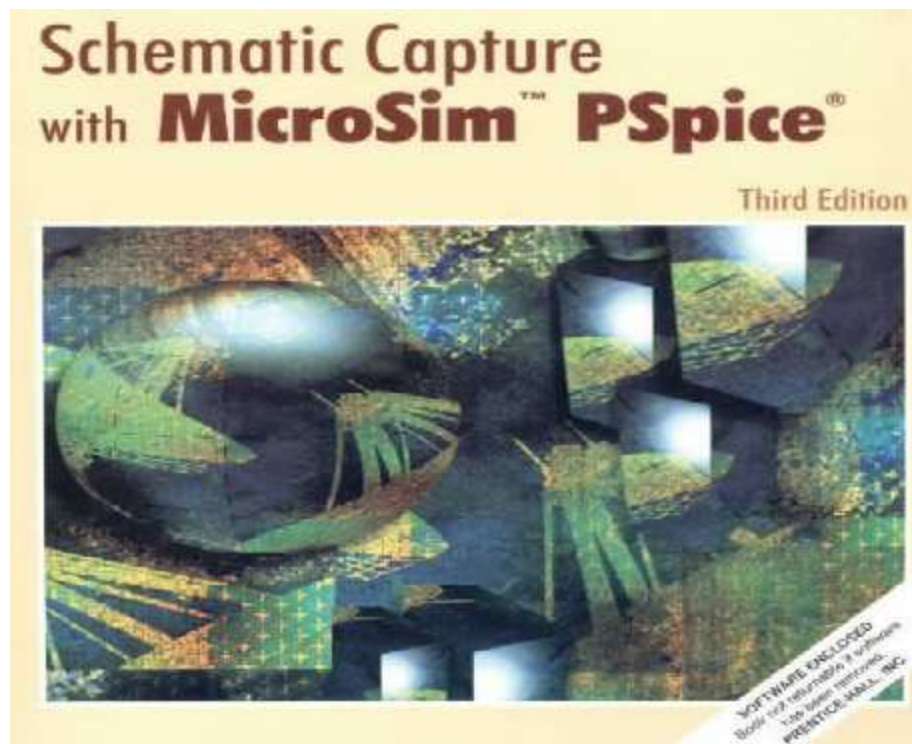


ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ  
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΕΥΡΕΩΣ ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ EFFECT  
ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PSPICE ΚΑΙ ΚΑΤΑΡΤΗΣΗ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΥ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΑΠΑΜΗΝΑΣ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓ. ΒΕΝΙΕΡΗΣ ΜΑΝΩΛΗΣ

ΡΕΘΥΜΝΟ 2012

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

σελίδα

Περίληψη	4
Summary/λέξεις κλειδιά/ευχαριστίες	5
Τι είναι το Pspice	6
Αναλύσεις που τρέχει το Pspice	8
Ανάλυση κυματομορφών με Pspice	13
Χρήση Pspice σε συνδυασμό με άλλα Orcad προγρ.	14
Παράδειγμα εξομοίωσης	21
Εκκίνηση Pspice	28
DC Sweep analysis	30
Transient analysis	36
AC Sweep analysis	40
Parametric analysis	44
Performance analysis	47
Εξομοίωση ευρέως διαδεδομένων μονάδων effect με χρήση του προγράμματος Pspice	49
FET amplifier με Pspice	50
Περιγραφή της συσκευής Boss Ds-1	61
Σχεδιασμός και εξομοίωση κυκλώματος του πεντάλ Boss Ds-1 distortion	65
Fuzz effect	79
Πραγματοποίηση εξομοίωσης Fuzz Face	83
Graphic equalizer	87

Passive 2-band Baxandall	90
Σχεδιασμός και εξομοίωση του κυκλώματος	92
Active Baxandall	97
Active 3-band Baxandall	98
Συμπεράσματα	102
Βιβλιογραφία/internet sites	104

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Ο σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας , είναι η εξομοίωση ευρέως διαδεδομένων μονάδων effect στο πρόγραμμα Pspice. Τα κυκλώματα αυτά θα σχεδιαστούν με τη βοήθεια του προγράμματος αυτού , με στόχο να πραγματοποιηθούν μετρήσεις, οι οποίες θα πρέπει να επαληθεύουν την πιστότητα και τη σωστή λειτουργία του προγράμματος. Ο σχεδιασμός των κυκλωμάτων, η μετρήσεις, η εξομοίωση και η γενικότερη διαδικασία θα αναλυθούν λεπτομερειακά, με σκοπό να λειτουργήσουν σαν παράδειγμα για κάποιο νέο χρήστη του προγράμματος.

Το πρόγραμμα Pspice χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά από τους κατασκευαστές ολοκληρωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Οι κατασκευαστές δίνουν τα μοντέλα εξομοίωσης και ο χρήστης του προγράμματος έχει την ευχέρεια να εξομοιώνει ηλεκτρονικά κυκλώματα με πολύ καλή προσέγγιση της πραγματικότητας. Η έλλειψη ελληνικής έκδοσης του εγχειριδίου αποθαρρύνει τους φοιτητές του τμήματος να το χρησιμοποιούν, στερώντας τους έτσι τη δυνατότητα να κατέχουν ένα πολύ καλό εργαλείο, απαραίτητο για κάθε ηλεκτρονικό. Γι' αυτό το λόγο, το δεύτερο σκέλος της εργασίας αυτής είναι η δημιουργία του ελληνικού εγχειριδίου για το πρόγραμμα Pspice.

## **Summary:**

The purpose of this subject, is the simulation of some very popular effect units, with Pspice schematics. These circuits are going to be designed into the program , in order to have some measurements, to ensure the correct operation of Pspice. The designing of the circuits, the measurements, the simulation and the whole process, will be analysed, having an example character for beginners.

Pspice is used almost exclusively by manufacturers of electronic circuits. Models and schematics of circuits are published by the manufacturers , so users of Pspice can easily simulate these, with great credibility. The fact that a Greek version of Pspice Schematics user's guide, is not available, discourages the students of M.T.A department to use it and have this useful tool on their hands, which is necessary for everyone who deals with electronics. For this reason, the second part of this subject, is the creation of the Greek version of Pspice Schematics user's guide.

## **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ/KEY WORDS:**

Εξομοίωση, κυκλώματα, Pspice, schematics, fuzz, equalizer, jfet, distortion.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Βενιέρη Μανώλη για την πολύτιμη βοήθεια του, κατά την επιλογή του θέματος, την επίβλεψη της εργασίας και για τις υποδείξεις κατά τη διάρκεια της ολοκλήρωσης της.

## Τι είναι το PSpice

Το OrCAD PSpice είναι ένα πρόγραμμα το οποίο εξομοιώνει τη συμπεριφορά ενός συστήματος, στο οποίο εμπεριέχονται αναλογικές μονάδες. Με χρήση του OrCAD Capture για σχεδιασμό, έχουμε τη δυνατότητα να ελέγχουμε και να διαμορφώνουμε το σχέδιο, πριν ακόμα ακουμπήσουμε το hardware.

### Για βασικές και προχωρημένες αναλύσεις,

το PSpice μπορεί να εκτελέσει:

- DC, AC & transient αναλύσεις, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος της αντίδρασης του κυκλώματος σε διαφορετικές εισόδους.
- Parametric, Monte Carlo & Sensitivity/worst-case αναλύσεις, ώστε να γίνει ορατό το πώς η συμπεριφορά του συστήματος ποικίλει, αλλάζοντας τα συστατικά που το συνθέτουν.

### Χρήση μοντέλων από τα extensive set of libraries

Οι βιβλιοθήκες μοντέλων, περιλαμβάνουν πάνω από 11.300 αναλογικά μοντέλα μονάδων, τα οποία έχουν κατασκευαστεί στη βόρεια Αμερική, στην Ιαπωνία και στην Ευρώπη.

### Προσφέρονται πολλά χαρακτηριστικά μονάδων, χωρίς να είναι απαραίτητη η δημιουργία νέων μερών

Το PSpice έχει αριθμό έτοιμων μοντέλων με παραμέτρους οι οποίοι προσαρμόζονται σε μια δοσμένη μονάδα. Αυτά περιλαμβάνουν ανεξάρτητα την επίδραση της θερμοκρασίας.

## Συμπεριφορά των μοντέλων

Το PSpice υποστηρίζει τη συμπεριφορά των αναλογικών μοντέλων , ώστε αυτά να μπορούν να περιγραφούν με χαρακτηριστικά διαγράμματα του συστήματος , μέσω μαθηματικών εκφράσεων και ορισμών.

*Το εύρος των μοντέλων που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα δεν περιέχει μόνο resistors , inductors , capacitors και bipolar transistors αλλά και τα παρακάτω:*

- *Transmission line models περιλαμβάνοντας delay, reflection, loss, dispersion, crosstalk .*
- *Nonlinear magnetic core models περιλαμβάνοντας, saturation & hysteresis.*
- *Έξι MOSFET models περιλαμβάνοντας, BSIM3 version 3.1 and EKV version 2.6 .*
- *Πέντε GaAsFET models περιλαμβάνοντας, Parker-Skellern και TriQuint's TOM2 model.*
- *IGBTs.*

## Αναλύσεις που τρέχει το PSpice

### Βασικές αναλύσεις:

#### DC sweep (σάρωση) και άλλοι DC υπολογισμοί

Κατά την DC ανάλυση καταγράφεται η λειτουργία του συστήματος με την άμεση εισαγωγή πηγής συνεχούς ρεύματος. Ο Table\_1 αθροίζει ότι υπολογίζει το PSpice για κάθε είδους DC ανάλυση.

*Παράδειγμα:*

<b>For this DC analysis...</b>	<b>PSpice computes this...</b>
DC sweep	Σταθερής κατάστασης ρεύματα και τάσεις, καθώς σαρώνεται μια πηγή, η παράμετρος ενός μοντέλου ή η θερμοκρασία πάνω από ένα εύρος τιμών.
Bias point detail	Δεδομένα σημείου πρόληψης, επιπροσθέτως σε αυτό το οποίο υπολογίζεται σε κάθε εξομοίωση.
DC sensitivity	Ευαισθησία ενός δικτύου ή μέρους τάσης σαν λειτουργία του σημείου πρόληψης.
Small-signal DC transfer	DC gain(κέρδος) μικρών σημάτων, αντίσταση εισόδου-εξόδου σαν λειτουργία του σημείου πρόληψης.



## AC sweep (σάρωση) και θόρυβος

Αυτού του είδους η AC ανάλυση έχει να κάνει με την αντίδραση του συστήματος σε μικρά σήματα πηγής εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο Table\_2 αθροίζει ότι υπολογίζει το PSpice για κάθε AC τύπο ανάλυσης.

*Παράδειγμα:*

<b>For this AC analysis...</b>	<b>PSpice computes this...</b>
AC sweep	Συμπεριφορά συστήματος σε μικρά σήματα, (γραμμικά γύρω από το σημείο πρόληψης) , όταν σαρώνονται μία ή περισσότερες πηγές, πάνω από ένα εύρος συχνοτήτων. Οι έξοδοι περιέχουν τάσεις και ρεύματα με μεγέθη και φάση.
Noise	Για κάθε συγκεκριμένη συχνότητα σε AC ανάλυση υπολογίζονται οι διαδιδόμενες συνεισφορές θορύβου σε ένα δίκτυο εξόδων από κάθε γεννήτρια θορύβου στο σύστημα. Επίσης υπολογίζεται το RMS από τους παράγοντες θορύβου στην έξοδο και τέλος η ισοδύναμη είσοδος θορύβου.

### Σημείωση

Για να τρέξει ανάλυση θορύβου , πρέπει να τρέξει επιπλέον AC sweep analysis.

## Transient και fourier

Αυτές οι βασισμένες στο χρόνο αναλύσεις , εκτιμούν τη λειτουργία του συστήματος σε εξαρτημένες από το χρόνο πηγές. Ο Table\_3 αθροίζει αυτά που υπολογίζει το PSpice για κάθε είδους βασισμένη στο χρόνο ανάλυση.

*Παράδειγμα:*

<b>For this time-based analysis...</b>	<b>PSpice computes this...</b>
Transient	Τάσεις και ρεύματα σχεδιασμένα πάνω στο χρόνο.
Fourier	DC και Fourier συνθέτονται από τα παροδικά αποτελέσματα της ανάλυσης.

### Σημείωση

Για να τρέξει ανάλυση fourier , πρέπει να προηγηθεί transient (παροδική) ανάλυση.

## Advanced (προχωρημένες) multi-run αναλύσεις

Οι αναλύσεις αυτές (parametric ,temperature ,Monte carlo , και sensitivity/worst-case), είναι αποτελέσματα των σειρών DC sweep,AC sweep και transient αναλύσεων ,ανάλογα με το ποια βασική ανάλυση έχουμε ενεργοποιήσει.

## Parametric και temperature

Για αναλύσεις parametric και temperature, το PSpice αλλάζει βηματικά τις τιμές του κυκλώματος, με συχνότητα η οποία ορίζεται από το χρήστη και η εξομοίωση τρέχει για κάθε τιμή. Ο Table\_4 δείχνει στο σύστημα τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για κάθε είδους ανάλυση, με δυνατότητα επιλογής.

*Παράδειγμα:*

<b>For this analysis...</b>	<b>you can step one of these...</b>
Parametric	Global parameter Model parameter Component value DC source Operational temperature
Temperature	Operational temperature

## Monte Carlo και sensitivity/worst-case

Οι αναλύσεις Monte Carlo και sensitivity/worst-case , είναι στατιστικού χαρακτήρα. Το PSpice αλλάζει τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου της μονάδας, με σεβασμό και ανοχή που ορίζονται, και η εξομοίωση τρέχει για κάθε τιμή. Ο Table\_5 αθροίζει το πώς το PSpice τρέχει κάθε είδους στατιστική ανάλυση.

Παράδειγμα:

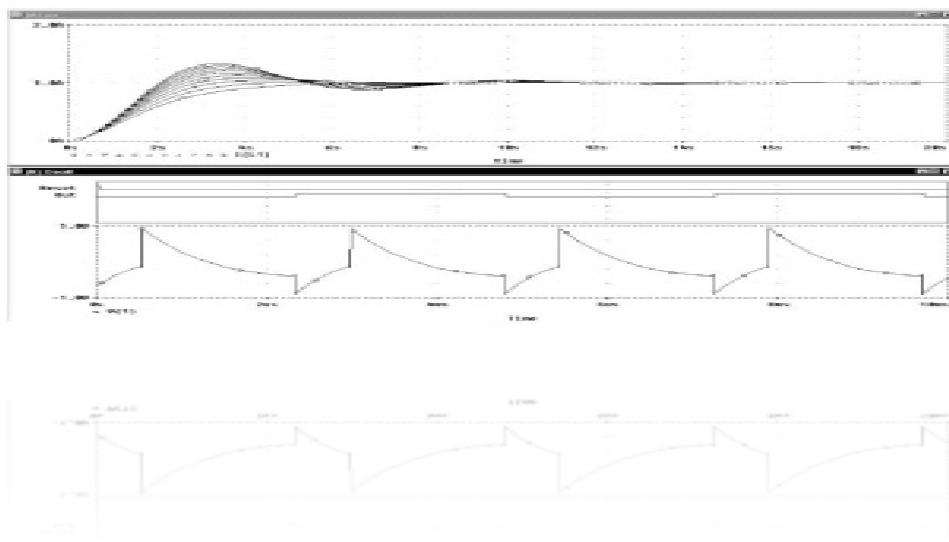
For this statistical analysis...	PSpice does this...
Monte Carlo	Για κάθε εξομοίωση, με τυχαίο τρόπο, αλλάζουν οι τιμές των παραμέτρων του μοντέλου της μονάδας, για την οποία έχουμε θέσει ένα όριο.
Sensitivity/worst-case	Υπολογίζει την πιθανή χειρότερη περίπτωση αντίδρασης του συστήματος σε δύο βήματα. Υπολογίζει την ευαισθησία των συνιστωσών σε αλλαγές των τιμών των παραμέτρων του μοντέλου της μονάδας. Αυτό σημαίνει ότι το PSpice ,όχι τυχαία, αλλάζει τις παραμέτρους που έχουν οριστεί ,μια φορά για κάθε μονάδα και τρέχει μια εξομοίωση για κάθε αλλαγή. Επίσης, τοποθετεί όλες τις τιμές των παραμέτρων των μοντέλων για όλες τις μονάδες στις χειρότερες πιθανές θέσεις (φέρνοντας τις μονάδες στα όρια τους) και τρέχει μία τελευταία εξομοίωση.

# Ανάλυση κυματομορφών με PSpice

## Τι είναι ανάλυση κυματομορφής

Με το πέρας της εξομοίωσης , το PSpice εμφανίζει τα αποτελέσματα σε μορφή κυματομορφής , έτσι ώστε να φαίνεται η συμπεριφορά του συστήματος.

**Taken together, simulation and waveform analysis is an iterative process. After analyzing simulation results, you can refine your design and simulation settings and then perform a new simulation and waveform analysis.**



# Χρήση PSpice σε συνδυασμό με άλλα OrCAD προγράμματα

## Χρήση του Capture για προετοιμασία εξομοίωσης

Το Capture είναι πρόγραμμα που επεμβαίνει στο σχεδιασμό του συστήματος , για να το προετοιμάσει για εξομοίωση. Αυτό σημαίνει ότι :

- Τοποθετεί και συνδέει σύμβολα σε διάφορα σημεία
- Ορίζει τιμές συνιστωσών και άλλες ιδιότητες
- Ορίζει κυματομορφές εισόδου
- Ενεργοποιεί μια ή περισσότερες αναλύσεις
- Σημειώνει τα σημεία του συστήματος στα οποία θέλουμε να ελέγχουμε τα αποτελέσματα

Το Capture είναι επίσης το σημείο ελέγχου που επιτρέπει να τρέξουν άλλα προγράμματα που χρησιμοποιούνται κατά τη ροή της εξομοίωσης του εκάστοτε σχεδίου.

## Τι είναι το Stimulus Editor

Είναι ένας γραφικός συντάκτης κυματομορφής εισόδου ο οποίος επιτρέπει τον ορισμό του σχήματος των βασισμένων στο χρόνο σημάτων που χρησιμοποιούνται για τη δοκιμή της αντίδρασης του συστήματος κατά την εξομοίωση. Με χρήση Stimulus Editor ,μπορούν να οριστούν:

- Αναλογικά σχεδιαγράμματα ημιτονοειδούς κυματομορφής , παλμικά ,μέρη γραμμικών , εκθετικοί παλμοί ,απλοί τόνοι FM σχεδιασμού.

Ο Stimulus Editor επιτρέπει το σχεδιασμό αναλογικής κυματομορφής, ζωγραφίζοντας , κλικάροντας τα σημεία που αναλογούν στο χρόνο και είναι υπεύθυνα για τις τιμές εισόδου.

## **Τι είναι ο Model Editor**

Είναι ένας επιλογέας μοντέλων ο οποίος δημιουργεί μια λίστα χαρακτηριστικών μοντέλων για το PSpice, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της εξομοίωσης. Αυτό που χρειάζεται ο Model Editor είναι πληροφορίες για την εκάστοτε μονάδα, οι οποίες βρίσκονται σε συγκεκριμένη θέση στη βάση δεδομένων της λίστας. Καθώς εισάγουμε τη θέση αυτής της πληροφορίας, ο Model Editor εμφανίζει χαρακτηριστικά μονάδων έτσι ώστε να διαλέξουμε το μοντέλο βάση της συμπεριφοράς του. Όταν τελιώσουμε με τον Model Editor, ο τελευταίος δημιουργεί ένα μέρος για το μοντέλο ώστε να χρησιμοποιηθεί στο σχέδιο αμέσως.

## **Απαραίτητα αρχεία για την εξομοίωση**

Για την εξομοίωση ενός σχεδίου ,το PSpice πρέπει να γνωρίζει:

- Τα κομμάτια που έχουν χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα και πως αυτά συνδέονται μεταξύ τους
- Τι είδος ανάλυση θα τρέξει
- Τα μοντέλα εξομοίωσης που είναι κατάλληλα για τα κομμάτια του συστήματος που σχεδιάστηκε
- Τα ορίσματα τα οποία θα συγκριθούν

Οι πληροφορίες αυτές παρέχονται από μια ποικιλία αρχείων ψηφιακών δεδομένων. Κάποια από αυτά δημιουργούνται από το Capture,άλλα από τις libraries,από το Stimulus και το Model Editor, ή ακόμα και από τον ίδιο τον χρήστη.

## Αρχεία που δημιουργεί το Capture

Όταν αρχίζει η διαδικασία της εξομοίωσης ,το Capture παράγει αρχεία που περιγράφουν τα μέρη και τις συνδέσεις του κυκλώματος. Αυτά τα αρχεία είναι τα netlist και τα circuit files όπου το PSpice διαβάζει πριν κάνει οτιδήποτε άλλο.

### Netlist file

Τα αρχεία αυτά περιέχουν μια λίστα από ονόματα συσκευών ,τιμών και το πώς αυτά είναι συνδεδεμένα με άλλες συσκευές. Το όνομα που δημιουργεί το Capture για αυτά τα αρχεία είναι DESIGN\_NAME.NET.

### Circuit file

Τα αρχεία κυκλώματος περιέχουν εντολές που περιγράφουν πώς να τρέξει η εξομοίωση. Επίσης , αναφέρονται σε άλλα αρχεία όπως τις netlist , model , stimulus πληροφορίες, καθώς και ορίσματα του χρήστη , τα οποία σχετίζονται με την εξομοίωση. Το όνομα που δημιουργεί το Capture για αυτά τα αρχεία είναι DESIGN\_NAME.CIR.



## Άλλα αρχεία που χρειάζονται για την εξομοίωση

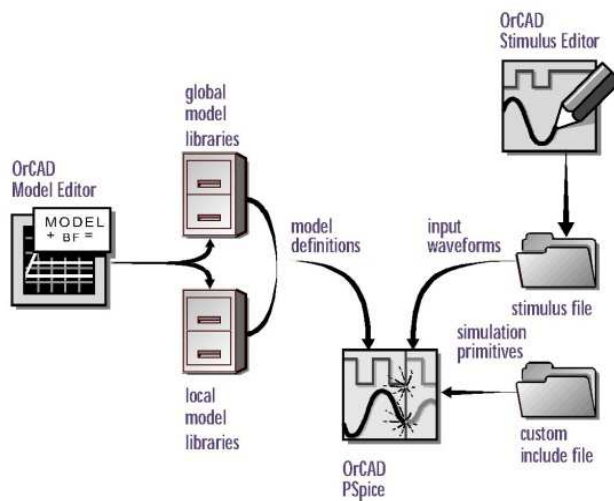


Figure 1 User-configurable data files that PSpice reads

Before starting simulation, PSpice needs to read other files that contain simulation information for your circuit. These are model files, and if required, stimulus files and include files.

The circuit file (.CIR) that Capture generates contains references to the other user-configurable files that PSpice needs to read.

Πριν την εξομοίωση το PSpice πρέπει να διαβάσει άλλα αρχεία τα οποία περιέχουν πληροφορίες για την εξομοίωση του κυκλώματος. Αυτά είναι model, stimulus και include files.

Τα αρχεία αυτά δημιουργούνται από τον χρήστη με χρήση OrCAD προγραμμάτων όπως το Stimulus Editor και το Model Editor. Αυτά τα προγράμματα αυτοματοποιούν τη δημιουργία των αρχείων και παρέχουν γραφικούς τρόπους για να επικυρωθούν τα δεδομένα. Επίσης, είναι δυνατή η χρήση του Model Text view του Model Editor (ή το Notepad) για την εισαγωγή των δεδομένων από τον χρήστη.

### Model library

Είναι ένα αρχείο που περιέχει τον ηλεκτρικό ορισμό ενός ή περισσότερων κομματιών. Το PSpice χρησιμοποιεί τις πληροφορίες αυτές για να διευκρινίσει πως ένα κομμάτι θα αντιδράσει σε διαφορετικές ηλεκτρικές εισόδους.

Αυτοί οι ορισμοί έχουν δύο μορφές:

- Model parameter set, το οποίο ορίζει τη συμπεριφορά ενός κομματιού (part) τονίζοντας τη βασική κατασκευή του μοντέλου στο PSpice.
- Subcircuit netlist, το οποίο περιγράφει την κατασκευή και τη λειτουργία του κομματιού αλληλοσυνδέοντας άλλα κομμάτια και αρχικά.

Τα πιο συνηθισμένα μοντέλα είναι διαθέσιμα στα libraries του OrCAD μαζί με τα προγράμματα. Τα αρχεία στα model libraries έχουν κατάληξη .LIB.

Παρόλα αυτά , αν χρειαστεί υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας models και libraries από τον ίδιο το χρήστη.

- Χειροκίνητα (manually) ,με χρήση του Model Text view του Model Editor (ή notepad).
- Αυτόματα με χρήση Model Editor.

### **Stimulus file**

Το αρχείο αυτό περιέχει ορίσματα βασισμένα στο χρόνο για σχηματισμό αναλογικών κυματομορφών. Ο χρήστης δύναται να δημιουργήσει ένα τέτοιο αρχείο:

- Manually, με χρήση Model Text view του Model Editor για να δημιουργήσει τον ορισμό (μια τυπική κατάληξη τέτοιου αρχείου είναι .STM),ή
- Automatically, με χρήση του Stimulus Editor το οποίο δημιουργεί κατάληξη .STL

## **Include file**

Είναι ένα αρχείο στο οποίο ο χρήστης έχει ορίσει τα περιεχόμενα του:

- PSpice εντολές,ή
- Συμπληρωματικές εντολές κειμένου οι οποίες θέλουμε να εμφανιστούν στο αρχείο εξόδου του PSpice.

Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα include file με χρήση Text Editor. Η κατάληξη των include αρχείων είναι .INC.

## **Διαμορφώνοντας τα model library,stimulus και include files**

Το PSpice αναζητά στη model library,τα stimulus και include αρχεία, οποιαδήποτε πληροφορία χρειάζεται για να συμπληρώσει τον ορισμό ενός μέρους του κυκλώματος ή για να τρέξει μια εξομοίωση.

Τα αρχεία αυτά εξαρτώνται από το πώς έχει διαμορφώσει ο χρήστης τα model libraries τα άλλα αρχεία. Το μεγαλύτερο μέρος της διαμόρφωσης αυτής έχει γίνει με αυτόματο τρόπο από το ίδιο το πρόγραμμα. Όμως ο ίδιος ο χρήστης, μπορεί να κάνει τα παρακάτω:

- Προσθαφαίρεση αρχείων μέσω διαμόρφωσης
- Αλλαγή του σκοπού ενός αρχείου, δηλαδή αν αυτό αναφέρεται σε ένα σχέδιο μόνο (local) ή σε οποιοδήποτε σχέδιο (global).
- Αλλαγή στη σειρά αναζήτησης

## **Αρχεία που δημιουργεί το PSpice**

Αφού διαβάσει το circuit file,το netlist file,τα model libraries και όλες τις απαιτούμενες εισόδους, το PSpice σώζει αποτελέσματα σε δύο κατηγορίες αρχείων, τα data files και τα PSpice output files.

