



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εισαγωγικό εργαστήριο ηλεκτρονικής και τηλεπικοινωνιών

**2η εργαστηριακή άσκηση
Προσομοίωση
LTspice**

Διδάσκοντες:

I. Παπανάνος
N. Βουδούκης

Ειρήνη Δόντη
Α.Μ 03119839

3ο εξάμηνο

Αθήνα 2020 – 2021

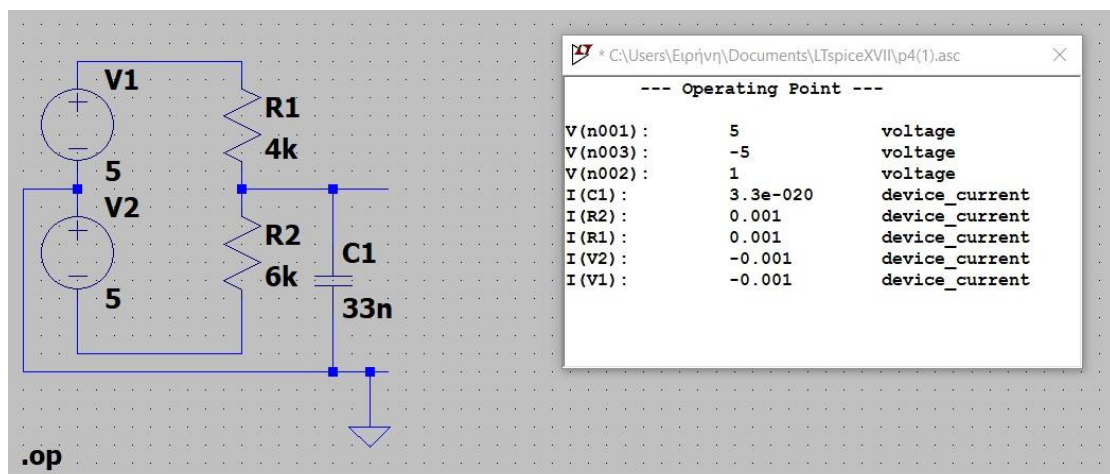
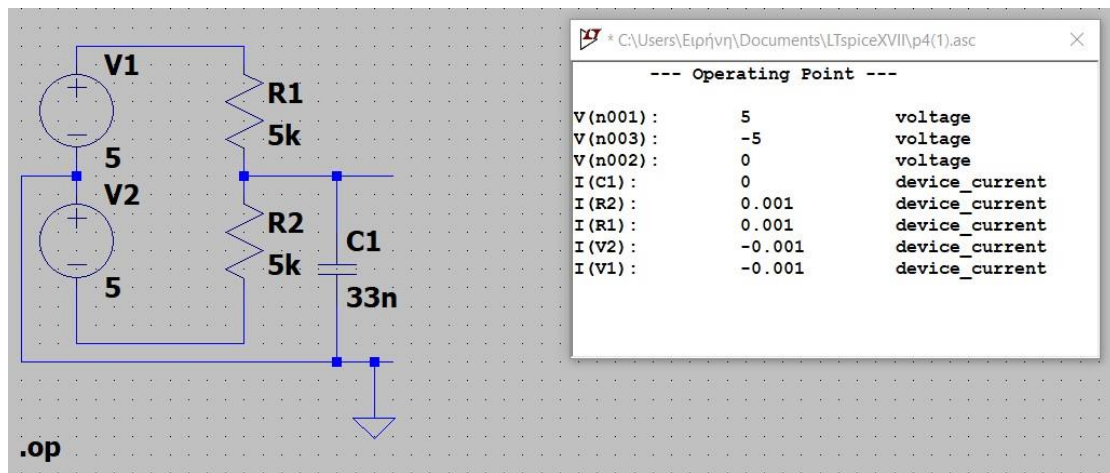
Πείραμα 4

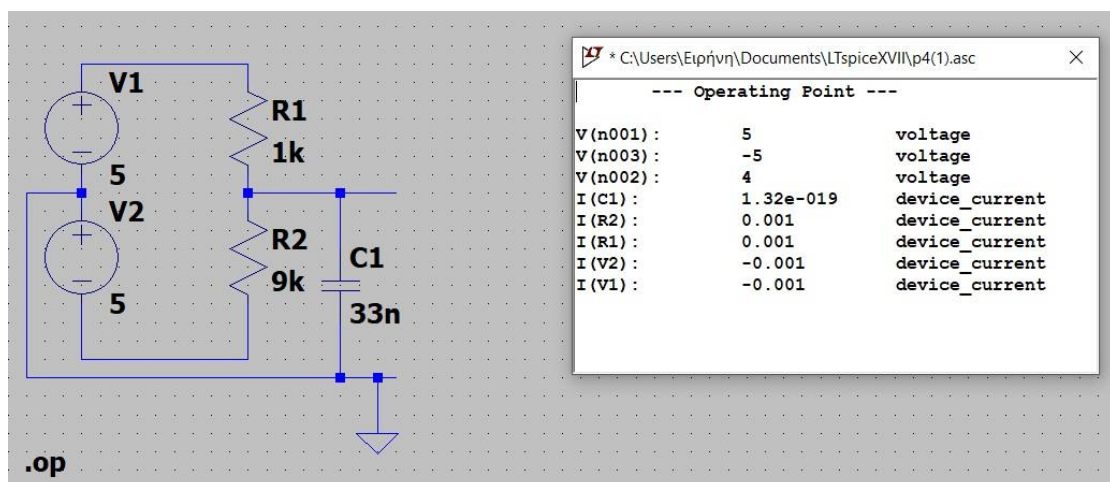
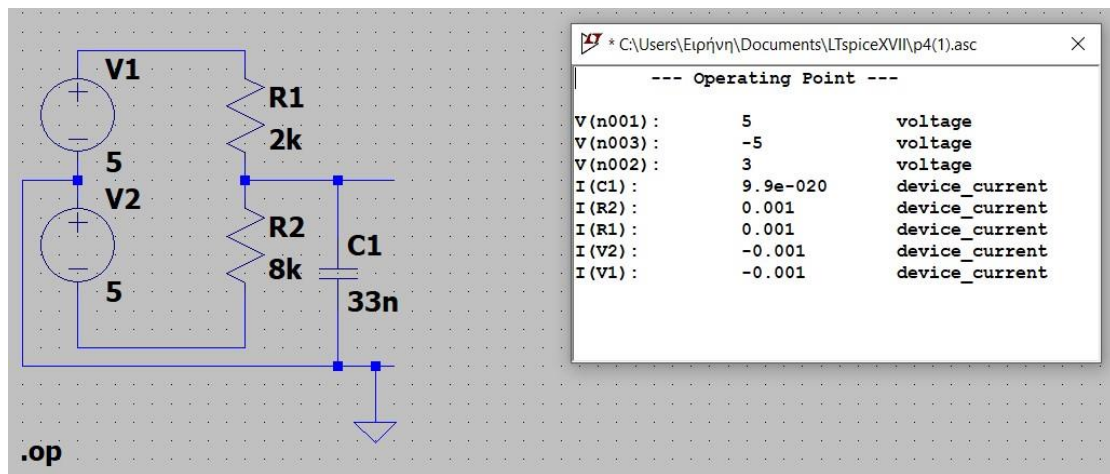
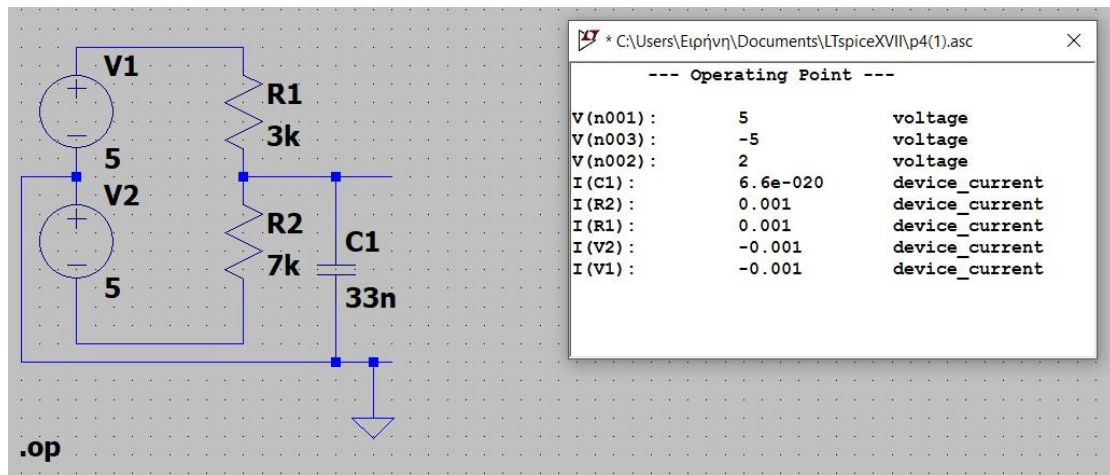
Βήμα 1

(α): $V1 = V2 = 5V$.

Λαμβάνουμε μετρήσεις για 5 διαφορετικές τιμές των R1 και R2 με $V1 = V2 = 5V$.

Τα κυκλώματα της προσομοίωσης φαίνονται παρακάτω:

