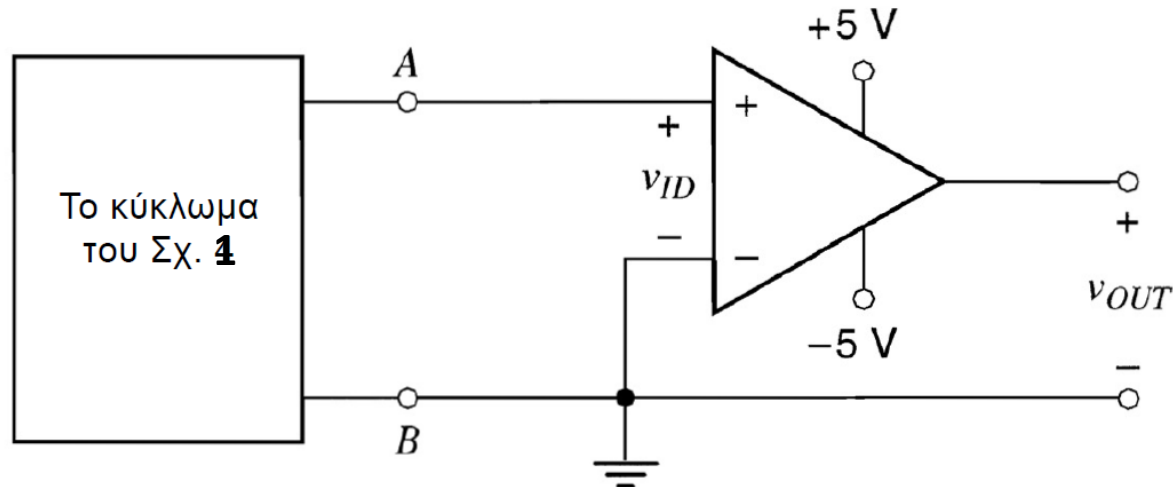
Σημείωση ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερώτημα 1

- Στην περίπτωση έλλειψης διπλού τροφοδοτικού η τάση V_2 δεν θα υπάρχει στο κύκλωμα, το οποίο θα έχει μόνο την V_1 που λαμβάνεται από την (μοναδική) έξοδο του τροφοδοτικού.
- Στο κύκλωμα που θα φτιαχτεί η v ανάλογα με την ρύθμιση του ποτενσιόμετρου λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 Volts και V_1



ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερωτήματα 2-6

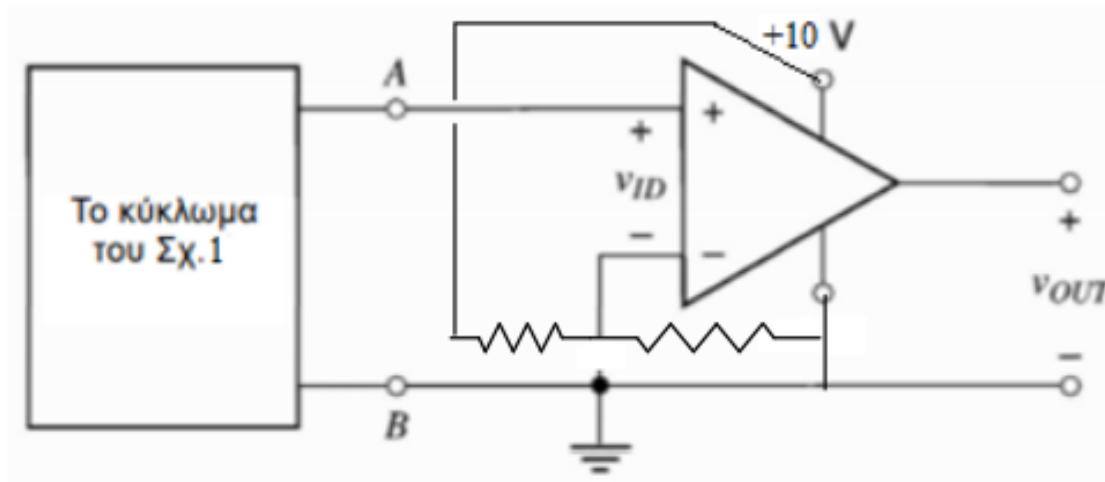
- 2. Οι δύο τάσεις τροφοδοσίας για τον τελεστικό ενισχυτή μπορούν να ληφθούν από τις δύο εξόδους ενός διπλού τροφοδοτικού.
- Η διάταξη αυτή οδηγεί σε γραφική παράσταση $v_{OUT} - v_{ID}$ (DC χαρακτηριστική μεταφοράς του τελεστικού ενισχυτή).



