



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εισαγωγικό εργαστήριο ηλεκτρονικής και τηλεπικοινωνιών

**5η εργαστηριακή άσκηση
Προσομοίωση
LTspice**

Διδάσκοντες:

I. Παπανάνος
N. Βουδούκης

Ειρήνη Δόντη
Α.Μ 03119839

3ο εξάμηνο

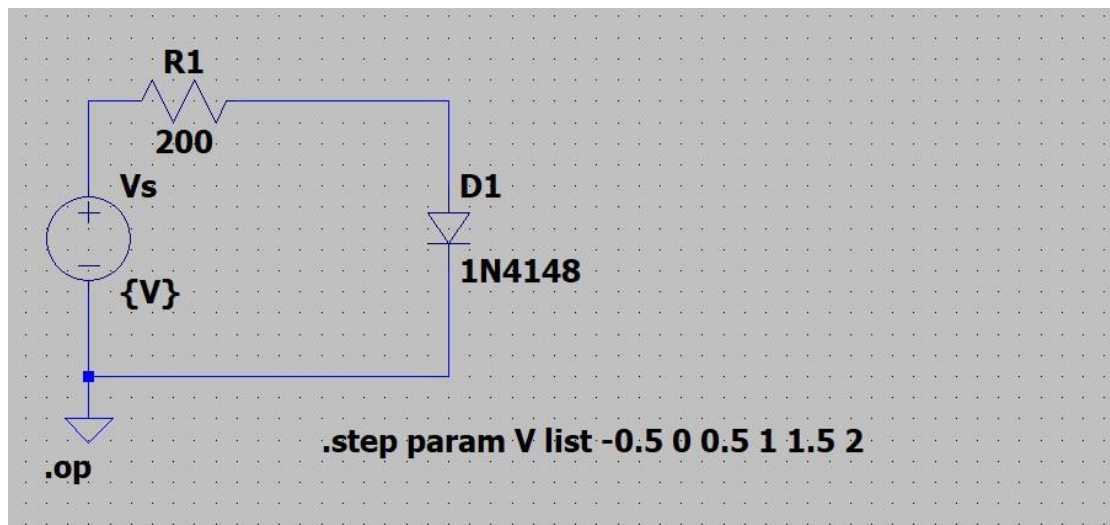
Αθήνα 2020 – 2021

Πείραμα 9

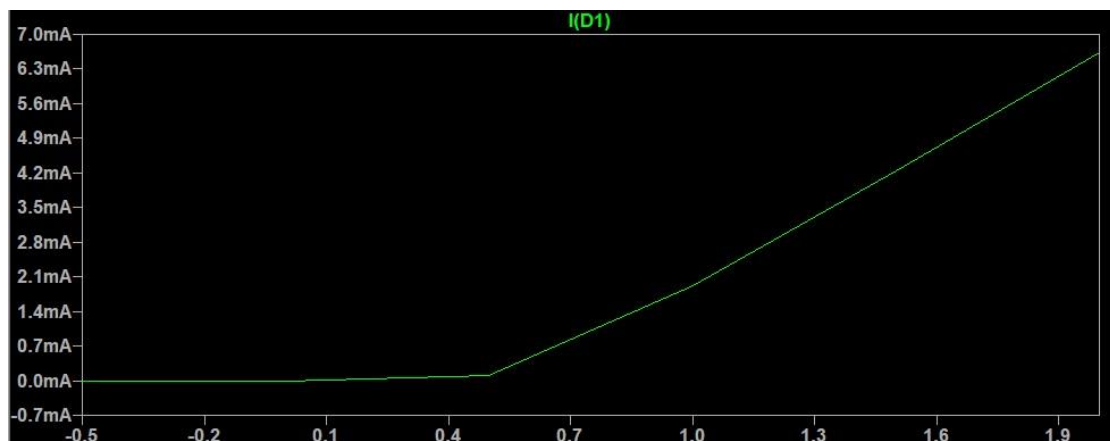
Βήμα 1-3

(α) Κύκλωμα με δίοδο 1N4148 και $R1 = 200 \Omega$.

Παρακάτω φαίνεται η ζητούμενη προσομοίωση:



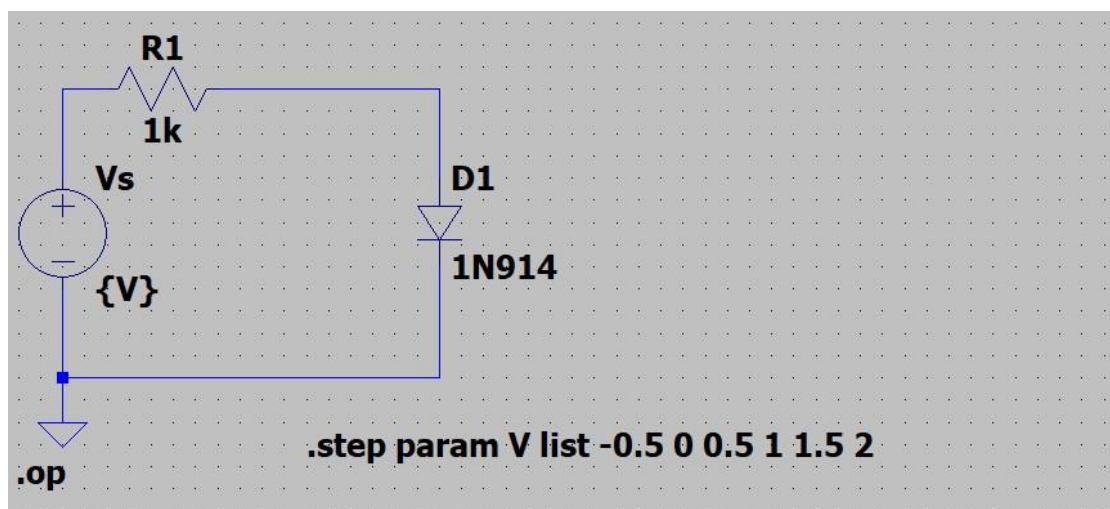
Έπειτα, απεικονίζεται η παράσταση του ρεύματος διόδου I_D , συναρτήσει της τάσης διόδου V_D :



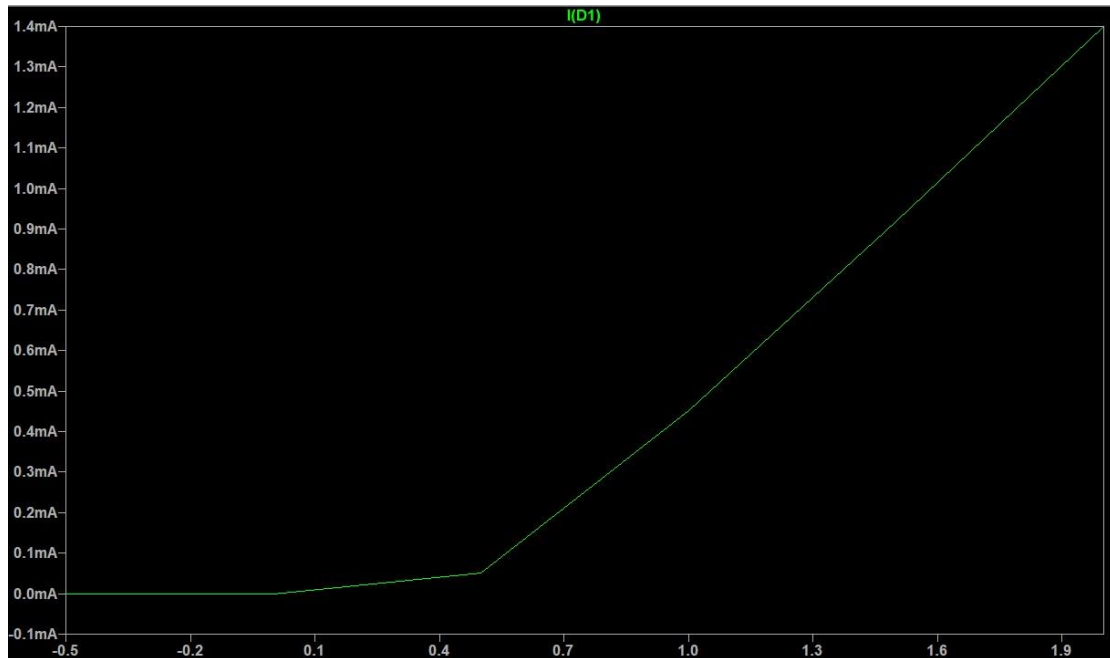
Η παραπάνω γραφική παράσταση, συμπίπτει με την θεωρητική παράσταση από τον εργαστηριακό οδηγό.

(β) Κύκλωμα με **δίοδο 1N914** και **R1 = 1 kΩ**.

Παρακάτω φαίνεται η ζητούμενη προσομοίωση:



Έπειτα, απεικονίζεται η παράσταση του ρεύματος διόδου I_D , συναρτήσει της τάσης διόδου V_D :



Η παραπάνω γραφική παράσταση, συμπίπτει με την θεωρητική παράσταση από τον εργαστηριακό οδηγό.