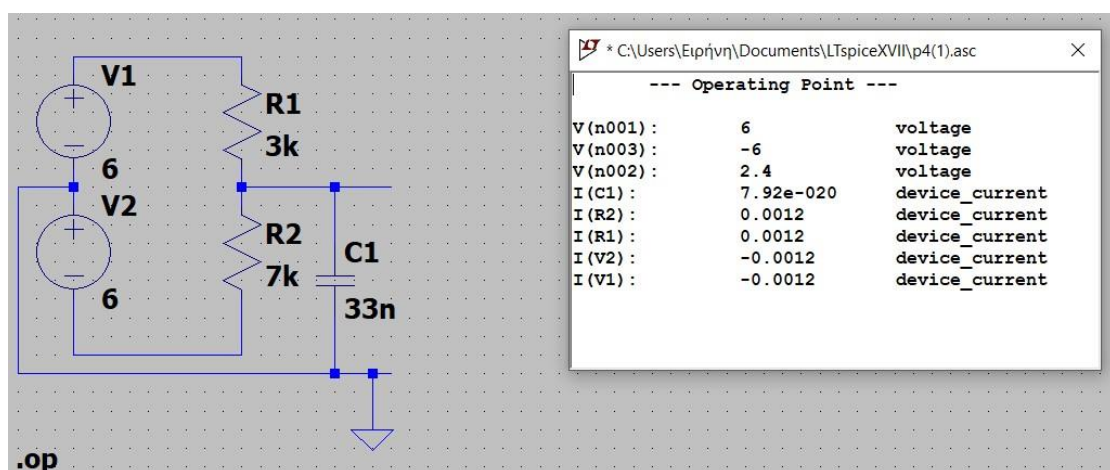
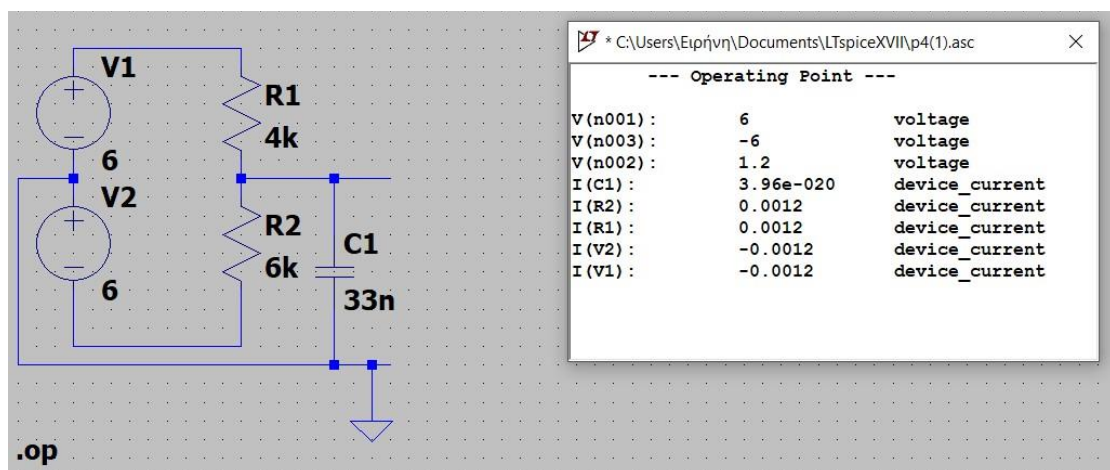
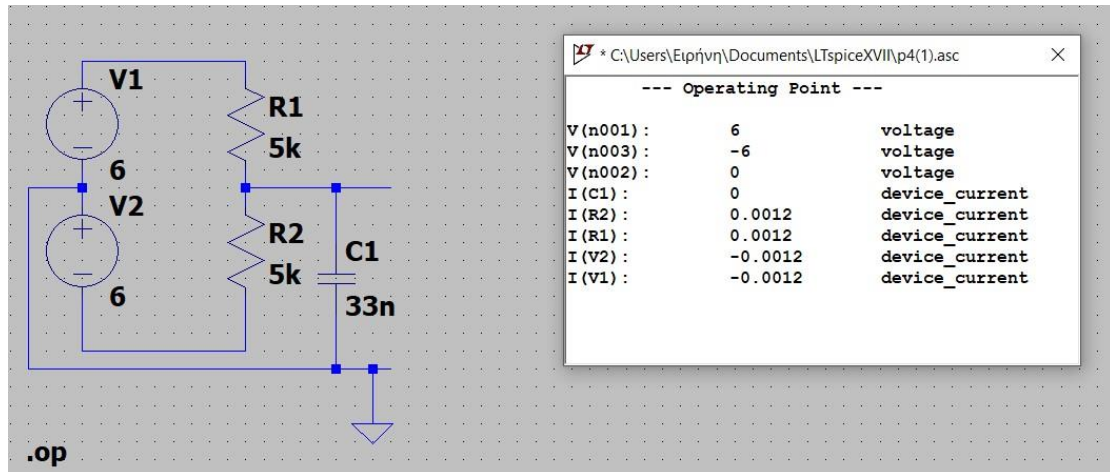


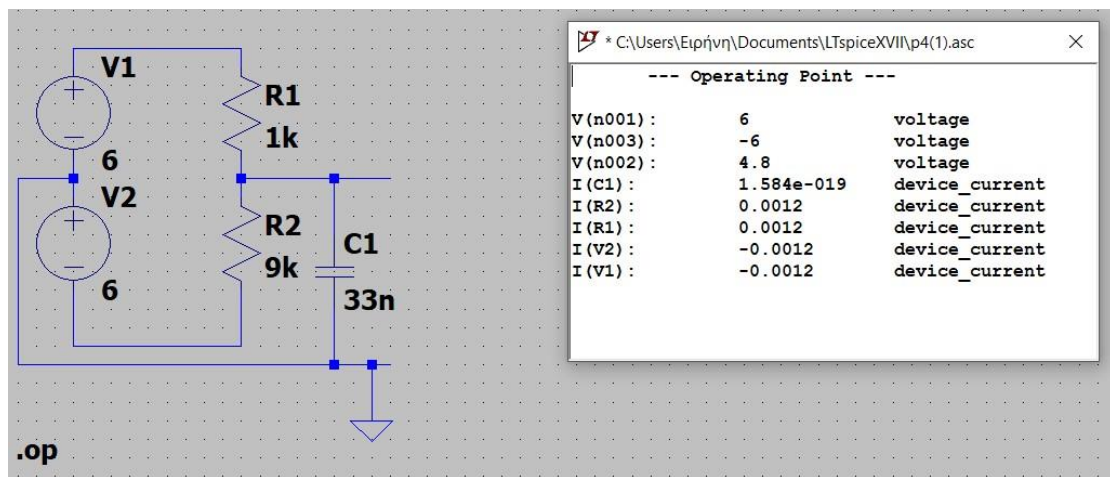
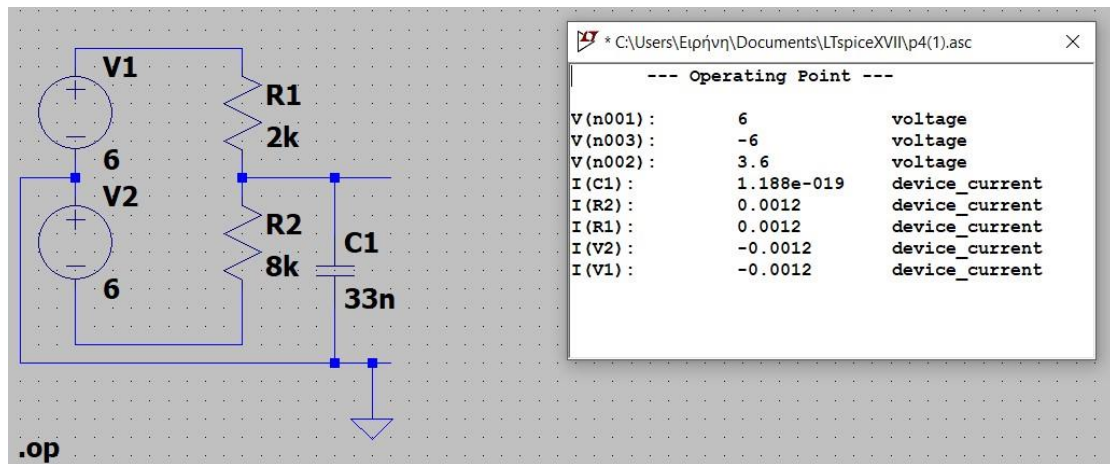


(β): $V1 = V2 = 6\text{ V}$.

Λαμβάνουμε μετρήσεις για 5 διαφορετικές τιμές των $R1$ και $R2$ με $V1 = V2 = 6\text{ V}$.

Τα κυκλώματα της προσομοίωσης φαίνονται παρακάτω:

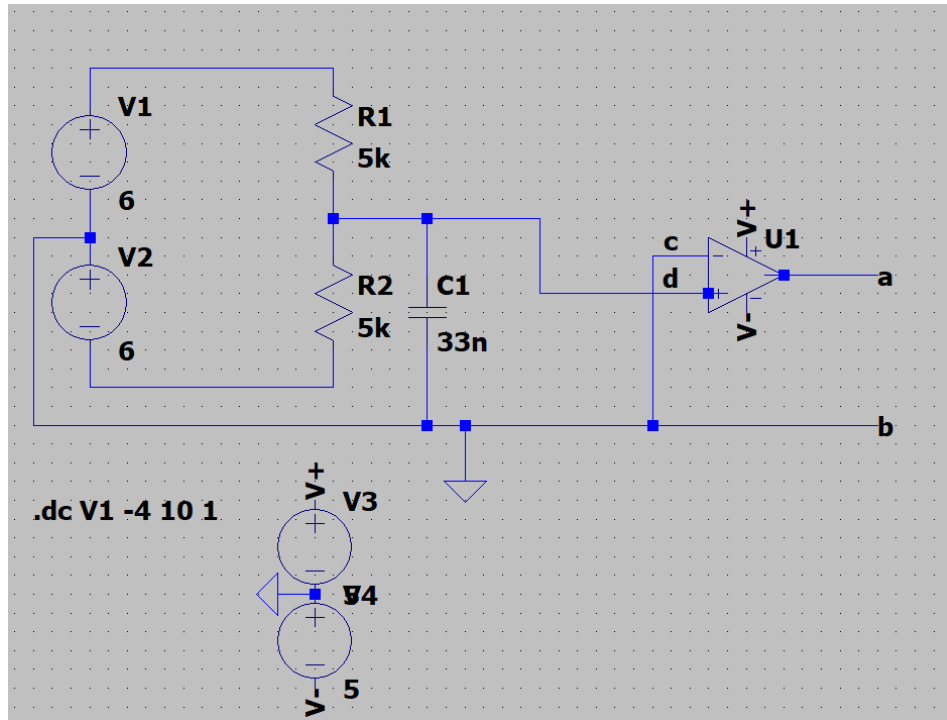




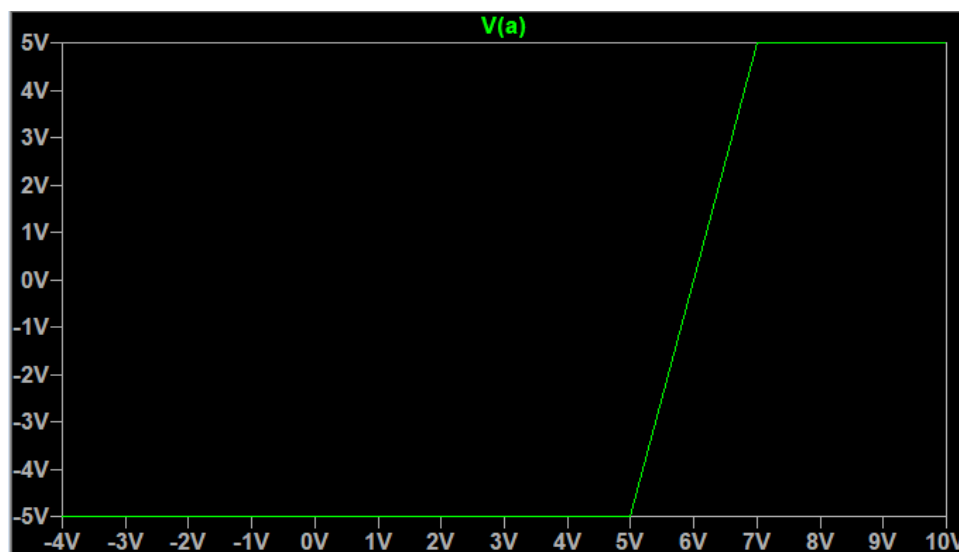
Βήμα 2-6

(α): Χρήση **Universal Opamp 2**.