Σημείωση

ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερωτήματα 2-6

- **Αν δεν διαθέτουμε διπλό τροφοδοτικό** θα υλοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος με τάση στην αναστρέφουσα είσοδο (-) $V_- = 5$ ή 6 Volts (μετατοπίστηκαν οι $+V_{CC}$ και $-V_{CC}$ κατά $+5$ ή $+6$ Volts)
- Η DC χαρακτηριστική μεταφοράς του τελεστικού ενισχυτή λαμβάνεται όπως φαίνεται στο σχήμα από διαιρέτη τάσης που κατασκευάζεται από δύο σε σειρά συνδεδεμένες αντιστάσεις ίδιας ωμικής αντίστασης (η τιμή τους δεν μας ενδιαφέρει αρκεί να έχουν την ίδια).
- Η διάταξη αυτή οδηγεί σε γραφική παράσταση $v_{OUT} - v_{ID}$ μετατοπισμένη κατά $V_- = 5$ ή 6 Volts προς τα πάνω σε σχέση με αυτή που δίνεται από τον εργαστηριακό οδηγό



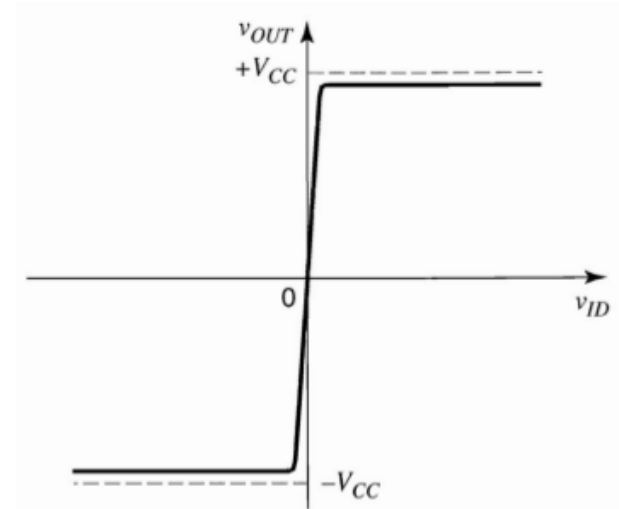
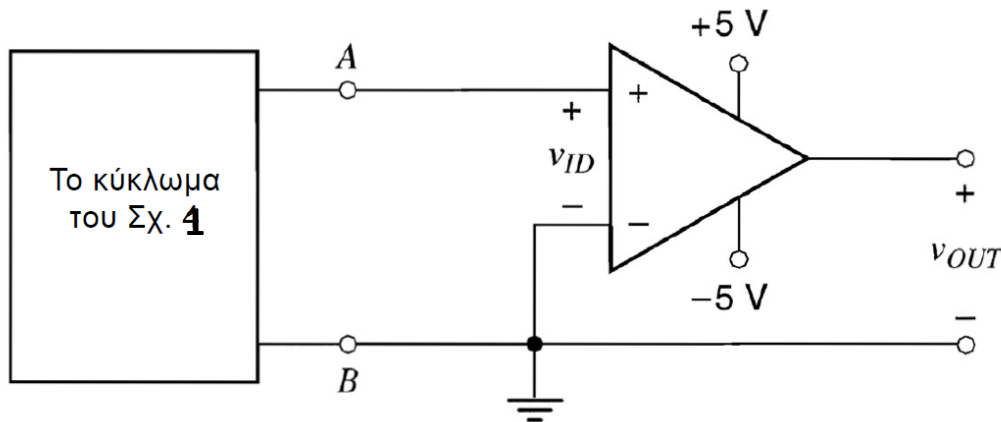
$$+V_{CC} = 10V \text{ ή } 12V$$

$$-V_{CC} = 0V$$

$$V_- = 5V \text{ ή } 6V$$

ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερωτήματα 2-6

- 3 – 4. Στόχος είναι να μετρηθεί η v_{OUT} για τιμές v_{ID} στο εύρος -2 V έως $+2\text{ V}$. Ρυθμίζοντας το ποτενσιόμετρο στο κύκλωμα του Σχ. 1 αλλάζει η τιμή V_+ στην είσοδο του τελεστικού ενισχυτή, ενώ η είσοδος V_- είναι σταθερά ίση με 0 V (γείωση).
- Είναι: $v_{ID} = V_+ - 0 = V_+$ Volts.
- 5. Η λεγόμενη ισοδύναμη DC τάση εκτροπής εισόδου (ή απλώς εκτροπή εισόδου) του τελεστικού ενισχυτή
- 6. Υπολογισμός κλίσης της χαρακτηριστικής. Πολύ δύσκολος αν όχι αδύνατος. Η κλίση αυτή θα είναι πολύ μεγάλη.