## Waveform data file

Το data file περιέχει αποτελέσματα της εξομοίωσης τα οποία μπορούν να αναπαρασταθούν γραφικά. Το PSpice διαβάζει αυτό το αρχείο αυτόματα και η γραφική παράσταση σχηματίζεται αντικατοπτρίζοντας τη συμπεριφορά των nets ,pins και parts τα οποία έχουν μαρκαριστεί στο σχέδιο(cross-probing). Ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει το αν το PSpice θα εμφανίσει τα αποτελέσματα κατά την εξομοίωση ή μετά την ολοκλήρωση της.

## PSpice output file

Το PSpice output file είναι ένα ASCII text file το οποίο περιέχει:

- Την netlist αναπαράσταση του κυκλώματος
- Τη σύνταξη εντολών του PSpice για εντολές εξομοίωσης και επιλογών (όπως την ενεργοποίηση ανάλυσης)
- Αποτελέσματα εξομοίωσης
- Προειδοποιητικά και μηνύματα σφαλμάτων για προβλήματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια ανάγνωσης και εξομοίωσης

Τα περιεχόμενα προσδιορίζονται από:

- Τον τύπο της ανάλυσης που τρέχει
- Τις επιλογές του χρήστη για το πώς θα τρέξει το πρόγραμμα.
- Τα σύμβολα ελέγχου εξομοίωσης (όπως VPRINT1 και VPLOT1), τα οποία τοποθετήθηκαν και συνδέθηκαν στα δίκτυα μέσα στο σχέδιο.

## Παράδειγμα εξομοίωσης

### περίληψη

Το παρακάτω παράδειγμα αναφέρεται στις μεθόδους και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός σχεδίου κυκλώματος, την εξομοίωση αυτού και την ανάλυση των αποτελεσμάτων της. Οι αναλύσεις αυτές πραγματοποιούνται στο ίδιο παράδειγμα κυκλώματος, για να ξεκαθαριστούν η ρύθμιση της ανάλυσης της εξομοίωσης και των αποτελεσμάτων για κάθε είδους ανάλυση.

### Παράδειγμα δημιουργίας κυκλώματος

This section describes how to use OrCAD Capture to create the simple diode clipper circuit shown in Figure 2.

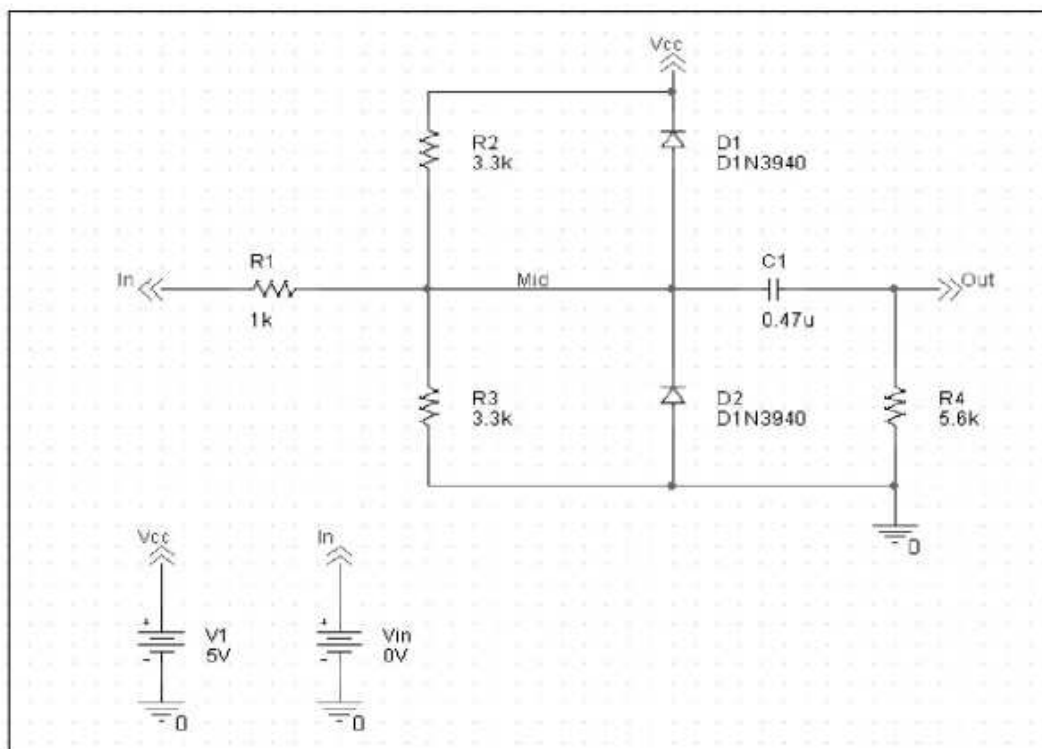


Figure 2 Diode clipper circuit.

## Δημιουργία κυκλώματος

Περιγράφεται πως δημιουργείται ένα simple diode clipper κύκλωμα με τη βοήθεια του OrCAD Capture.

Για να δημιουργηθεί ένα PSpice project:

1. Από το μενού έναρξης ,επιλέγουμε το OrCAD Release 9 program folder και στη συνέχεια τη συντόμευση του Capture.
2. Στο project Manager,από το file menu,επιλέγουμε New και διαλέγουμε Project
3. Επιλέγουμε analog signal wizard.
4. Πληκτρολογούμε το όνομα του Project(CLIPPER),στο Name text box
5. Στη συνέχεια ok και τέλος finish

Δε χρειάζονται ειδικά libraries να διαμορφωθούν αυτή τη φορά. Μια νέα σελίδα εμφανίζεται στο Capture και ένα νέο Project θα διαμορφωθεί στο Project Manager.

## Για να τοποθετηθούν οι πηγές τάσης

1. Στο Capture, ανοίγουμε το schematic page editor
2. Από το Place menu ,επιλέγουμε Part για να εμφανιστεί το Place Part dialog box.
3. Προσθέτουμε το library για τα parts που πρέπει να τοποθετηθούν:
  - i. Κλικάρουμε το κουμπί add library
  - ii. Επιλέγουμε SOURCE.OLB(από το PSpice library) και πατάμε open.
4. Στο part text box,πληκτρολογούμε VDC.
5. Κλικάρουμε ok.
6. Μετακινούμε τον κέρσορα στη σωστή θέση στο schematic page και τοποθετούμε το πρώτο part με κλικ.
7. Μετακινούμε τον κέρσορα και κλικάρουμε για να τοποθετήσουμε το δεύτερο part.

8. Με δεξί κλικ και επιλέγοντας End Mode ,σταματάμε την τοποθέτηση parts.

### Για την τοποθέτηση διόδων

1. Από το place menu ,επιλέγουμε Part για να εμφανιστεί το Place dialog box.
2. Προσθέτουμε το library για τα parts που πρόκειται να τοποθετηθούν:
  - i) Κλικ στο κουμπί add library
  - ii) Επιλέγουμε DIODE.OLB(από το PSpice library) και κλικ στο open.
3. Στο part text box,πληκτρολογούμε D1N39 για να εμφανιστεί μια λίστα διόδων.
4. Επιλέγουμε D1N3940 και κλικάρουμε ok.
5. Πατάμε R για να δρομολογήσουμε τη δίοδο στη σωστή κατεύθυνση.
6. Κλικάρουμε για να τοποθετήσουμε την πρώτη δίοδο D1,και στη συνέχεια κλικάρουμε για τη δεύτερη D2.
7. Δεξί κλικ και επιλογή end mode,τερματίζει τη διαδικασία τοποθέτησης.

### Για να μετακινήσουμε το κείμενο που συνδέεται με τις διόδους(ή οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο)

- Κλικάρουμε το text για να το επιλέξουμε και το κάνουμε drag σε άλλη τοποθεσία.

### Για να τοποθετήσουμε άλλα parts

- 1) Από το Place menu ,επιλέγουμε part για να εμφανιστεί το Place Part dialog box.
- 2) Προσθέτουμε το library για τα parts που πρέπει να τοποθετηθούν.
  - a) Κλικάρουμε το add library κουμπί.

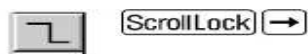
- b) Επιλέγουμε ANALOG.OLB(από το PSpice library) και πατάμε open.
- 3) Ακολουθούνται παρόμοια βήματα με αυτά που περιγράφηκαν για τις διόδους, για να τοποθετηθούν τα parts που χρειάζονται ,σύμφωνα με το figure2. Τα ονόματα των parts που πρέπει να πληκτρολογηθούν στο part name text box του Place part dialog box, δείχνονται παρακάτω:
- Resistors (R)
  - Capacitor (C)
- 4) Για να τοποθετηθούν τα off-page connector parts (OFFPAGELEFT-R) ,κλικάρουμε το Place Off-Page Connector button στην παλέτα εργαλείων.
- 5) Προσθέτουμε το library ,για τα parts που πρέπει να εισαχθούν.
- a) Κλικ στο add library κουμπί.
  - b) Επιλέγουμε CAPSYM.OLB(από το Capture library) και πατάμε open.
- 6) Τοποθετούμε τα off-page connector parts σύμφωνα με το figure2.
- 7) Για την τοποθέτηση γειώσεων (ground parts(0)),κλικάρουμε το GND κουμπί στην παλέτα εργαλείων.
- 8) Προσθέτουμε το library για τα κομμάτια που θα τοποθετηθούν.
- a) Κλικ στο κουμπί Add library.
  - b) Επιλέγουμε SOURCE.OLB(από το PSpice library) και κλικάρουμε open.
- 9) Τοποθετούμε τα part των γειώσεων σύμφωνα με το figure2.

### **Για να συνδέσουμε τα parts**

- 1) Από το place menu, επιλέγουμε Wire για να αρχίσουμε να καλωδιώνουμε τα parts. Ο κέρσορας μετατρέπεται σε crosshair.
- 2) Κλικάρουμε το σημείο σύνδεσης του pin στον off-page connector στην είσοδο του κυκλώματος.
- 3) Κλικάρουμε το κοντινότερο σημείο σύνδεσης του input resistor R1



- 4) Συνδέουμε το άλλο άκρο του R1 στην έξοδο του capacitor.
- 5) Συνδέουμε τις διόδους μεταξύ τους και στο καλώδιο ανάμεσα τους:
  - a) Κλικάρουμε το σημείο σύνδεσης της καθόδου για τη χαμηλότερη δίοδο.
  - b) Μετακινούμε τον κέρσορα ακριβώς από επάνω και κλικάρουμε το καλώδιο ανάμεσα στις διόδους. Το άκρο του καλωδίου και η σύνδεση του τμήματος του καλωδίου γίνεται ορατή.
  - c) Κλικάρουμε ξανά τη σύνδεση και συνεχίζουμε να καλωδιώνουμε .
  - d) Κλικάρουμε το άκρο του pin ανόδου της επάνω δίοδου.
- 6) Συνεχίζουμε να ενώνουμε parts έως ότου το κύκλωμα καλωδιωθεί όπως φαίνεται στο figure2.



To stop wiring, right-click and choose End Wire. The pointer changes to the default arrow.

Clicking on any valid connection point ends a wire. A valid connection point is shown as a *box* (see Figure 3).

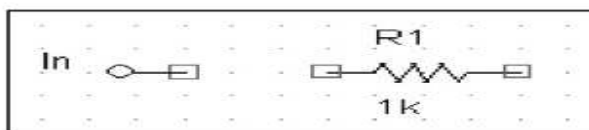


Figure 3 *Connection points.*

If you make a mistake when placing or connecting components:

- 1 From the Edit menu, choose Undo, or click .

## Για να καταχωρηθούν ονόματα (labels) στα δίκτυα

- 1) Από το Place menu ,επιλέγουμε Net Alias για να εμφανιστεί το Place Net Alias dialog box
- 2) Στο name text box ,πληκτρολογούμε Mid.
- 3) Κλικάρουμε ok.
- 4) Τοποθετούμε το net alias σε κάθε τμήμα του καλωδίου που συνδέει τα R1,R2,R3,τις διόδους και τους capacitor. Η κάτω αριστερή γωνία του net alias πρέπει να ακουμπά το καλώδιο.
- 5) Με δεξί κλικ και επιλογή End Mode κλείνουμε την Net Alias λειτουργία.

## Για καταχώρηση ονομάτων(labels) στους off-page connectors

Ονομάζουμε τους off-page connectors όπως φαίνεται στο figure2.

1. Κάνουμε διπλό κλικ στο όνομα ενός off-page connector για να εμφανίσουμε το display Properties dialog box.
2. Στο Name text box,πληκτρολογούμε το νέο όνομα.
3. Κλικάρουμε ok.
4. Επιλέγουμε και επανατοποθετούμε τα νέα ονόματα όπως πρέπει.

## Καταχώρηση ονομάτων στα parts

1. Διπλό κλικ στο δεύτερο VDC μέρος για εμφάνιση του parts spreadsheet.
2. Κλικάρουμε στο πρώτο κουτάκι κάτω από το Reference column
3. Πληκτρολογούμε το όνομα Vin
4. Κλικ στο Apply για να γίνει update στις αλλαγές του part ,μετά κλείνουμε το spreadsheet.
5. Συνεχίζουμε να ονομάζουμε τα parts που έμειναν μέχρι το σχήμα να είναι σαν αυτό του figure2.

## Για αλλαγή των τιμών στα parts

1. Διπλό κλικ στο voltage label (0V) στο V1 για εμφάνιση των ιδιοτήτων (display properties dialog box).
2. Στο value text box, πληκτρολογούμε 5V.
3. Κλικ στο ok.
4. Συνεχίζουμε να αλλάζουμε τα part value properties μέχρι όλα τα parts να αποκτήσουν τις επιθυμητές τιμές σύμφωνα με το figure2.

## Για να αποθηκεύσουμε το σχέδιο

- Από το File menu, επιλέγουμε save.

## Σημείωση

Η προετοιμασία του σχεδίου για εξομοίωση θα αναφερθεί αργότερα.

## Εκκίνηση PSpice

Κατά την εξομοίωση ,το PSpice δημιουργεί ένα output file(\*.OUT).

Καθώς η εξομοίωση τρέχει , η πρόοδος της εμφανίζεται και ανανεώνεται στο PSpice simulation output window.



Figure 4 *PSpice simulation output window.*

### Πραγματοποίηση bias point analysis

1. Στο capture ,επιλέγουμε το CLIPPER.OPJ στο schematic page editor.
2. Από το PSpice menu ,επιλέγουμε New simulation profile για να εμφανιστεί το New simulation dialog box.
3. Στο name text box ,πληκτρολογούμε bias.
4. Από την Inherit From list ,επιλέγουμε none,μετά κάνουμε κλικ στο create και εμφανίζεται το stimulation settings dialog box
5. Από την analysis type list ,επιλέγουμε bias point.
6. Πατάμε ok για να κλείσει το stimulation settings dialog box.

### Για να εξομοιωθεί το κύκλωμα

Από το PSpice menu ,επιλέγουμε run.

Το PSpice εξομοιώνει το κύκλωμα και υπολογίζει τις bias point πληροφορίες.

## Σημείωση

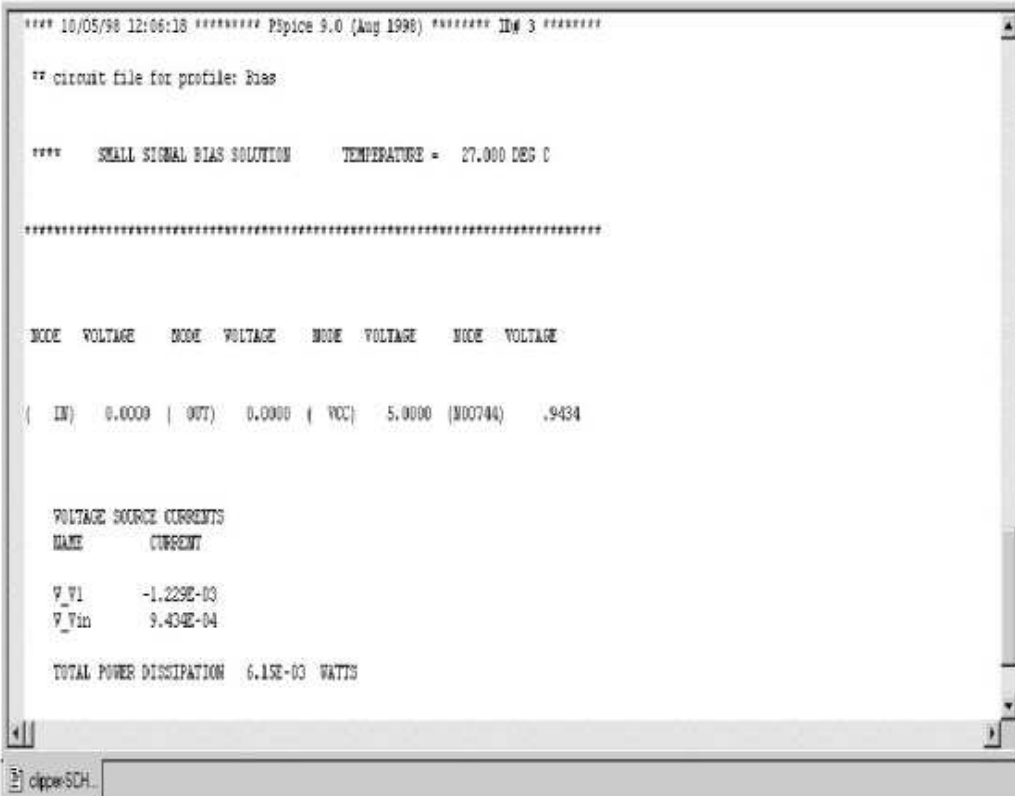
Επειδή τα δεδομένα της κυματομορφής δεν υπολογίζονται κατά τη διάρκεια της bias point analysis ,δεν θα εμφανιστούν σχεδιαγράμματα στο Probe window για τη συγκεκριμένη εξομοίωση.

## Με χρήση του simulation output file

Το αρχείο αυτό συμπεριφέρεται σαν ελεγκτής της εξομοίωσης ,εξετάζει το περιεχόμενο του αρχείου κυκλώματος, όπως επίσης και τα αποτελέσματα που υπολόγισε η bias point simulation.

## Για να δούμε το simulation output file

1. Από το PSpice View menu,επιλέγουμε output file.
2. Όταν τελιώσουμε κλείνουμε, το παράθυρο.



```
**** 10/05/98 12:06:18 ***** PSpice 9.0 (Aug 1998) ***** I# 3 *****  
  
** circuit file for profile: Bias  
  
**** SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION TEMPERATURE = 27.000 DEG C  
  
*****  
  
NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE  
( IN) 0.0009 ( OUT) 0.0000 ( VCC) 5.0000 (M00744) .9434  
  
VOLTAGE SOURCE CURRENTS  
NAME CURRENT  
V_V1 -1.229E-03  
V_Vin 9.434E-04  
  
TOTAL POWER DISSIPATION 6.15E-03 WATTS
```

Figure 5 Simulation output file.

Το PSpice μετράει το ρεύμα ανάμεσα σε δύο σταθμούς σε μια συσκευή, από τον πρώτο έως τον δεύτερο. Για πηγές τάσεως, το ρεύμα μετράται από τον θετικό προς τον αρνητικό σταθμό. Αυτό είναι αντίθετο από την φυσιολογική ροή του ρεύματος, γι' αυτό και το αποτέλεσμα είναι μια αρνητική τιμή στο output file.

## DC sweep analysis

Υπάρχει δυνατότητα οπτικοποίησης της DC αντίδρασης του clipper, με χρήση DC σάρωσης στην πηγή τάσης εισόδου και εμφανίζοντας την κυματομορφή των αποτελεσμάτων στο Probe window του PSpice . Υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης των παραμέτρων για συγκεκριμένη τιμή  $V_{in}$ , π.χ  $V_{in}$  από 10 σε 15 volts με βήμα 1.

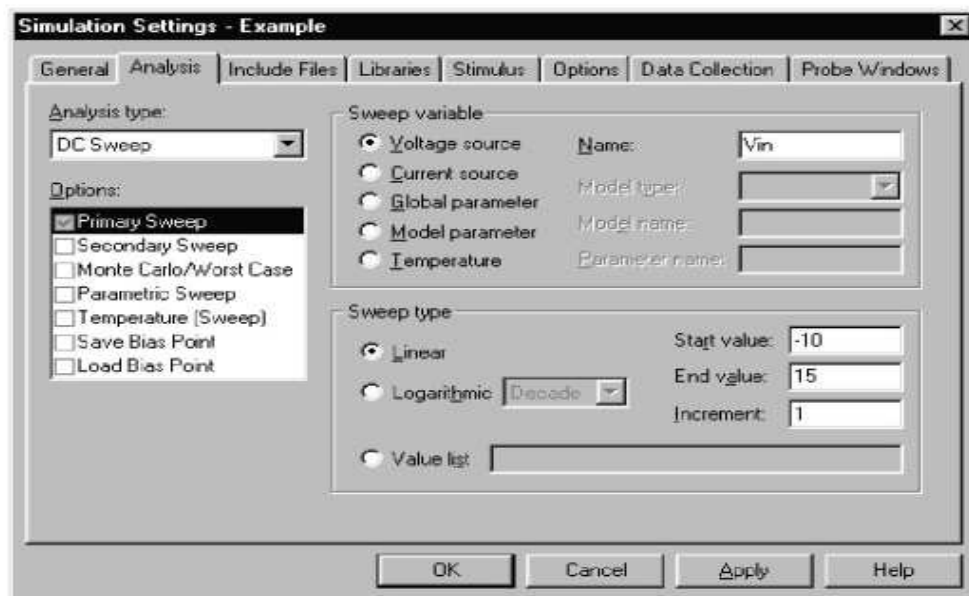


Figure 6 *DC sweep analysis settings.*

## Ρύθμιση και πραγματοποίηση DC sweep analysis

1. Στο Capture ,από το PSpice menu ,επιλέγουμε new simulation profile. Εμφανίζεται το new simulation profile.
2. Στο name text box ,πληκτρολογούμε DC sweep.
3. Από το Inherit from list,επιλέγουμε Schematic1-Bias,και πατάμε create.
4. Κάνουμε κλικ στο Analysis tab.
5. Από το Analysis type list επιλέγουμε DC sweep και εισάγουμε τις επιθυμητές τιμές ,όπως το figure6.
6. Το ok κλείνει το stimulation settings dialog box.
7. Από το File menu ,επιλέγουμε Save.
8. Από το PSpice menu ,επιλέγουμε run για να τρέξει η ανάλυση.

## Εμφάνιση των DC analysis αποτελεσμάτων

Τα Probe windows εμφανίζονται είτε κατά την διάρκεια, είτε με το πέρας της εξομοίωσης.

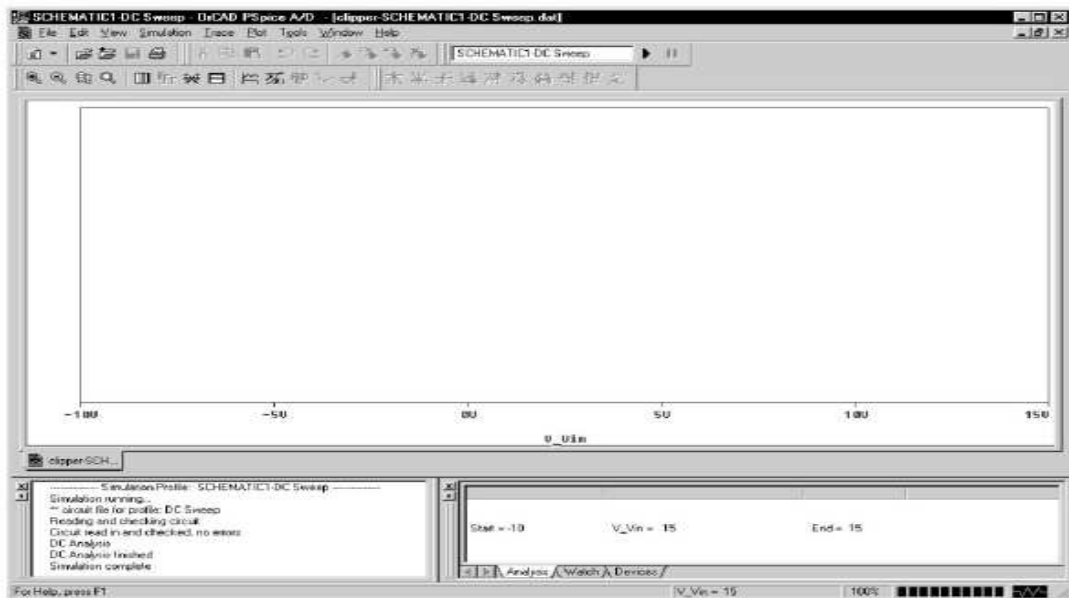


Figure 7 Probe window.

## Για να σχεδιαστούν οι τάσεις στα nets In και Mid

1. Από το PSpice Trace menu ,επιλέγουμε Add Trace.

2. Στο add Traces dialog box, επιλέγουμε V(In) και V(Mid).
3. Πατάμε ok.

### Για να εμφανίσουμε γραμμή χρησιμοποιούμε marker

1. Από το Capture PSpice menu,σημαδεύουμε το markers και επιλέγουμε Voltage level.
2. Κλικ για τοποθέτηση marker στο net out.
3. Δεξί κλικ και επιλογή end mode για να σταματήσει η τοποθέτηση markers.
4. Από το file menu ,επιλέγουμε save.
5. Επανερχόμαστε στο PSpice . Το ίχνος της κυματομορφής του V(Out) εμφανίζεται όπως φαίνεται στο figure9.