Το προσομοιωμένο κύκλωμα απεικονίζεται παρακάτω:



Η ζητούμενη χαρακτηριστική καμπύλη DC χαρακτηριστική μεταφοράς, είναι η παρακάτω:



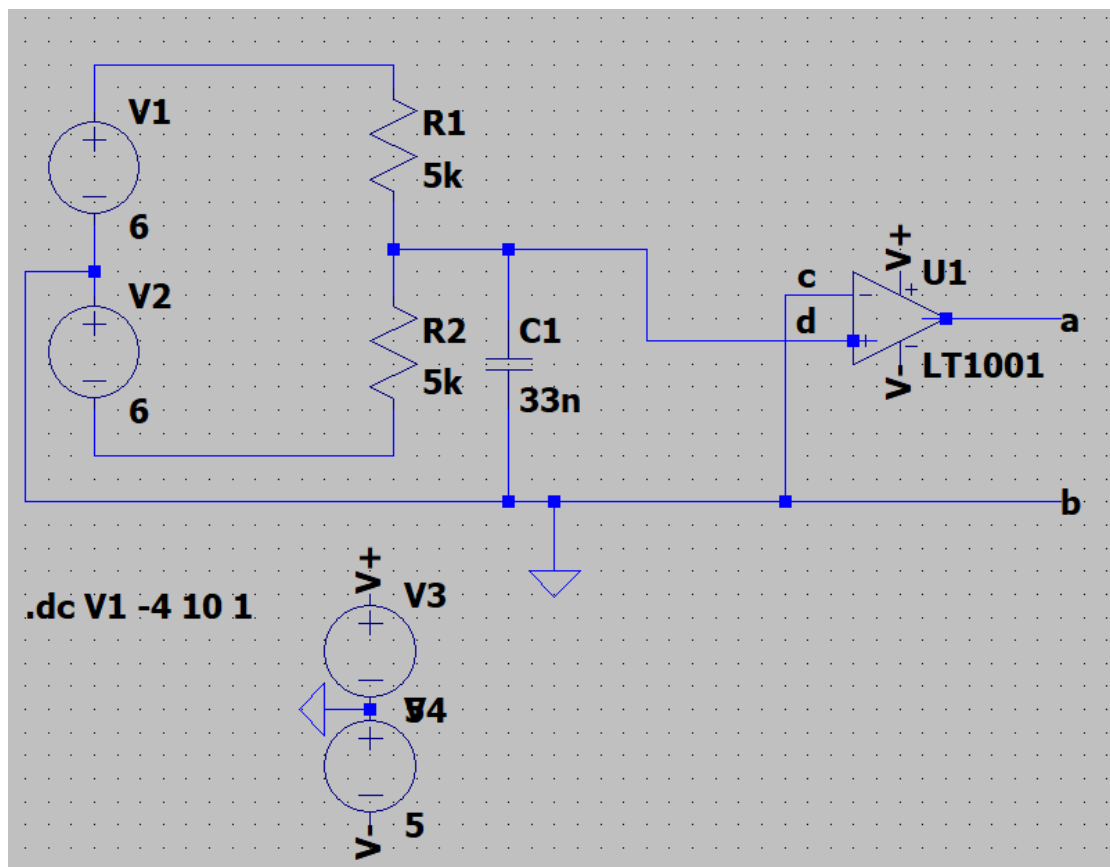
Από την παραπάνω γραφική, προσεγγιστικά, η τιμή της VID στην οποία η έξοδος διέρχεται από το 0V είναι περίπου 5,8 V. Αυτή η τιμή αποκαλείται DC τάση εκτροπής εισόδου.

Στην περιοχή απότομης κλίσης, έχουμε ότι η κλίση της γραφικής είναι:

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{5 - (-5)}{7 - 5} = 5$$

(β): Χρήση **LT1001**.

Το προσομοιωμένο κύκλωμα απεικονίζεται παρακάτω:



Η ζητούμενη χαρακτηριστική καμπύλη DC χαρακτηριστική μεταφοράς, είναι η παρακάτω:



Από την παραπάνω γραφική, προσεγγιστικά, η τιμή της VID στην οποία η έξοδος διέρχεται από το 0V είναι περίπου 6,3 V.

Στην περιοχή απότομης κλίσης, έχουμε ότι η κλίση της γραφικής είναι:

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{4,2 - (-4)}{6 - 7} = 8,2$$

Βήμα 7-8

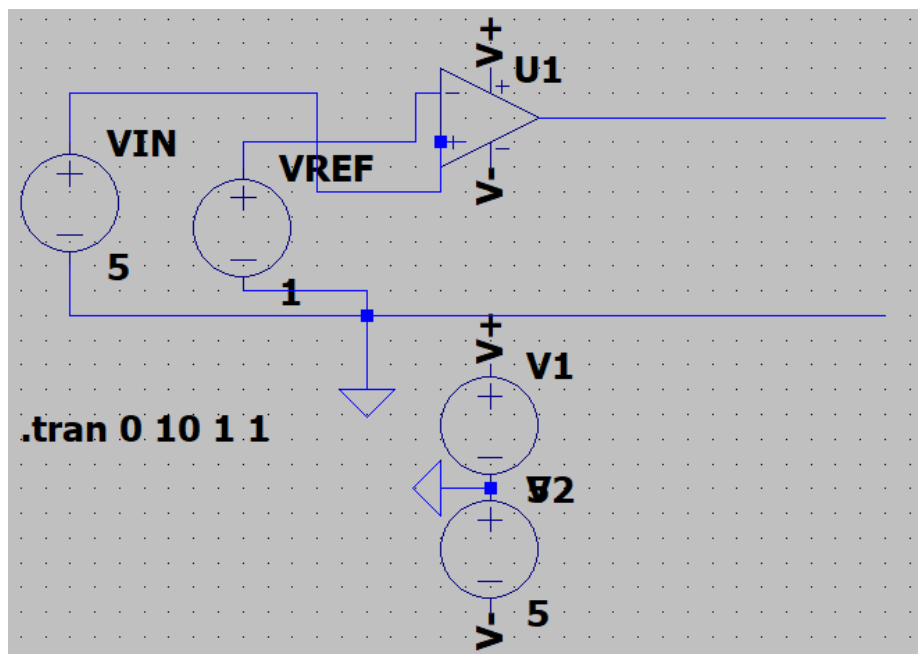
(α): Χρήση **Universal Opamp 2**.

(i): **VREF = 1V**

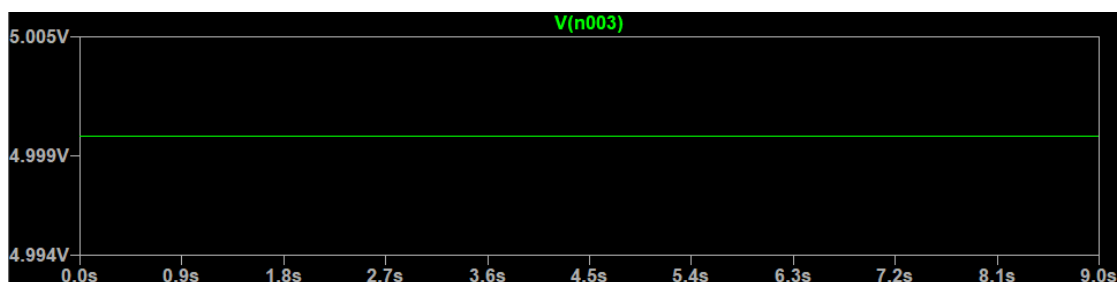
VIN > VREF

Για $V_{IN} = 5\text{ V}$ και $V_{REF} = 1\text{ V}$, έχουμε ότι $V_{OUT} = 5,002\text{ V}$, όπως φαίνεται παρακάτω:

Η προσομοίωση του ζητούμενου κυκλώματος, φαίνεται παρακάτω:



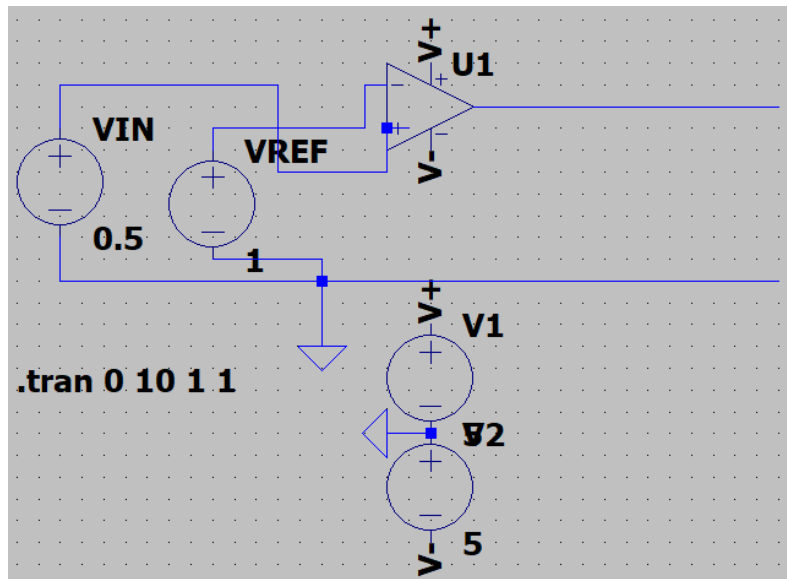
Η τιμή της V_{OUT} , φαίνεται στη παρακάτω γραφική:



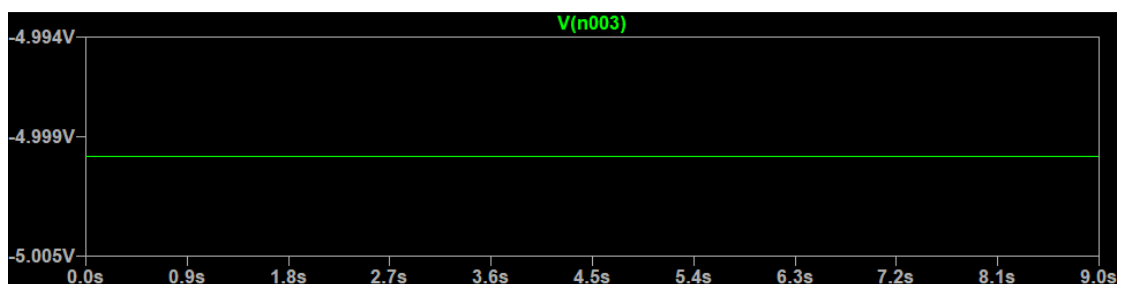
$$V_{IN} < V_{REF}$$

Για $V_{IN} = 0,5 \text{ V}$ και $V_{REF} = 1 \text{ V}$, έχουμε ότι $V_{OUT} = -5,002 \text{ V}$, όπως φαίνεται παρακάτω:

Η προσομοίωση του ζητούμενου κυκλώματος, φαίνεται παρακάτω:



Η τιμή της V_{OUT} , φαίνεται στη παρακάτω γραφική:

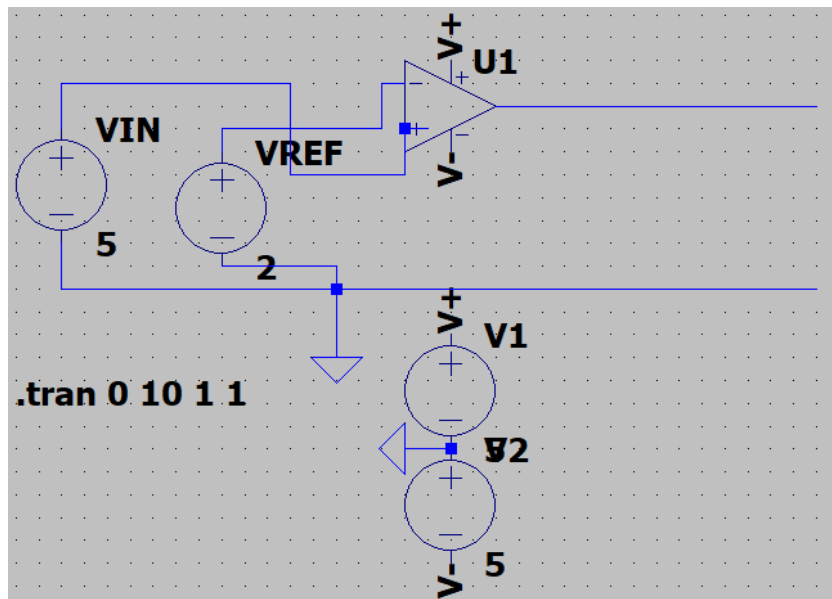


(ii): $V_{REF} = 2V$

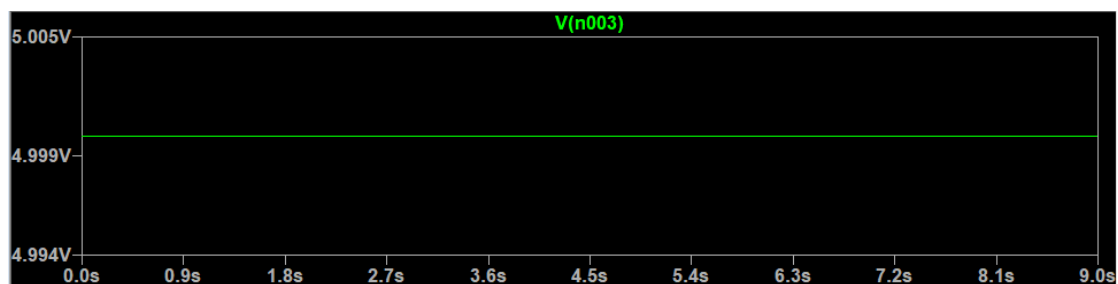
$V_{IN} > V_{REF}$

Για $V_{IN} = 5V$ και $V_{REF} = 2V$, έχουμε ότι $V_{OUT} = 5,002V$, όπως φαίνεται παρακάτω:

Η προσομοίωση του ζητούμενου κυκλώματος, φαίνεται παρακάτω:



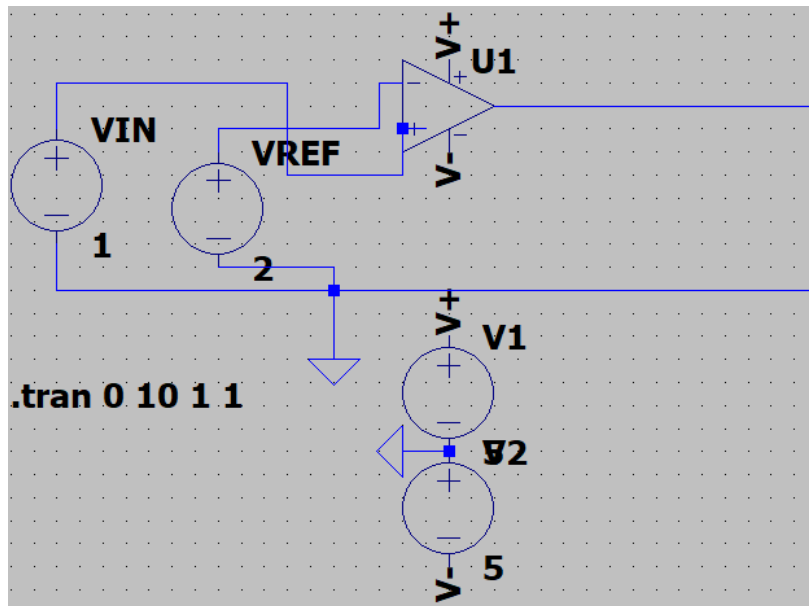
Η τιμή της V_{OUT} , φαίνεται στη παρακάτω γραφική:



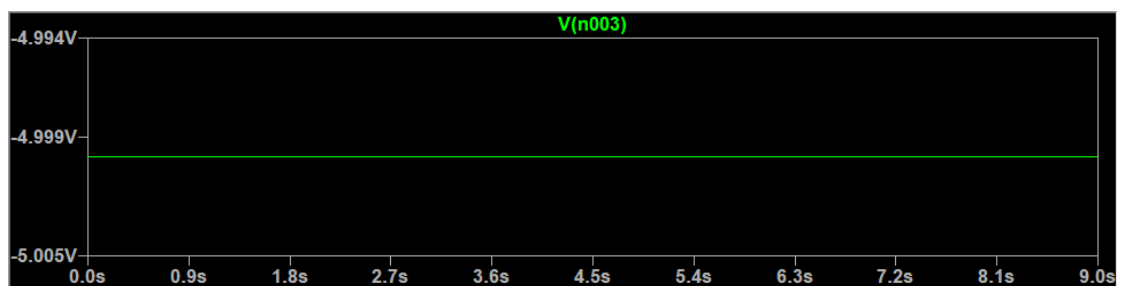
$$V_{IN} < V_{REF}$$

Για $V_{IN} = 1\text{ V}$ και $V_{REF} = 2\text{ V}$, έχουμε ότι $V_{OUT} = -5,002\text{ V}$, όπως φαίνεται παρακάτω:

Η προσομοίωση του ζητούμενου κυκλώματος, φαίνεται παρακάτω:



Η τιμή της V_{OUT} , φαίνεται στη παρακάτω γραφική:



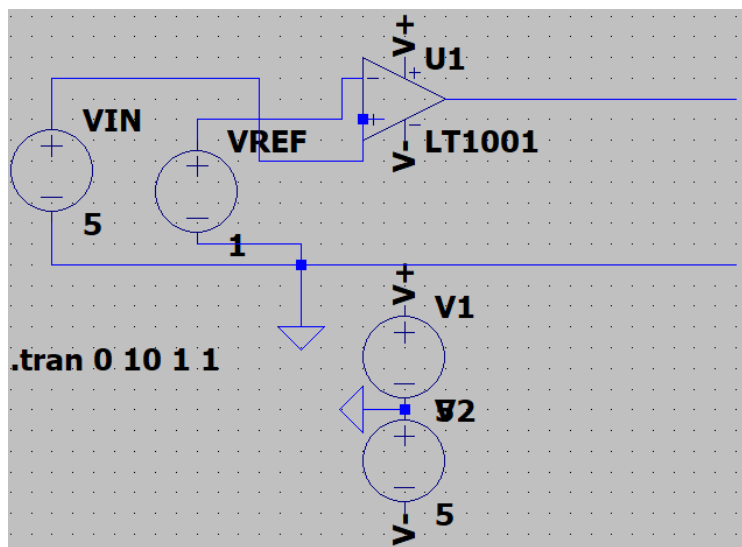
(β): Χρήση **LT1001**.

(i): **VREF = 1V**

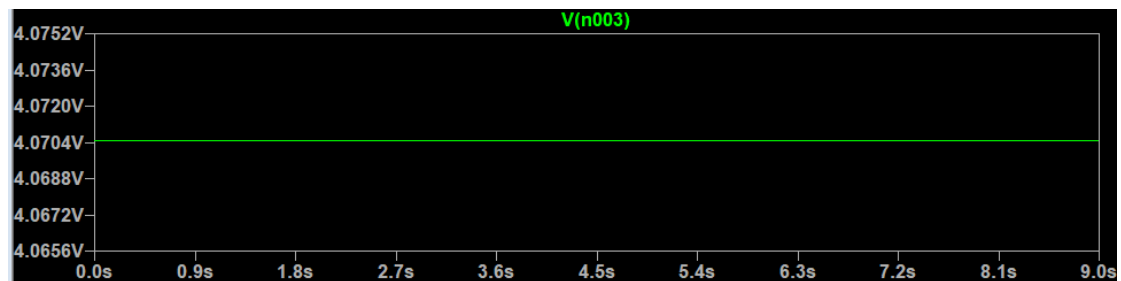
$V_{IN} > V_{REF}$

Για $V_{IN} = 5\text{ V}$ και $V_{REF} = 1\text{ V}$, έχουμε ότι $V_{OUT} = 4,0705\text{ V}$, όπως φαίνεται παρακάτω:

Η προσομοίωση του ζητούμενου κυκλώματος, φαίνεται παρακάτω:



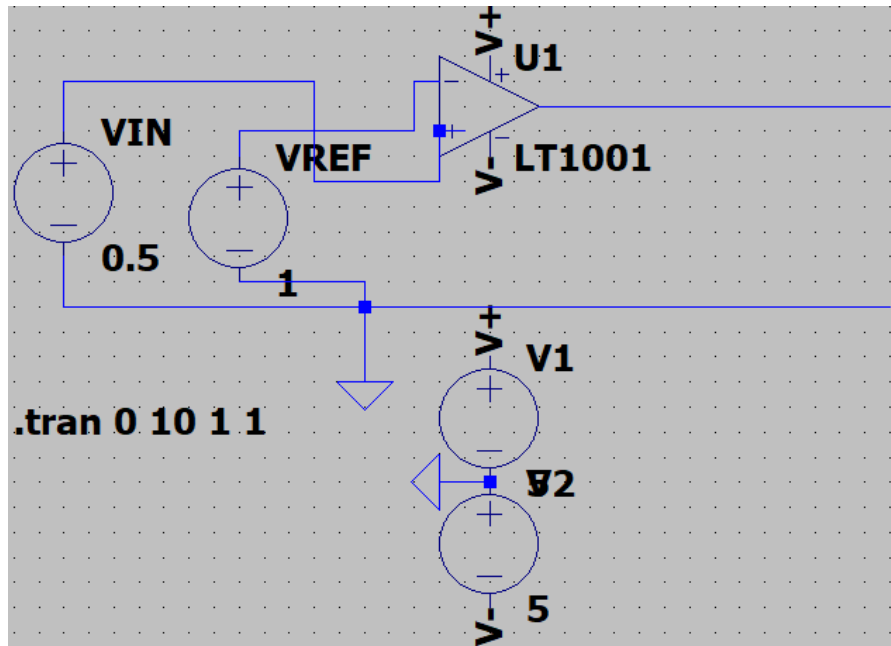
Η τιμή της V_{OUT} , φαίνεται στη παρακάτω γραφική:



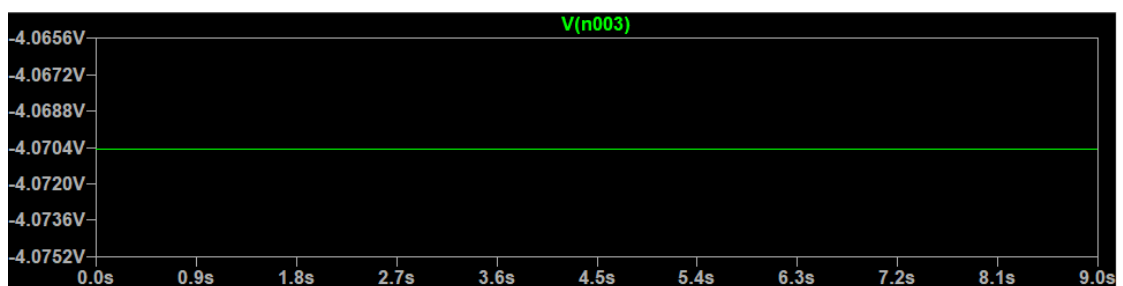
$$V_{IN} < V_{REF}$$

Για $V_{IN} = 0,5 \text{ V}$ και $V_{REF} = 1 \text{ V}$, έχουμε ότι $V_{OUT} = -4,0704 \text{ V}$, όπως φαίνεται παρακάτω:

Η προσομοίωση του ζητούμενου κυκλώματος, φαίνεται παρακάτω:



Η τιμή της V_{OUT} , φαίνεται στη παρακάτω γραφική:

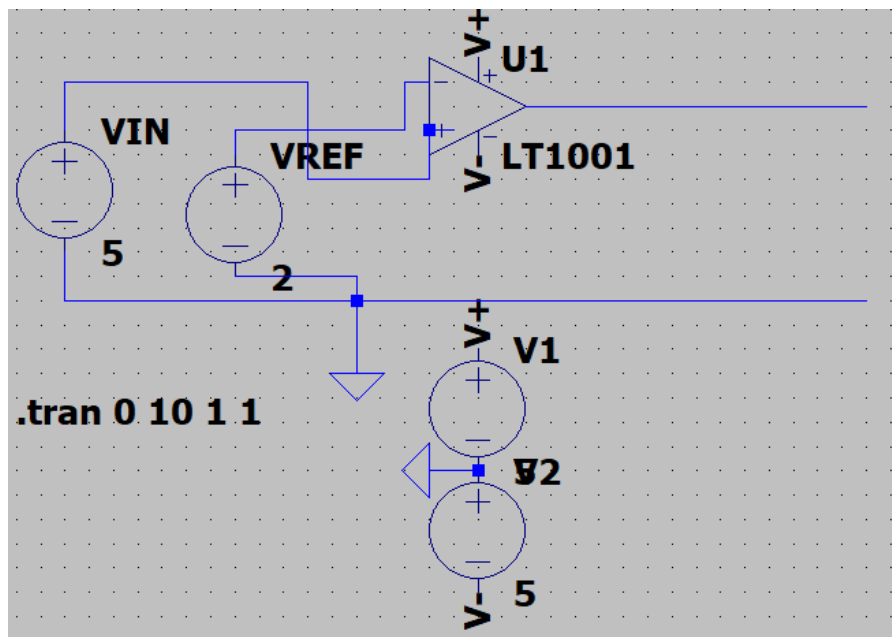


(ii): $V_{REF} = 2V$

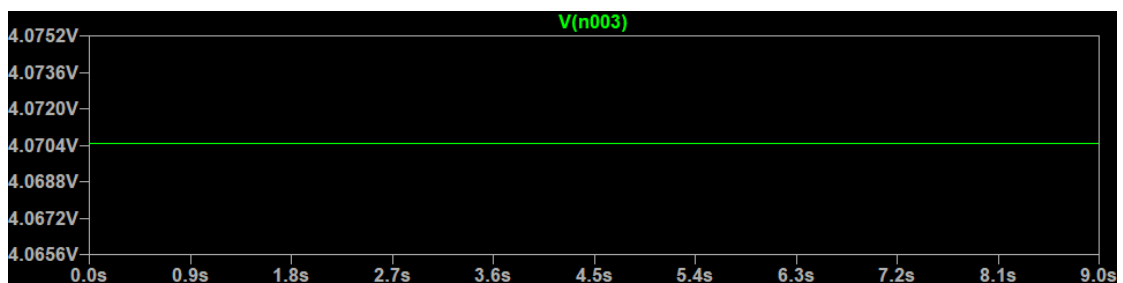
$V_{IN} > V_{REF}$

Για $V_{IN} = 5V$ και $V_{REF} = 2V$, έχουμε ότι $V_{OUT} = 4,0704V$, όπως φαίνεται παρακάτω:

Η προσομοίωση του ζητούμενου κυκλώματος, φαίνεται παρακάτω:



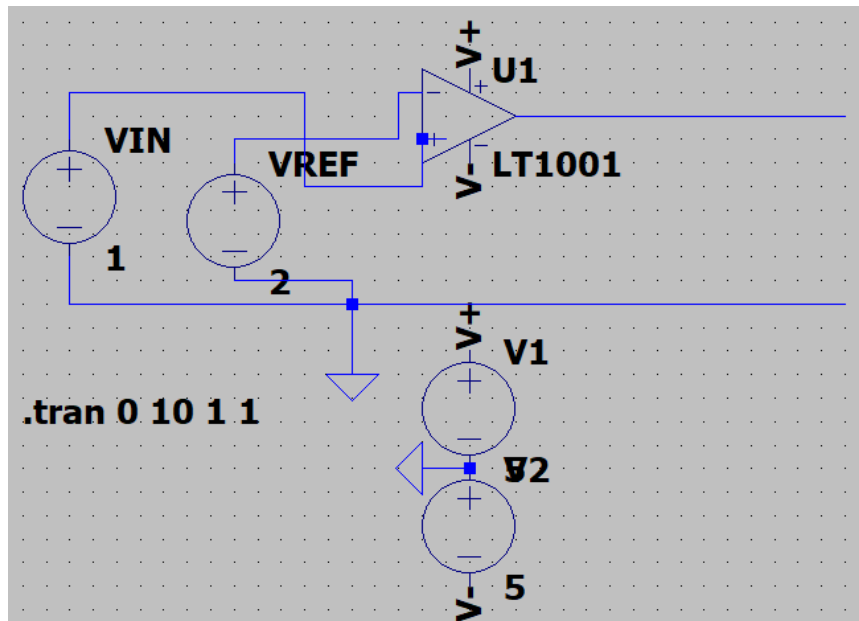
Η τιμή της V_{OUT} , φαίνεται στη παρακάτω γραφική:



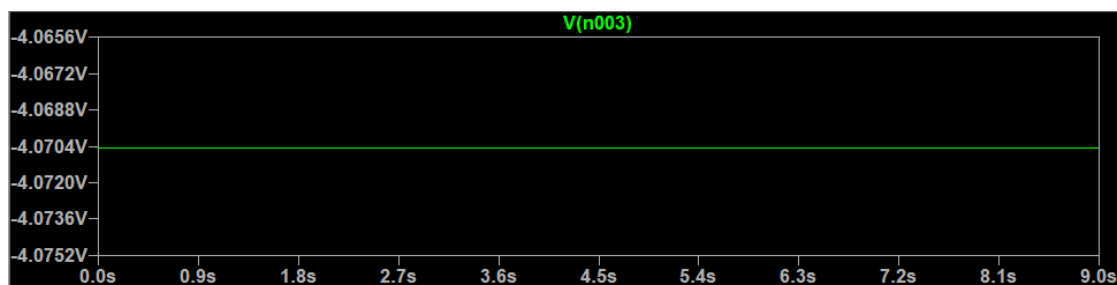
$$V_{IN} < V_{REF}$$

Για $V_{IN} = 1\text{ V}$ και $V_{REF} = 2\text{ V}$, έχουμε ότι $V_{OUT} = -4,0704\text{V}$, όπως φαίνεται παρακάτω:

Η προσομοίωση του ζητούμενου κυκλώματος, φαίνεται παρακάτω:



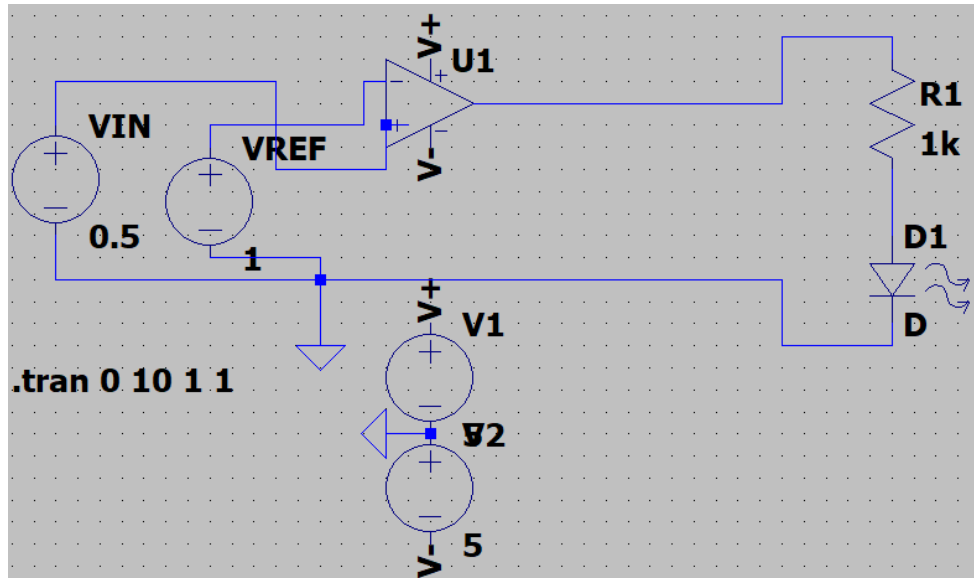
Η τιμή της V_{OUT} , φαίνεται στη παρακάτω γραφική:



Αυτό το κύκλωμα είναι πράγματι ένας συγκριτής που συγκρίνει την τιμή της V_{IN} με την σταθερή τιμή της V_{REF} , αφού για $V_{IN} < V_{REF}$ έχουμε αρνητική τάση εξόδου ενώ για $V_{IN} > V_{REF}$ έχουμε θετική τάση εξόδου.

Βήμα 9-10

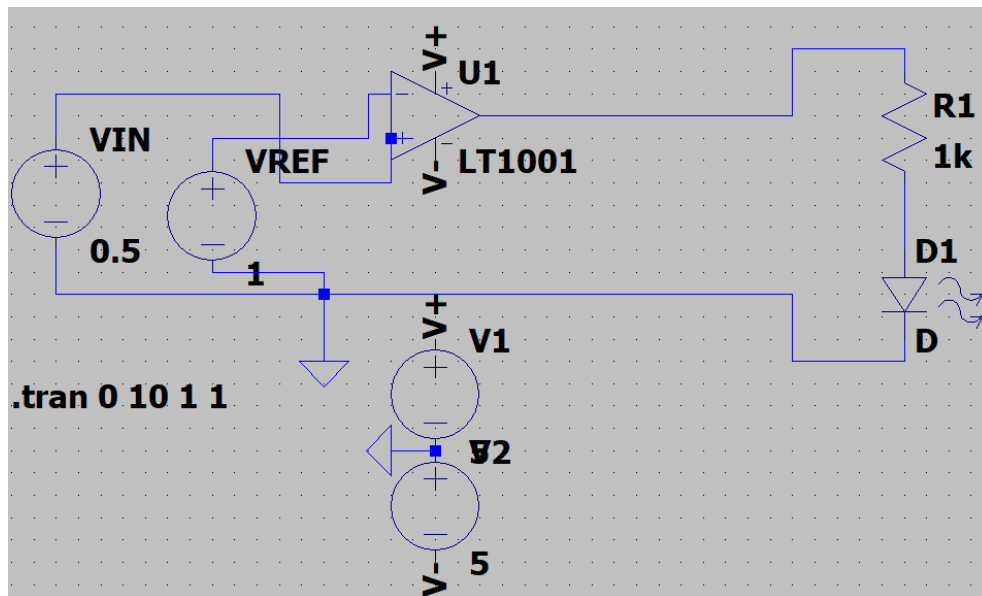
(α): Χρήση **Universal Opamp 2**.



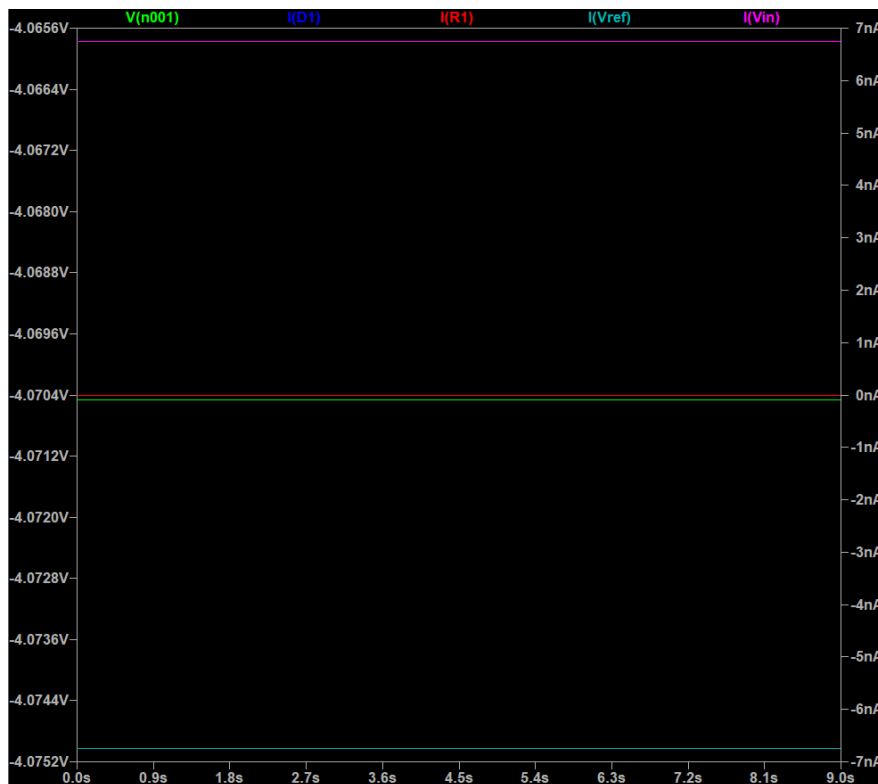
Οι ζητούμενες μετρήσεις, φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



(β): Χρήση **LT1001**.