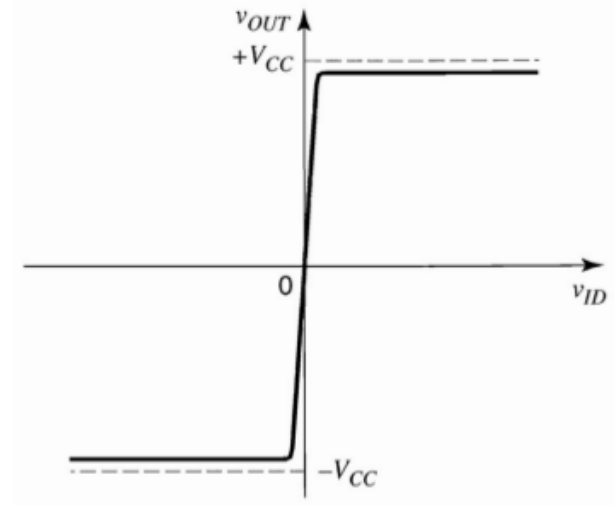
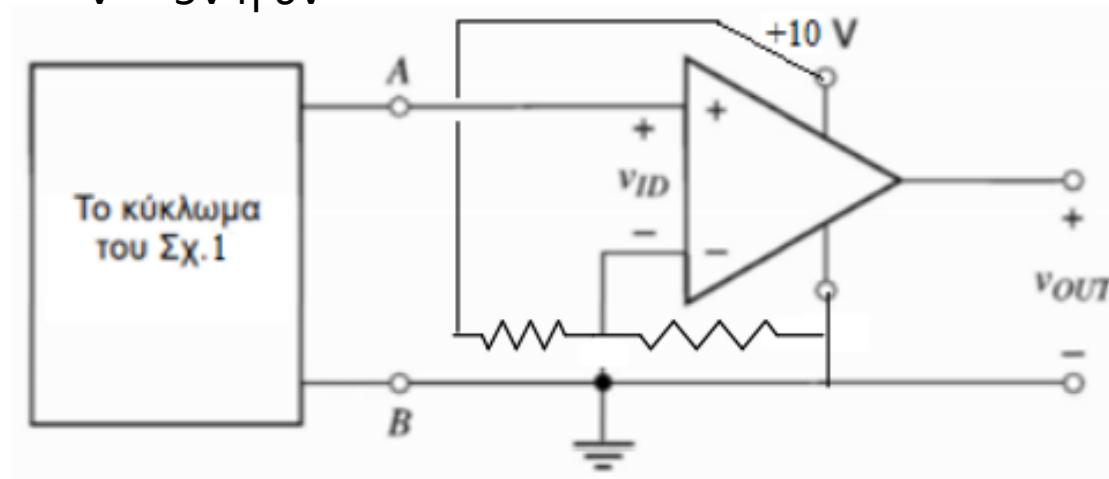
Σημείωση ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερωτήματα 2-6

- 3 – 4. **Αν δεν διαθέτουμε διπλό τροφοδοτικό**, ρυθμίζοντας το ποτενσιόμετρο στο κύκλωμα του Σχ. 1 αλλάζει η τιμή V_+ στην είσοδο του τελεστικού ενισχυτή, ενώ η είσοδος V_- είναι σταθερά ίση με 5Volts. Είναι: $v_{ID} = V_+ - 5 \text{ Volts}$.