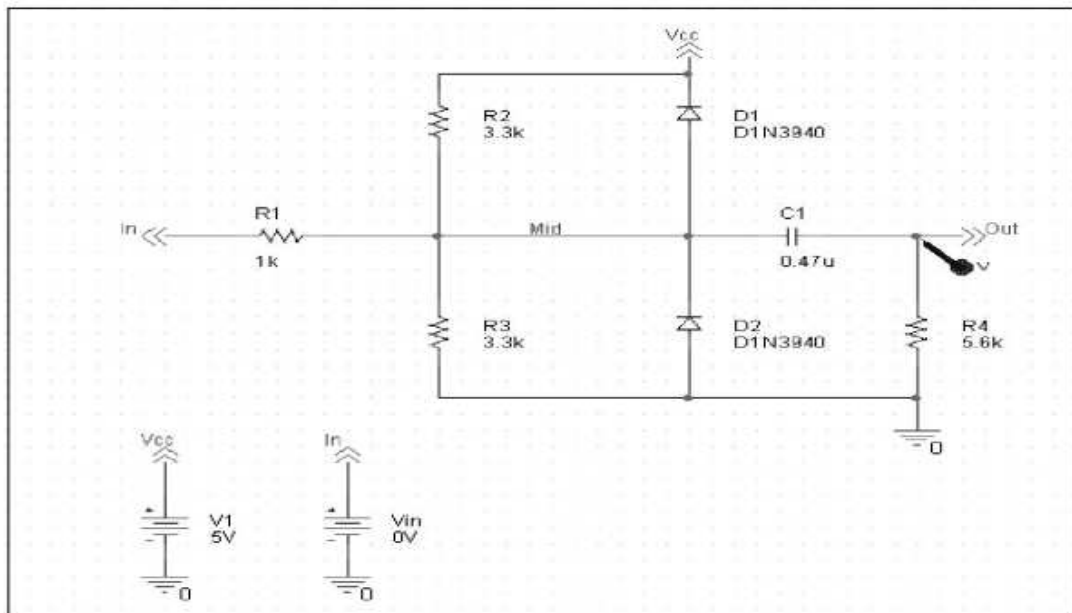


Figure 8 *Clipper circuit with voltage marker on net Out.*



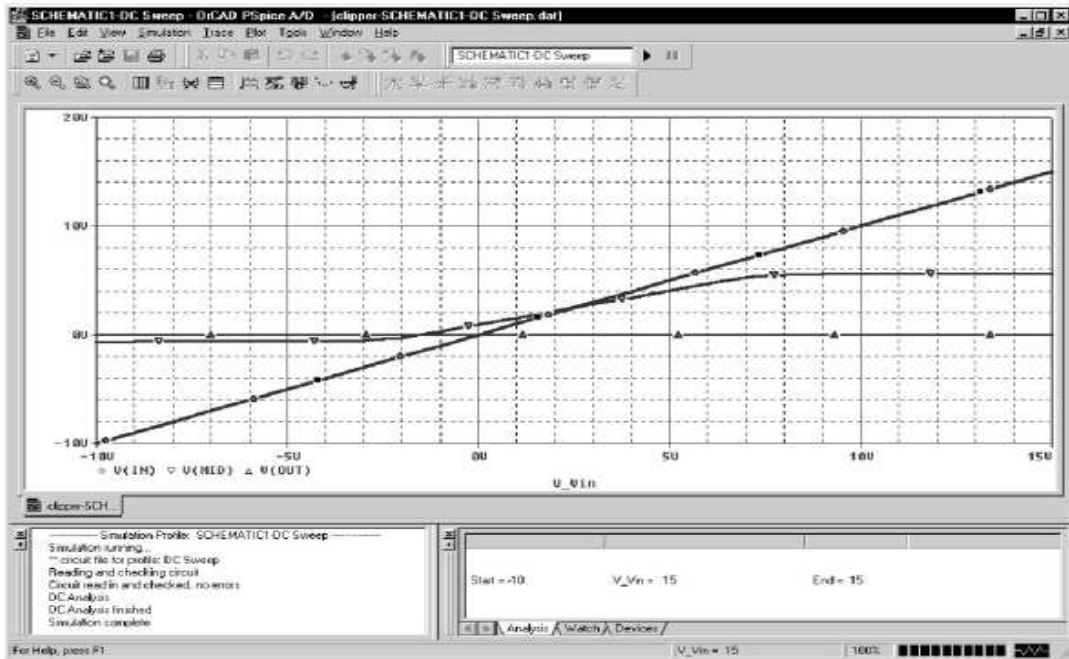


Figure 9 Voltage at In, Mid, and Out.

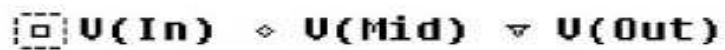


## Τοποθέτηση cursors στο $V(In)$ και $V(Mid)$

1. Από το PSpice Trace menu, διαλέγουμε cursor και πατάμε display.
2. Για να εμφανίσουμε τα cursor crosshairs:
  - i) Τοποθετούμε το mouse οπουδήποτε μέσα στο Probe window.
  - ii) Πατάμε αριστερό κλικ για να εμφανίσουμε τους crosshairs για τον πρώτο κέρσορα και δεξί για τον δεύτερο.
3. Τοποθετούμε τον πρώτο κέρσορα στην κυματομορφή  $V(In)$ .
  - i) Κλικ στο portion του ίχνους του  $V(In)$  στο 4 Volts πάνω στον άξονα X. Ο κέρσορας crosshair εμφανίζεται, όπως και οι τιμές στους άξονες X/Y.
  - ii) Για να φτάσουμε με ακρίβεια στα 4 Volts, χρησιμοποιούμε το δεξί και αριστερό βέλος του πληκτρολογίου.
4. Τοποθετούμε το δεύτερο κέρσορα στην κυματομορφή  $V(In)$ . Ακολουθείται η ίδια διαδικασία με πριν, μόνο που κάνουμε δεξί κλικ και χρησιμοποιούμε τα βέλη στο πληκτρολόγιο με shift.

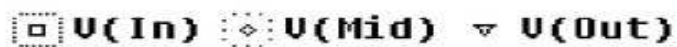


Η διαδικασία φαίνεται στα table10,figure11/12.

**Table 10** *Association of cursors with mouse buttons.*

cursor 1	left mouse button
cursor 2	right mouse button

 **U(In)**  **U(Mid)**  **U(Out)**

**Figure 11** *Trace legend with cursors activated.*

 **U(In)**  **U(Mid)**  **U(Out)**

**Figure 12** *Trace legend with V(Mid) symbol outlined.*

Figure 13 shows the Probe window with both cursors placed.

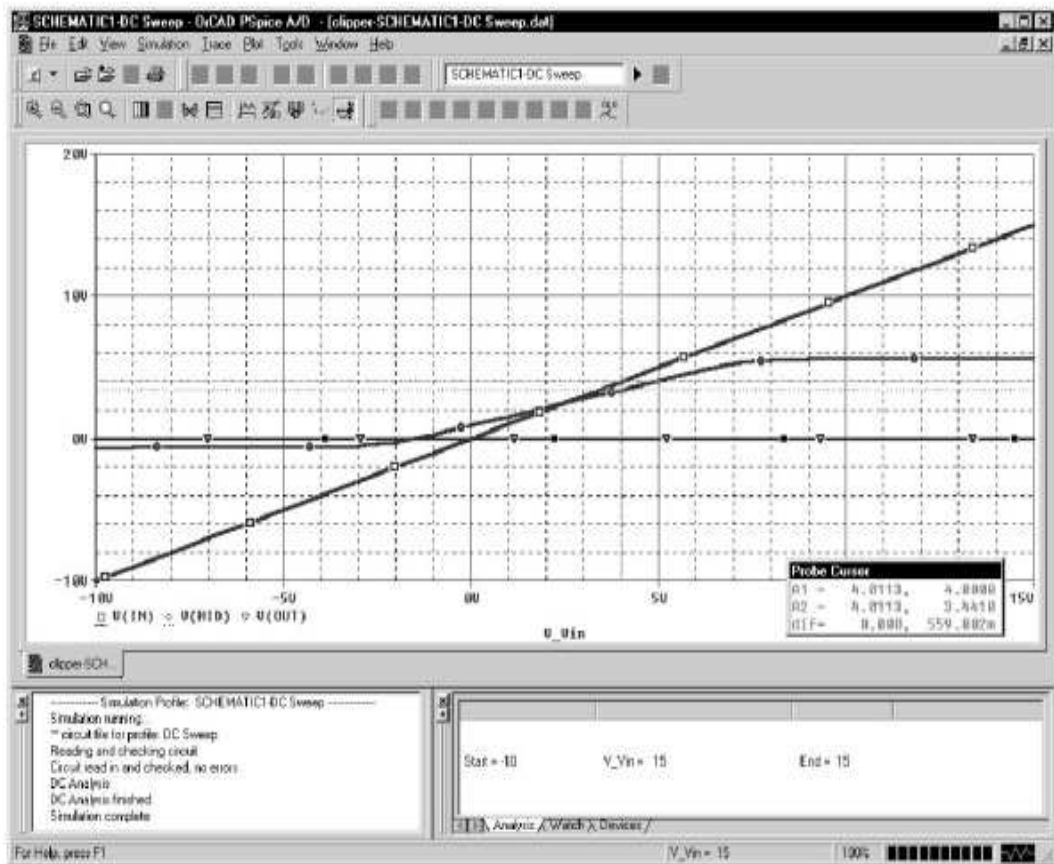


Figure 13 Voltage difference at  $V(In) = 4$  volts.

### Για διαγραφή των γραμμών (traces)

- Από το trace menu, επιλέγουμε delete all traces.

Στο σημείο αυτό, το σχέδιο έχει σωθεί. Εάν χρειαστεί η συνέχεια της ανάλυσης πραγματοποιείται αργότερα με χρήση του σωσμένου σχεδίου, αφού κλείσουμε το Capture και το PSpice.

## Transient analysis

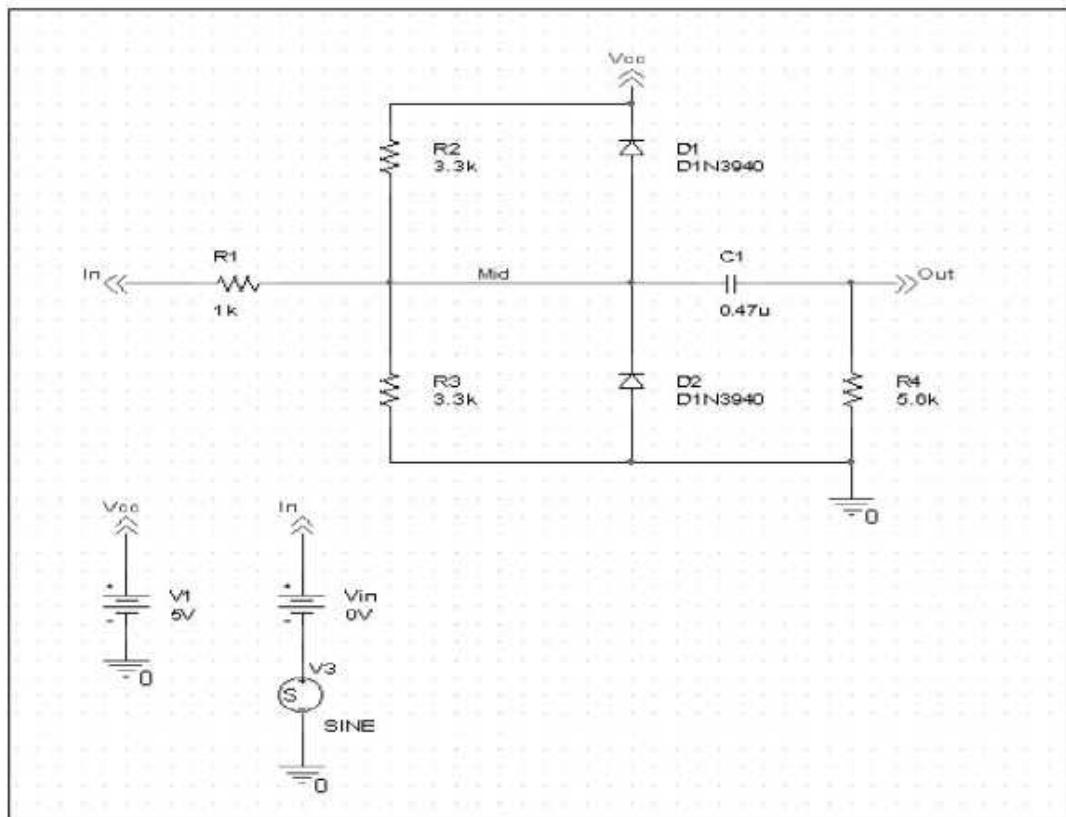


Figure 14 Diode clipper circuit with a voltage stimulus.

Το παράδειγμα δείχνει πώς να τρέξει η transient analysis στο κύκλωμα clipper. Αυτό απαιτεί την πρόσθεση στο κύκλωμα ενός time domain voltage stimulus όπως φαίνεται στο figure14.

### Πρόσθεση time-domain voltage stimulus

1. Από το Capture PSpice menu, τσεκάρουμε το markers και επιλέγουμε διαγραφή όλων.
2. Διαλέγουμε το ground part κάτω από την Vin πηγη.
3. Από το edit menu, επιλέγουμε cut.
4. Κάνουμε scroll down.
5. Τοποθετούμε ένα VSTIM part (από το PSpice library SOURCESTM.OLB), όπως φαίνεται στο figure14.

6. Από το edit menu,επιλέγουμε paste.
7. Τοποθετούμε το ground part κάτω από το VSTIM part όπως φαίνεται στο figure14.
8. Από το view menu,πατάμε zoom και μετά all.
9. Κάνουμε save.

## Ρυθμίζοντας το stimulus

1. Επιλέγουμε το VSTIM part (V3).
2. Από το edit menu,επιλέγουμε PSpice stimulus. Εμφανίζεται το new stimulus dialog box.
3. Στο new stimulus dialog box,πληκτρολογούμε sine.
4. Κάνουμε κλικ στο sin(sinusoidal),και μετά ok.
5. Στο SIN Attributes dialog box,ρυθμίζουμε τις τρεις πρώτες π.χ offset voltage-0,amplitude-10,frequency-1kHz.
6. Πατάμε apply για να εμφανιστεί η κυματομορφή. Ο stimulus Editor θα πρέπει να είναι σαν αυτόν του σχήματος στο figure15.
7. Πατάμε ok.

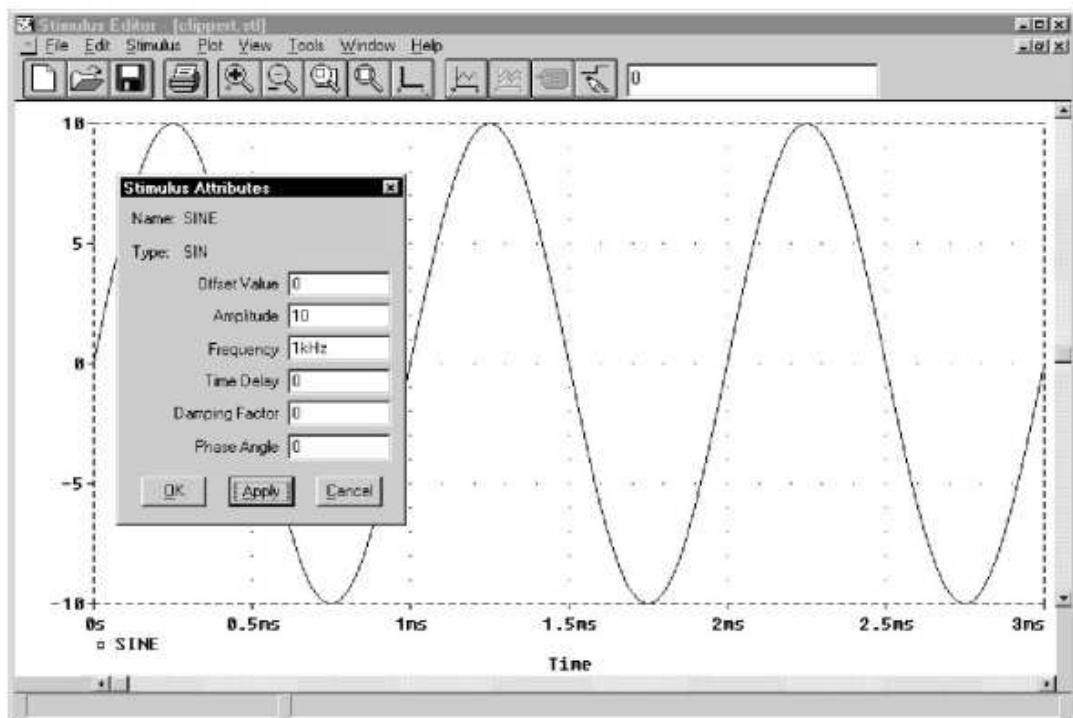
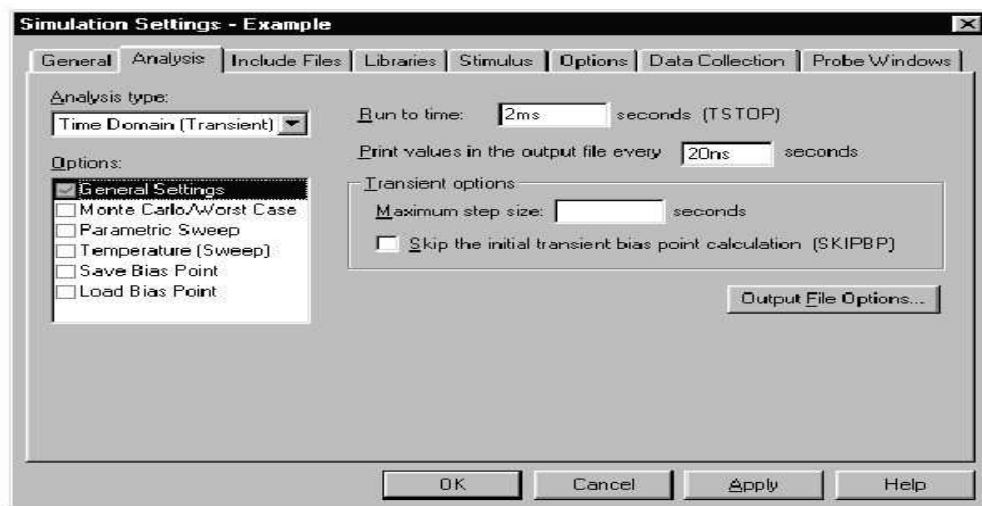


Figure 15 Stimulus Editor window.

8. Κάνουμε save για να σωθούν οι stimulus πληροφορίες. Κλικάρουμε yes για να ανανεωθεί το γράφημα.
9. Από το file menu επιλέγουμε exit για να κλείσουμε το stimulus editor.

### Για να τρέξει και να ρυθμιστεί transient analysis

1. Από το Capture PSpice menu ,επιλέγουμε new simulation profile. Ανοίγει το new simulation dialog box.
2. Στο Name text box,πληκτρολογούμε transient.
3. Από το Inherit From list,επιλέγουμε schematic1-DC sweep,στη συνέχεια create. Εμφανίζεται το simulation settings dialog box.
4. Κλικάρουμε το analysis tab.
5. Από το Analysis list,επιλέγουμε Time domain(transient) και εισάγουμε τις ρυθμίσεις του σχήματος figure16. TSTOP-2ms,start saving data after-20ns.



**Figure 16** *Transient analysis simulation settings.*

6. Κλικ στο ok για να κλείσει το simulation settings dialog box.
7. Από το PSpice menu,επιλέγουμε run για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση.



Το PSpice χρησιμοποιεί δικά του εσωτερικά βήματα για υπολογισμούς. Τα εσωτερικά αυτά βήματα αλλάζουν σύμφωνα με τις απαιτήσεις της transient analysis, καθώς αυτή πραγματοποιείται. Το PSpice σώζει δεδομένα στο αρχείο δεδομένων της κυματομορφής για κάθε εσωτερικό βήμα.

### Εμφάνιση ημιτονοειδούς σήματος και clipped wave στο V(Out)

1. Από το PSpice trace menu, επιλέγουμε add trace.
2. Στο trace list, επιλέγουμε V(In) και V(Out) κλικάροντας τα.
3. Πατώντας ok εμφανίζονται τα ίχνη.
4. Από το tools menu ,επιλέγουμε options για να εμφανιστεί το Probe Options dialog box.
5. Στο Use Symbols frame πατάμε Always αν δεν είναι ήδη ενεργοποιημένο.
6. Πατάμε ok.

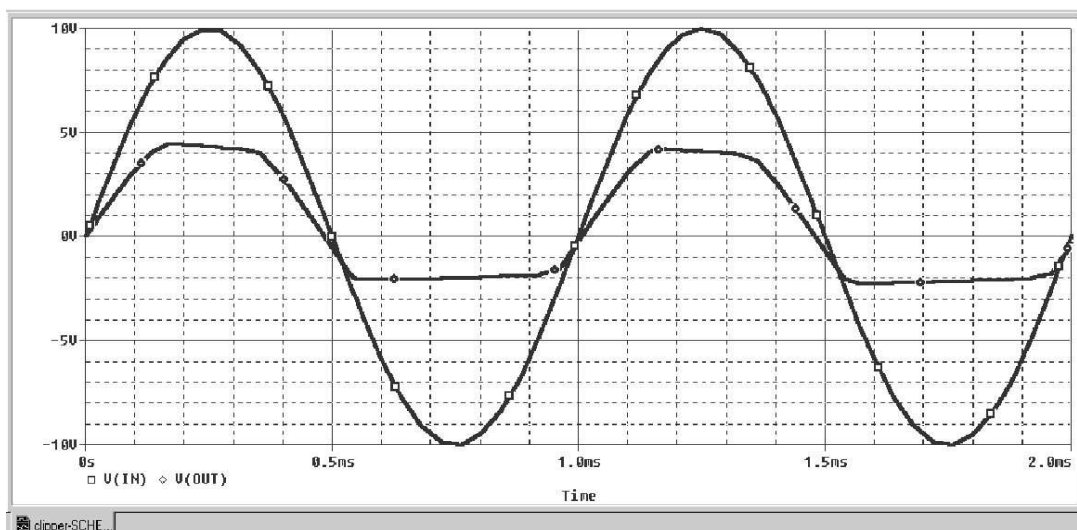


Figure 17 Sinusoidal input and clipped output waveforms.

## AC sweep analysis

Η AC sweep analysis στο PSpice είναι γραμμικής (ή μικρού σήματος) συχνότητας ανάλυση που χρησιμοποιείται για παρατήρηση συχνοτικής συμπεριφοράς οποιουδήποτε κυκλώματος στα bias point.

### Ρυθμίζοντας και εκτελώντας AC sweep analysis

Σε αυτό το παράδειγμα ,θα ρυθμίσουμε το clipper κύκλωμα για AC ανάλυση ,προσθέτοντας μια AC πηγή τάσης για stimulus σήμα ρυθμίζοντας AC sweep παραμέτρους.

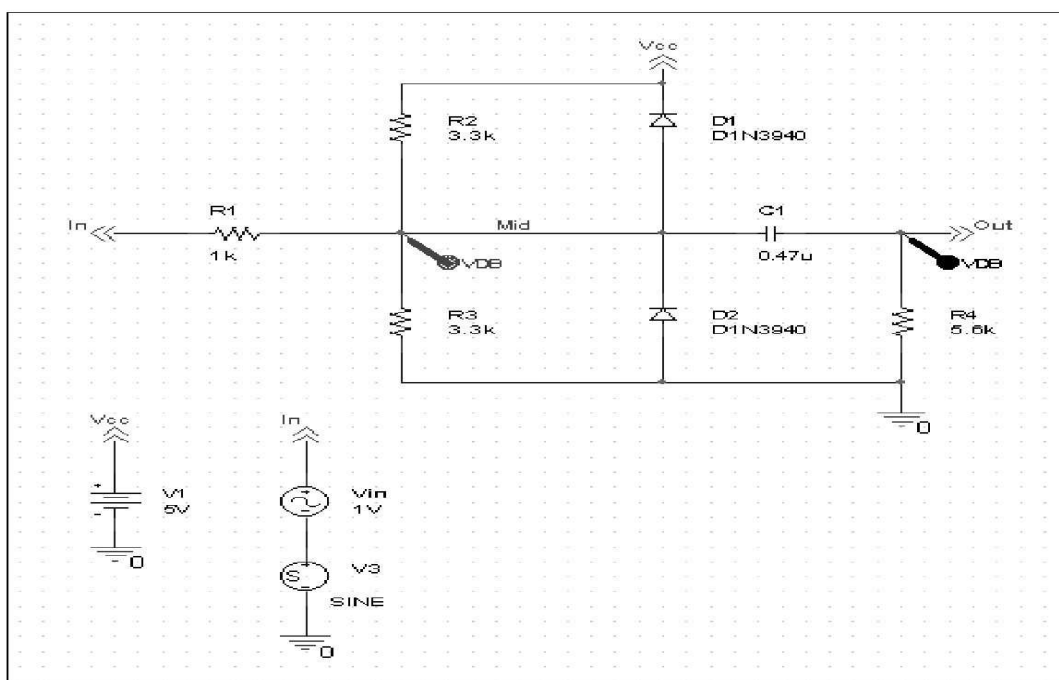


Figure 18 *Clipper circuit with AC stimulus.*

### Για να περιληφθεί το AC stimulus signal στο Vin

1. Στο Capture ,ανοίγουμε το CLIPPER.OPJ.
2. Επιλέγουμε τη DC πηγή τάσης Vin και πατάμε delete.
3. Από το Place menu,επιλέγουμε Part.



4. Στο Part text box,πληκτρολογούμε VAC(από την PSpice library SOURCE.OLB) και πατάμε ok.
5. Τοποθετούμε την AC πηγή τάσης στο schematic page,όπως φαίνεται στο figure17.
6. Διπλό κλικ στο VAC part (0V) για να εμφανιστούν τα Parts spreadsheet.
7. Αλλάζουμε το Reference cell σε Vin και το ACMAG cell σε 1V.
8. Κλικάρουμε Apply για να ανανεωθούν οι αλλαγές και κλείνουμε το spreadsheet.

### Ρύθμιση και πραγματοποίηση AC sweep simulation

1. Από το Capture PSpice menu,επιλέγουμε new simulation profile.
2. Από το Capture PSpice menu, επιλέγουμε New Simulation Profile. Εμφανίζεται το Simulation Settings dialog box.
3. Κλικάρουμε Analysis tab.
4. Από το Analysis type list, επιλέγουμε AC Sweep/Noise και εισάγουμε τις ρυθμίσεις του figure19.

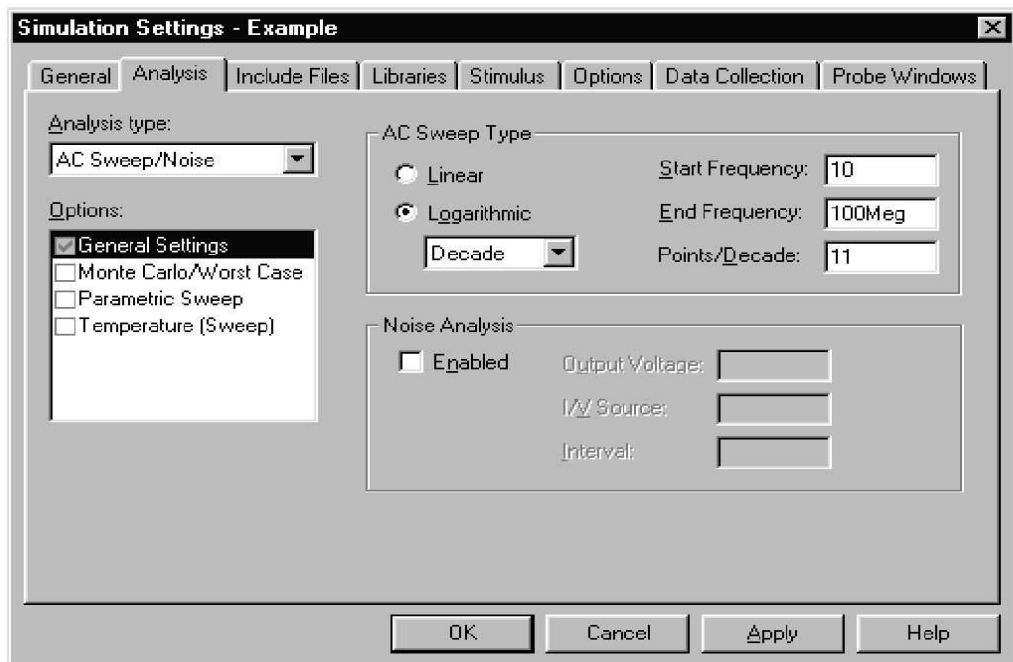


Figure 19 AC sweep and noise analysis simulation settings.

5. Με ok κλείνει το Simulation Settings dialog box.

6. Από το PSpice menu, επιλέγουμε Run για να αρχίσει η εξομοίωση. Το PSpice πραγματοποιεί AC Analysis.