Οι ζητούμενες μετρήσεις, φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:

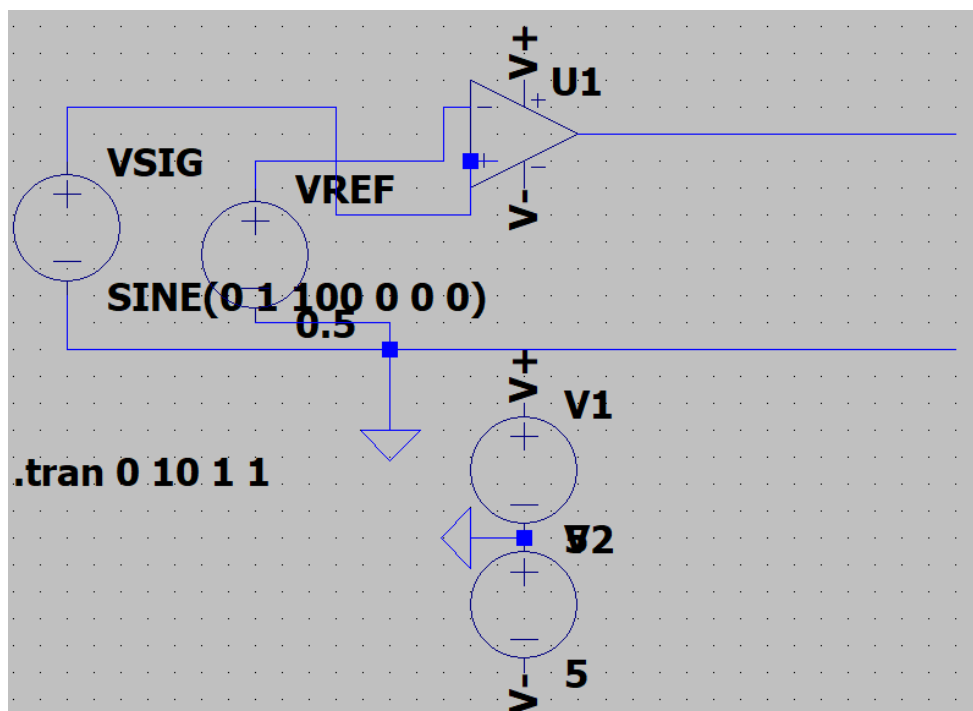


Βήμα 11-13

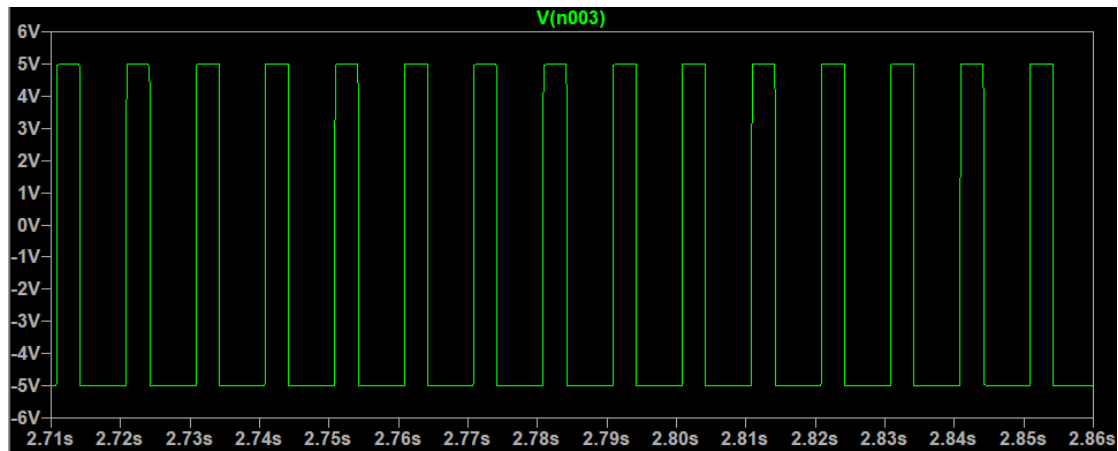
Αν αντικαταστήσουμε την πηγή VIN με ημιτονοειδή τάση και πλάτος 1V, συχνότητα 100 Hz και $V_{REF} = 0.5\text{ V}$, υποθέτουμε ότι η κυματομορφή που θα προκύψει είναι ψαλιδισμένη ημιτονοειδής με πλάτος πάντα 5V (αφού $V_+ = 5\text{ V}$ και $V_- = -5\text{ V}$):

(α): Χρήση **Universal Opamp 2**.

Το προσομοιωμένο κύκλωμα είναι το παρακάτω:

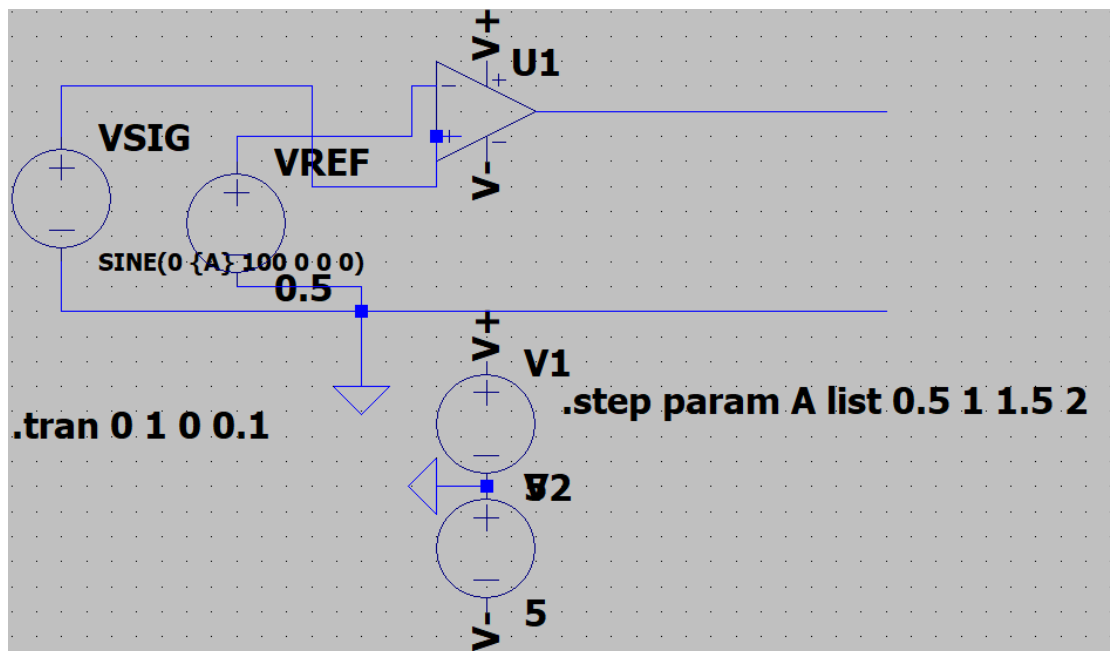


Η γραφική παράσταση της V_{OUT} συναρτήσεως του χρόνου είναι η παρακάτω:

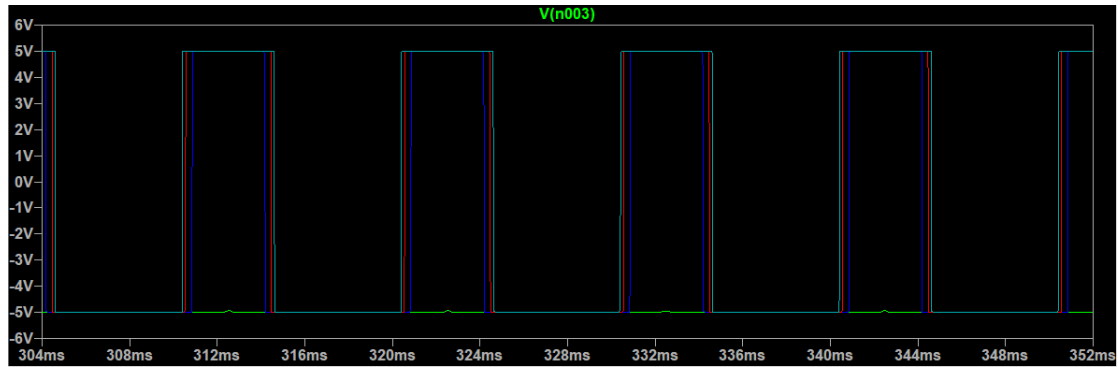


Παρατηρούμε ότι επιβεβαιώνεται η αρχική εικασία μας, αφού προκύπτει μία ψαλιδισμένη ημιτονοειδής καμπύλη με πλάτος 5 V.

- Μεταβάλλοντας το Πλάτος A της τάσης VSIG έχουμε το προσομοιωμένο κύκλωμα:

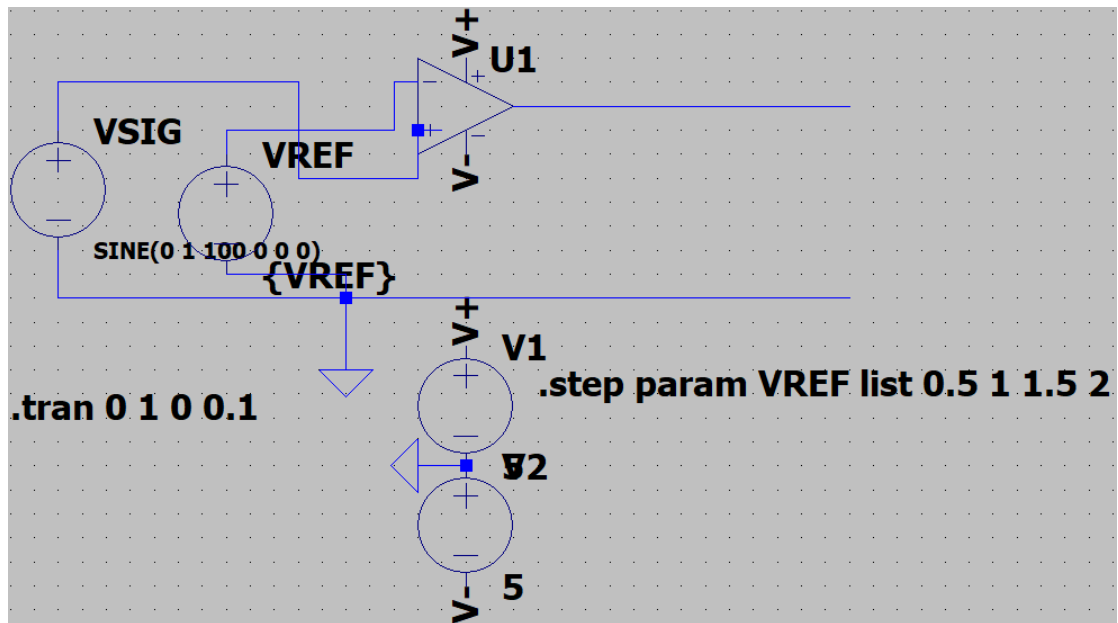


Παρακάτω, φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις της τάσης εξόδου, συναρτήσει του χρόνου με διαφορετικά πλάτη εισόδου:

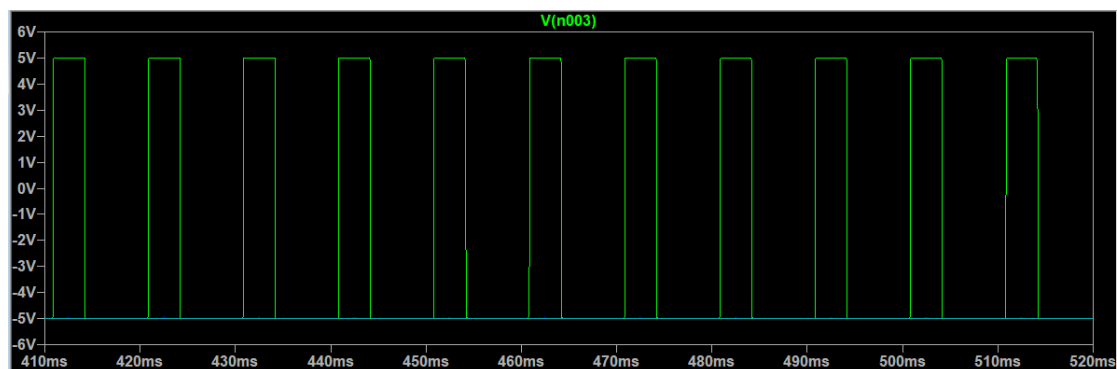


Παρατηρούμε ότι στις γραφικές που προκύπτουν, η τάση V_{OUT} δε διαφέρει ως προς το πλάτος. Όλες οι γραφικές συναρτήσεις της εξόδου είναι παρόμοιες με σταθερό πλάτος +5V.