+VCC = 10V ή 12V

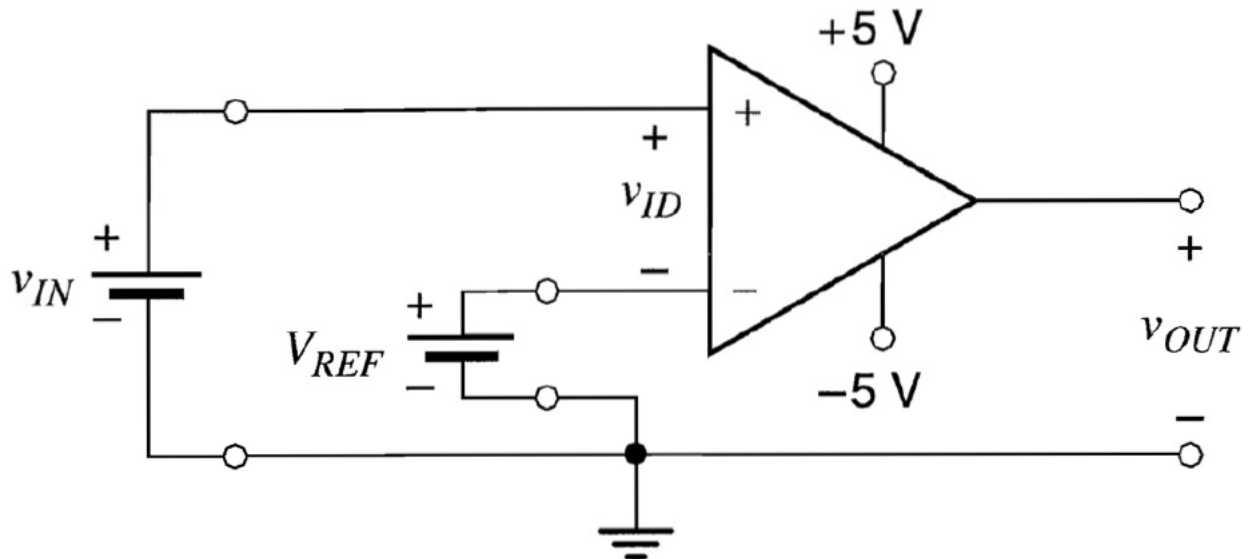
-VCC = 0 V

$V_- = 5V$ ή 6V



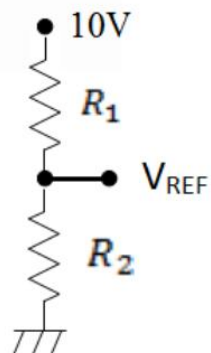
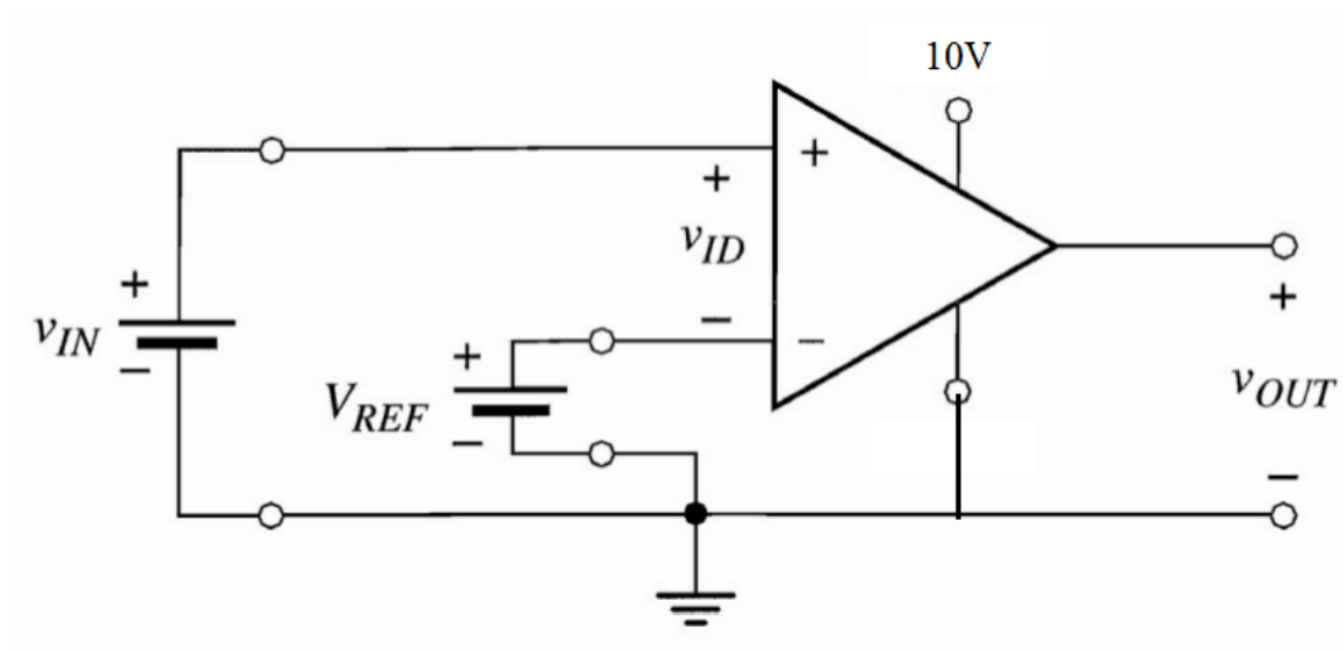
ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερωτήματα 7- 8