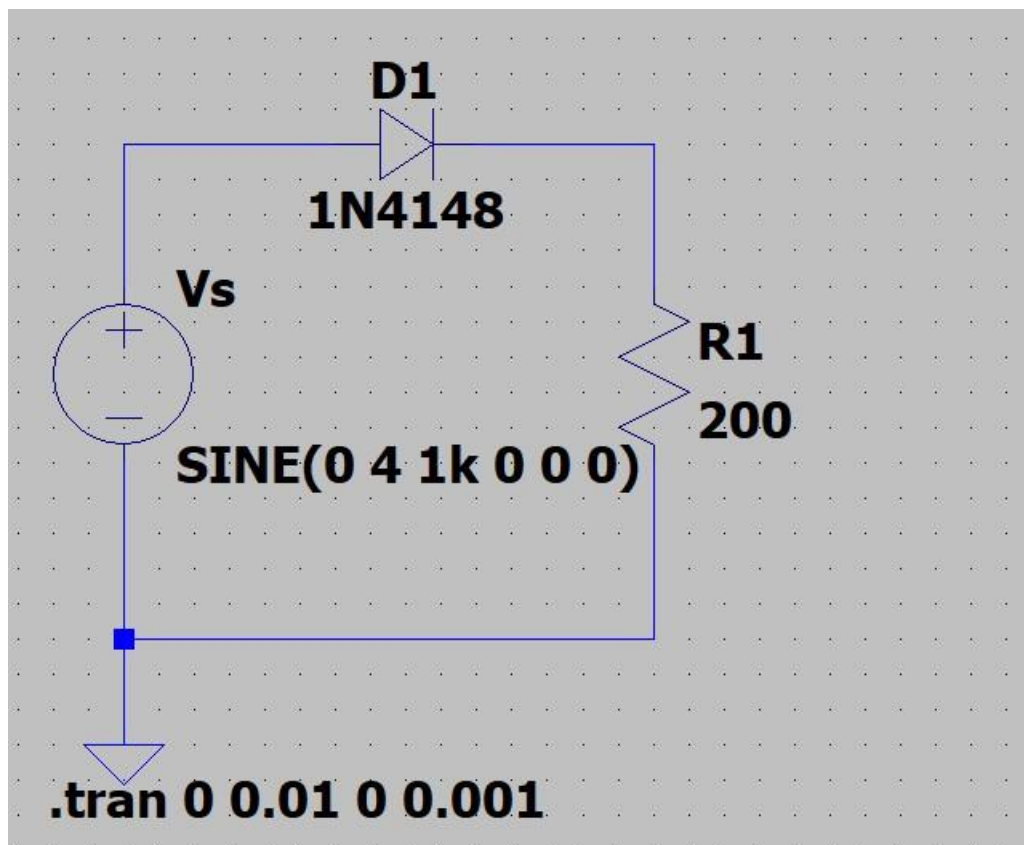
Βήμα 4-6

(α) Κύκλωμα με **δίοδο 1N4148** και **R1 = 200 Ω**.

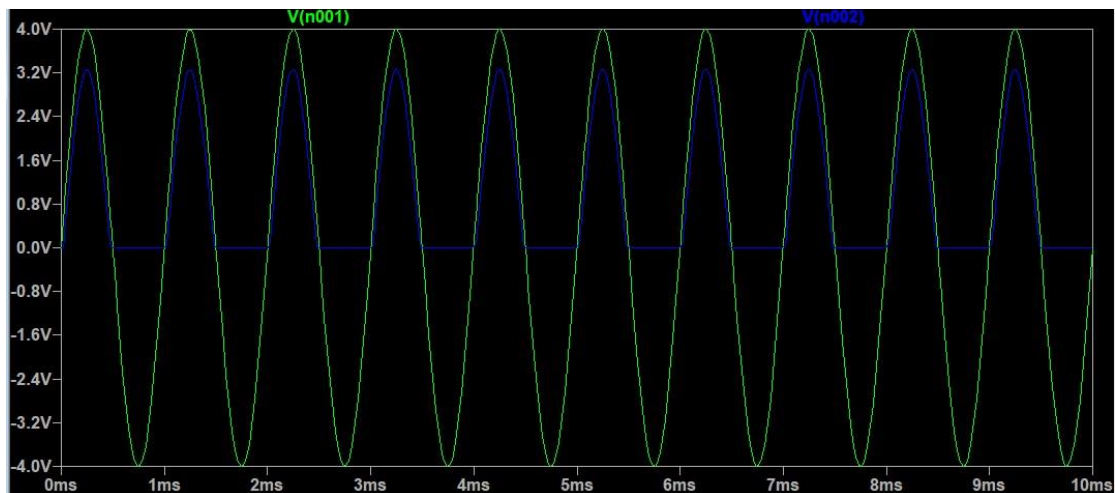
Τα κυκλώματά είναι προσομοιωμένα με ημιτονοειδή πηγή τάσης συχνότητας f και πλάτους A .

(i) $f = 1 \text{ kHz}$ και πλάτος $A = 4 \text{ V}$.

Παρακάτω, απεικονίζεται η ζητούμενη προσομοίωση:

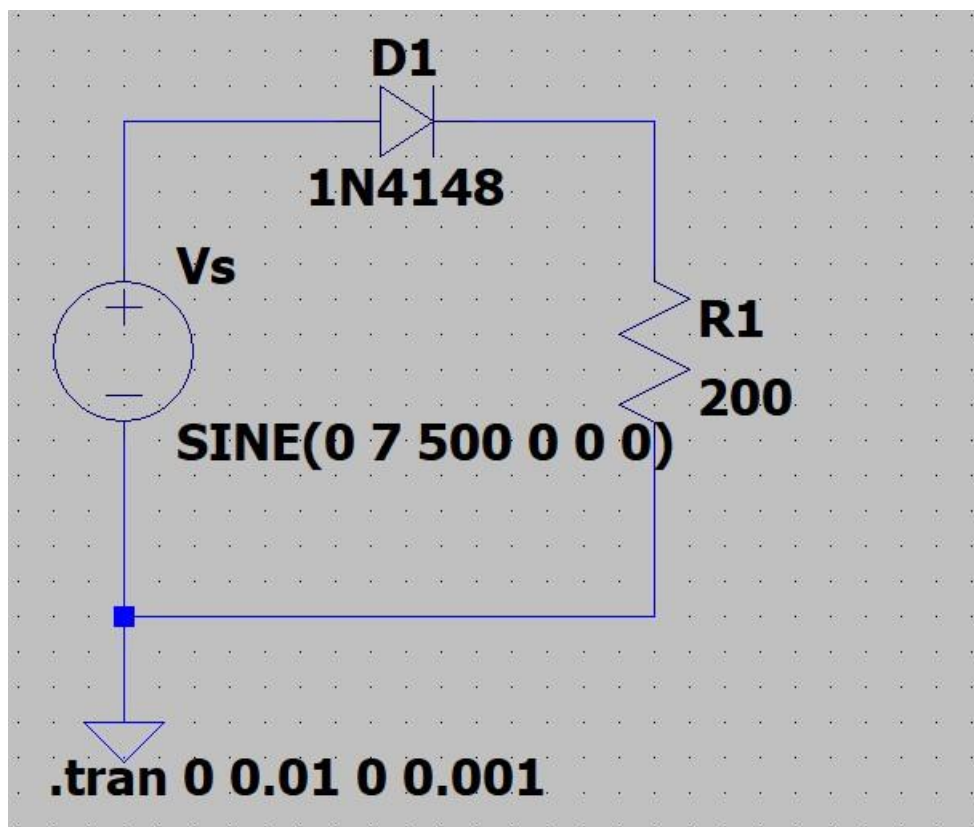


Έπειτα, απεικονίζουμε την τάση εισόδου και την τάση εξόδου. Η γραφική με το πράσινο χρώμα είναι εκείνη της τάσης εισόδου, ενώ με μπλε χρώμα εκείνης της τάσης εξόδου:

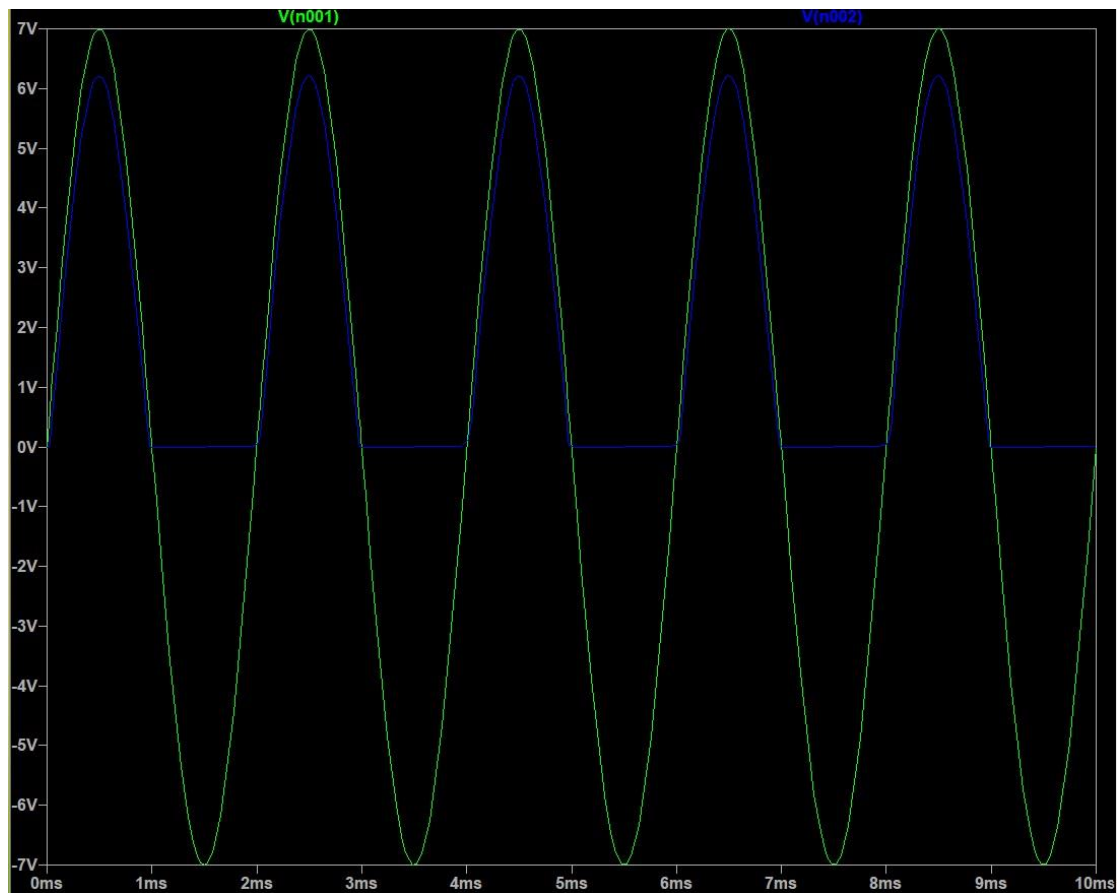


(ii) $f = 500 \text{ Hz}$ και πλάτος $A = 7 \text{ V}$:

Παρακάτω, απεικονίζεται η ζητούμενη προσομοίωση:



Έπειτα, απεικονίζουμε την τάση εισόδου και την τάση εξόδου. Η γραφική με το πράσινο χρώμα είναι εκείνη της τάσης εισόδου, ενώ με μπλε χρώμα εκείνης της τάσης εξόδου:

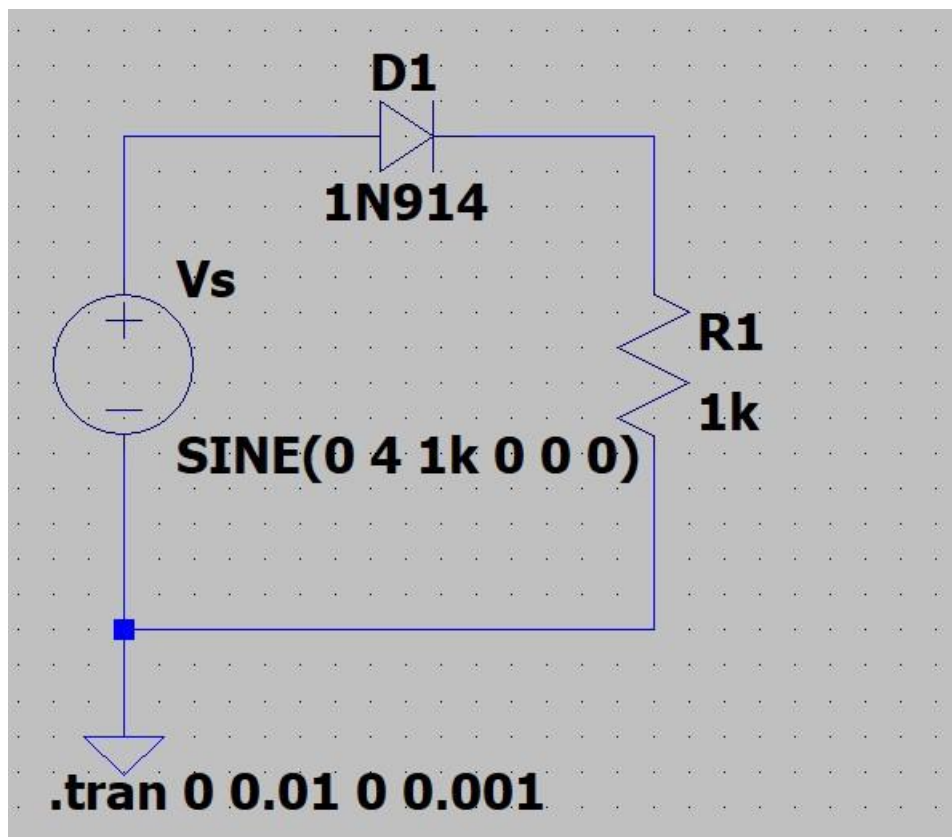


(β) Κύκλωμα με **δίοδο 1N914** και **R1 = 1 kΩ**.

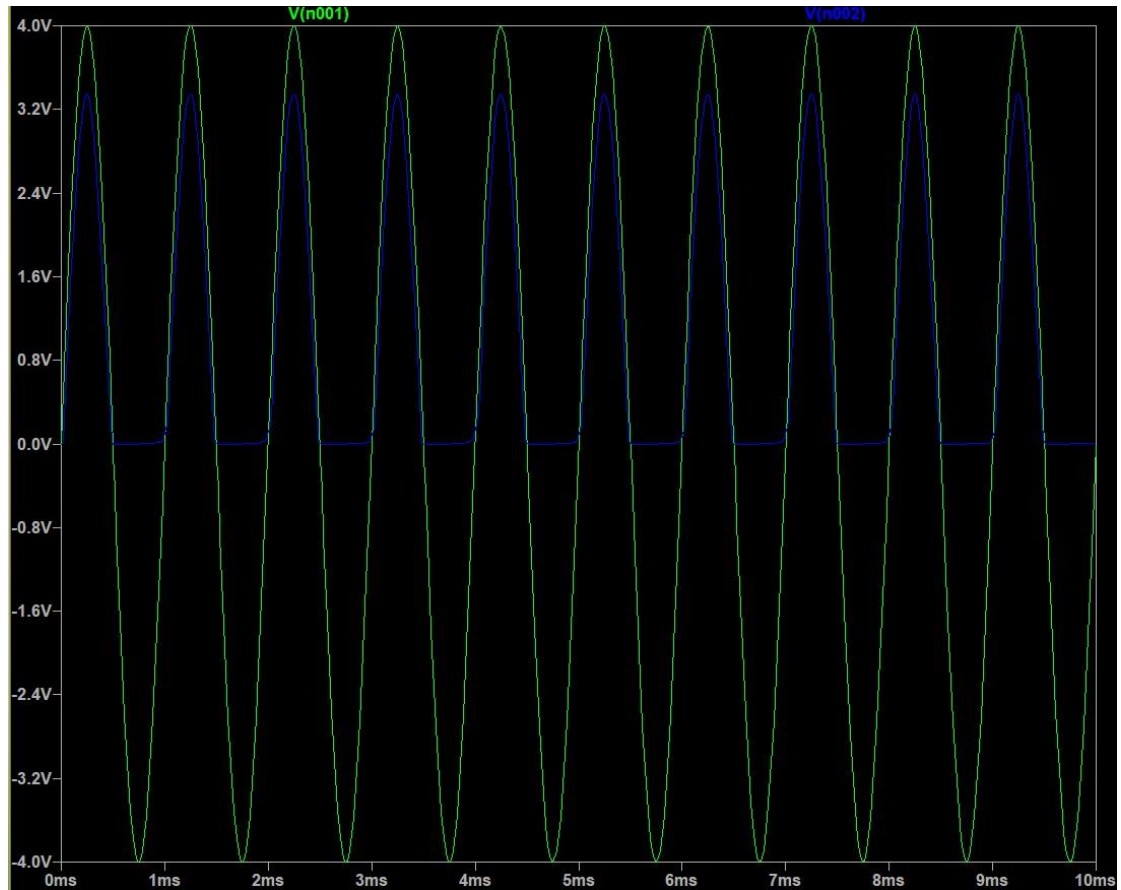
Τα κυκλώματά είναι προσομοιωμένα με ημιτονοειδή πηγή τάσης συχνότητας f και πλάτους A .

(i) $f = 1 \text{ kHz}$ και πλάτος $A = 4 \text{ V}$.

Παρακάτω, απεικονίζεται η ζητούμενη προσομοίωση:

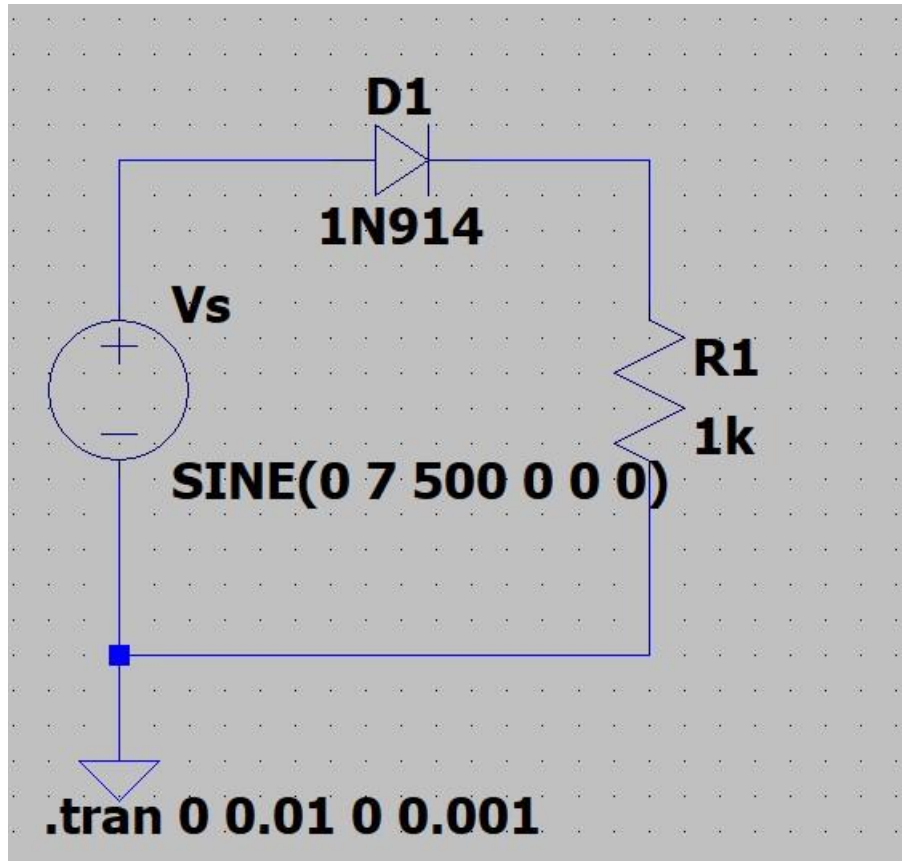


Έπειτα, απεικονίζουμε την τάση εισόδου και την τάση εξόδου. Η γραφική με το πράσινο χρώμα είναι εκείνη της τάσης εισόδου, ενώ με μπλε χρώμα εκείνης της τάσης εξόδου:

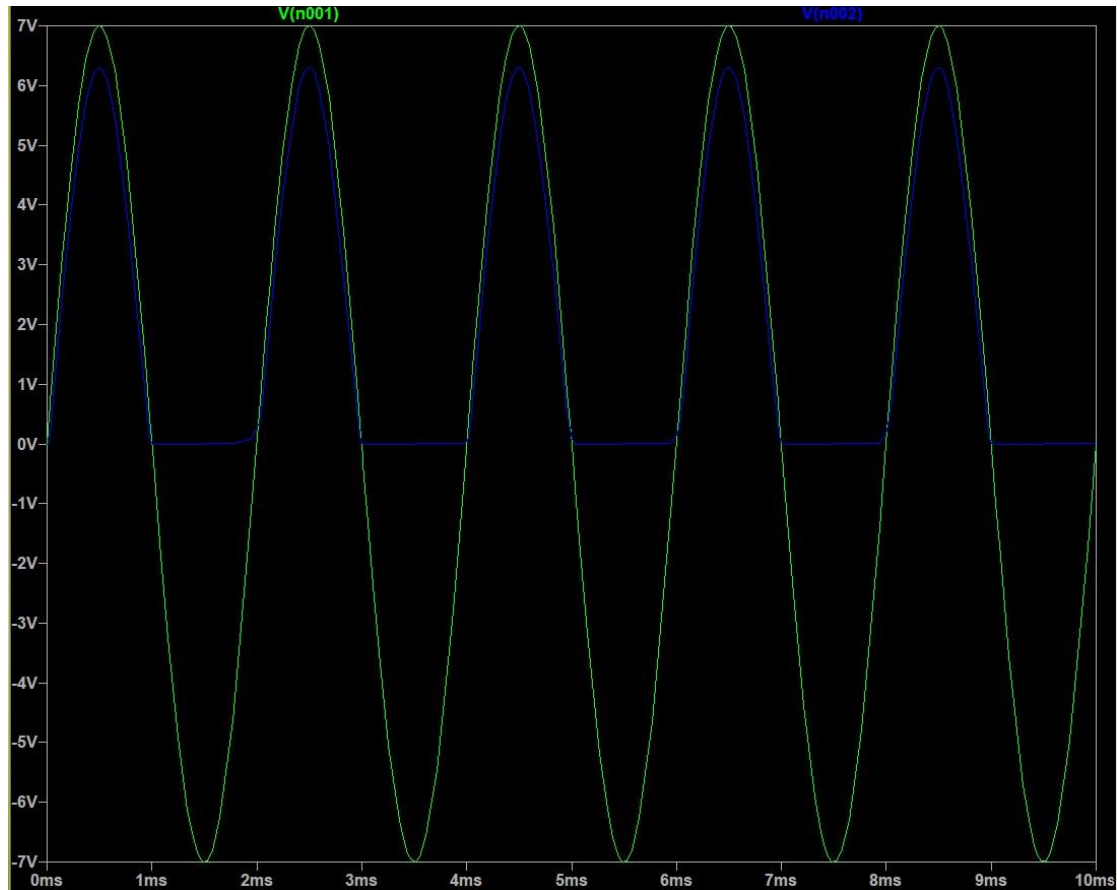


(ii) $f = 500 \text{ Hz}$ και πλάτος $A = 7 \text{ V}$:

Παρακάτω, απεικονίζεται η ζητούμενη προσομοίωση:



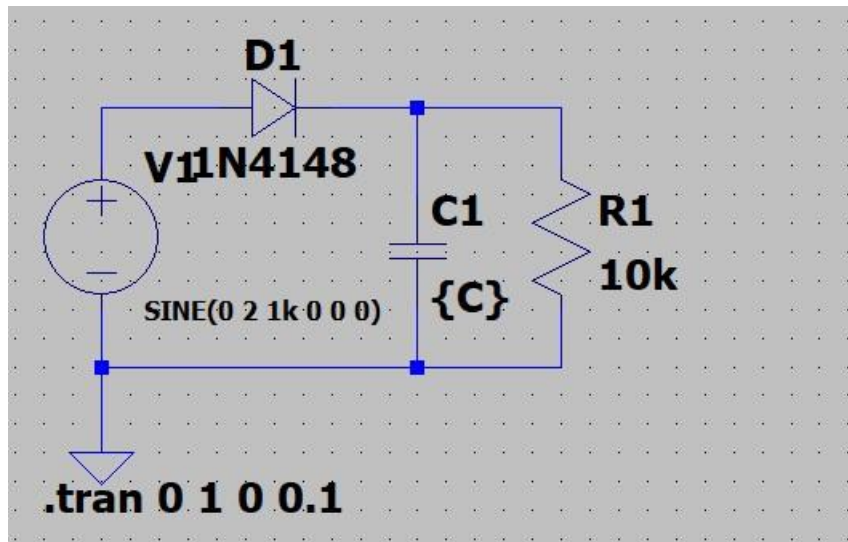
Έπειτα, απεικονίζουμε την τάση εισόδου και την τάση εξόδου. Η γραφική με το πράσινο χρώμα είναι εκείνη της τάσης εισόδου, ενώ με μπλε χρώμα εκείνης της τάσης εξόδου:



Παρατηρούμε ότι, **σε κάθε περίπτωση**, τα αρνητικά κύματα κάθε κύκλου σήματος εισόδου αποκόπτονται στην έξοδο. Οπότε, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το κύκλωμα λειτουργεί ως ανορθωτής, αφού η παραπάνω πρόταση είναι ακριβώς ο ορισμός του ανορθωτικού κυκλώματος.

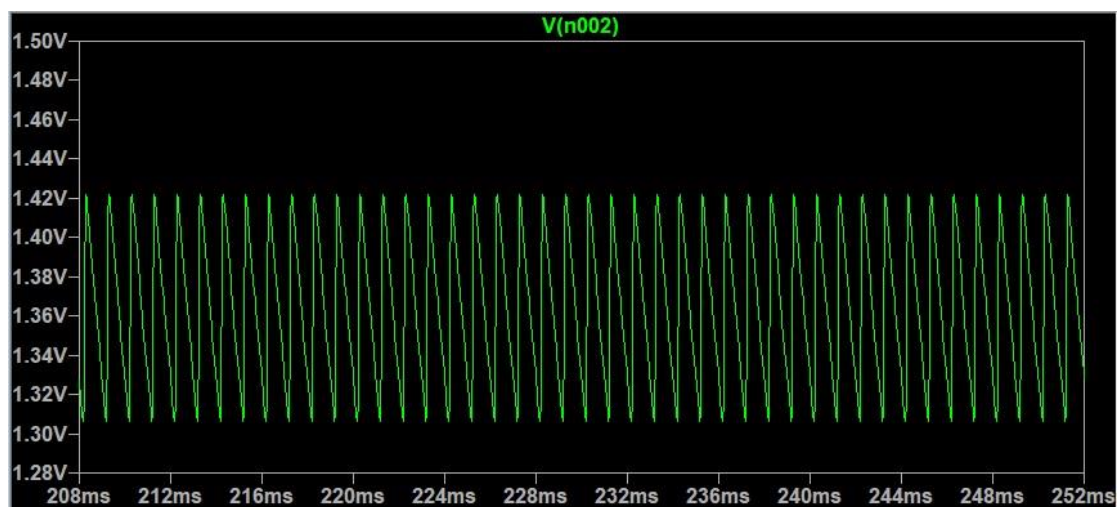
Βήμα 7-10

Το ζητούμενο κύκλωμα με δίοδο **1N4148** και **R = 10 k Ω** και πυκνωτή πυκνότητας **C** είναι το παρακάτω:



(α) **C = 1 μ F**

Παρακάτω, απεικονίζεται η τάση εξόδου συναρτήσει του χρόνου:



Παρατηρούμε, από παραπάνω, ότι: $V_{min} = 1,31 \text{ V}$ και $V_{max} = 1,42 \text{ V}$.

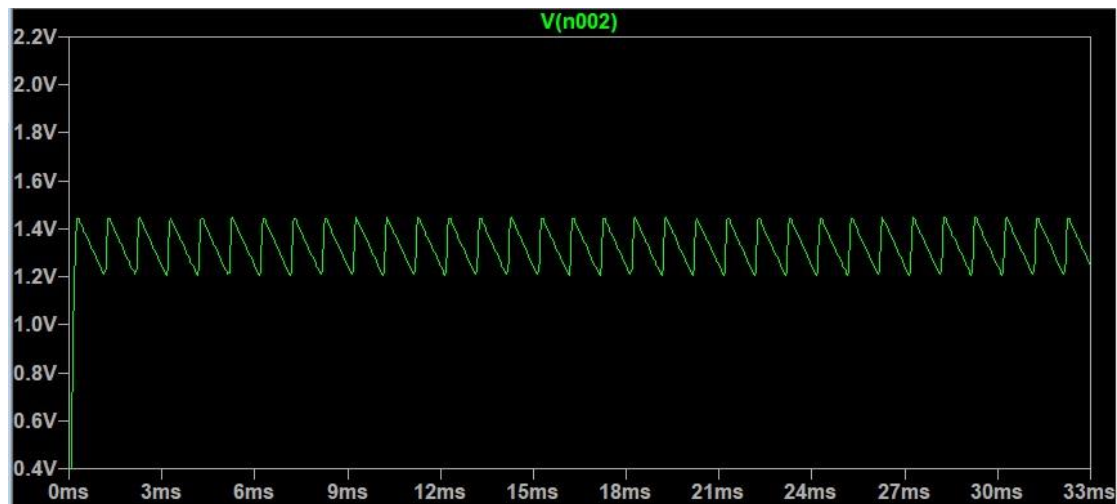
Η μέση τιμή της παραπάνω κυματομορφής είναι ίση με $\frac{V_{max} + V_{min}}{2} = 1,365 \text{ V}$

Η κυμάτωση της παραπάνω κυματομορφής είναι $V_{pp} = V_{max} - V_{min} = 0,11 \text{ V}$

Η κυμάτωση ως ποσοστό της μέσης τιμής είναι: $\frac{V_{pp}}{\text{μέση τιμή}} 100 \% = 8,06 \%$

(β) **C = 0.47 μF**

Παρακάτω, απεικονίζεται η τάση εξόδου συναρτήσει του χρόνου:



Παρατηρούμε, από παραπάνω, ότι: $V_{min} = 1,25 \text{ V}$ και $V_{max} = 1,4 \text{ V}$.