### Πρόσθεση markers για την Waveform Analysis

1. Από το Capture PSpice menu, τσεκάρουμε το Markers, τσεκάρουμε το Advanced και επιλέγουμε db Magnitude of voltage.
2. Τοποθετούμε ένα Vdb marker στο Outnet και άλλο ένα στο Midnet.
3. Κάνουμε save, για να αποθηκευτεί το σχέδιο.

### Αποτελέσματα της AC sweep analysis

Το PSpice εμφανίζει το μέγεθος σε db ( $20\log_{10}$ ) της τάσης στα marked δίκτυα Out και Mid σε ένα Probe Window όπως φαίνεται στο figure 20.

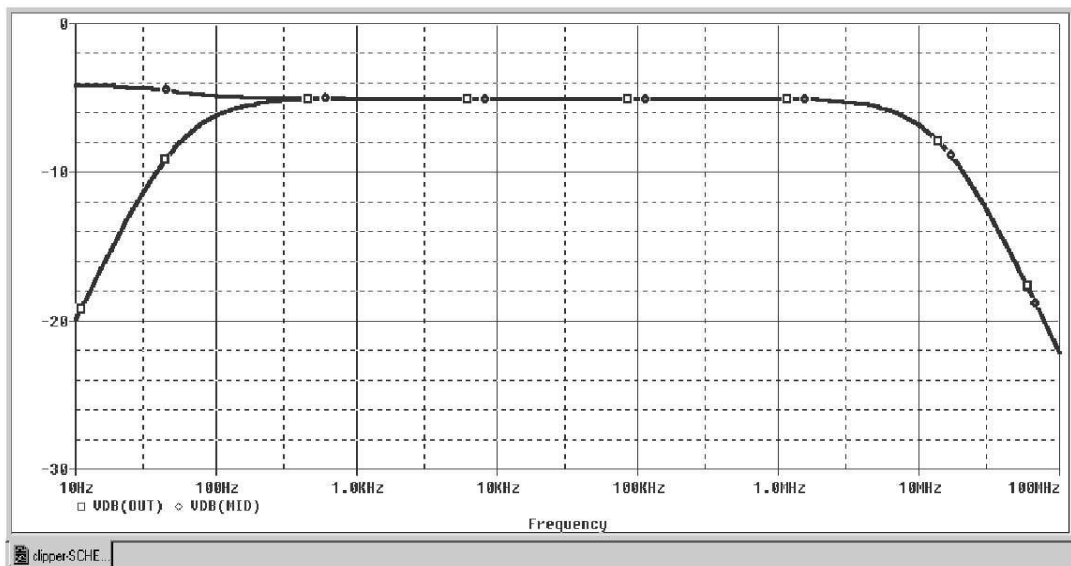


Figure 20 *dB magnitude curves for “gain” at Mid and Out.*

## Για να εμφανιστεί το σχέδιο τάσης εξόδου, συμπεριλαμβανομένης και της τάσης

1. Από το Capture PSpice menu, τσεκάρουμε το Markers, τσεκάρουμε το Advanced και επιλέγουμε phase of voltage.
2. Τοποθετούμε ένα Vphase marker στην έξοδο μετά το Vdb marker.
3. Διαγράφουμε το Vdb marker στο Mid.
4. Ανοίγουμε το PSpice. Στο Probe window, σχεδιάζονται κέρδος και φάση στο ίδιο σχεδιάγραμμα με την ίδια κλίμακα.
5. Κλικάρουμε το trace name VP(Out) για να επιλέξουμε trace.
6. Από το Edit menu, επιλέγουμε Cut.
7. Από το Plot menu, διαλέγουμε Add Y Axis.
8. Από το Edit menu, επιλέγουμε Paste. Το σχέδιο εμφανίζεται όπως φαίνεται στο figure21.

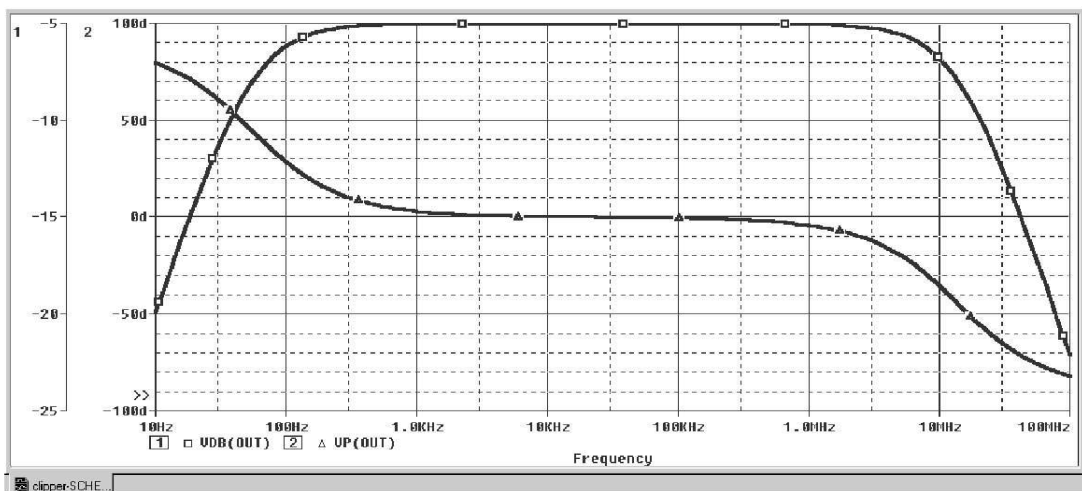


Figure 21 *Bode plot of clipper's frequency response.*

## Parametric analysis

Αυτό το παράδειγμα δείχνει την επιρροή της αλλαγής αντίστασης εισόδου στο bandwidth και στο gain του κυκλώματος clipper:

- Αλλάζοντας την τιμή της R1 στην έκφραση {Rval}.
- Τοποθετώντας PARAM part για να δηλώσουμε την παράμετρο Rval.
- Ρυθμίζοντας και πραγματοποιώντας την parametric analysis για αλλαγή της τιμής της R1 χρησιμοποιώντας την RVal.

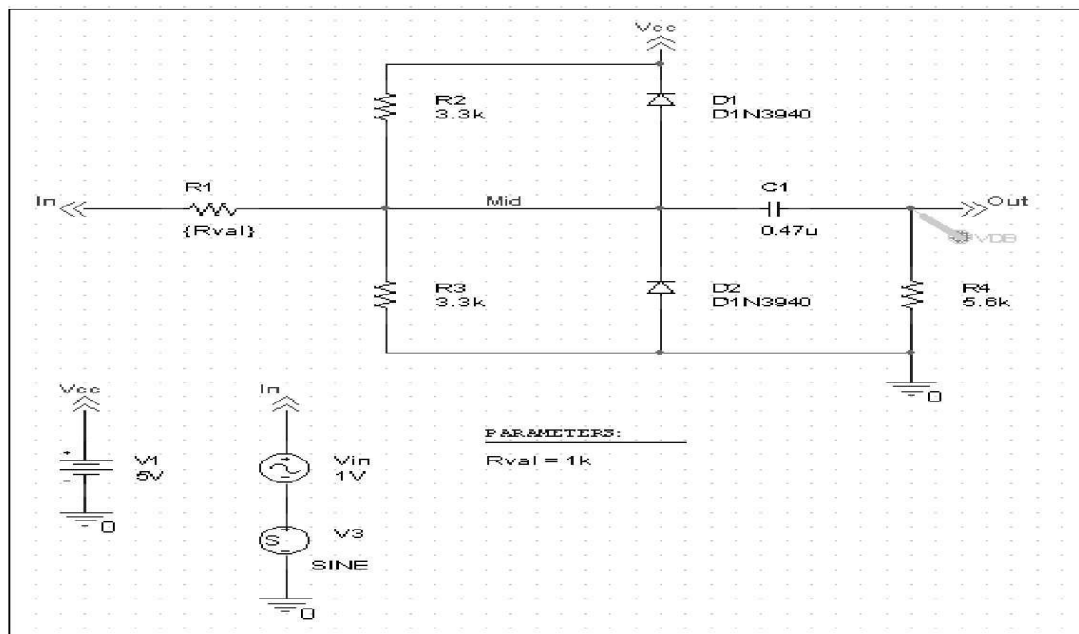


Figure 22 Clipper circuit with global parameter Rval.

Αυτό το παράδειγμα, παράγει πολλαπλές αναλύσεις, όπου κάθε μια έχει διαφορετική τιμή R1. Μετά την ολοκλήρωση της, μπορούν να αναλυθούν συγγενικές καμπύλες για την ανάλυση με χρήση PSpice.

## Ρύθμιση και πραγματοποίηση parametric analysis

### Για να αλλάξει η τιμή του R1 στην έκφραση {RVal}

1. Στο Capture, ανοίγουμε CLIPPER.OPJ.
2. Διπλό κλικ στην τιμή (1K) του part R1, για να εμφανιστεί το display properties dialog box.
3. Στο Value text box, αντικαθιστούμε το 1K με {RVal}.
4. Πατάμε ok.

### Για να προστεθεί PARAM part για δήλωση της παραμέτρου RVal

1. Από το Capture Place menu, διαλέγουμε Part.
2. Από το Part text box, πληκτρολογούμε PARAM(από το PSpice library SPECIAL.OLB) και μετά ok.
3. Τοποθετούμε ένα PARAM part σε οποιαδήποτε ανοιχτή περιοχή στο Schematic Page.
4. Διπλό κλικ στο PARAM part για εμφανίσουμε τα Part Spreadsheet, μετά κλικ στο New.
5. Στο Property Name text box, εισάγουμε RVal και πατάμε ok.
6. Κάνουμε κλικ στο κουτάκι στο Rval Column και εισάγουμε 1K σαν αρχική τιμή της παραμετρικής σάρωσης.
7. Ενώ το κουτάκι είναι ακόμα επιλεγμένο, πατάμε display.
8. Στο display Format frame, επιλέγουμε όνομα, τιμή και πατάμε ok.
9. Πατάμε apply για να ενημερωθεί το πρόγραμμα με τις αλλαγές του PARAM part.
10. Κλείνουμε τα part spreadsheet.
11. Επιλέγουμε το VP marker και πατάμε delete για να καταργήσουμε το marker από την Schematic page.
12. Κάνουμε save, για να σωθούν οι αλλαγές.

## Ρύθμιση και πραγματοποίηση παραμετρικής ανάλυσης αλλαγής της τιμής του R1 με χρήση RVal

1. Από το Capture PSpice menu, επιλέγουμε New Simulation Profile. Ανοίγει το New Simulation dialog box.
2. Στο Name text box, πληκτρολογούμε parametric.
3. Από το Inherit From List, επιλέγουμε AC Sweep και μετά create.
4. Διαλέγουμε Analysis tab.
5. Στις επιλογές, ρυθμίζουμε τα settings όπως φαίνεται στο figure23.

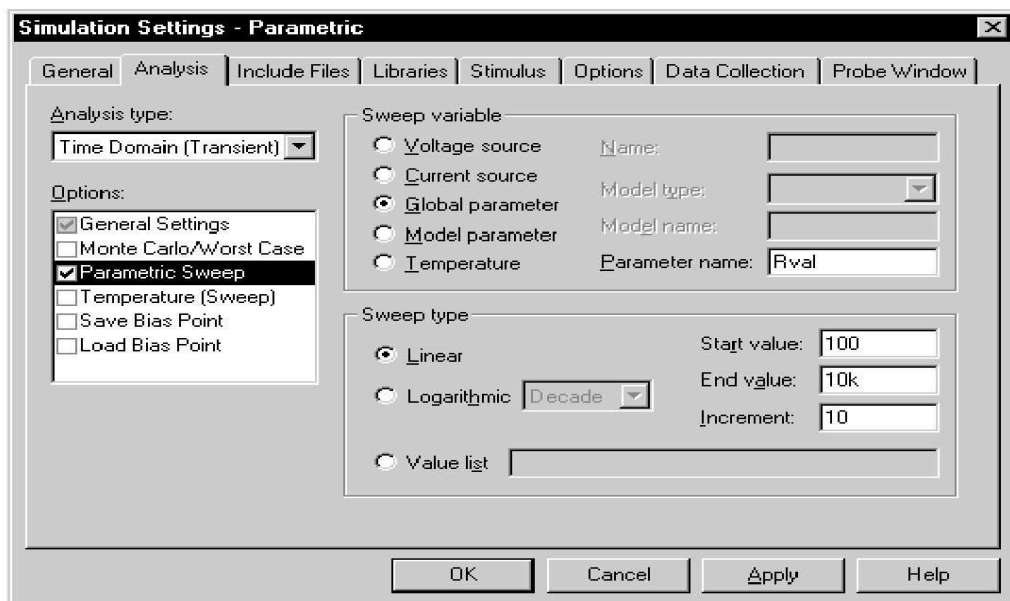


Figure 23 Parametric simulation settings.

6. Πατάμε ok.
7. Από το PSpice menu, επιλέγουμε run για εκκίνηση της ανάλυσης.

## Performance analysis

Είναι ένα προχωρημένο στοιχείο του PSpice το οποίο μπορεί να συγκριθεί με τα χαρακτηριστικά της οικογένειας των κυματομορφών. Η performance analysis είναι ένα στοιχείο των εντολών έρευνας που παρουσιάστηκαν νωρίτερα, για να ορίσουν στοιχεία που ανιχνεύουν σημεία σε κάθε καμπύλη της οικογένειας.

Μόλις ξεκαθαρίσουν αυτά τα στοιχεία είναι εύκολο να εφαρμοστούν σε μια οικογένεια κυματομορφών και να παράγουν ίχνη τα οποία είναι στοιχεία της ποικιλότητας που υπάρχει στην οικογένεια.

Το παράδειγμα αυτό δείχνει πως πρέπει να χρησιμοποιείται η performance analysis για να φανεί η εξάρτηση των χαρακτηριστικών του κυκλώματος σε μια σαρωμένη παράμετρο. Σε αυτή την περίπτωση, το μικρό signal bandwidth (εύρος σήματος) και το κέρδος του κυκλώματος clipper ζωγραφίζονται αντίθετα από τη σαρωμένη τιμή αντίστασης εισόδου.

### Για να σχεδιαστεί το bandwidth Vs RVal με χρήση performance analysis wizard

1. Στο Capture, ανοίγουμε το CLIPPER.OPJ.
2. Από το PSpice Trace menu, διαλέγουμε Performance analysis.
3. Κλικάρουμε το κουμπί Wizard.
4. Κάνουμε κλικ στο next.
5. Στην Choose a goal Function list, πατάμε Bandwidth και μετά next.
6. Κλικ στο Name of Trace του search text box και πληκτρολογούμε V(Out).
7. Κλικ στο db level down for bandwidth calc text box και πληκτρολογούμε 3.
8. Κλικ στο next. Το Wizard εμφανίζει την καμπύλη κέρδους (gain) για την πρώτη εκτέλεση (R=100) και δείχνει πως μετρήθηκε το bandwidth.

9. Με το πάτημα του next ή του finish, σχεδιάζεται το 3db bandwidth σε σχέση με το RVal.
10. Αλλάζοντας τον άξονα X σε λογαριθμική κλίμακα:
  - (a) Από το Plot menu, επιλέγουμε Axis Settings.
  - (b) Κλικ στο X-Axis tab.
  - (c) Επιλέγουμε Log.
  - (d) Πατάμε ok.

### Για σχεδιασμό gain Vs RVal manually(χειροκίνητα)

- 1) Από το Plot menu, διαλέγουμε Add Y Axis.
- 2) Από το Trace menu, διαλέγουμε Add για εμφάνιση του Add Traces dialog box.
- 3) Στο Function or Macro frame, επιλέγουμε το Goal functions list και μετά κάνουμε κλικ στο Max (1) goal function.
- 4) Στο Simulation Output Variables list, πατάμε V(Out).
- 5) Στο Trace Expression text box, γράφουμε Max (Vdb(Out)) και μετά ok. Το PSpice εμφανίζει το gain στο δεύτερο Y-άξονα σε σχέση με το RVal.

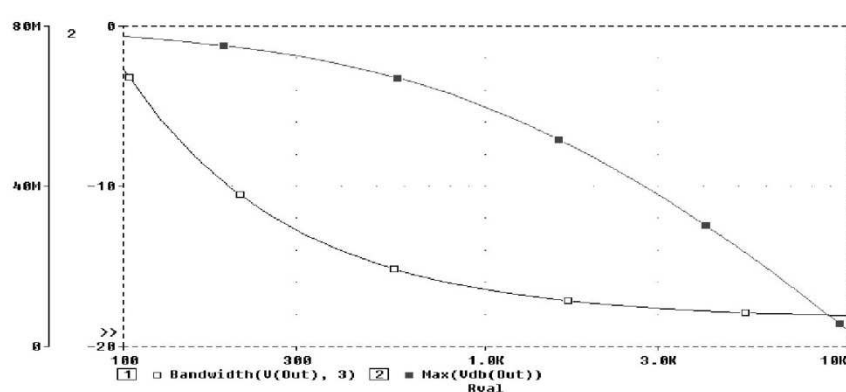


Figure 26 Performance analysis plots of bandwidth and gain vs. Rval.

Το figure26 δείχνει το τελικό σχέδιο της performance analysis του 3db bandwidth και κέρδους σε σχέση με τη σάρωση της τιμής αντίστασης εισόδου.

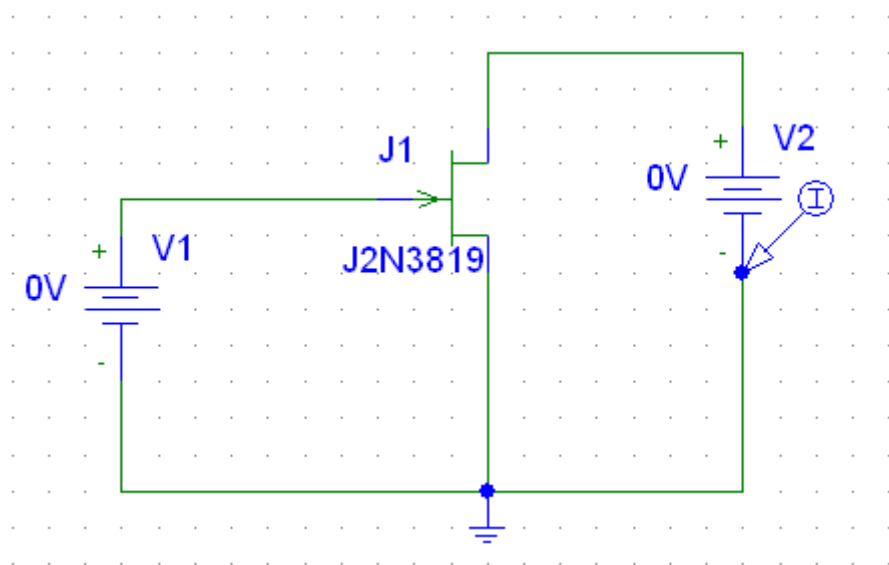


## ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΕΥΡΕΩΣ ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ EFFECT ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ PSpICE

Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστούν κάποια παραδείγματα εξομοιώσεων διαδεδομένων κυκλωμάτων. Τα κυκλώματα αυτά είναι ένας JFET ενισχυτής, ένα distortion pedal (Boss Ds-1), ένα κύκλωμα Fuzz Face και τέλος ένα παθητικό equalizer δύο περιοχών (Baxandall). Θα πραγματοποιηθούν κατάλληλες εξομοιώσεις, έτσι ώστε να σχεδιαστούν οι επιθυμητές κυματομορφές για κάθε κύκλωμα, ανάλογα με τη λειτουργία τους. Η διαδικασία αυτή, πραγματοποιείται για να έχουμε μια εικόνα για την λειτουργία των κυκλωμάτων, χωρίς να υλοποιηθούν τα κυκλώματα. Αναλύεται λεπτομερειακά, το πώς εισάγουμε τα κυκλώματα στο Pspice, η ρύθμιση των παραμέτρων, η προετοιμασία εξομοίωσης, η εξομοίωση και η ανάλυση των κυματομορφών, έτσι ώστε να λειτουργήσουν σαν παράδειγμα για έναν νέο χρήστη του προγράμματος.

## FET Amplifier με Pspice

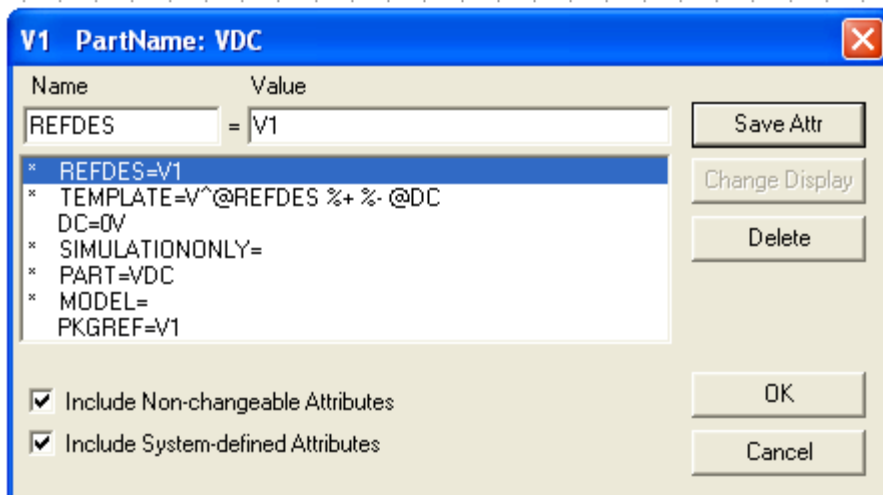
Το πρώτο παράδειγμα εξομοίωσης, είναι ένας ενισχυτής τύπου FET. Το κύκλωμα φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο. Θα εξομοιώσουμε αρχικά, μόνο τον FET, για να βρούμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας του.



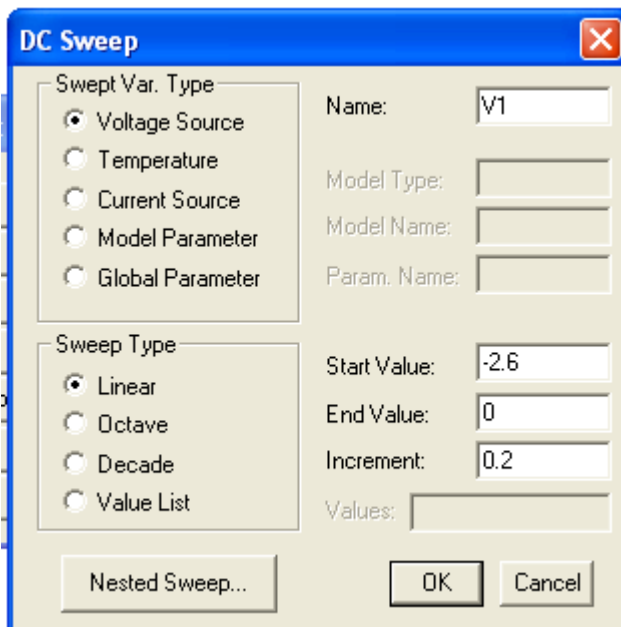
### Οδηγίες για το σχεδιασμό του κυκλώματος:

1. Ανοίγουμε το Pspice
2. Από την επιλογή get new part επιλέγουμε τα parts που βλέπουμε στο σχεδιάγραμμα (J2N3819, GND\_EARTH, IAC, VAC)
3. Καλωδιώνουμε το κύκλωμα με την επιλογή draw wire
4. Προσθέτουμε έναν current marker από την επιλογή εργαλείου με την αντίστοιχη ονομασία

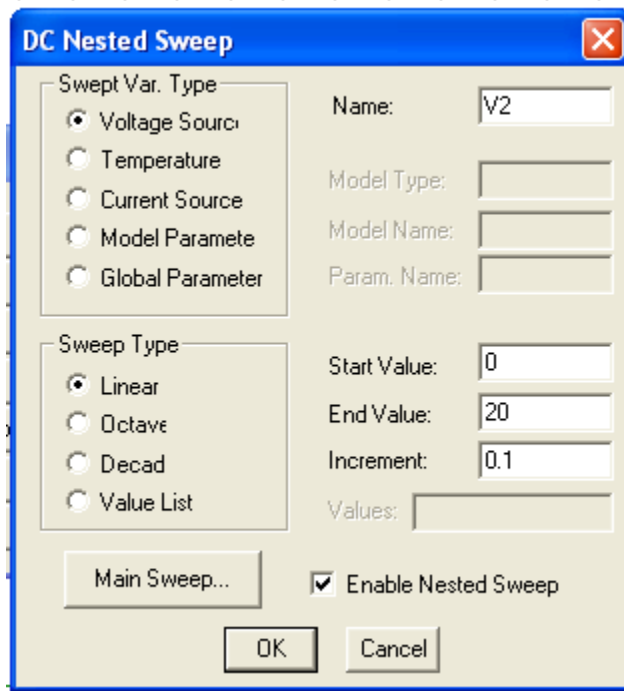
5. Στη συνέχεια με διπλό κλικ στις πηγές DC, επιλέγουμε DC=0



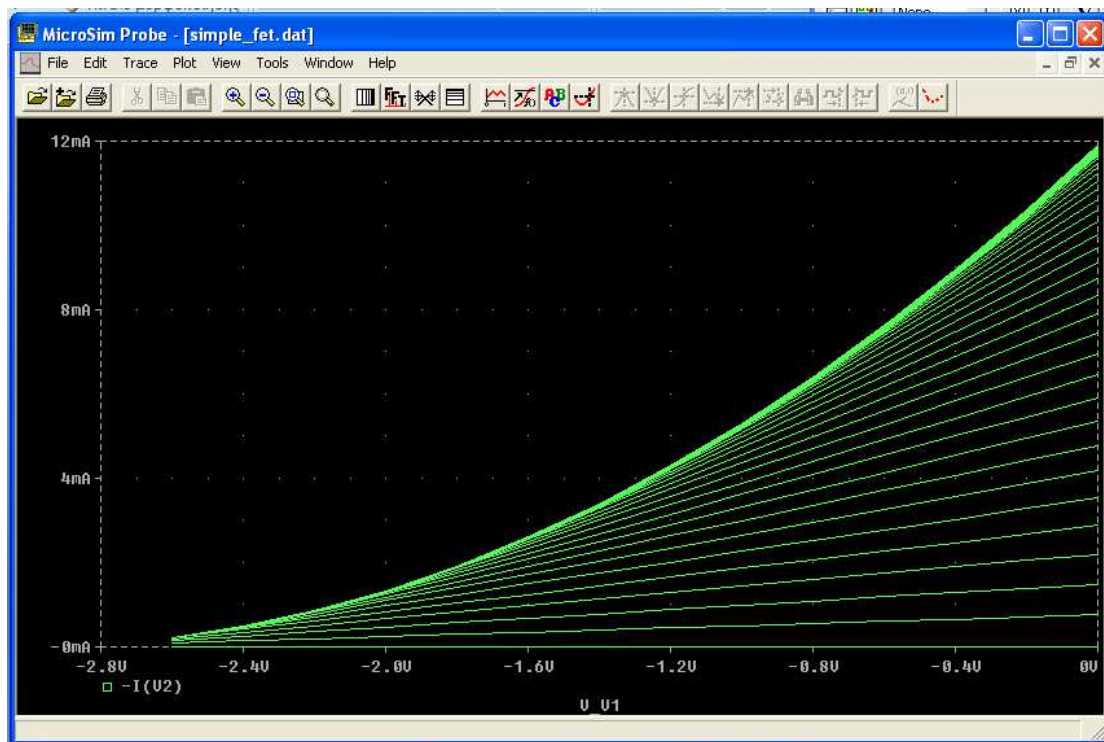
6. Μετά επιλέγουμε analysis, setup και τσεκάρουμε την επιλογή DC sweep. Στη συνέχεια ρυθμίζουμε όπως φαίνεται παρακάτω



και στη συνέχεια αφού επιλέξουμε nested sweep, ρυθμίζουμε ως εξής.