- Ισχύει: $V_{ID} = V_{IN} - V_{REF}$.
- Η V_{REF} μπορεί να ρυθμίζεται με την χρήση ενός διαιρέτη τάσης με κατάλληλα επιλεγμένες αντιστάσεις
- Αυξάνοντας την V_{IN} βαθμιαία, ξεκινώντας από το 0 και ξεπερνώντας την τιμή της V_{REF} παρατηρείται ότι όσο $V_{IN} < V_{REF}$, $V_{OUT} =$; ενώ μόλις η τιμή της V_{IN} ξεπεράσει την V_{REF} , $V_{OUT} =$;.
- Το κύκλωμα μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί ως συγκριτής, ο οποίος είναι σε θέση να συγκρίνει την τιμή ...;.....σε σχέση με ...;.....



Σημείωση ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερωτήματα 7-8

- Αν δεν διαθέτουμε διπλό τροφοδοτικό

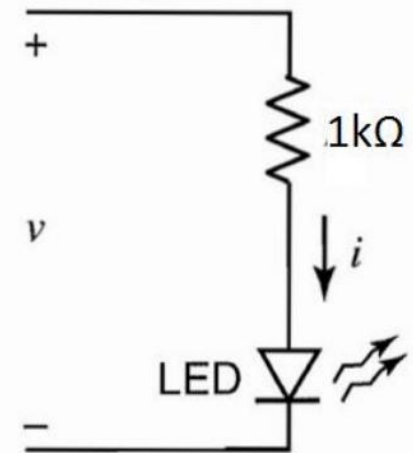
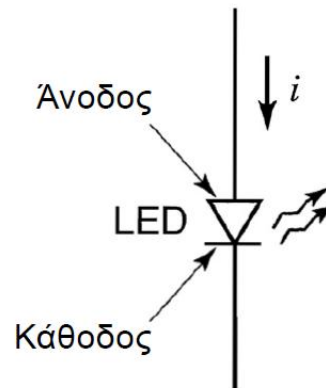


$$V_{REF} = 10 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερωτήματα 9- 10

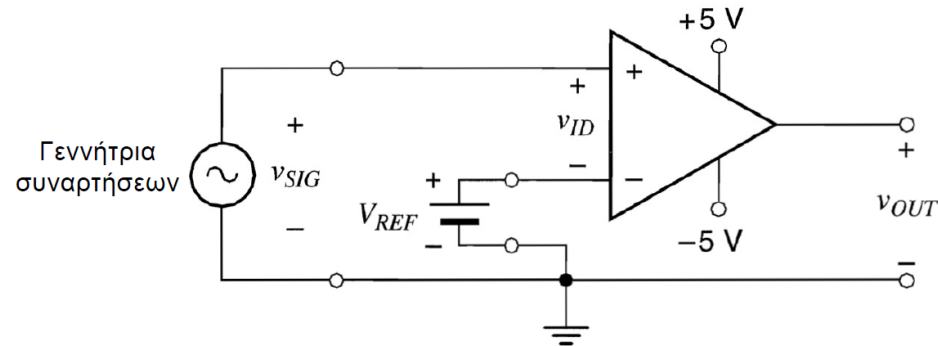
- Η έξοδος VOUT συνδέεται με μία αντίσταση σε σειρά με ένα κόκκινο LED, το άλλο άκρο του οποίου(αυτό με τον μικρότερο ακροδέκτη «—») οδηγείται στην γείωση.
- Επαναλάβετε και για τα LED πράσινο, κίτρινο.
- Ποιο LED χρειάζεται μεγαλύτερη τάση για να «φωτίσει» και γιατί; Μπορεί να υπολογιστεί θεωρητικά αυτή η «τάση κατωφλίου» για αγωγή του LED;