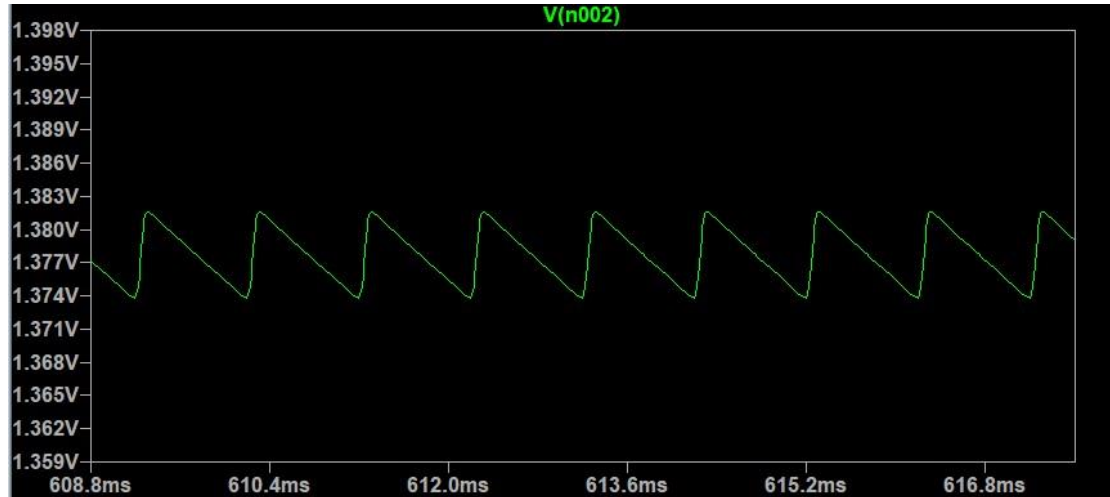
Η μέση τιμή της παραπάνω κυματομορφής είναι ίση με $\frac{V_{max} + V_{min}}{2} = 1,35 \text{ V}$

Η κυμάτωση της παραπάνω κυματομορφής είναι $V_{pp} = V_{max} - V_{min} = 0,2 \text{ V}$

Η κυμάτωση ως ποσοστό της μέσης τιμής είναι: $\frac{V_{pp}}{\text{μέση τιμή}} 100 \% = 14,8 \%$

(γ) $C = 15 \mu F$

Παρακάτω, απεικονίζεται η τάση εξόδου συναρτήσει του χρόνου:



Παρατηρούμε, από παραπάνω, ότι: $V_{min} = 1,374 \text{ V}$ και $V_{max} = 1,3815 \text{ V}$.

Η μέση τιμή της παραπάνω κυματομορφής είναι ίση με $\frac{V_{max} + V_{min}}{2} = 1,378 \text{ V}$

Η κυμάτωση της παραπάνω κυματομορφής είναι $V_{pp} = V_{max} - V_{min} = 0,0075 \text{ V}$

Η κυμάτωση ως ποσοστό της μέσης τιμής είναι: $\frac{V_{pp}}{\text{μέση τιμή}} 100 \% = 0,5 \%$

Παρατηρούμε, ποιοτικά, ότι όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή που χρησιμοποιούμε, τόσο μικρότερη προκύπτει η κυμάτωση της κυματομορφής. Η μέση τιμή στις συγκεκριμένες περιπτώσεις είναι παρόμοιες, οπότε μπορούμε να πούμε ότι και το ποσοστό κυμάτωσης μεταβάλλεται όπως η ίδια η κυμάτωση.

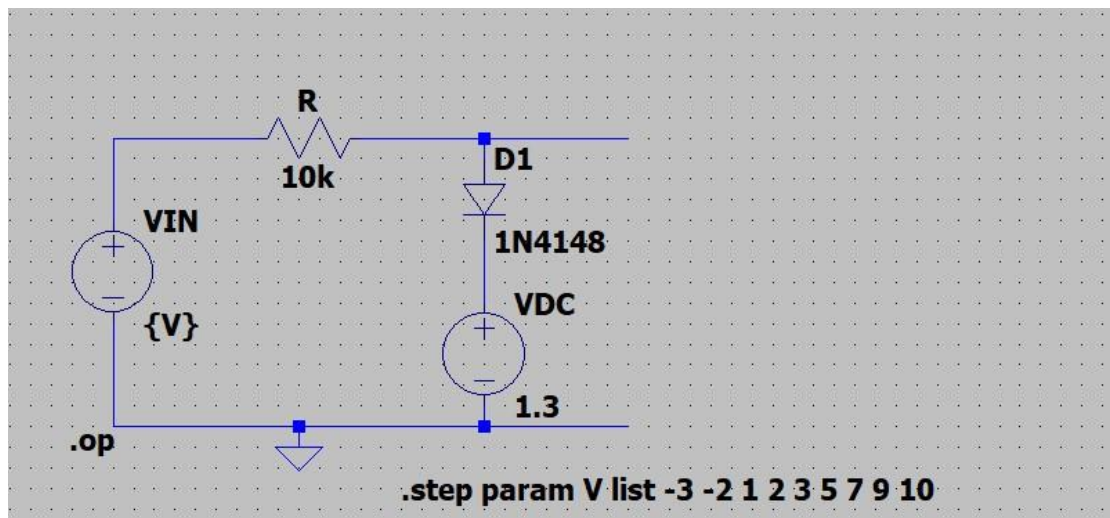
Βήμα 11

Πρέπει η $V_{OUT} \leq 2 \text{ V}$. Οπότε, $V_{DC} + V_D \leq 2 \text{ V}$ από το δοσμένο κύκλωμα. Οπότε, πρέπει $V_{DC} \leq 2 - V_D \leq 2 - 0,7 = 1,3$, ώστε η V_{OUT} να μη ξεπερνά τα 2 V .

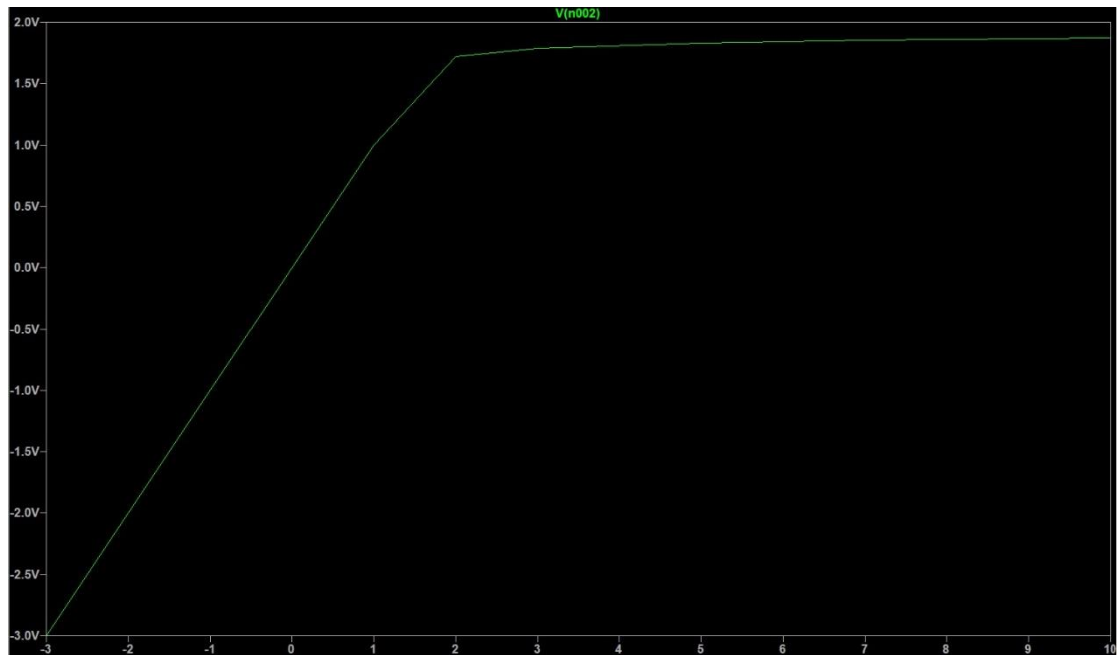
Παρατηρούμε ότι η V_{DC} είναι ανεξάρτητη της V_{IN} , δηλαδή, αν η V_{IN} ξεπεράσει τη τιμή των 2 V , τότε η V_{OUT} μπορεί να μη ξεπερνά τα 2 V .

Βήμα 12-13

Το ζητούμενο κύκλωμα, προσομοιώνεται παρακάτω:



Η απεικόνιση της V_{OUT} συναρτήσει της V_{IN} είναι η παρακάτω:



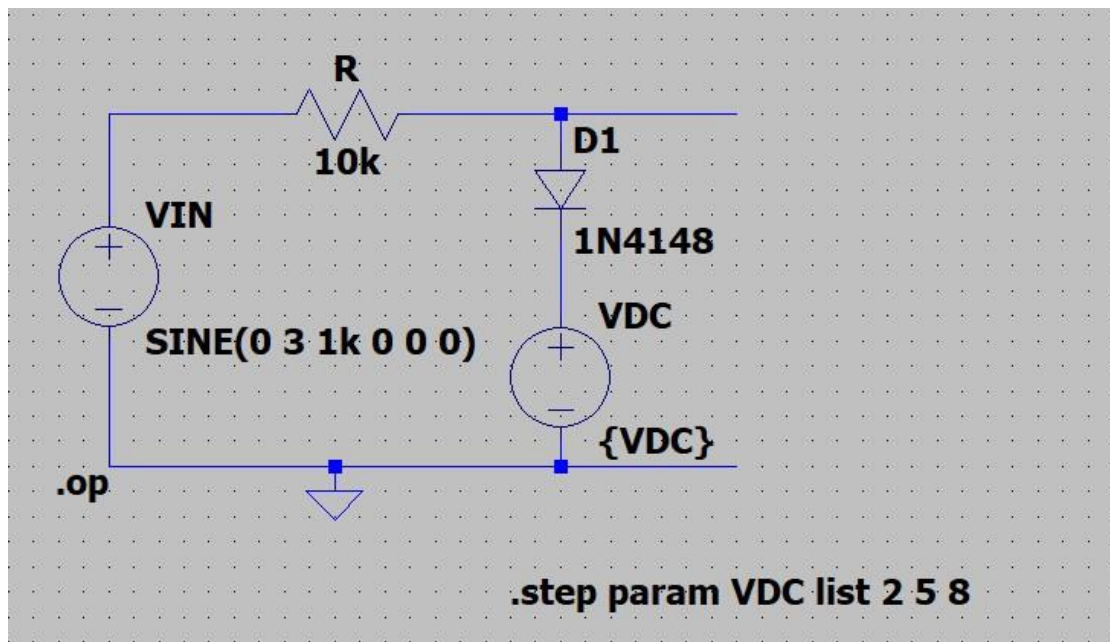
Παρατηρούμε ότι πρόκειται για μία συνάρτηση η οποία είναι μία ευθεία με κλίση 1 μέχρι η V_{IN} να γίνει ίση με 2 V. Για V_{IN} μεγαλύτερη του 2 V, η V_{OUT} τείνει ασυμπτωτικά στην τιμή 2 V. Οπότε, επιβεβαιώνεται ο συλλογισμός μας στο Βήμα 11, γιατί η V_{OUT} δεν καταλαμβάνει ποτέ τη τιμή 2 V.