Αν τώρα τρέξουμε εξομοίωση πατώντας simulate θα εμφανιστεί το εξής γράφημα.



Αν τώρα ρυθμίσουμε όπως φαίνεται παρακάτω,

DC Sweep

Swept Var. Type

- Voltage Source
- Temperature
- Current Source
- Model Parameter
- Global Parameter

Name: V2

Model Type:

Model Name:

Param. Name:

Sweep Type

- Linear
- Octave
- Decade
- Value List

Start Value: 0

End Value: 20

Increment: 0.1

Values:

Nested Sweep... OK Cancel

DC Nested Sweep

Swept Var. Type

- Voltage Source
- Temperature
- Current Source
- Model Parameter
- Global Parameter

Name: V1

Model Type:

Model Name:

Param. Name:

Sweep Type

- Linear
- Octave
- Decade
- Value List

Start Value: -2.6

End Value: 0

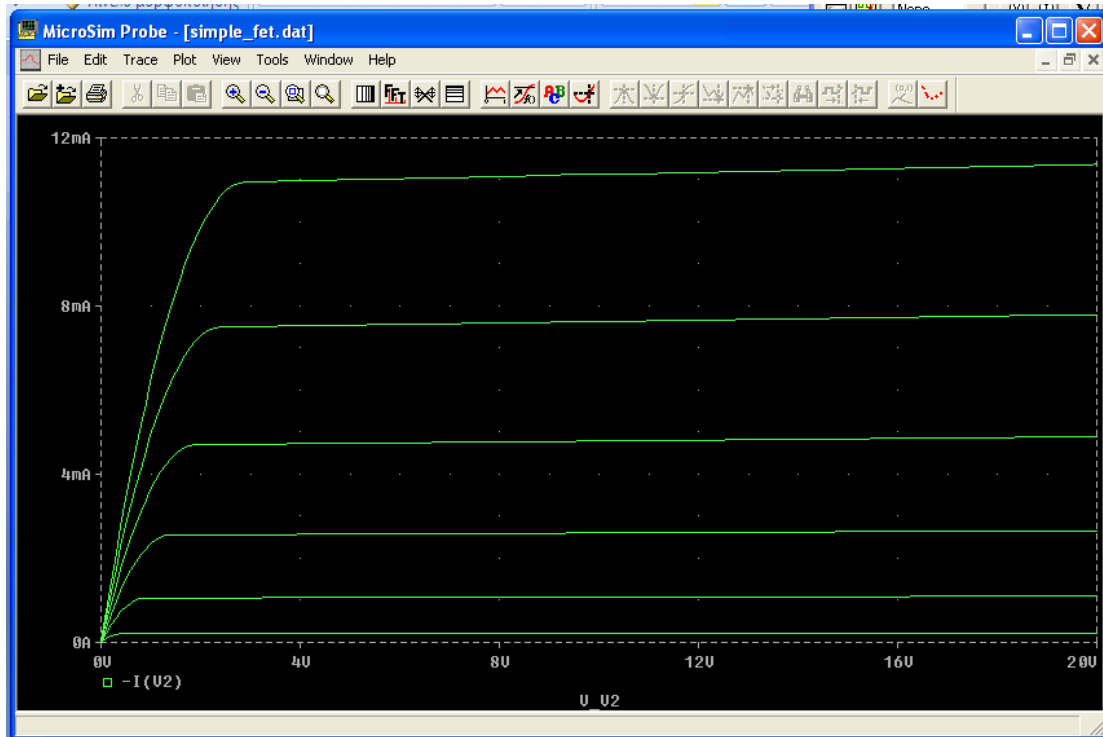
Increment: 0.5

Values:

Main Sweep...  Enable Nested Sweep

OK Cancel

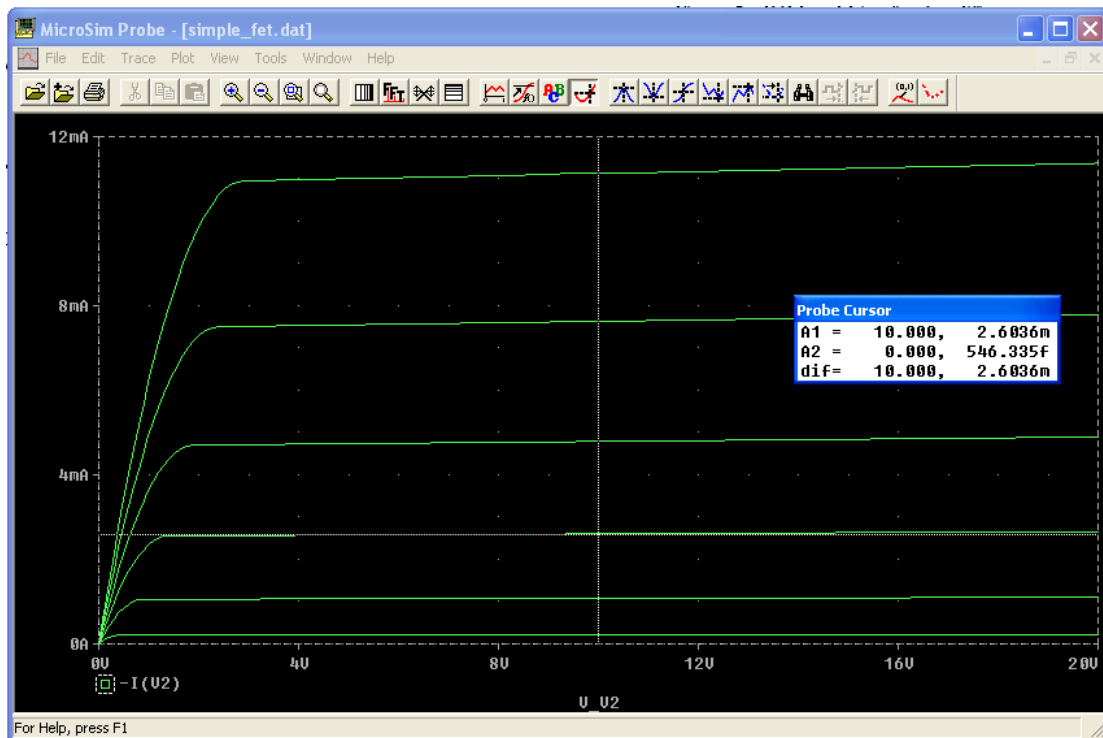
προκύπτει το παρακάτω σχεδιάγραμμα:



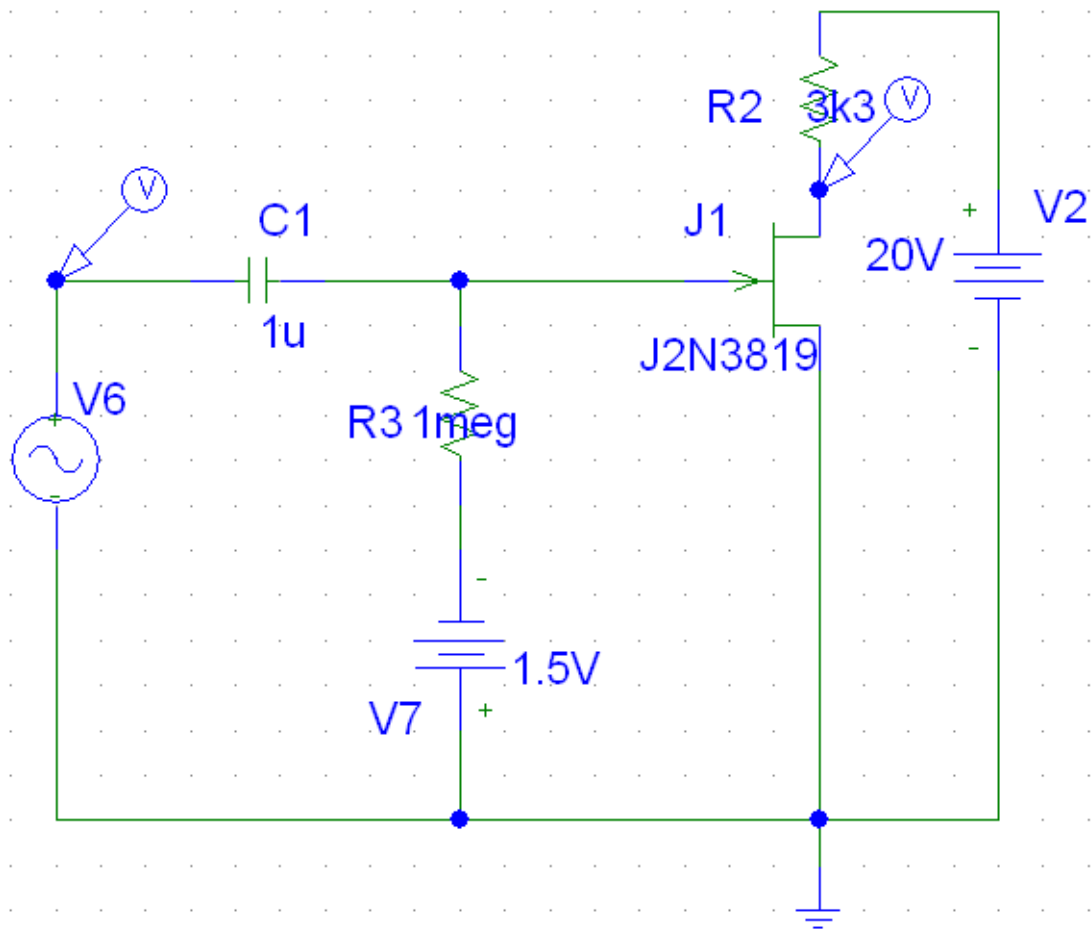
Τα παραπάνω σχεδιαγράμματα δείχνουν το ρεύμα που καταναλώνεται από το J1 για τις τάσεις  $V_{gate}=V1$  και για το  $V_{drain}=V2$ . Η πρώτη καμπύλη, που βρίσκεται πιο ψηλά από τις άλλες, είναι αυτή για πηγή εισόδου 0V, ενώ οι υπόλοιπες από κάτω είναι για χαμηλότερες τάσεις με βήμα -0.5V. Αυτές είναι οι χαρακτηριστικές καμπύλες I-V της συσκευής.

Τώρα πλέον που έχουμε τις καμπύλες αυτές θα πρέπει να ορίσουμε ένα DC σημείο παρατήρησης για τη συσκευή. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν το σημείο αυτό. Πρώτα από όλα, είναι θεμιτό ο ενισχυτής να λειτουργεί σε γραμμική περιοχή, για να ελαχιστοποιηθεί το ποσοστό του παραμορφωμένου σήματος. Η βέλτιστη περιοχή για τον JFET είναι η περιοχή όπου το drain ρεύμα είναι σχετικά σταθερό, δηλαδή αλλιώς constant current region. Θα πρέπει να αποφύγουμε τις περιοχές όπου η gate τάση είναι μεγαλύτερη του 0 και η drain τάση υπερβαίνει το όριο του κατασκευαστή, όπως επίσης θα πρέπει το  $I_d \cdot V_d$  να μην ξεπερνά το μέγιστο όριο ασφαλούς λειτουργίας τροφοδοσίας, για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση. Ουσιαστικά θα επιλέξουμε ένα operating point κοντά στη μέση τιμή της ασφαλούς περιοχής. Ακόμα, είναι καλό να μεγιστοποιήσουμε το εύρος εξόδου του ενισχυτή. Αν το operating point βρίσκεται πολύ κοντά στο δυναμικό της γείωσης ή

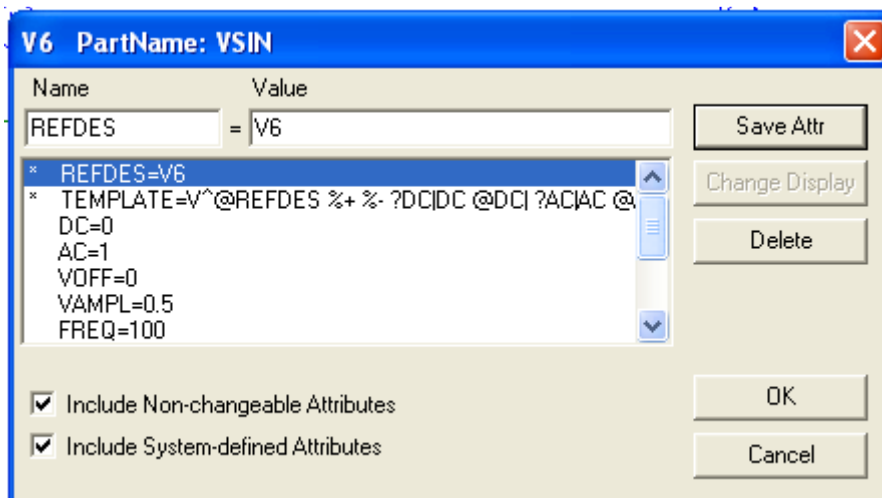
στην τάση τροφοδοσίας, στο σήμα θα παρατηρηθεί clip, πολύ γρηγορότερα σε σχέση με μια τιμή μακριά από αυτές τις δύο τάσεις. Έτσι συνήθως επιλέγεται ένα σημείο τάσης drain-source το οποίο, απέχει το ίδιο από την τάση τροφοδοσίας και γείωσης. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, έχει επιλεγεί το σημείο drain current 3mA και drain source voltage 10V. Τέλος η τάση τροφοδοσίας που έχει επιλεγεί για το συγκεκριμένο κύκλωμα είναι 20V.



Με την επιλογή toggle cursor στις I-V καμπύλες βρίσκουμε το σημείο παρατήρησης που έχουμε ορίσει, δηλαδή το  $I_{\text{drain}}=3\text{mA}$  και  $V_{\text{drain}}=10\text{V}$ . Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι καμπύλες διαφέρουν με βήμα 0.5V, άρα η καμπύλη που μας ενδιαφέρει είναι αυτή του -1.5V, όπως προκύπτει από το σχεδιάγραμμα. Άρα για να οδηγηθεί η gate στην κατάλληλη τάση (-1.5V), θα πρέπει να τροφοδοτήσουμε το κύκλωμα με μπαταρία 1.5V. Επίσης, εφόσον επιλέχθηκαν τα 10Volt για operating point, τα υπόλοιπα 10V (λόγω τροφοδοσίας 20V) θα πρέπει να καταναλωθούν από μία αντίσταση  $R_d$ , η οποία θα έχει τιμή  $V_d/I_d=10\text{V}/3\text{mA}=3.3\text{k}\Omega$ . Έτσι έχουμε το εξής σχεδιάγραμμα.



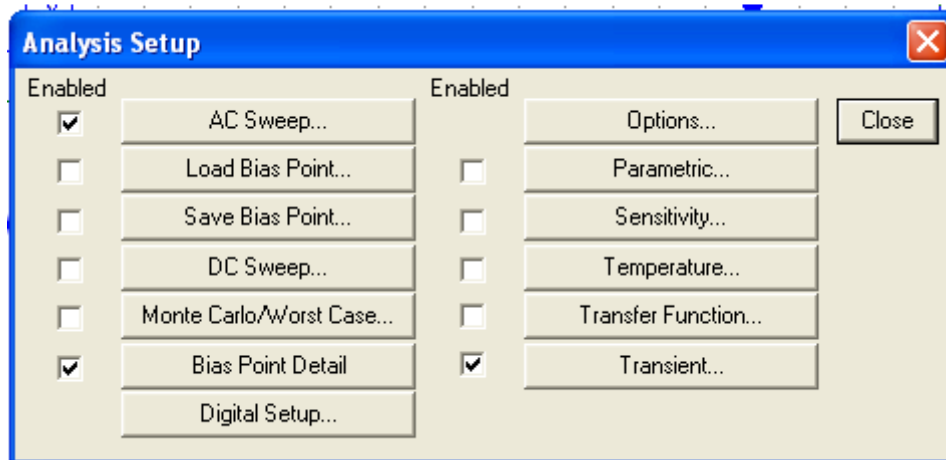
Θα εξομοιώσουμε το κύκλωμα με μία ρύθμιση για χαμηλό ημιτονοειδές σήμα. Δηλαδή, ορίζουμε σαν είσοδο, ημίτονο με πλάτος 0.5V<sub>p-p</sub> και συχνότητα 100Hz. Με διπλό κλικ στην V6, ρυθμίζουμε ως εξής:



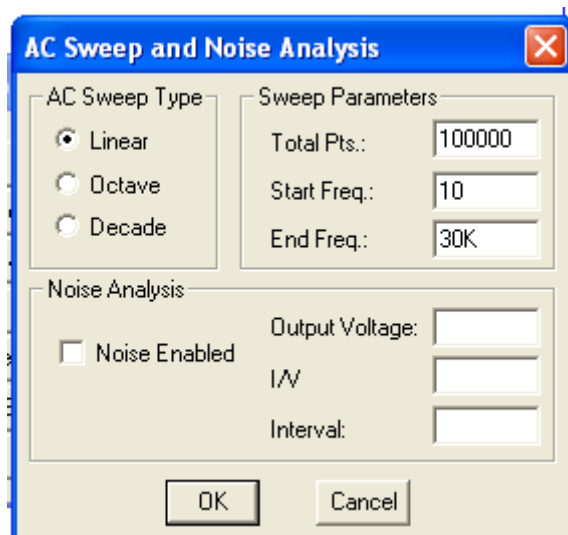
Σε αυτή την περίπτωση θα πραγματοποιήσουμε transient analysis, δηλαδή τα σχεδιαγράμματα θα εμφανίζουν τάση σε σχέση με το



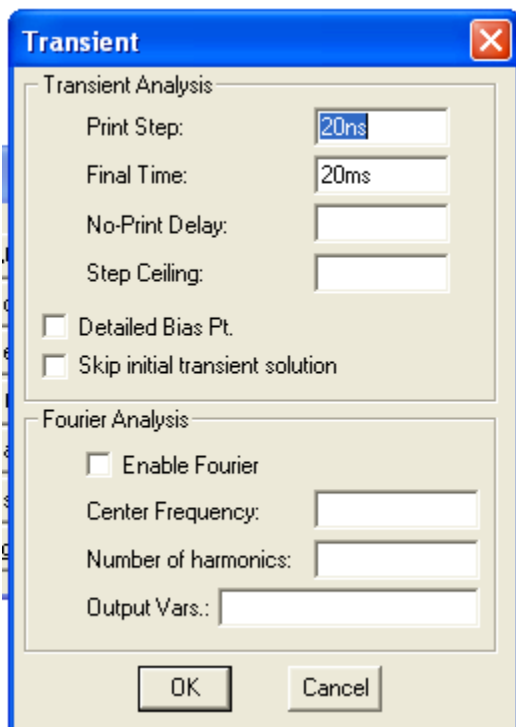
χρόνο(βασισμένη στο χρόνο). Για να γίνει κάτι τέτοιο επιλέγουμε το analysis, setup και επιλέγουμε ως εξής.



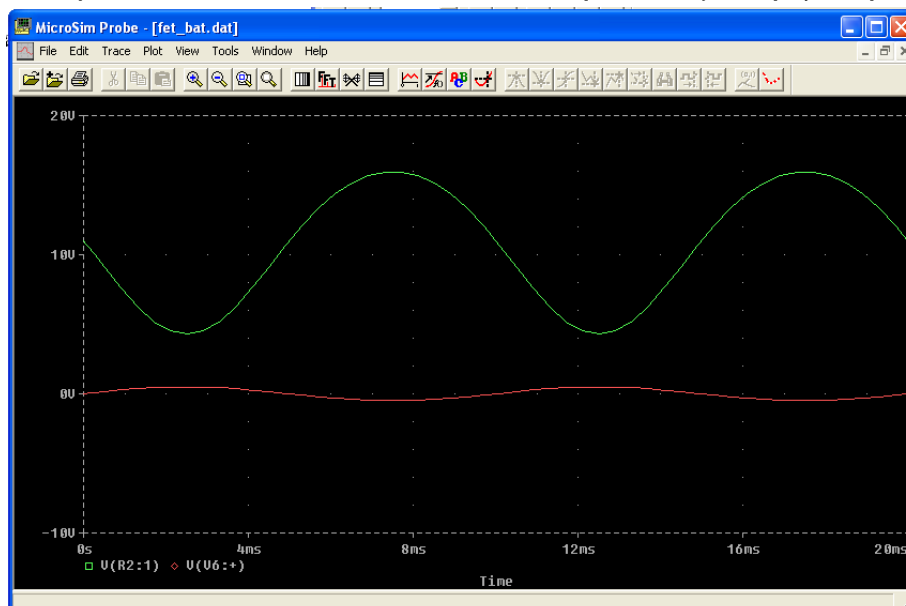
Με διπλό κλικ στο AC Sweep:



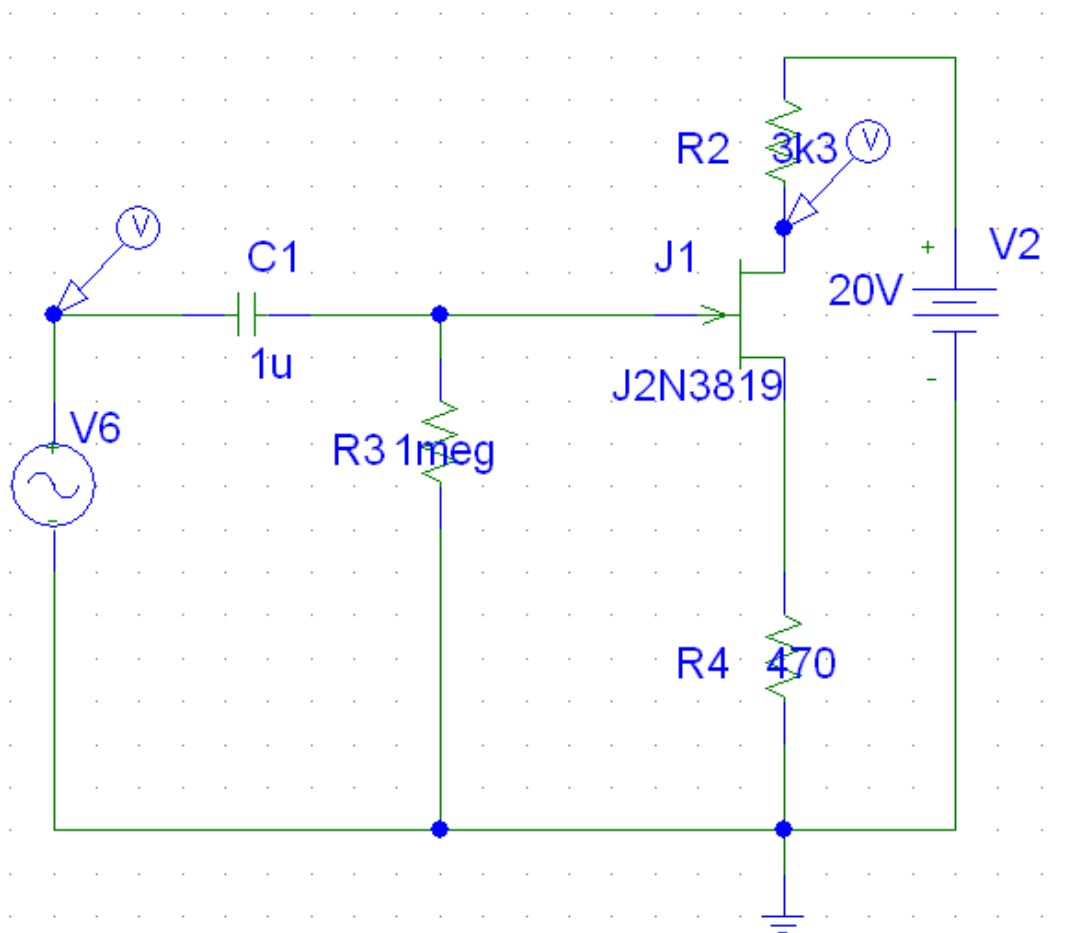
Με διπλό κλικ στο Transient Analysis:



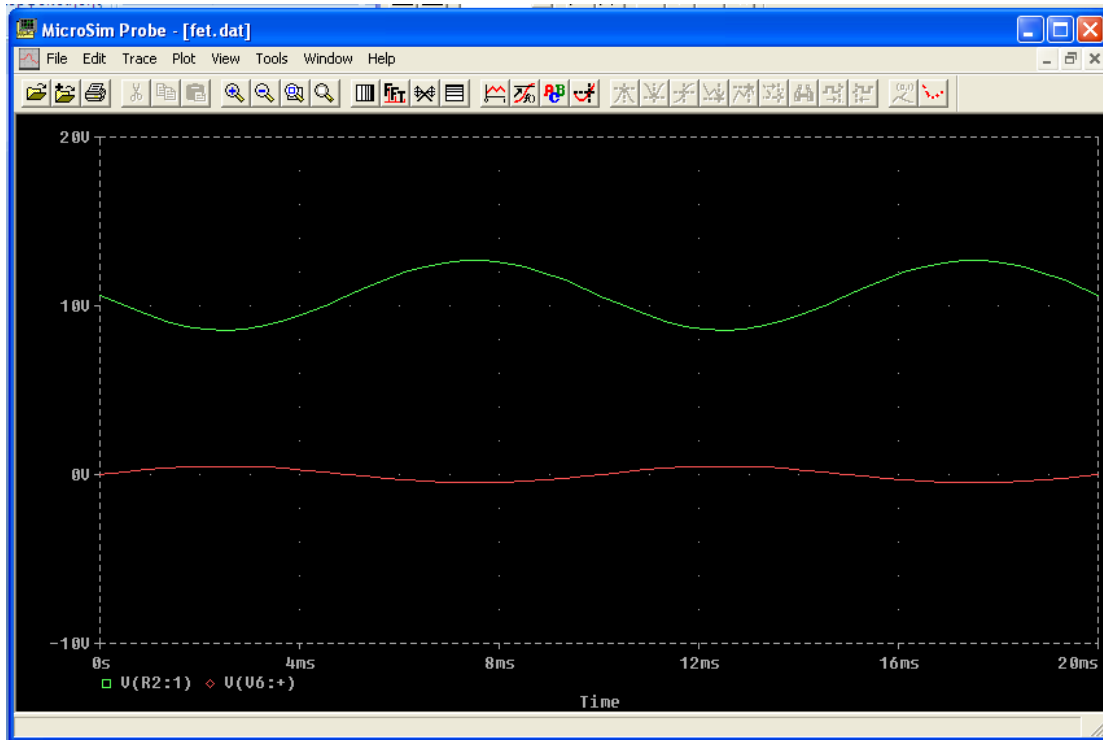
Αφού τρέξει εξομοίωση και επιλέξουμε transient προκύπτει το παρακάτω γράφημα, το οποίο είναι η είσοδος και η έξοδος του ενισχυτή μας. Όπως φαίνεται από το σχεδιάγραμμα, το σήμα εξόδου είναι πολύ μεγαλύτερο σε τάση, όπως επίσης έχει αυξηθεί και το πλάτος του κατά πολύ. Με τη βοήθεια του toggle cursor υπολογίζουμε ότι το  $V_{p-p}$  είναι πλέον 5.8V στην έξοδο, ενώ το σήμα εισόδου είχε  $V_{p-p}=0.5V$ . Το κέρδος gain υπολογίζεται από τον τύπο  $V_{out}/V_{in}$  και είναι 11,6 στην συγκεκριμένη περίπτωση.