LED	Τάση LED (V)
κόκκινο	;
κίτρινο	;
πράσινο	;



ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Ερωτήματα 11- 14

Ο Συγκριτής με AC είσοδο



- 11. Είσοδο V_{IN} ένα ημιτονοειδές σήμα.
- 12. Είσοδος από γεννήτρια συχνοτήτων με πλάτος 1V (Voltage peak to peak ίσο με 2 Volts), DC OFFSET ίσο με 0V, συχνότητα 100 Hz. Η ζητούμενη V_{REF} προέκυψε με την χρήση ενός διαιρέτη τάσης.
- 13. Στο βήμα αυτό αντικαταθίστανται οι δύο αντιστάσεις που συνιστούσαν τον διαιρέτη τάσης για τη λήψη του V_{REF} με ένα ποτενσιόμετρο (του οποίου ο πρώτος ακροδέκτης συνδέεται με τη θετική τροφοδοσία, ο τρίτος με τη γείωση και ο μεσαίος με την είσοδο 2 (αναστρέφουσα είσοδο) του τελεστικού ενισχυτή. Σκοπός αυτής της αλλαγής είναι η ευκολότερη και αμεσότερη αλλαγή του V_{REF} .

Περιορισμοί ταχύτητας του Τελεστικού Ενισχυτή

- 14. Αύξηση της συχνότητας του σήματος. Σε συνθήκες μεγάλης συχνότητας μπορεί να λειτουργήσει σωστά ως συγκριτής ο τελεστικός ενισχυτής ;

ΠΕΙΡΑΜΑ 4

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΩΝ

Ερώτημα	Με υλικά	LTspice προσομοίωση
1	Δημιουργία Διπολικού Τροφοδοτικού	Ναι. Σχεδίαση κυκλώματος και λήψη μετρήσεων για 5 διαφορετικές τιμές της $R2$ ($R1+R2=10k\Omega$). Επαναλάβετε δύο φορές για α) $V1=V2=5V$ και β) $V1=V2=6V$
2	DC Χαρακτηριστική Μεταφοράς του Τελεστικού Ενισχυτή Κύκλωμα Μετρήσεις Χαρακτηριστική	Ναι. Χρησιμοποιείτε OPAMP α) UniversalOpamp2 και β) LT1001 (χρήση εντολής dc sweep)
3		
4		
5		
6		
7	Ο Τελεστικός Ενισχυτής ως Συγκριτής	Ναι. Χρησιμοποιείτε OPAMP α) UniversalOpamp2 και β) LT1001 Σε κάθε περίπτωση θεωρήστε (στο ερώτημα 8) i) $V_{REF}=1V$ και ii) $V_{REF}=2V$ και πάρτε τιμές v_{IN} μικρότερες και μεγαλύτερες από V_{REF} (χρήση Transient Analysis)
8		

ΠΕΙΡΑΜΑ 4

Ερώτημα	Με υλικά	LTspice προσομοίωση
9	Λήψη Οπτικής Ένδειξης	Ναι. Χρησιμοποιείτε OPAMP α)UniversalOpamp2 και β)LT1001 Στη θέση του LED συνδέστε LED δίοδο (από LED→επιλογή→δεξί κλικ→Pick new diode) και μετρήστε το ρεύμα που τη διαρρέει στις διάφορες περιπτώσεις.
10		
11	Ο Συγκριτής με AC είσοδο	Χρησιμοποιείτε OPAMP α)UniversalOpamp2 και β)LT1001 Ακολουθήστε τις οδηγίες των ερωτημάτων 11-13 του εργαστηριακού οδηγού. Σύνδεση DC VREF στο «-» και Γεννήτρια κυματομορφών (ημιτονοειδή τάση) vSIG στο «+» (χρήση Transient Analysis)
12		
13		
14	Περιορισμοί ταχύτητας του Τελεστικού Ενισχυτή	Ναι. Χρησιμοποιείτε OPAMP α)UniversalOpamp2 και β)LT1001 Ακολουθήστε τις οδηγίες του ερωτήματος 14 του εργαστηριακού οδηγού. (χρήση Transient Analysis)
		Μπορείτε αν θέλετε να πειραματιστείτε και με κάποιο άλλο μοντέλο OPAMP από τα διαθέσιμα της βιβλιοθήκης του LTSpice. Προσοχή όμως, κάθε μοντέλο έχει άλλα χαρακτηριστικά και δεν είναι ιδανικοί τελεστικοί ενισχυτές.