Βήμα 14

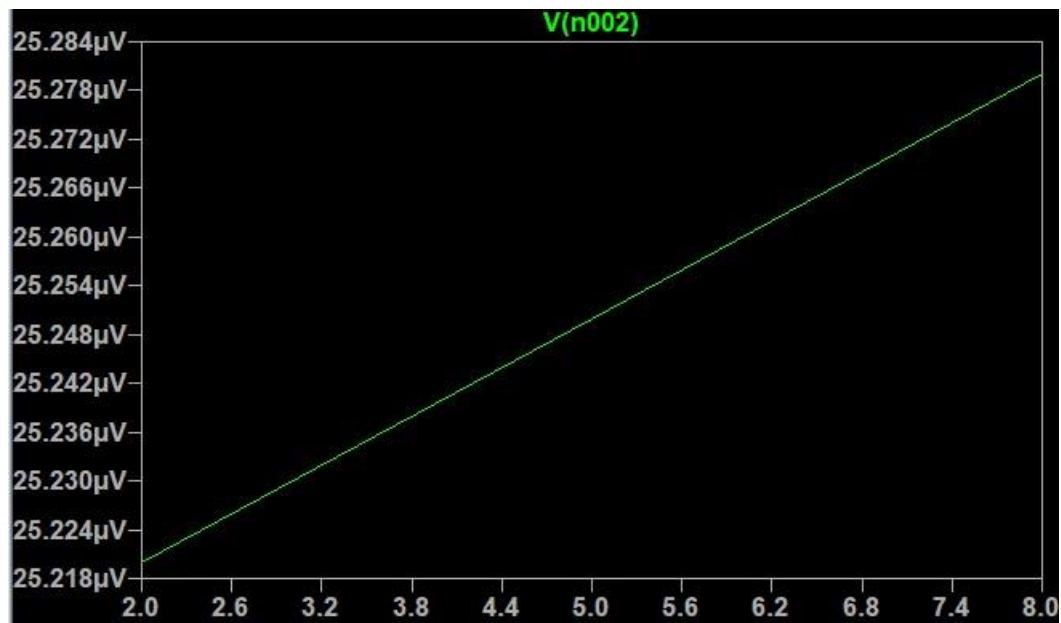
Αν η πηγή αντικατασταθεί από πηγή ημιτονοειδούς σήματος, η κυματομορφή στη γραμμική περιοχή της παραπάνω γραφικής θα ήταν *ίδια* με την κυματομορφή της V_{in} . Αυτό προκύπτει λογικά, αφού σε εκείνο το εύρος, θα ισχύει ότι έχουμε κλίση 1 και κατά συνέπεια ότι $V_{in} = V_{out}$.

Βήμα 15-16

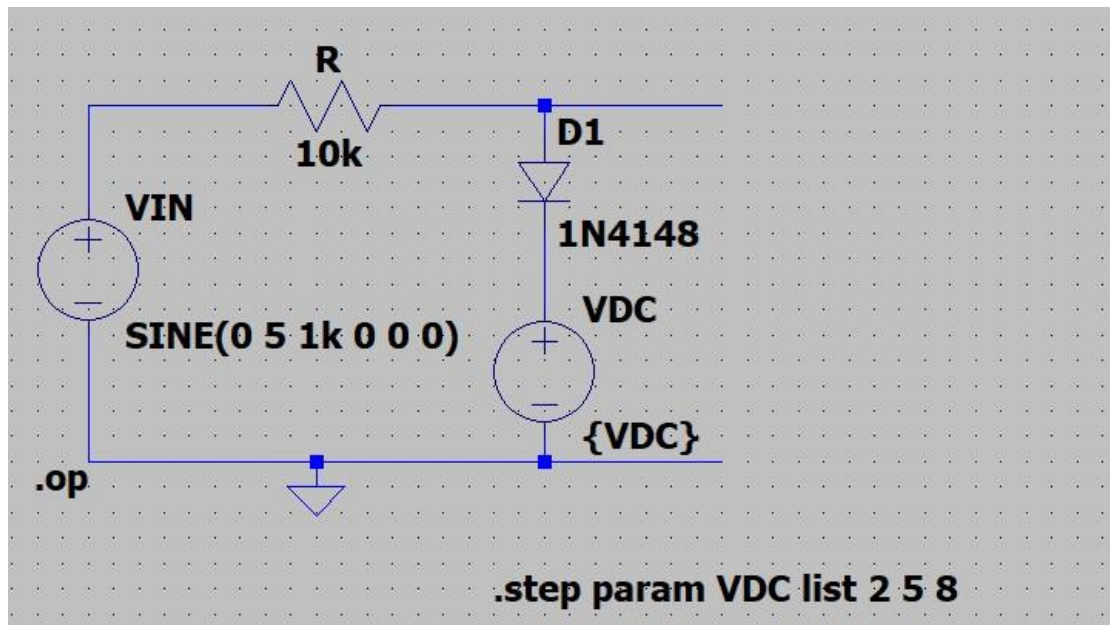
- (i) Παρακάτω, προσομοιώνεται το κύκλωμα με πλάτος $A = 3$ V:



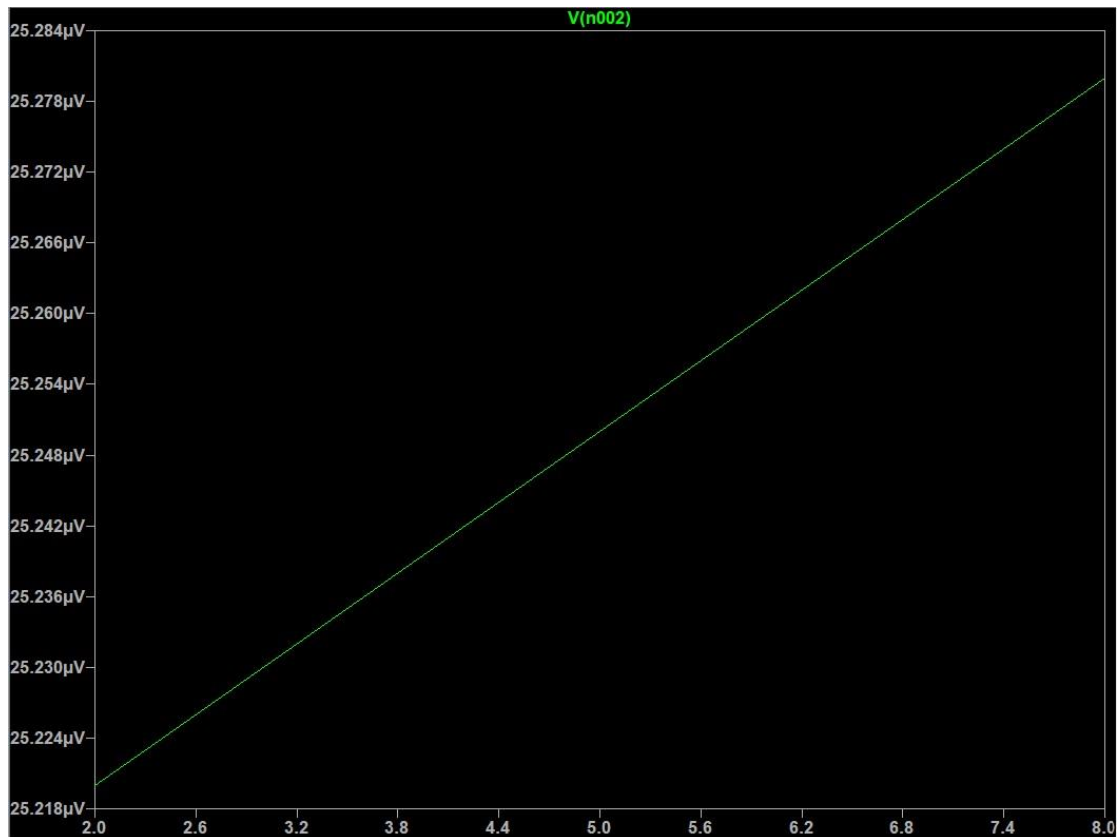
Η γραφική παράσταση της τάσης VOUT συναρτήσει της VDC είναι η παρακάτω:



(ii) Παρακάτω, προσομοιώνεται το κύκλωμα με πλάτος A = 5 V:



Η γραφική παράσταση της τάσης V_{OUT} συναρτήσει της V_{DC} είναι η παρακάτω:

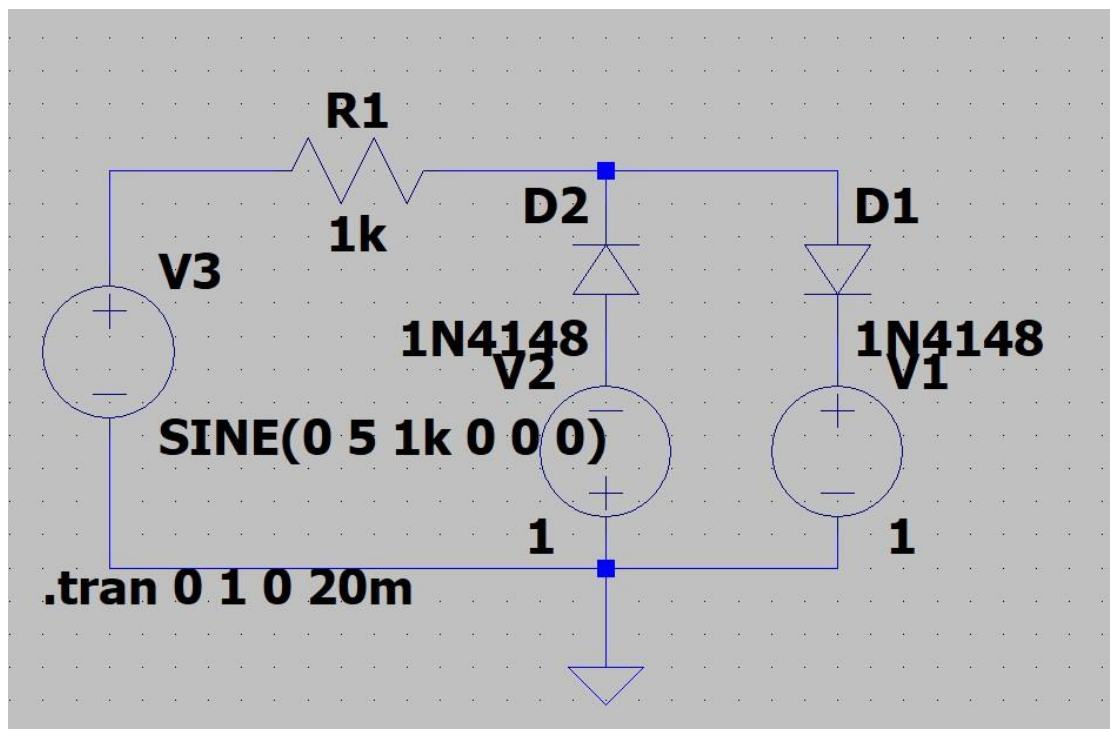


Παρατηρούμε ότι, και στις δύο περιπτώσεις, ότι η V_{OUT} είναι γραμμικώς ανάλογη με την V_{DC} . Επίσης, παρατηρούμε ότι η κλίση είναι κοινή και ίση με 0,01, πράγμα που σημαίνει ότι με την αλλαγή του πλάτους σήματος εισόδου δεν μεταβάλλει την σχέση της τάσης V_{OUT} με την τάση V_{DC} .

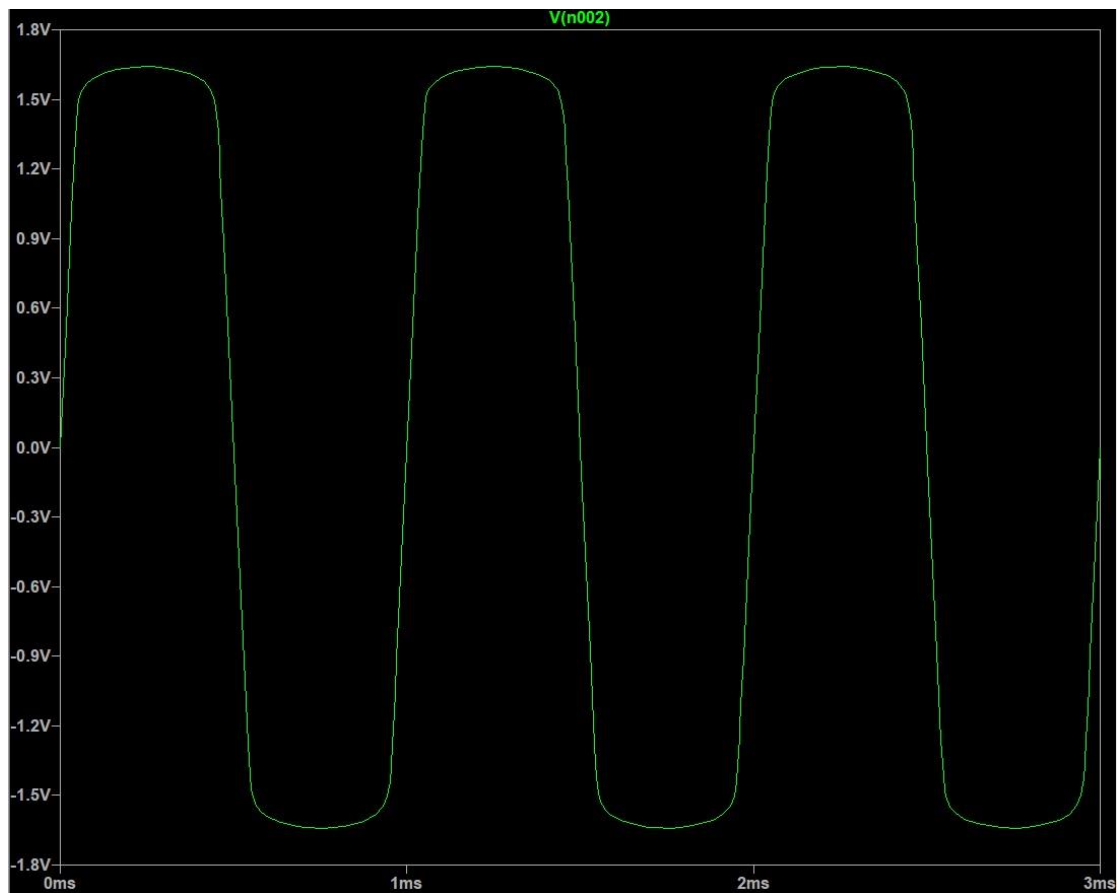
Βήμα 17

Το κύκλωμα που θα περιορίζει την τάση εξόδου στο εύρος μεταξύ -2V έως +2V, θα πρέπει να λειτουργεί ως διπλός ψαλιδιστής.

Το ζητούμενο κύκλωμα προσομοιώνεται παρακάτω:



Η τάση VOUT συναρτήσει του χρόνου, απεικονίζεται παρακάτω:

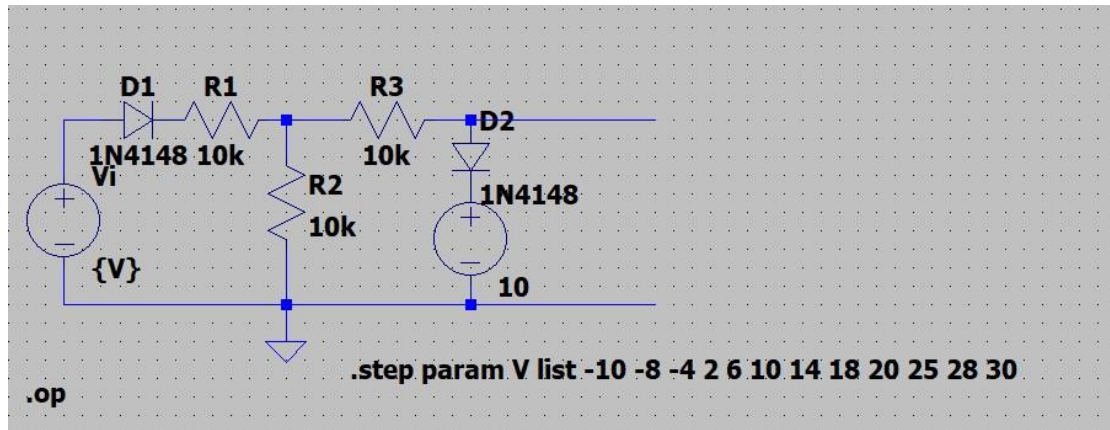


Η παράσταση αυτή, αποτελεί διπλό ψαλιδιστή αφού περιορίζει το πλάτος της τάσης εισόδου που είναι 5V στα $1,8\text{ V} \approx 2\text{ V}$ στην έξοδο.

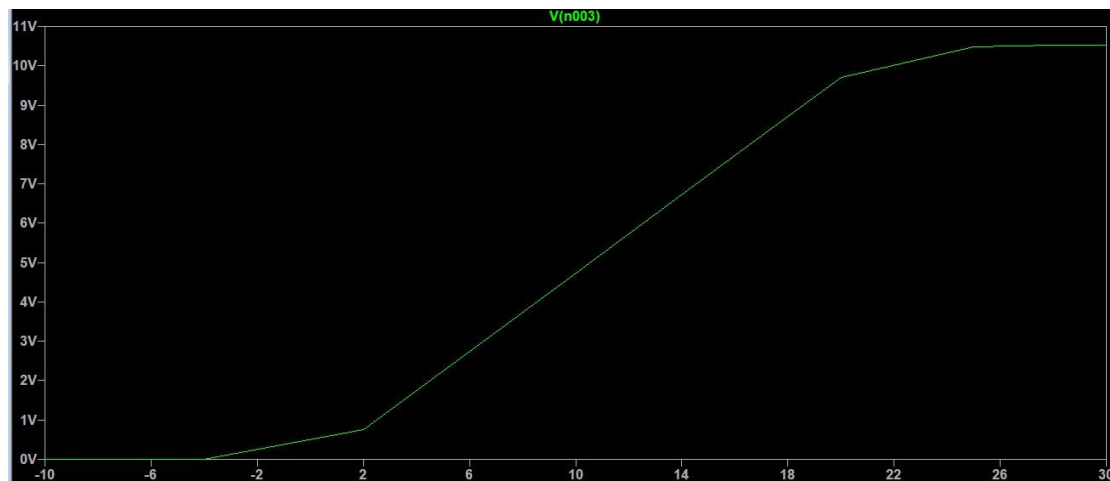
Επιπλέον Άσκηση

(α):

Η προσομοίωση του δοθέντος κυκλώματος είναι το παρακάτω:



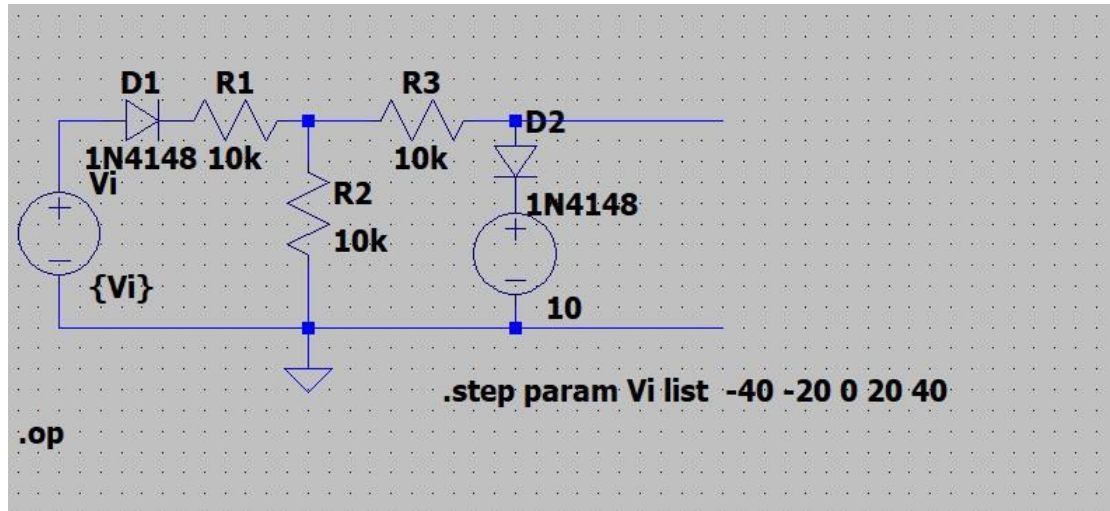
Μεταβάλλοντας την τάση εισόδου V_i με τάσεις από -10 V – 30 V , έχουμε την εξής χαρακτηριστική παράσταση τάσης εισόδου V_i με τη τάση εξόδου V_o :



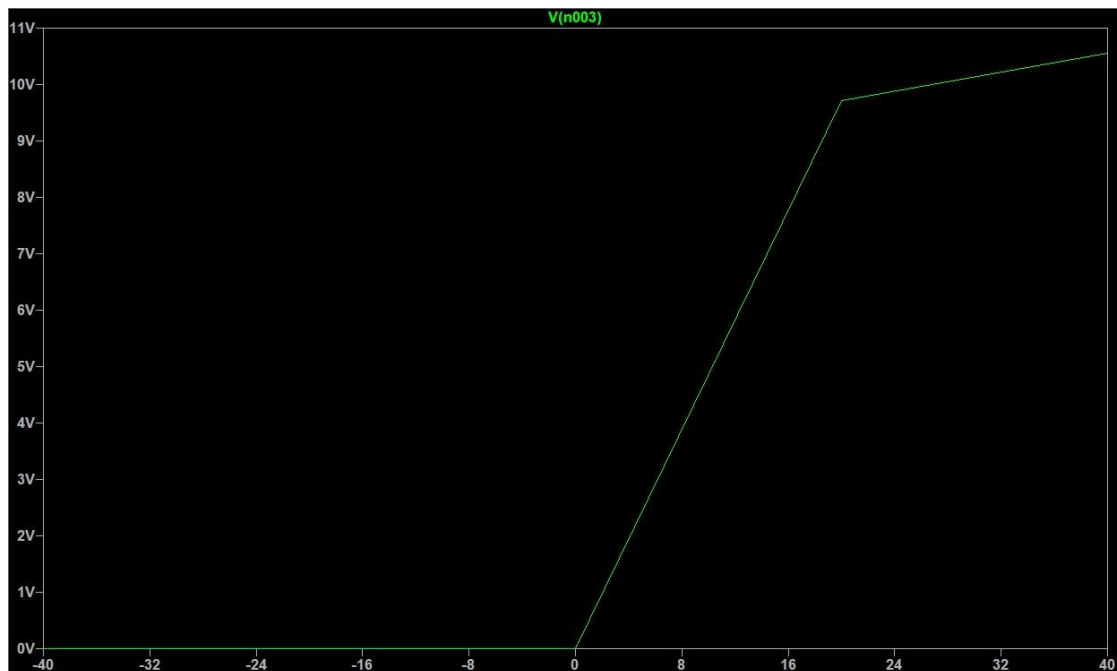
Παρατηρούμε ότι πρόκειται για μία συμμετρική παράσταση ως προς την ευθεία $x = V_i = 10\text{ V}$. Είναι μία παράσταση που, καθώς η V_i μεγαλώνει, η τάση εξόδου V_o τείνει στα 11 V , χωρίς να τα ξεπεράσει. Επίσης, παρατηρούμε ότι η τάση εξόδου δεν παίρνει, για κάποια τιμή της εισόδου, αρνητικές τιμές.

(β):

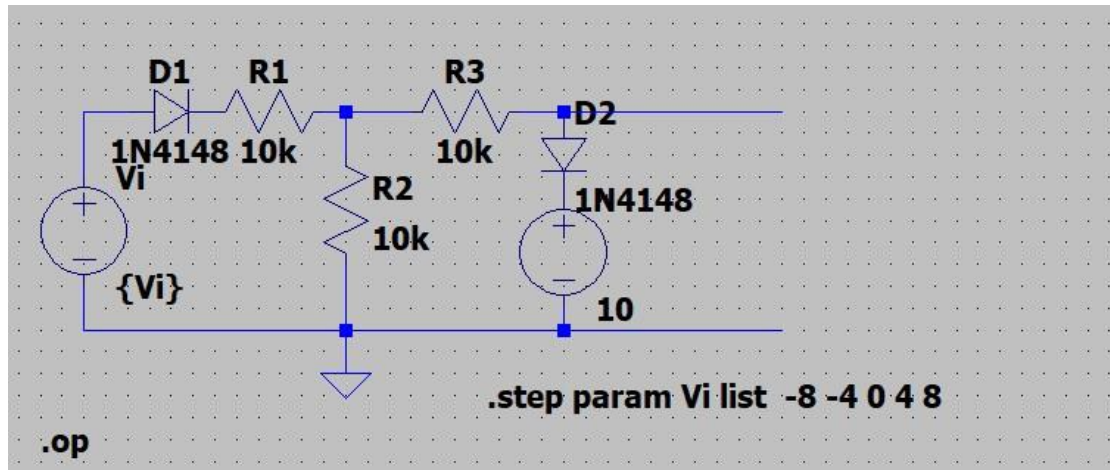
- Για είσοδο ημιτονοειδής τάση $V_i = 40\sin\omega t$, έχουμε το παρακάτω προσομοιωμένο κύκλωμα:



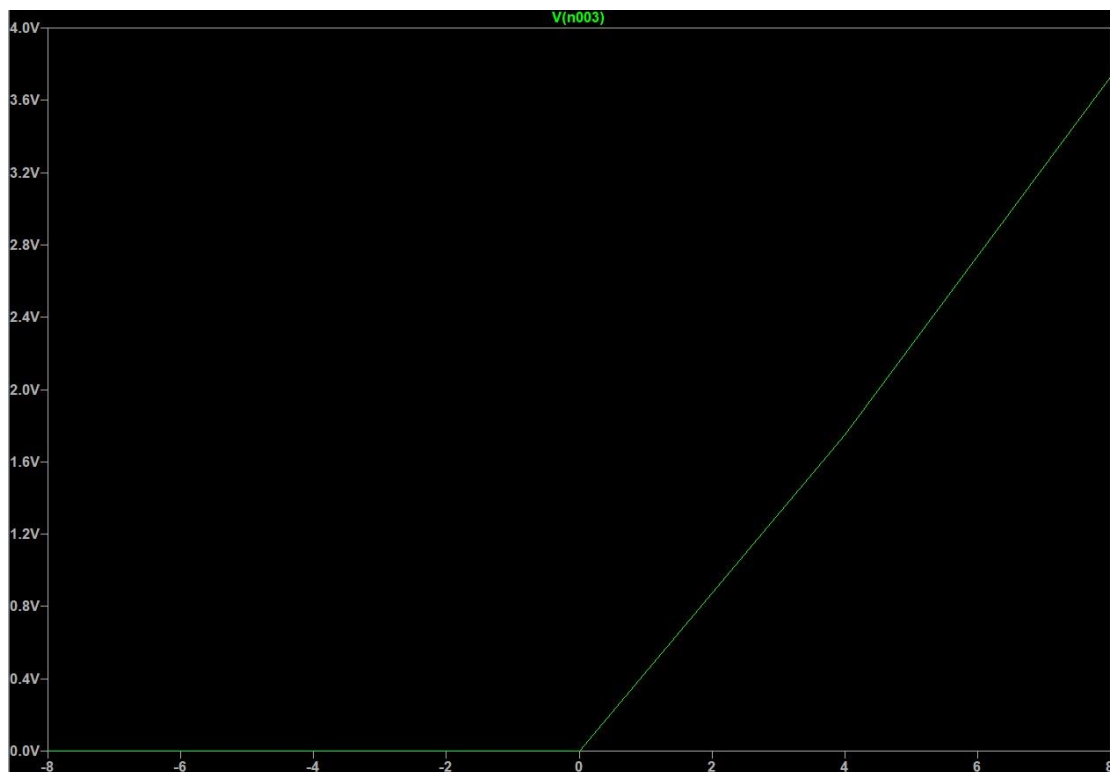
Επίσης, η γραφική παράσταση της τάσης εξόδου συναρτήσει της τάσης εισόδου V_i είναι η παρακάτω:



- Για είσοδο ημιτονοειδής τάση $V_i = 8\sin\omega t$, έχουμε το παρακάτω προσομοιωμένο κύκλωμα:



Επίσης, η γραφική παράσταση της τάσης εξόδου συναρτήσει της τάσης εισόδου V_i είναι η παρακάτω:



Παρατηρούμε ότι οι γραφικές παραστάσεις είναι παρόμοιες και στις δύο περιπτώσεις

Για αρνητικές τάσεις εισόδου, η τάση εξόδου είναι μηδέν. Σε αντίθετη περίπτωση, για μη αρνητικές τάσεις εισόδου, έχουμε μία διαφοροποίηση ως προς την μορφή της παράστασης. Στην περίπτωση που έχουμε είσοδο ημιτονοειδής τάση $V_i = 40\sin\omega t$ η κλίση, για μη αρνητικές τάσεις εισόδου, είναι σταθερή μέχρι η τάση εισόδου να γίνει περίπου 18V. Μετά από αυτό το σημείο, η κλίση της γραφικής μειώνεται. Στην περίπτωση που έχουμε είσοδο ημιτονοειδής τάση $V_i = 8\sin\omega t$, η κλίση, για μη αρνητικές τάσεις εισόδου, είναι σταθερή μέχρι η τάση εισόδου να λάβει την μέγιστη τιμή της.