Τώρα θα μετρηθεί το ίδιο κύκλωμα, χωρίς την μπαταρία με την εισαγωγή μίας αντίστασης. Το κύκλωμα αυτό λέγεται self-biassed και μπορεί να παραληφθεί η μπαταρία, λόγω του κόστους της και να αντικατασταθεί από μία επιπρόσθετη αντίσταση. Για να πετύχει κάτι τέτοιο θα πρέπει το gate ηλεκτρόδιο να διαφέρει κατά 1.5V από το ηλεκτρόδιο πηγής. Με την τεχνική self-bias κρατάμε την gate στα 0V ενώ αυξάνουμε το ηλεκτρόδιο πηγής στο +1.5V, πράγμα που οδηγεί στο ίδιο αποτέλεσμα τελικά. Σύμφωνα με τον νόμο του Ohm και πάλι, η καινούρια αντίσταση θα πρέπει να έχει τιμή 500ohm. Επιλέγουμε την κοντινότερη αντίσταση που βολεύει στα 470ohm. Το νέο σχέδιο είναι το παρακάτω:



Πραγματοποιούμε και πάλι transient analysis με τις ίδιες ρυθμίσεις όπως πριν και προκύπτει το εξής σχεδιάγραμμα.



Αυτή τη φορά παρατηρούμε ότι το σήμα εξόδου είναι χαμηλότερο από αυτό με την μπαταρία παρόλο που έχουμε το ίδιο σήμα εισόδου. Το  $V_{p-p}$  είναι περίπου 2.1volt αυτή τη φορά, άρα το κέρδος είναι περίπου 4, ενώ με την μπαταρία περίπου 11.

## Περιγραφή της συσκευής Boss Ds-1

Το distortion effect pedal DS-1 της BOSS ,είναι μία μονάδα εφέ η οποία δημιουργεί παραμόρφωση αλλά και sustain effect. Η περιστροφή των κομβίων μπορεί να αλλοιώσει τον ήχο, παράγοντας πολλά είδη ήχου, από ζεστό και μαλακό συνεχή ήχο, μέχρι δυναμική παραμόρφωση. Την τροφοδοσία της συσκευής μπορεί να αναλάβει μία 9V μπαταρία ή ένας AC adaptor.

### PANEL DESCRIPTIONS



## Περιγραφή panel

1. AC adaptor. Το πεντάλ συνδέεται με ένα AC adaptor (ο BOSS PSA-Series είναι διαθέσιμος). Με τη χρήση αυτού, δεν υπάρχει ανησυχία για το πόση μπαταρία απομένει. Η μπαταρία είναι καλό να βρίσκεται μέσα στη συσκευή, για ενδεχόμενη τυχαία αποκόλληση του AC adaptor από την πρίζα, έτσι ώστε να μη διακοπεί η λειτουργία του.
2. Ένδειξη ελέγχου. Η ένδειξη αυτή δείχνει πότε η μονάδα είναι σε λειτουργία ON/OFF αλλά και τη στάθμη της μπαταρίας. Η ένδειξη ανάβει όταν η συσκευή λειτουργεί. Όταν αρχίσει να αναβοσβήνει ή σβήσει, η μπαταρία αδειάζει και χρειάζεται αντικατάσταση. Επίσης δείχνει πότε η συσκευή είναι συνδεδεμένη με την τροφοδοσία.
3. Έξοδος JACK. Η έξοδος αυτή χρησιμοποιείται για να συνδεθεί η συσκευή με τον ενισχυτή ή άλλη μονάδα.
4. Switch Pedal είναι ο διακόπτης που ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τη συσκευή.
5. Η βίδα που κρατάει το κάλυμμα της μπαταρίας.
6. Είσοδος JACK είναι η υποδοχή JACK βύσματος στην οποία συνδέεται το καλώδιο σήματος εισόδου, προερχόμενο από κιθάρα ,άλλο όργανο ή άλλη μονάδα εφέ. Η είσοδος αυτή λειτουργεί επίσης σαν διακόπτης ON/OFF, όταν είναι συνδεδεμένη με καλώδιο ή όχι αντίστοιχα.

## Tone knob

Το κουμπί αυτό διαχειρίζεται τον τόνο της παραμόρφωσης που ακούγεται. Περιστρέφοντας το κουμπί με τη φορά του ρολογιού, αποκόπτονται οι χαμηλές συχνότητες και δημιουργείται σκληρός ήχος. Η αντίθετη από τη φορά του ρολογιού περιστροφή, κόβει υψηλές συχνότητες και δημιουργεί ζεστό και μαλακό ήχο.

## **Distortion knob**

Το κουμπί αυτό διαχειρίζεται το βάθος της παραμόρφωσης καθώς και τη διάρκεια του παρατεταμένου ήχου. Περιστρέφοντας δεξιόστροφα η παραμόρφωση βαθαίνει και αυξάνεται η διάρκεια του sustain.

## **Level knob**

Αυτό το κουμπί αυξομειώνει τη στάθμη του επεξεργασμένου ήχου σε σχέση με τον καθαρό. Η σωστή θέση του κουμπιού είναι εκεί όπου δεν υπάρχει αίσθηση της ηχητικής διαφοράς ανάμεσα στο εφέ και τον καθαρό ήχο.

Η εισαγωγή βύσματος στο input jack αυτομάτως ενεργοποιεί τη μονάδα. Πριν συνδεθεί ή αποσυνδεθεί οποιαδήποτε συσκευή, πρέπει να είναι στην ελάχιστη θέση όλα τα volume controls της διάταξης, για αποφυγή καταστροφών σε στοιχεία που συνθέτουν το σύστημα.

## **Χρήση της συσκευής**

Αφού πραγματοποιηθεί η απαραίτητη συνδεσμολογία και τα τρία knobs μηδενιστούν(στη θέση δώδεκα ακριβώς),ενεργοποιείται η συσκευή με πάτημα του πεντάλ. Στη συνέχεια παίρνει χώρα η ρύθμιση των knobs.

## Χαρακτηριστικά

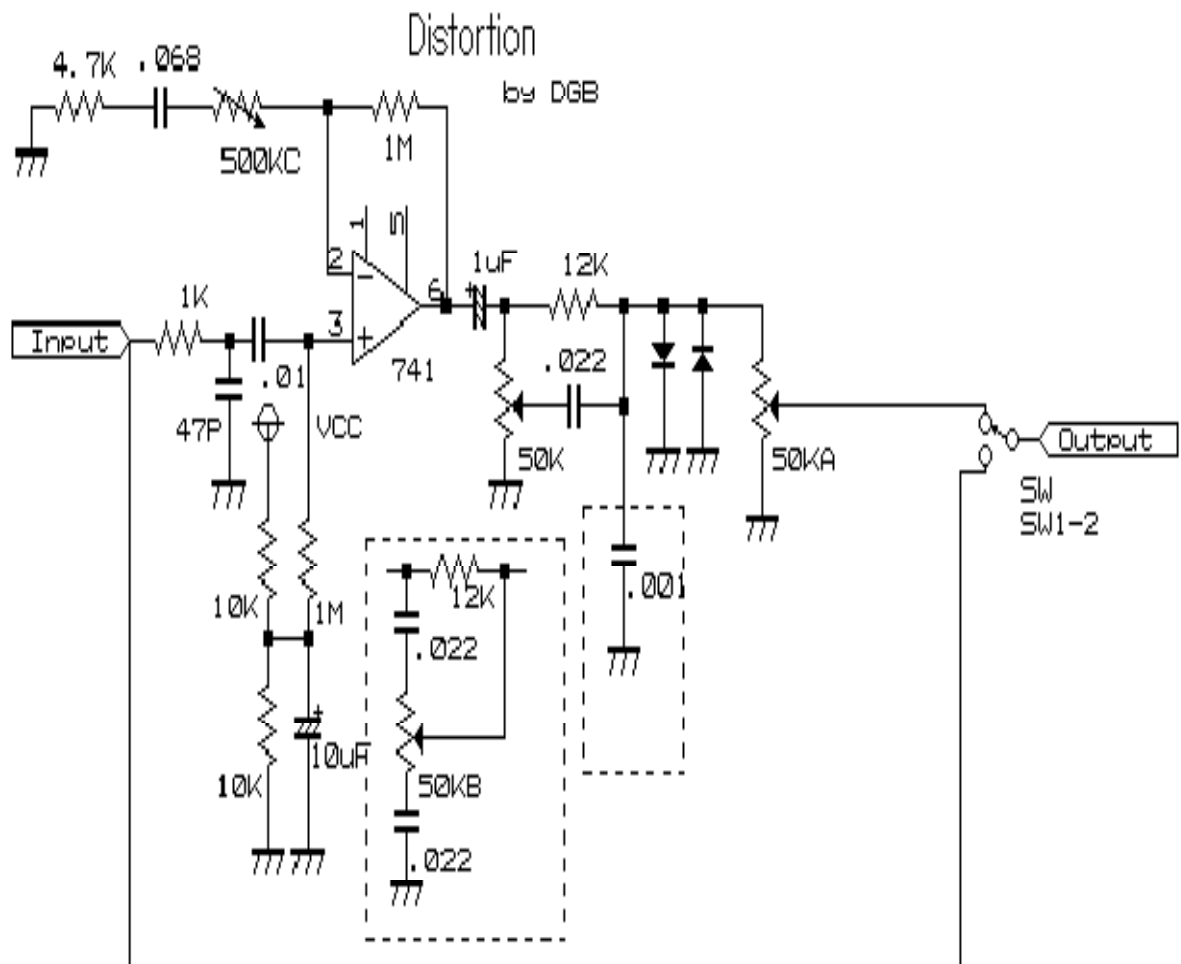
Nomimal input level	-20dBu
Input impedance	470Ω
Nomimal output level	-20dBu
Output impedance	1KΩ
Equivalent input noise level	-122dBu(JHF-A Typ.)
Controls	pedal switch,tone knob Distortion knob , level knob
Indicator	Check indicator
Connectors	input/output jack AC adaptor jack 9V DC
Power supply	9V DC dry battery 9V Type (6F22/9V),AC adaptor
Current draw	4mA (9V DC)
Dimensions	73(W)x129(D)x59(H)mm
Weight	400 g(including battery)
Accessories	owners manual,dry battery 9Vtype (6F22/9V),leaflet(using the unit safely,important notes and information)
Options	AC adaptor PSAseries

\*0dBu=0,775V



## Σχεδιασμός και εξομοίωση κυκλώματος του πεντάλ BOSS DS-1 Distortion

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το κύκλωμα.



## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

1. Ανοίγουμε το Microsim Schematics.
2. Στο πάνω μέρος της επιφάνειας εργασίας υπάρχει ένα εικονίδιο get new part. Αφού το επιλέξουμε, διαλέγουμε τα parts που χρειαζόμαστε για το κύκλωμα, όπως αντιστάσεις ,πυκνωτές ,γειώσεις ,πηγές και τον uA741. Ο uA741 είναι ένας τελεστικός ενισχυτής γενικής χρήσης, που περιλαμβάνει offset-voltage (ικανότητα ακύρωσης dc τάσης εξόδου). Το υψηλό εύρος τάσης εισόδου σε common mode κατάσταση, σε συνδυασμό με την απουσία διακόπτη, κάνουν τον ενισχυτή ιδανικό για διαδικασίες ακολουθούμενης τάσης (voltage follower). Ένα ποτενσιόμετρο χαμηλών τιμών, μπορεί να συνδεθεί ανάμεσα στις offset εισόδους, για να ακυρώσει την offset τάση εξόδου. Ο ενισχυτής uA741, δημιουργήθηκε το 1968, όπου από τότε δέχεται αναβαθμίσεις συνεχώς, ενώ διατηρεί την ονομασία του, με στόχο την πιο καθαρή και με χαμηλότερο θόρυβο λειτουργία του.
3. Στη συνέχεια με τον κέρσορα, αφού έχουμε επιλέξει το draw wire, ενώνουμε τα στοιχεία του κυκλώματος με καλώδιο.
4. Με διπλό κλικ πάνω στο κάθε part ορίζουμε τις τιμές τους όπως φαίνονται στο σχεδιάγραμμα. Η πηγή είναι 9V αφού η μπαταρία που παίρνει το πεταλάκι είναι 9V. Η τάση στην είσοδο ορίζεται στο 1V και για 1KHz,αφού οι μαγνήτες της κιθάρας δίνουν το πολύ 2Vp-p τάση και οι συχνότητες που αυτή παράγει περιέχουν το 1KHz.
5. Από το edit menu με τις επιλογές flip και rotate αντιστρέφουμε τα parts όπως ορίζεται στο σχεδιάγραμμα.
6. Οι R11-R12 είναι το level.
7. Οι R9-R10 είναι το tone.
8. Η R6 είναι το distortion.
9. Με την επιλογή setup, από το μενού analysis ρυθμίζουμε το είδος της ανάλυσης που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε.
10. Για να τρέξει ανάλυση πατάμε simulate.

## Παράδειγμα εξομοίωσης

Στο παράδειγμα που ακολουθεί φαίνονται οι κυματομορφές που προκύπτουν από την εξομοίωση του κυκλώματος Boss Ds-1 σε ac analysis type, με τα παρακάτω στοιχεία. Η AC analysis type, θα εμφανίσει την τάση σε volt σε συνάρτηση με το φάσμα συχνοτήτων για τα δύο σήματα που θα μετρηθούν. Τα δύο αυτά σήματα, είναι το σήμα εισόδου και εξόδου (input-output), για τα οποία τοποθετούμε markers, όπου επιλέγουμε voltage level. Οι markers θα μετρήσουν τις τάσεις των αντιστάσεων R5 και R11, οι οποίες βρίσκονται στην είσοδο και στην έξοδο του κυκλώματος. Στην πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, έχουμε ρυθμίσει 1volt peak to peak και συχνότητα 1KHz, τιμές που είναι ικανός να αποδώσει ο μαγνήτης μίας ηλεκτρικής κιθάρας.

Στην πρώτη περίπτωση έχουμε τα εξής,

R6 = 500K  
R9 = 45K  
R10 = 5K  
R11 = 25K  
R12 = 25K

Όπου η R6 αντιπροσωπεύει το distortion knob, και τα 500K είναι μία ρύθμιση χαμηλής παραμόρφωσης, οι R9-R10 είναι το tone knob, το οποίο είναι ρυθμισμένο να επηρεάσει τις χαμηλές συχνότητες και τέλος οι R11-R12 είναι το level knob, το οποίο ρυθμίστηκε σε χαμηλή στάθμη. Τα παραπάνω, προκύπτουν από το σχεδιάγραμμα του κυκλώματος.

Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε,

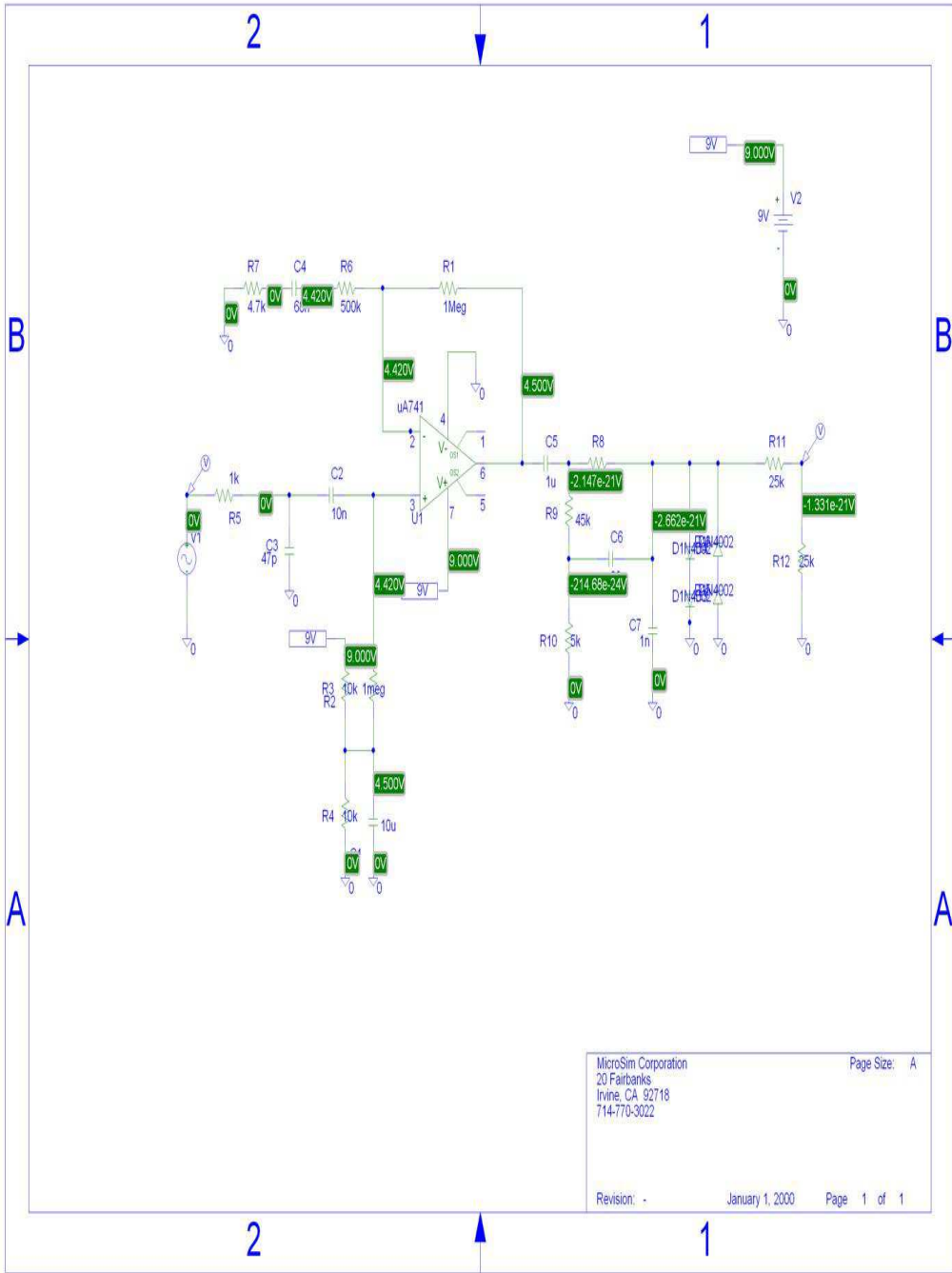
R6 = 100K  
R9 = 5K  
R10 = 45K  
R11 = 20K  
R12 = 30K

Σε αυτή την περίπτωση, έχουμε χαμηλώσει την αντίσταση R6, δηλαδή έχουμε περιστρέψει δεξιόστροφα το distortion knob, άρα

έχουμε αυξήσει την παραμόρφωση. Όσον αφορά το tone knob , έχουμε κάνει ακριβώς την αντίθετη ρύθμιση, πράγμα που σημαίνει ότι το ενισχυμένο φάσμα θα μεταφερθεί προς τις υψηλότερες συχνοτικές περιοχές. Τέλος , το γεγονός ότι χαμήλωσε η R11, δείχνει ότι αυξήσαμε το level του πεντάλ. Επιλέγουμε analysis , στη συνέχεια setup και διαλέγουμε ac analysis αφού έχουμε τοποθετήσει τους markers όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα παρακάτω. Για να ξεκινήσει η εξομοίωση, επιλέγουμε simulate.

## Σημείωση

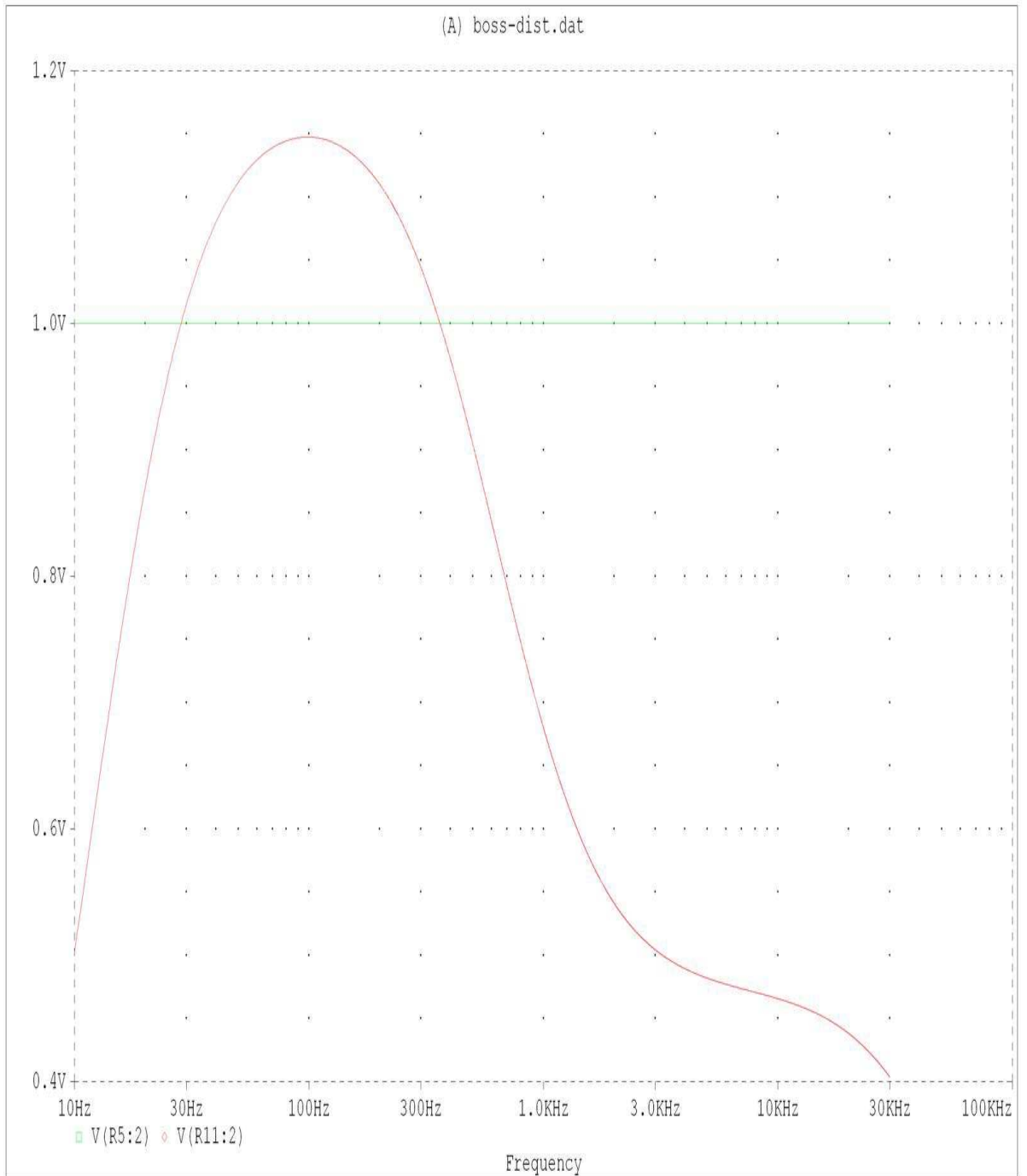
Ενώ στα τεχνικά χαρακτηριστικά της συσκευής αναφέρεται 4mA κατανάλωση, στο συγκεκριμένο κύκλωμα που πραγματοποιούνται οι μετρήσεις, έχουμε κατανάλωση 960μΑ. Αυτό συμβαίνει επειδή πρόκειται για διαφοροποιημένο μοντέλο τελεστικού ενισχυτή (u741).



MicroSim Corporation  
 20 Fairbanks  
 Irvine, CA 92718  
 714-770-3022

Page Size: A

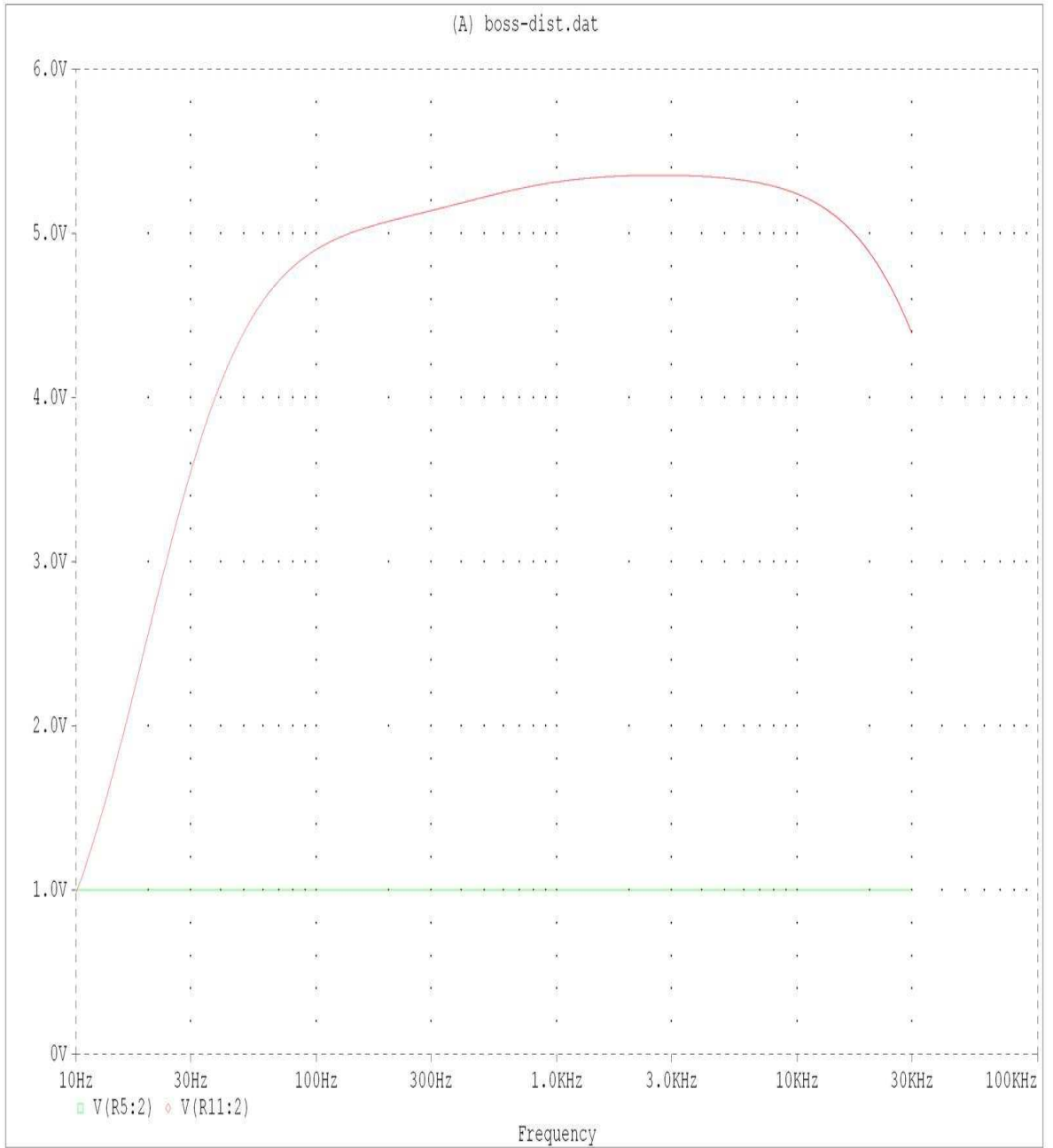
Revision: -      January 1, 2000      Page 1 of 1



Το παραπάνω σχεδιάγραμμα προκύπτει από την εξομοίωση. Το σήμα εισόδου είναι το  $V(R5)$  και το σήμα εξόδου το  $V(R11)$ . Στην είσοδο έχουμε 1Volt σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. Με την πρώτη ρύθμιση, παρατηρούμε στην έξοδο, ότι η στάθμη είναι κατά βάση χαμηλότερη από το σήμα εισόδου, με εξαίρεση μία μικρή περιοχή στην περιοχή των χαμηλών, η οποία έχει ενισχυθεί λόγω του tone knob. Στο συγκεκριμένο πεντάλ, η χαμηλή ρύθμιση του distortion μεταφράζεται και σε χαμηλή στάθμη σήματος, έτσι στο συγκεκριμένο παράδειγμα, δικαιολογείται το χαμηλό output. Κάτι τέτοιο δεν θα έπρεπε να συμβαίνει (κατασκευαστικό σφάλμα). Όσων αφορά την εικονοποίηση του distortion θα φανεί καλύτερα σε επόμενη εξομοίωση.