- Μεταβάλλοντας τη τάση VREF έχουμε το προσομοιωμένο κύκλωμα:



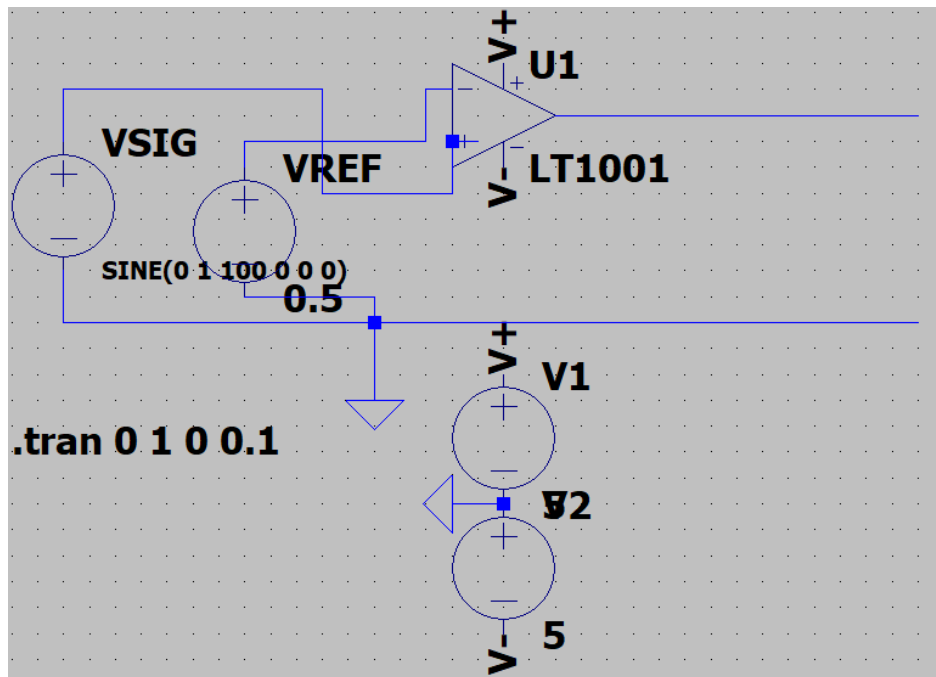
Παρακάτω, φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις της τάσης εξόδου συναρτήσει του χρόνου με διαφορετική τάση VREF:



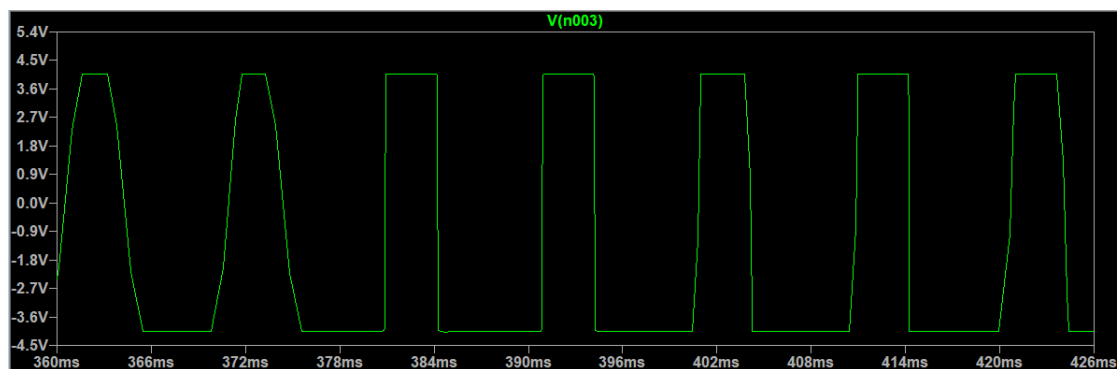
Παρατηρούμε ότι, όσο αυξάνεται η VREF, τόσο περισσότερο μειώνεται το πλάτος της VOUT.

(β): Χρήση **LT1001**.

Το προσομοιωμένο κύκλωμα είναι το παρακάτω:

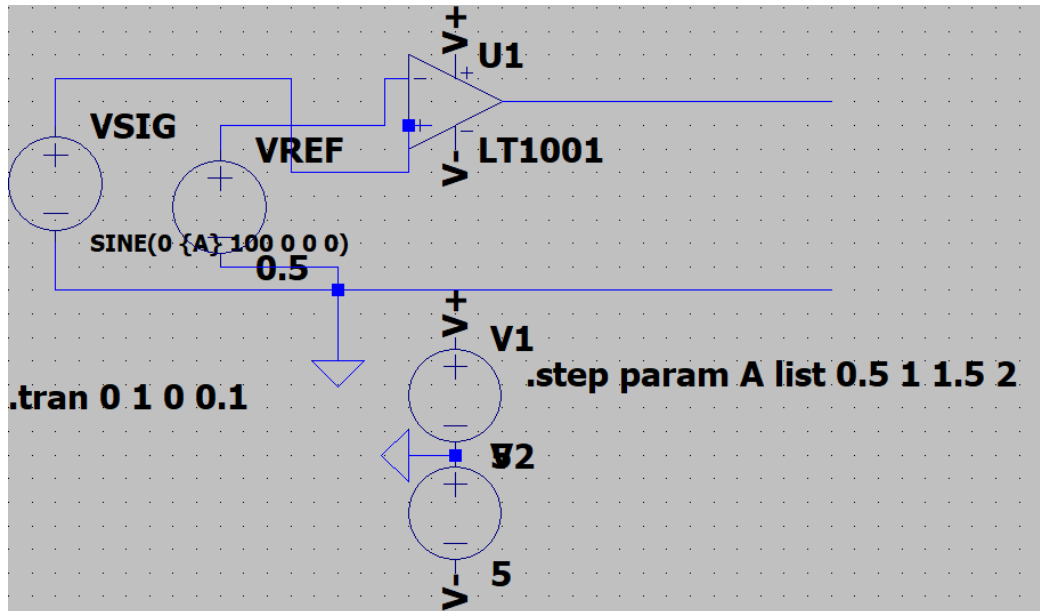


Η γραφική παράσταση της V_{OUT} συναρτήσει του χρόνου είναι η παρακάτω:

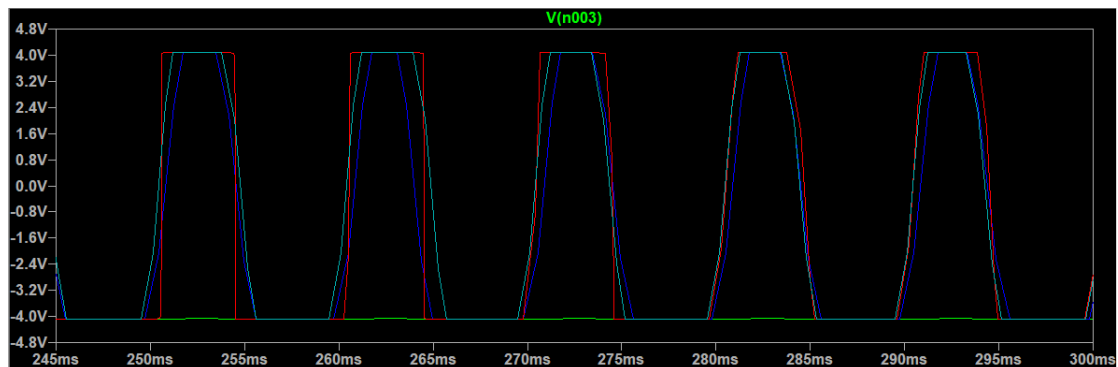


Παρατηρούμε ότι επιβεβαιώνεται η αρχική εικασία μας, αφού προκύπτει μία ψαλιδισμένη ημιτονοειδής καμπύλη με πλάτος 4 V.

- Μεταβάλλοντας το Πλάτος A της τάσης VSIG έχουμε το προσομοιωμένο κύκλωμα:

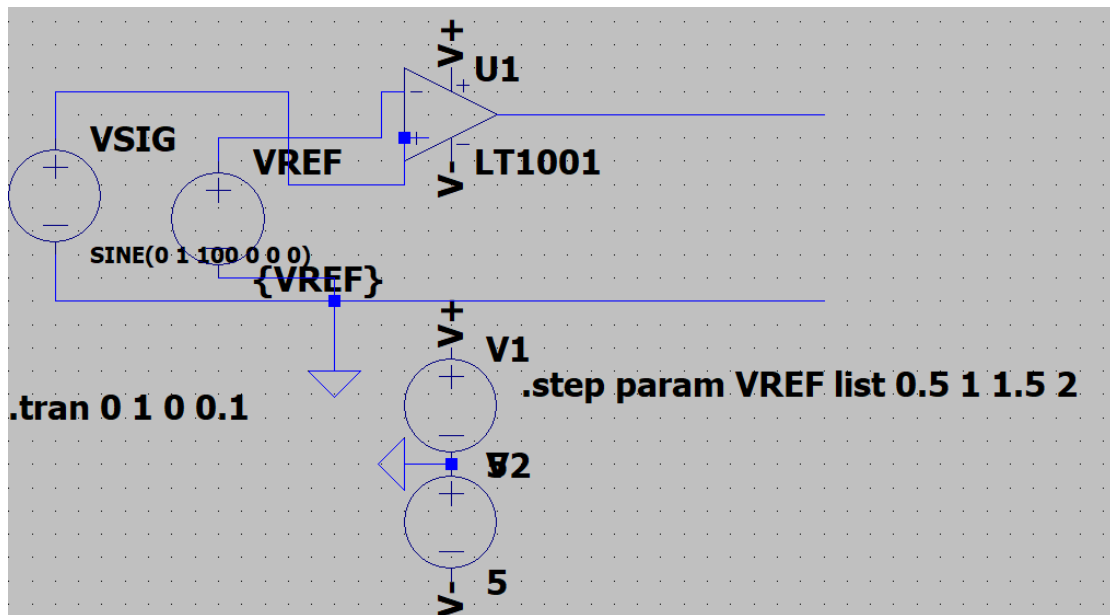


Παρακάτω, φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις της τάσης εξόδου, συναρτήσει του χρόνου με διαφορετικά πλάτη εισόδου:

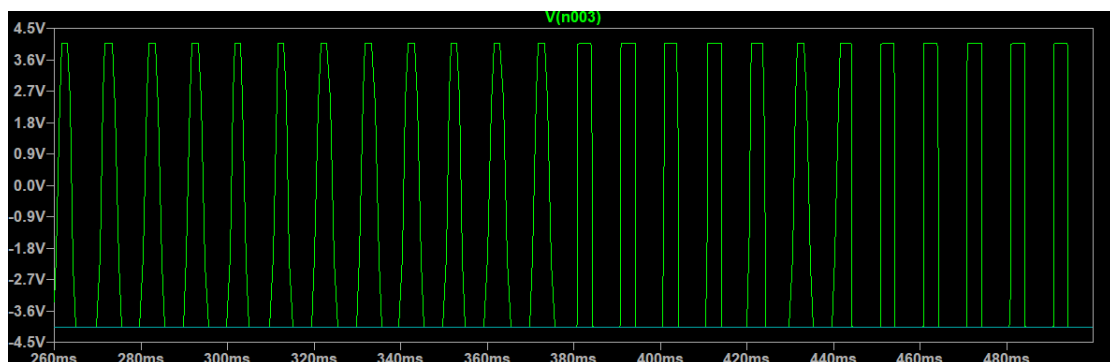


Παρατηρούμε ότι στις γραφικές που προκύπτουν, η τάση VOUT δε διαφέρει ως προς το πλάτος. Όλες οι γραφικές συναρτήσεις της εξόδου είναι παρόμοιες με σταθερό πλάτος +4V.

- Μεταβάλλοντας τη τάση VREF έχουμε το προσομοιωμένο κύκλωμα:



Παρακάτω, φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις της τάσης εξόδου συναρτήσει του χρόνου με διαφορετική τάση VREF:



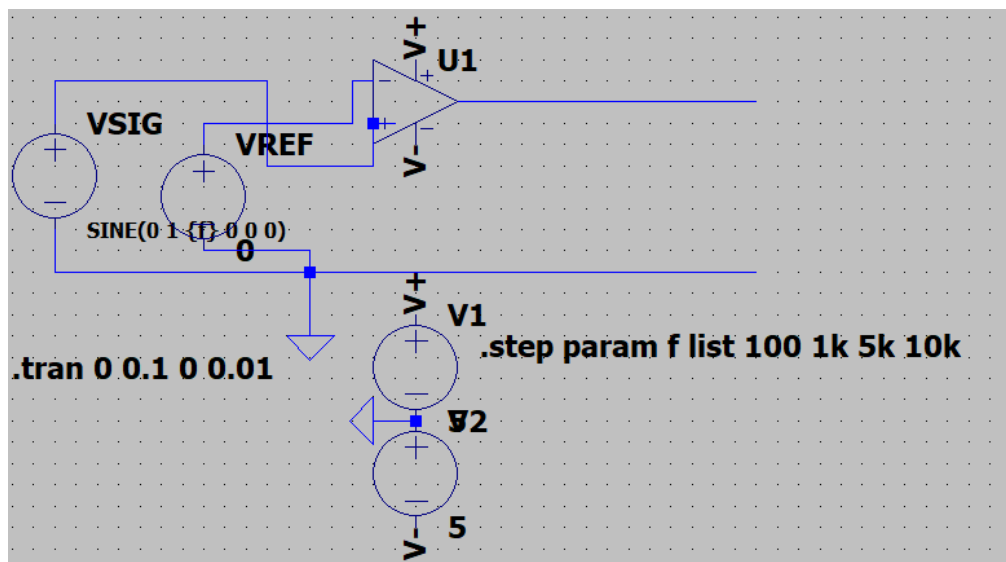
Παρατηρούμε ότι πρόκειται για ψαλιδισμένες ημιτονοειδείς γραφικές, οι οποίες δε διαφέρουν ως προς το εύρος τάσης και συνεπώς πλάτους (έχουν σταθερό πλάτος +4V).

Βήμα 14

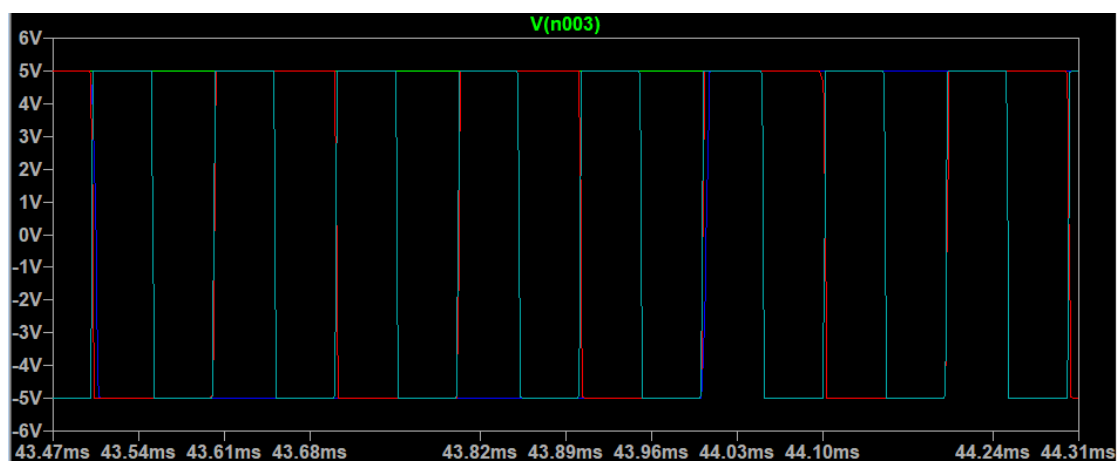
Θέτουμε $V_{REF} = 0$ και ορίζουμε την τάση V_{SIG} ως ημιτονοειδή με πλάτος 1V, με μεταβλητή συχνότητα

(α): Χρήση **Universal Opamp 2**.

Το προσομοιωμένο κύκλωμα φαίνεται παρακάτω:

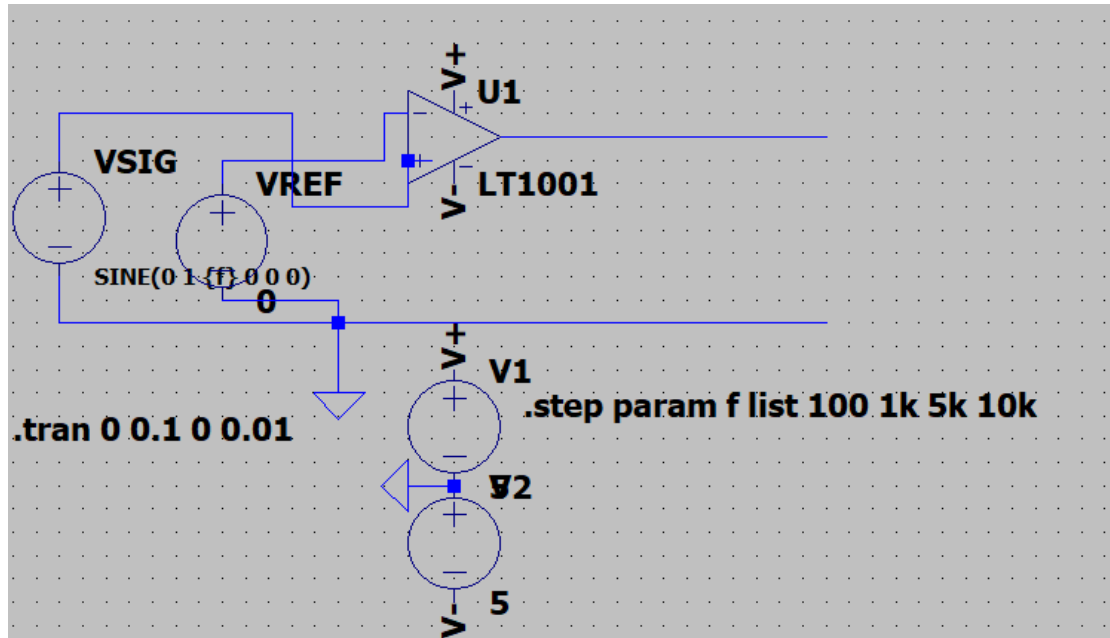


Η τάση εξόδου V_{OUT} , μεταβλητής συχνότητας εισόδου, συναρτήσει του χρόνου απεικονίζεται παρακάτω:

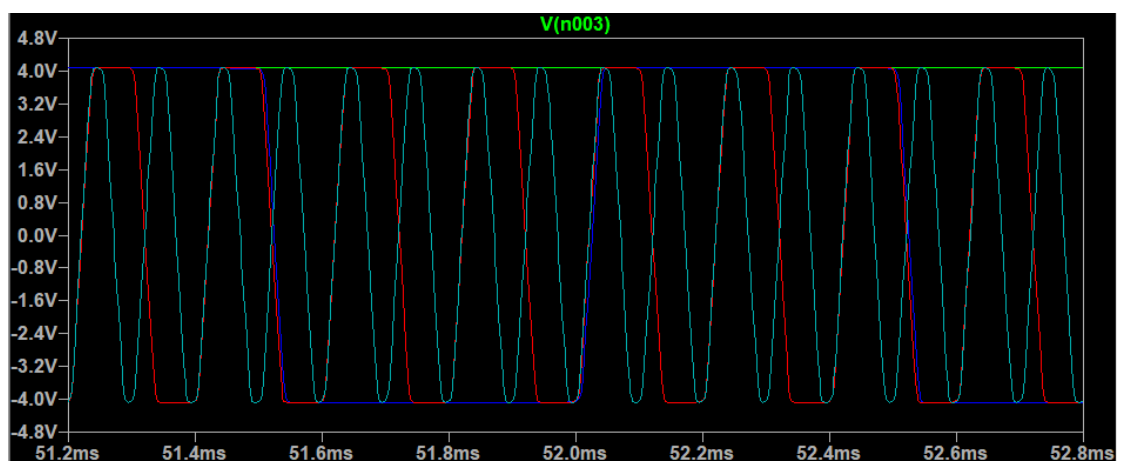


(β) Χρήση **LT1001**.

Το προσομοιωμένο κύκλωμα φαίνεται παρακάτω:



Η τάση εξόδου **VOUT**, μεταβλητής συχνότητας εισόδου, συναρτήσει του χρόνου απεικονίζεται παρακάτω:



Παρατηρούμε ότι και στα δύο υποερωτήματα (α) και (β), σε όλες τις περιπτώσεις, οι γραφικές που προκύπτουν είναι ημιτονοειδείς

Παρατηρούμε ότι σε συνθήκες μεγάλης συχνότητας δεν μπορεί να λειτουργήσει σωστά, ως συγκριτής, ο τελεστικός ενισχυτής.

Συγκεκριμένα, τα κυκλώματα με τελεστικούς ενισχυτές λειτουργούν πολύ καλά σε χαμηλές συχνότητες, ενώ σε υψηλές συχνότητες παρουσιάζουν μια καθυστέρηση στη μετάβαση από την $+V_{cc}$ και $-V_{cc}$. Η αλλαγή στην κατάσταση της εξόδου γίνεται, μη ακαριαία, σε λίγο μεγαλύτερη θετική ή αρνητική τάση δίνοντας την εντύπωση διαφοράς φάσης εισόδου εξόδου. Αυτό το φαινόμενο γίνεται ακόμα εντονότερο σε μεγάλες συχνότητες σήματος εισόδου.