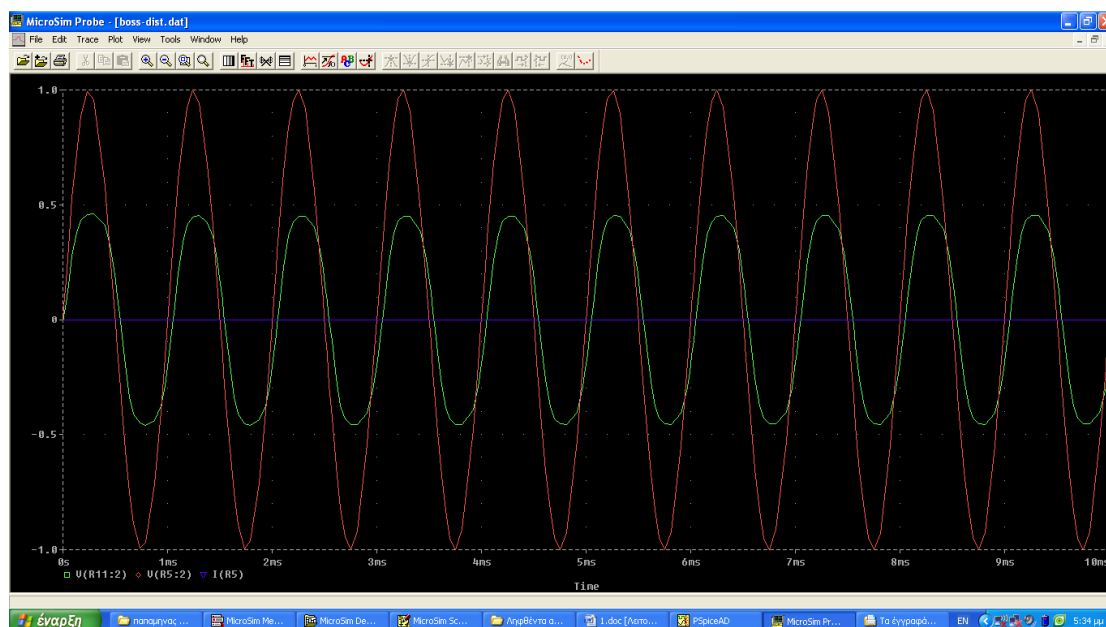




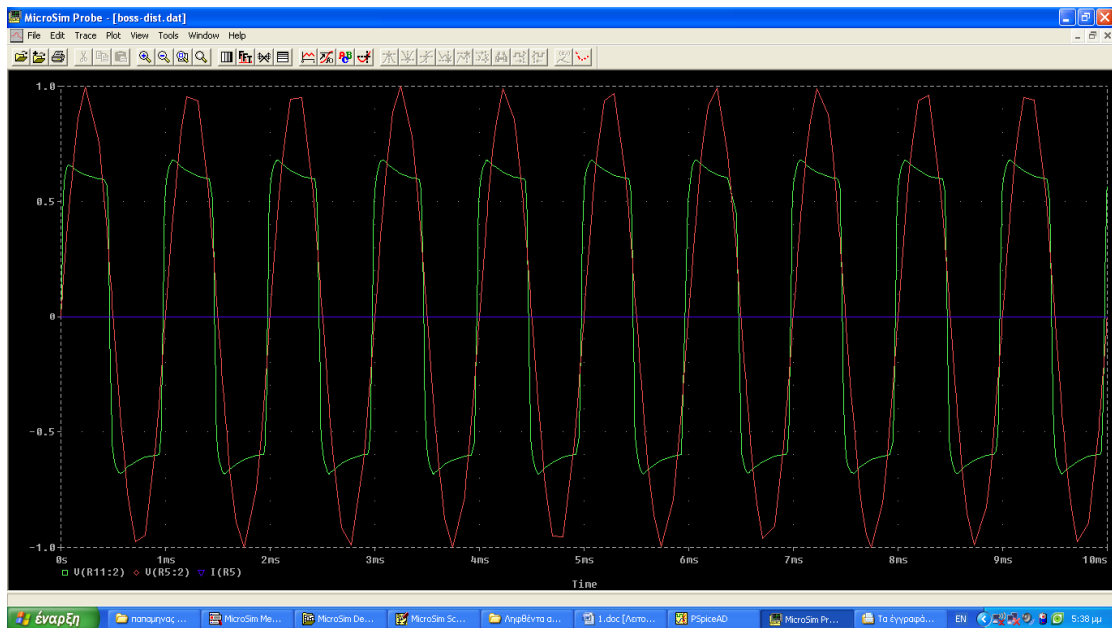


Με την ίδια ακριβώς είσοδο, στην δεύτερη περίπτωση, με τις διαφορετικές ρυθμίσεις των knobs έχουμε το παραπάνω σχεδιάγραμμα. Παρατηρούμε ότι η στάθμη είναι εμφανώς υψηλότερη, λόγω αυξημένης ποσότητας distortion και level, καθώς επίσης κι ότι υπάρχει μία ενίσχυση των υψηλών συχνοτήτων σε σχέση με τις χαμηλές, λόγω της διαφορετικής ρύθμισης του tone knob.

Στη συνέχεια πραγματοποιούμε εξομοίωση στο χρόνο, η οποία θα μας εμφανίσει τις τάσεις των δύο σημάτων σε συνάρτηση με τον χρόνο, για συχνότητα 1KHz, όπως έχουμε ορίσει (transient analysis). Για να γίνει αυτό, θα πρέπει να τοποθετήσουμε markers στην είσοδο και στην έξοδο του κυκλώματος. Από το μενού, επιλέγουμε markers και στη συνέχεια mark voltage/level (Ctrl+m). Με το πλήκτρο simulate και αφού διαλέξουμε transient type analysis, προκύπτουν τα δύο παρακάτω σχεδιαγράμματα, για την πρώτη και την δεύτερη περίπτωση αντίστοιχα.



Συγκεκριμένα για το 1KHz, στην πρώτη περίπτωση υπάρχει απλή εξασθένηση του σήματος σε συνάρτηση με το χρόνο.



Στην δεύτερη περίπτωση, έχουμε λίγο υψηλότερη στάθμη στην έξοδο, αλλά εμφανίζεται η παραμόρφωση των κορυφών (distortion).

Με τις ίδιες τιμές για τις δύο προηγούμενες περιπτώσεις, θα πραγματοποιηθεί εξομοίωση, με σκοπό την δημιουργία διαγράμματος φασικής παραμόρφωσης. Εισάγουμε markers στην είσοδο και την έξοδο του κυκλώματος. Αυτή τη φορά, επιλέγουμε από το μενού markers, στη συνέχεια mark advanced και τέλος από τη λίστα part, διαλέγουμε vphase. Τώρα, η ανάλυση θα εμφανίσει τη διαφορά φάσης σε μοίρες σε συνάρτηση με τη συχνότητα, για τα δύο σήματα.

Τρέχουμε εξομοίωση (simulate) και διαλέγουμε Ac analysis type.



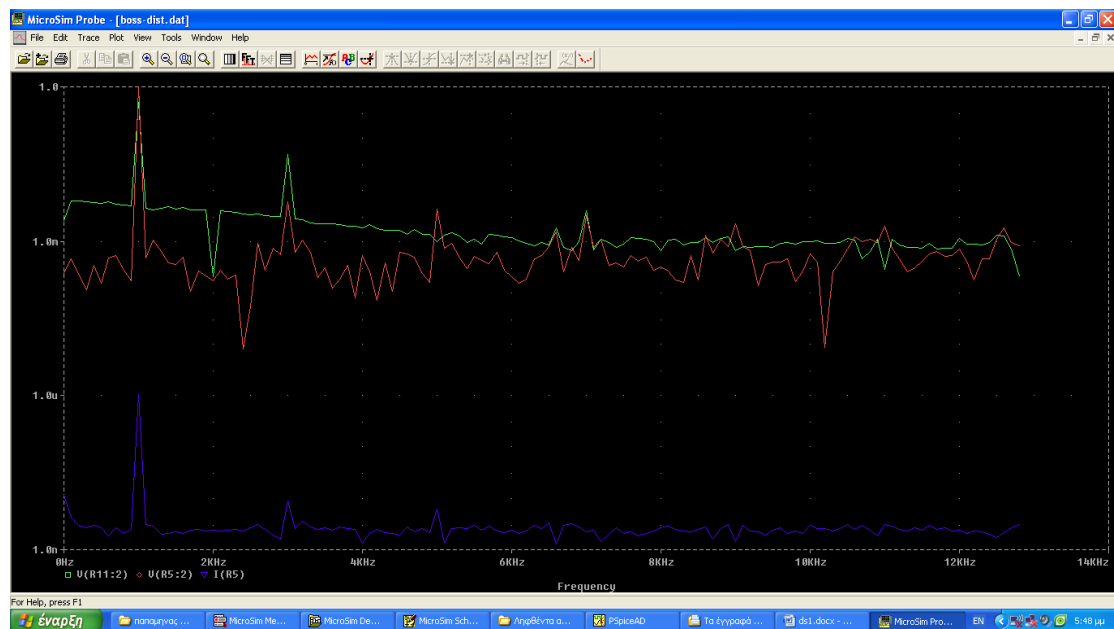
Τέλος, για να υπολογίσουμε την αρμονική παραμόρφωση, για τις δύο περιπτώσεις, θα πραγματοποιήσουμε transient analysis, η οποία θα εμφανίσει τους αρμονικούς των δύο σημάτων, ώστε να εικονοποιηθεί η παραμόρφωση. Αρχικά εισάγουμε markers στην είσοδο και την έξοδο (mark voltage level). Για να παρατηρήσουμε το

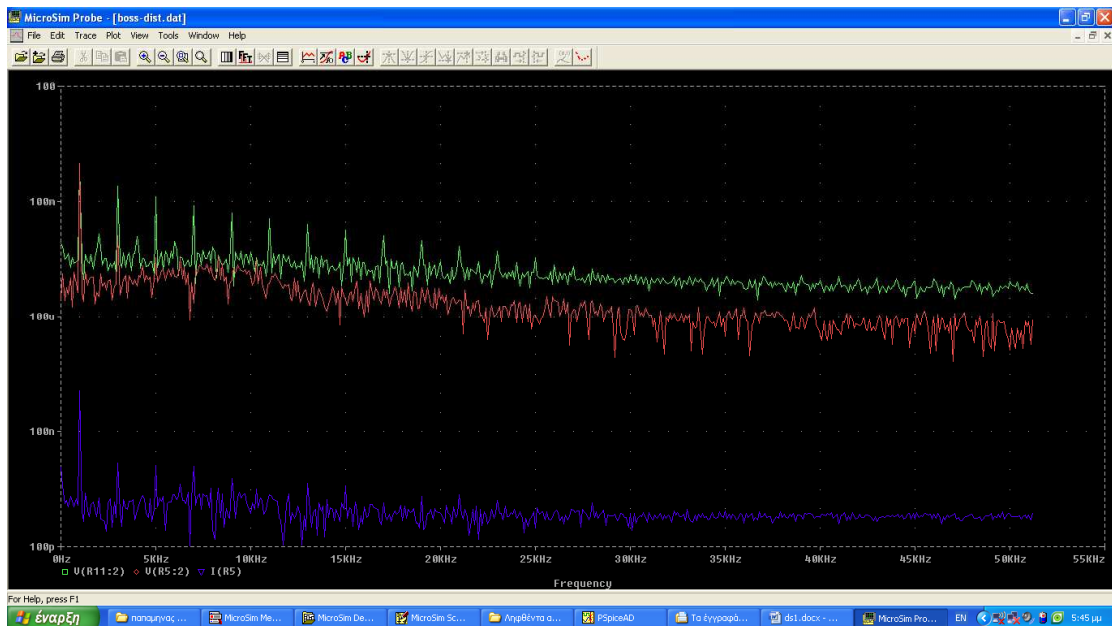
φαινόμενο της αρμονικής παραμόρφωσης (THD), επιλέγουμε το πλήκτρο FFT και στη συνέχεια το κουμπί (log Y axis), για καλύτερη ανάγνωση.

Για να υπολογίσουμε την αρμονική παραμόρφωση, χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο,

$$THD = \frac{[(V_2 + V_3 + V_4 + \dots + V_n)^{1/2}]}{V_1}$$

Τα διαγράμματα που προκύπτουν για τις δύο περιπτώσεις, είναι τα εξής,



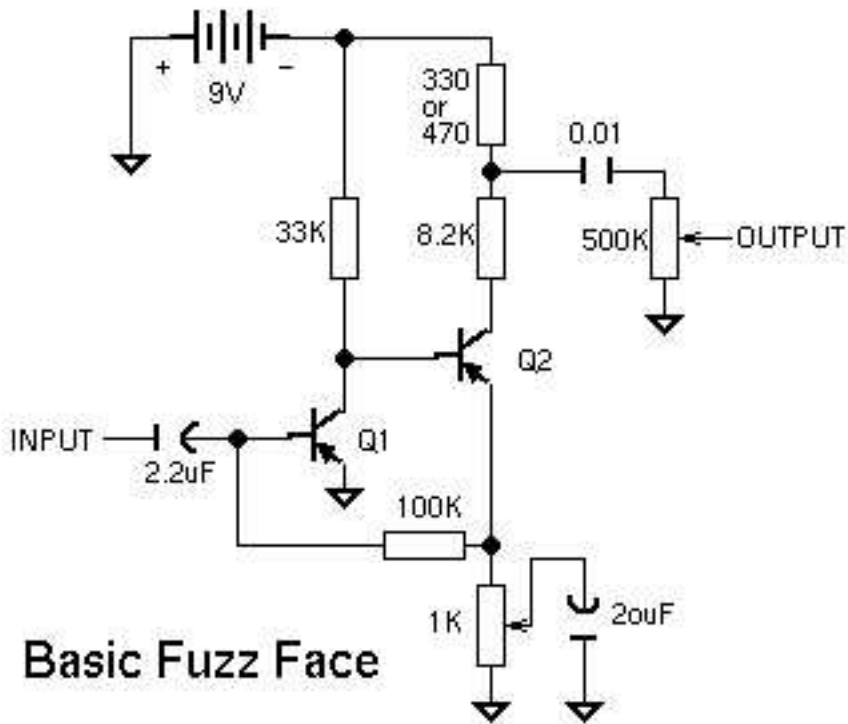


Από τα σχεδιαγράμματα, επιβεβαιώνεται η ύπαρξη αρμονικής παραμόρφωσης, αφού το σήμα εισόδου διαφέρει από το σήμα εξόδου σε πολλά σημεία, ενώ οι αρμονικές που εμφανίζονται στο δεύτερο, δεν υπάρχουν καθόλου στο πρώτο.

Τέλος, για να υπολογίσουμε το κέρδος (gain) του σήματος, χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Gain} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

## FUZZ EFFECT



Copyright: © 1998 R.G. Keech. All Rights Reserved

### Λίγα λόγια για το κύκλωμα:

Το fuzz face παραμένει κάτι σαν αίνιγμα στις μέρες μας, ίσως τρεις δεκαετίες μετά την είσοδο του στο εμπόριο. Αυτό το απλό κύκλωμα, για πολλούς είναι ο ορισμός των guitar effect pedals, αφού μόνο δύο transistors, τέσσερις αντιστάσεις, τρεις πυκνωτές και δύο controls δημιουργούν αυτό τον ήχο. Ο ήχος που παράγει το fuzz, που πολλές φορές συγχέεται λανθασμένα με τον ήχο του distortion, έχει το χαρακτηριστικό ότι ακούγεται θαμπός. Τα distortion pedals ψαλλιδίζουν απότομα τον ήχο, ενώ το fuzz, επηρεάζει το ηχόχρωμα του σήματος, κάνοντας το θαμπό. Το πρώτο transistor είναι ρυθμισμένο με την πιο κλασική διάταξη, είσοδος μέσα από έναν DC blocking πυκνωτή κατευθείαν στη βάση, ο εκπομπός γειωμένος και ένας απλός resistor στο συλλέκτη. Το οδηγούμενο φορτίο, φτάνει

στη βάση ενός δεύτερου transistor. Η συγκεκριμένη διάταξη θα μπορούσε να αποδώσει το μέγιστο κέρδος, όμως υπάρχει μία αντίσταση, ερχόμενη από τον εκπομπό του δεύτερου transistor-τι κάνει αυτό;

Εξαιτίας του DC, το δεύτερο transistor, λειτουργεί σαν follower του εκπομπού. Η τάση σ' αυτό τον εκπομπό, πρέπει να ακολουθήσει τον συλλέκτη στο πρώτο transistor, παρόλο που είναι χαμηλότερη, από το ποσό που χάθηκε από βάση εκπομπό στο δεύτερο transistor. Για το πρώτο transistor, αυτό σημαίνει ότι η 100K αντίσταση από τον εκπομπό του δεύτερου transistor στη βάση του πρώτου transistor, είναι μια αντίσταση ανατροφοδότησης-ανάδρασης (feedback), η οποία περνάει ρεύμα ανάλογο της τάσης του συλλέκτη του πρώτου transistor, στη βάση του πρώτου transistor. Η διάταξη αυτή ονομάζεται voltage feedback biasing, και πολλές μονάδες fuzz face's, στελεχώνονται από αυτήν.

Το voltage feedback κύκλωμα, έχει την ιδιότητα ότι προσφέρει το μέγιστο δυνατό κέρδος από το οποιοδήποτε transistor έχει χρησιμοποιηθεί, πράγμα πολύ καλό για μία συσκευή distortion.

Επίσης έχει πολύ χαμηλή αντίσταση εισόδου (input impedance), πράγμα που σημαίνει ότι φορτώνει οτιδήποτε προσπαθεί να το οδηγήσει. Αυτό θα είναι σημαντικό για αργότερα. Τέλος, όταν το κύκλωμα οδηγείται με ένα μεγάλο σήμα στη βάση, η τάση του συλλέκτη κατευθύνεται προς αυτή του εκπομπού. Αυτό χαμηλώνει τη bias voltage μέσα στην 100K bias αντίσταση, και κλέβει μέρος του σήματος εισόδου. Η συμπεριφορά αυτή του κυκλώματος, προσδίδει ευαισθησία στον ήχο, πράγμα πολύ καλό για αυτή την κατηγορία συσκευών.

Αυτό δεν δημιουργήθηκε από τον κατασκευαστή, αλλά προέκυψε τυχαία, αφού τα VF (voltage feedback) κυκλώματα αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για να αποσπάσουν περισσότερο κέρδος από απλά transistors.

Η τάση που ταλαντεύεται στην άλλη κατεύθυνση, όταν η είσοδος προσπαθεί να κλείσει το πρώτο transistor, δεν είναι εξαναγκασμένη να συμπεριφερθεί όπως η τάση σε αυτό το μέρος του κυκλώματος.



Τα Fuzz Faces κυκλώματα λειτουργούν με μόνο μισό volt στο συλλέκτη του πρώτου transistor , με αποτέλεσμα να υπάρχει αρκετός χώρος προς τα επάνω. Η φάση της εισόδου θα επηρεάσει αρχικά την μία πολικότητα του σήματος, και αν οδηγηθεί αρκετά δυνατά και την δεύτερη. Το Fuzz Face έχει μη συμμετρικό ψαλιδισμό εσωτερικά.

Το δεύτερο transistor εξυπηρετεί δύο στόχους. Η βάση είναι κατευθείαν συνδεδεμένη στον συλλέκτη του πρώτου transistor ,το bias ρεύμα είναι περισσότερο λόγω της τιμής στην αντίσταση του εκπομπού, στη συγκεκριμένη περίπτωση 1K. Η αντίσταση αυτή ωθεί το στατικό ρεύμα μέσω της συσκευής, να είναι αντίστοιχη της τάσης του συλλέκτη του πρώτου transistor, αφαιρώντας το ρεύμα της βάσης και του εκπομπού του δεύτερου transistor, διαιρεμένο με την αντίσταση 1K. Το ίδιο ρεύμα, ουσιαστικά ρέει μέσα στην αντίσταση συλλέκτη της συσκευής και η τάση στα άκρα των δύο αντιστάσεων συλλεκτών είναι ανάλογη με τη φορά του στατικού ρεύματος στο άθροισμα των αντιστάσεων. Επειδή το πρώτο transistor τείνει κοντά στη γείωση, υπάρχει ακόμα πολύ χώρος για το δεύτερο transistor, να αποκτήσει την τάση συλλέκτη-εκπομπού που έχει απομείνει, για γραμμική ταλάντωση.

Το κέρδος της δεύτερης φάσης, είναι σχεδόν καθορισμένο από το λόγο του AC που φορτώνεται στο συλλέκτη προς το AC που φορτώνεται στον εκπομπό. Η φόρτωση του AC συλλέκτη είναι το άθροισμα των αντιστάσεων συλλέκτη, και η φόρτωση του εκπομπού είναι η μερίδα του 1K που δεν καταλήγει στη γείωση μέσω του 20uF πυκνωτή. Έτσι το κέρδος μπορεί να ποικίλλει από 8,έως όσο ψηλά είναι το βασικό εσωτερικό κέρδος του transistor. Μία δεύτερη επίδραση σε αυτό το AC gain της πρώτης φάσης είναι ότι επηρεάζεται από το AC feedback μέσω της αντίστασης 100K, έτσι όταν το control είναι τελείως κλειστό , το feedback παράγει περισσότερο κέρδος στην πρώτη φάση. Όσο παραπάνω ανοίγει το control ,τόσο λιγότερο AC ανατροφοδοτεί την είσοδο, έτσι το επηρεασμένο κέρδος αυξάνεται.

Όσο η δεύτερη φάση οδηγείται σκληρότερα, μπορεί με δυσκολία να ψαλλιδίσει την πολικότητα, την οποία η πρώτη φάση ψαλλιδίζει

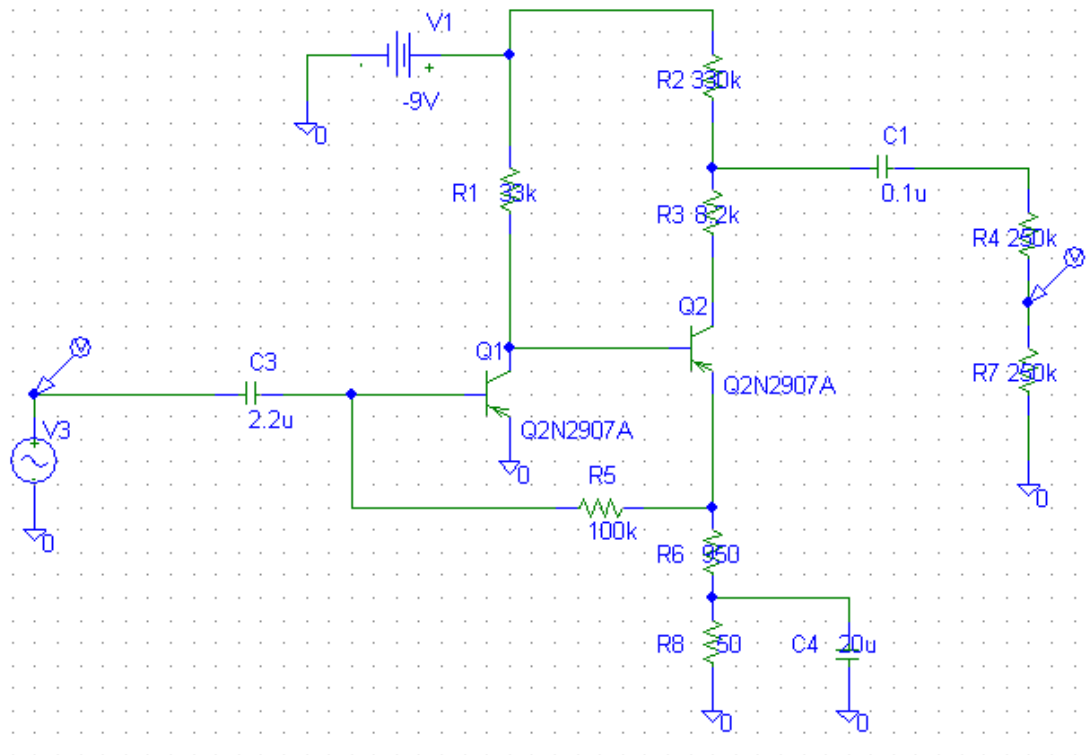
μαλακά, έτσι το clipping ξεκινάει μαλακότερα για χαμηλά σήματα και gains και καταλήγει σε σκληρότερο clipping σε σκληρότερα παιξίματα, έτσι το πράγμα αποκτά ευαισθησία αφής.

Το χωρισμένο φορτίο της αντίστασης του συλλέκτη, λειτουργεί σαν ρυθμιστικό έντασης (volume control) περιστασιακά, όταν έχει χαμηλή τιμή. Αυτό συμβαίνει επειδή η τροφοδοσία (power supply) επηρεάζει το AC της γείωσης, εξαιτίας της χαμηλής αντίστασης της μπαταρίας. Φυσικό επακόλουθο, είναι οι μονάδες Fuzz face να ηχούν διαφορετικά με διαφορετικές μπαταρίες, ή με την ίδια μπαταρία καθώς αποφορτίζεται- η αντίσταση της μπαταρίας μπορεί να αλλάξει την τιμή της μικρότερης αντίστασης κατά ένα σημαντικό ποσό.

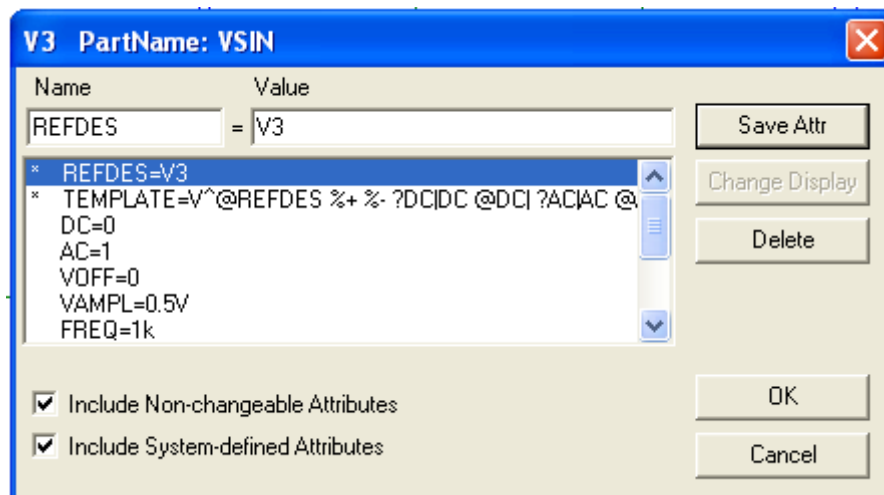
Το ποσό του σήματος που αξιοποιείται από τη σύνδεση των δυο αντιστάσεων, είναι σκόπιμα μικρό, όχι πολύ μεγαλύτερο από το σήμα εισόδου, για να διατηρήσει το τεράστιο ποσό του σήματος, που διατίθεται από το overdriving, στην είσοδο του ενισχυτή που ακολουθεί. Το volume control εξόδου είναι ένα εξολοκλήρου συνηθισμένο volume pot. Ο πυκνωτής εξόδου, μπλοκάρει τη στάθμη του DC, ώστε να μη δημιουργηθεί πρόβλημα στις συσκευές που ακολουθούν το Fuzz Face, από τη στιγμή που υπολογίζει την χαμηλότερη συχνότητα που φτάνει έξω. Μεγαλώνοντας τον πυκνωτή, επιτρέπεται η έξοδος σε χαμηλότερες συχνότητες.

Η τιμή του output level control, είναι ένα θέμα που απασχόλησε πολλούς. Ο Eric Johnson προτιμάει τα 100K από τα 500K. Αυτό βγάζει νόημα, αφού τα 100K λειτουργούν σαν φορτίο στην αντίσταση συλλέκτη. Ακόμα σημαντικότερο, κόβει περισσότερο της χαμηλές συχνότητες, εξαιτίας της αλληλεπίδρασης με τον πυκνωτή εξόδου, και δεν κόβονται οι υψηλές συχνότητες όπως τα 500K-πράγμα που κάνει τα 100K να ηχούν πιο διαυγή. Γενικότερα το είδος του transistor, και η συχνотική του απόκριση, που θα χρησιμοποιηθεί είναι θέμα προσωπικού γούστου, αναλόγως με το τι ήχο επιθυμεί ο εκάστοτε μουσικός.

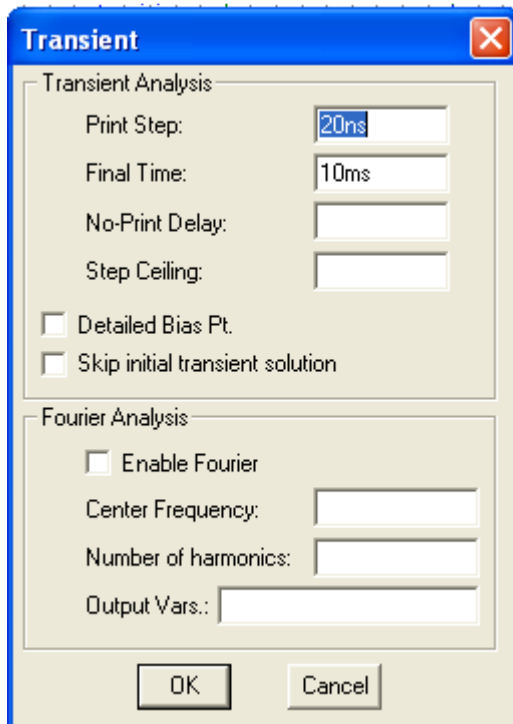
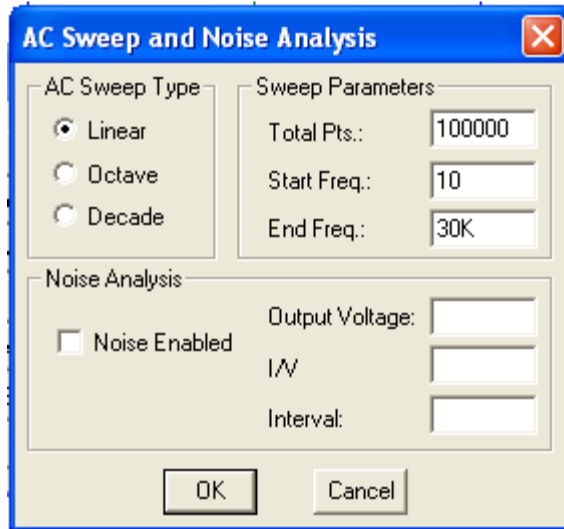
## Πραγματοποίηση εξομίωσης fuzz face



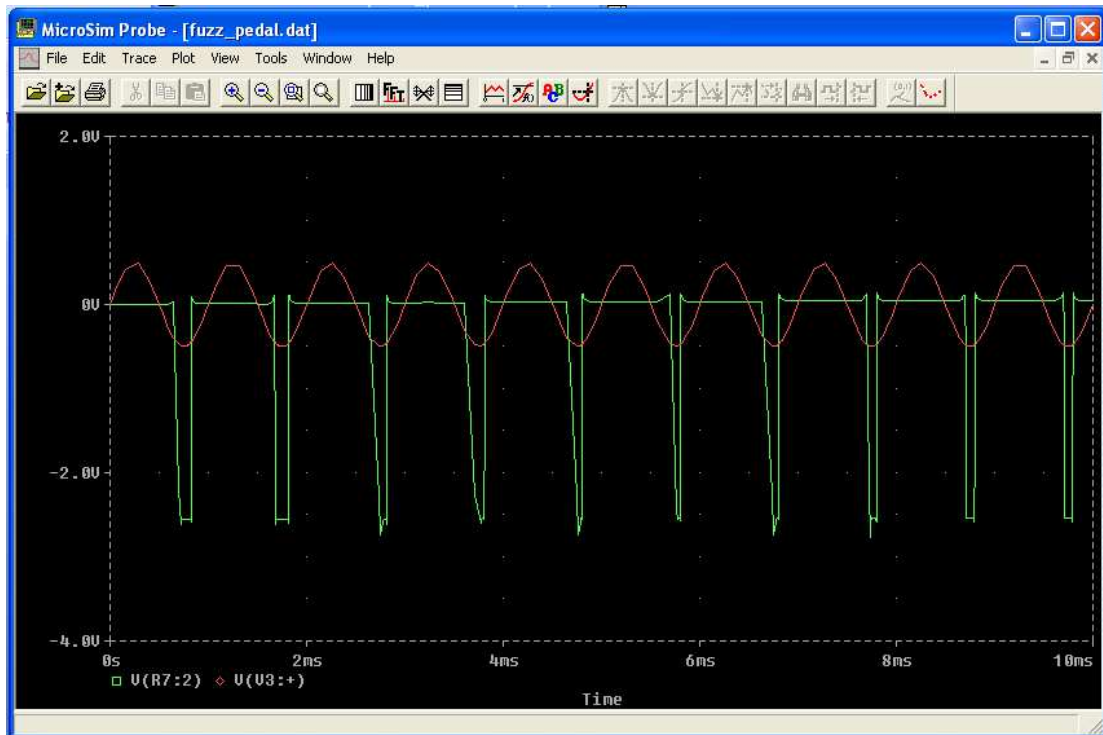
Εισάγουμε το κύκλωμα στο Pspice, με τον ίδιο τρόπο όπως και τα υπόλοιπα εφέ. Στην είσοδο εισάγουμε σήμα 0.5V και συχνότητας 1KHz, όπως φαίνεται στο παράθυρο που ακολουθεί:



Στη συνέχεια ρυθμίζουμε την ac sweep και την transient analysis, ως εξής:

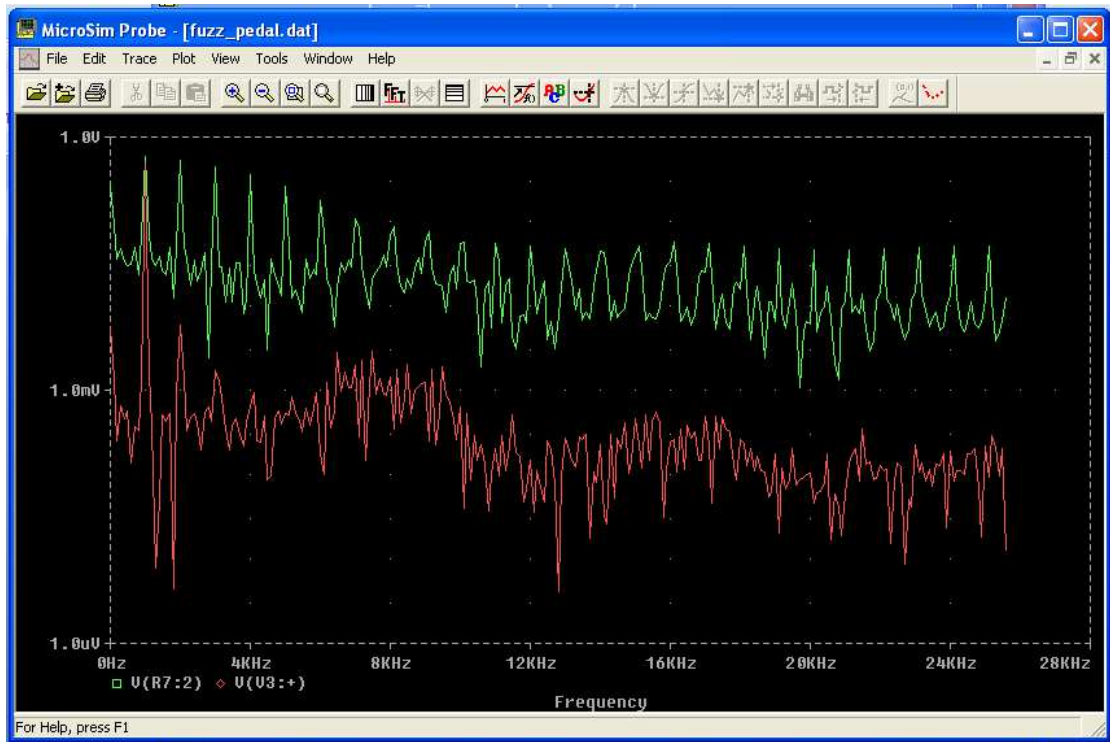


Πραγματοποιούμε εξομοίωση στο χρόνο (transient) και προκύπτει το παρακάτω γράφημα, το οποίο απεικονίζει την είσοδο και την έξοδο του fuzz face.



Παρατηρούμε την αλλοίωση που έχει δεχτεί το σήμα εισόδου στο πλάτος του, το οποίο πλέον είναι μεγαλύτερο.

Αν στη συνέχεια, επιλέξουμε το κουμπί Fourier και μετά το Log Y Axis, εμφανίζεται το παρακάτω γράφημα. Εδώ μπορούμε να παρατηρήσουμε, την επίδραση του fuzz στο συχνотικό φάσμα εξόδου, στο οποίο έχουν δημιουργηθεί νέοι αρμονικοί, δηλαδή έχει αλλοιωθεί η χροιά του αρχικού σήματος.

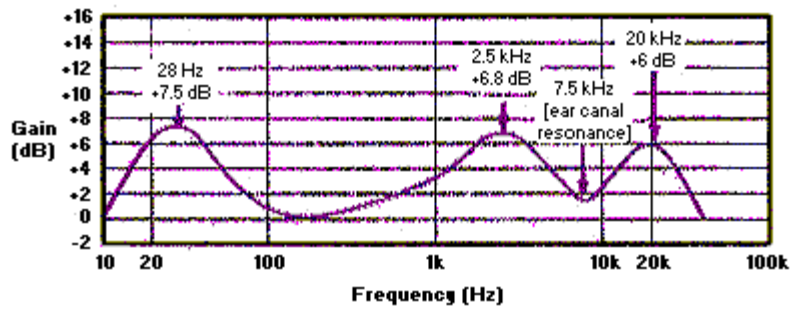


## Graphic equalizer

Κατά τη διαδικασία αναπαραγωγής του ήχου, η επιλογή και η χρήση των ισοσταθμιστών (equalizers), αποτελεί την τελευταία λύση για επιδιόρθωση μη ισορροπίας σε ηχογραφήσεις και ακουστική χώρων, για αναπαραγωγή μέσω ηχείων. Ο λόγος που γίνεται χρήση graphic eq μαζί με ακουστικά (headphones) ,είναι ότι τα ακουστικά από τη φύση τους αλλάζουν την τονική ισορροπία της μουσικής. Η ακουστική διαμόρφωση που προκύπτει από τον ήχο, σε αλληλεπίδραση με το κεφάλι του ακροατή και το εξωτερικό μέρος των αυτιών, ποικίλλει από άνθρωπο σε άνθρωπο, και αποτελεί μειονέκτημα για τα ακουστικά, τα οποία αναπαράγουν κατευθείαν στο τύμπανο του αυτιού. Για αυτό, η μουσική σε ακουστικά έχει διαφορετική τονική ισορροπία σε σχέση με την εξωτερική αναπαραγωγή (ηχεία), αλλά και ο κάθε ακροατής, ακούει μία ελαφρώς διαφοροποιημένη εκδοχή, του ίδιου ηχητικού υλικού. Σε περίπτωση που το σύστημα ακρόασης, διαθέτει εξομοιωτή ακουστικών, η ισοστάθμιση μπορεί να βοηθήσει στην ανάκτηση της σωστής ηχητικής εικόνας, αν τα ακουστικά έχουν διαφορετική συχνοτική απόκριση, από αυτήν που περιμένει ο εξομοιωτής.

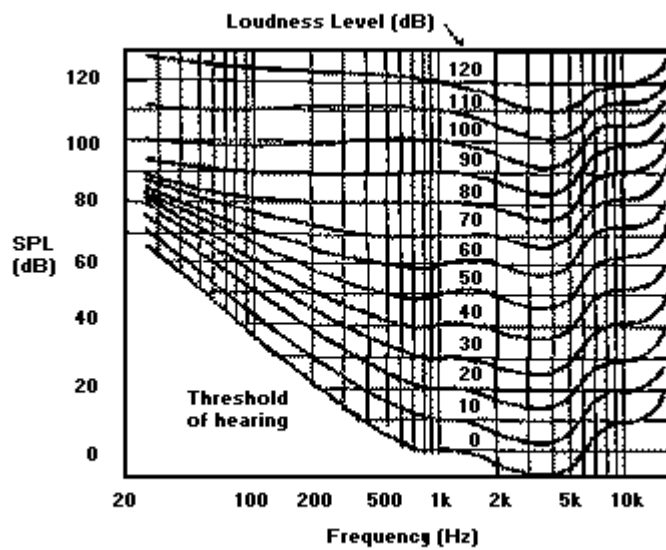
Ενώ τα eq's για οικιακά στέρεο ηχοσυστήματα και στούντιο είναι διαθέσιμα με μεγάλο εύρος κόστους και χαρακτηριστικών, υπάρχουν επιλογές και για φορητή χρήση. Μια οικονομική λύση, με μπαταρίες, προτείνει η Koss Corporation. Πολλά φορητά ηχοσυστήματα, διαθέτουν built-in eq's, τα οποία είναι κατώτερα σε ποιότητα, σε σχέση με τα εξωτερικά, βάσει σχεδιασμού. Ο καλύτερος τρόπος να αποκτήσει κάποιος ένα υψηλής απόδοσης φορητό eq , εύκολα και οικονομικά, είναι να κατασκευάσει ένα. Παρακάτω, υπάρχει μια σειρά από βασισμένα σε τελεστικούς ενισχυτές equalizers, τα οποία είναι κατάλληλα για φορητή χρήση.

## EQUALIZATION AND HEADPHONES



"Biophonic" EQ settings  
source: The Binaural Source

Με στόχο την επιδιόρθωση τονικής ανισορροπίας σε ακουστικά και ηχογραφήσεις, οι ισοσταθμιστές, μπορούν μέχρι ενός σημείου, να μεταβάλλουν τα εργοστασιακά τεχνικά χαρακτηριστικά των ακουστικών. Οι ακουστικοί προσομοιωτές των headphones, όπως οι virtualizers, με ηλεκτρονικό τρόπο εκτελούν διεργασίες (process), στα stereo και multi-channel σήματα, ώστε να εικονοποιήσουν το συμβαίνει με τον ήχο, ακριβώς έξω από το κεφάλι του ακροατή, σαν να πραγματοποιείται αναπαραγωγή από αληθινά ηχεία (loudspeakers). Σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμος ένας acoustic simulator, η ισοστάθμιση μπορεί να ακολουθήσει κάποιες παραδοχές της πραγματικής ακοής. Το παρακάτω σχεδιάγραμμα αποτελεί ένα πολύ καλό εργαλείο.



Fletcher-Munson Loudness Curves



Ένας επιπλέον λόγος, για ισοστάθμιση ακουστικών, έχει να κάνει με την ανθρώπινη αντίληψη της ακουστότητας. Όταν ακούμε σε ασφαλείς στάθμες έντασης, η ηχητική απόδοση των ακουστικών μπορεί να μην είναι ικανοποιητική, επειδή η αντίληψη της ακουστότητας (loudness), λειτουργεί σε συνδυασμό συχνότητας και volume. Όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα Fletcher-Munson παραπάνω, η ανθρώπινη ακοή, δεν είναι flat, μέχρι τα SPLs φτάσουν στα όρια του πόνου. Από τη στιγμή που οι καμπύλες αλλάζουν σχήμα και διαφορετικές στάθμες έντασης, η ακριβής αντίληψη ακουστότητας, απαιτεί δυναμική αυξομείωση, ώστε να αποφύγουμε την ηχητική παραπληροφόρηση, λόγω της κατασκευής του αυτιού, πράγμα που αποτελεί αρνητικό χαρακτηριστικό πολλών built-in eq's. Παρόλα αυτά, μια μικρή ώθηση (boost) σε treble και bass, μπορεί να αναδείξει την αντίληψη συχνοτικής ισορροπίας, σε χαμηλής έντασης ήχο ακουστικών.

# PASSIVE 2-BAND BAXANDALL

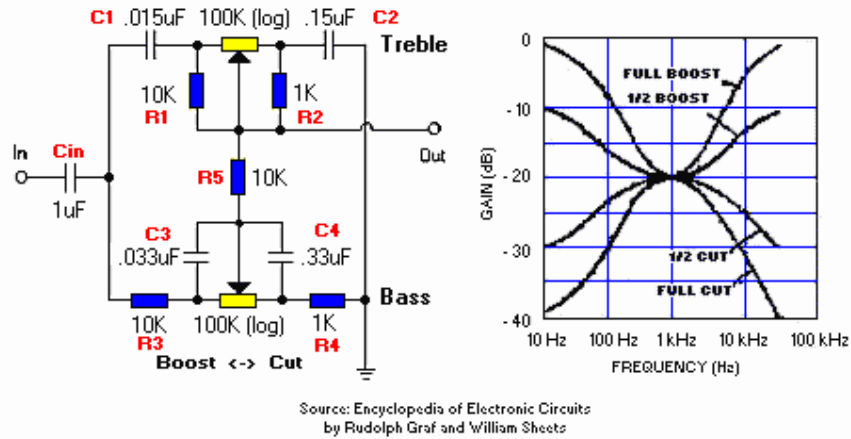


Figure 1 - Passive 2-band shelving equalizer (one channel)

Το παθητικό κύκλωμα του figure 1, είναι μια παραλλαγή του ευρέως διαδεδομένου κυκλώματος Baxandall. Περιλαμβάνει μία «ζεστή» ενίσχυση/εξασθένιση, της τάξεως των + ή - 6dB/octave. Τα bass και treble φίλτρα έχουν shelving απόκριση, παρόλο που τα shelves είναι εκτός του εύρους της ανθρώπινης ακοής, με τις συγκεκριμένες τιμές συνιστωσών. Οι εξισώσεις των φίλτρων στο figure 1a, υπολογίζουν το threshold και τις shelving frequencies. Όταν το bass control περιστρέφεται για μέγιστη ώθηση (maximum boost), αποκόπτεται ο πυκνωτής 0.033uF. Η R3 και ο C4 σχηματίζουν μία τάση διαχωρισμού, συχνοτικά ανεξάρτητη, η οποία καθορίζει τη shelf frequency του boost. Όταν το treble control ρυθμίζεται για maximum boost, πραγματοποιείται παράκαμψη (bypass) της αντίστασης 10K. Ο C1 και η R2 σχηματίζουν ένα high pass φίλτρο.

$$f_B = \frac{1}{2\pi R3 C4} \approx 50\text{Hz} \quad f_H = \frac{1}{2\pi C1 R2} \approx 10\text{kHz}$$

$$f_{TH} = \frac{1}{2\pi R3 C3} \approx 500\text{Hz} \quad f_{TH} = \frac{1}{2\pi C1 R5} \approx 1000\text{Hz}$$

**Bass** **Treble**

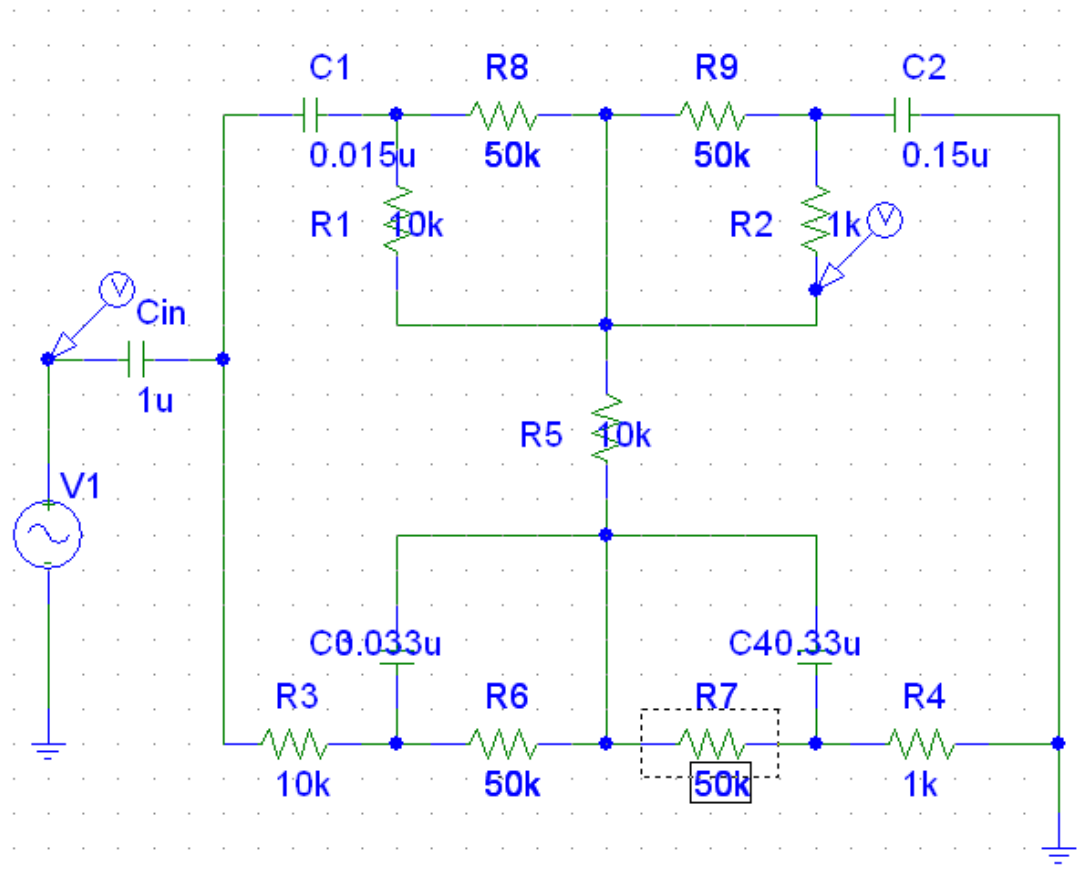
Figure 1a - Equations for passive Baxandall

Για λόγους ευκολίας, το κύκλωμα χρησιμοποιεί διαθέσιμα στο εμπόριο parts. Ακόμα και τα 100K log taper pots, τα οποία είναι συνήθως δυσεύρετα, κυκλοφορούν με κωδική ονομασία 217-1732 από τη Radio Shack. Η μεσαία θέση των pots, θα έχει 10K στη μία μεριά και 90K στην άλλη. Για το treble control, η μεριά με τα 10K παραλληλίζεται με την R2. Για το bass control, η μεριά με τα 10K παραλληλίζεται με τον C4. Σημειώνεται ότι αυτό το κύκλωμα, μπορεί να διαιρεθεί σε δύο ανεξάρτητα κυκλώματα για bass και treble control, έτσι η R5 παραλείπεται-αυτό βοηθάει την απομόνωση του bass από το treble circuit, όπου είναι και τα δύο τοποθετημένα.

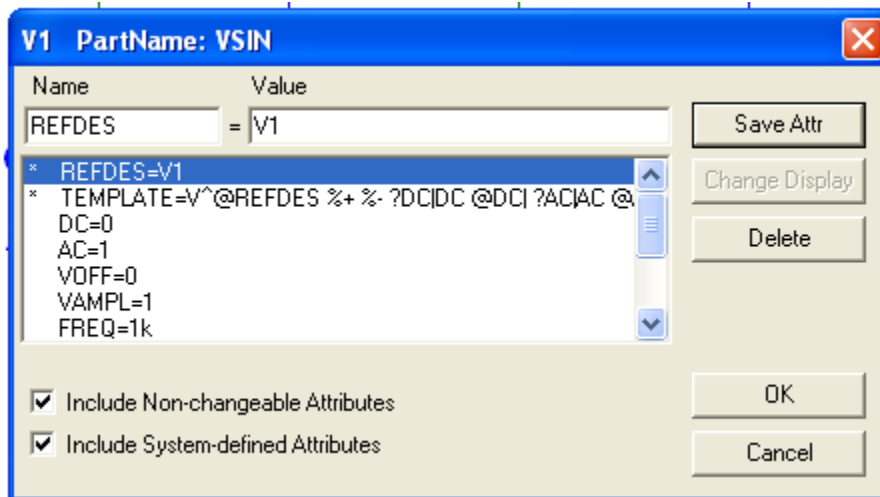
Το παθητικό κύκλωμα Baxandall θα πρέπει να δει μία χαμηλής αντίστασης πηγή και να οδηγήσει ένα υψηλής αντίστασης φορτίο, ώστε να αποφύγει φόρτωση του συστήματος και να μην επηρεάσει τις καμπύλες απόκρισης. Χαμηλής αντίστασης πηγές, περιλαμβάνουν οι έξοδοι ενός φορητού stereo ή ένας preamp. Μπορεί να οδηγήσει έναν ενισχυτή ακουστικών ή υψηλής αντίστασης ακουστικά (πιθανόν με χρήση μίας σειράς αντιστάσεων, ώστε να αυξηθεί η αντίσταση φορτίου), αλλά σε τυπικές φορητές συσκευές (low power), δεν μπορεί να οδηγήσει τα ακουστικά να αναπαράγουν ένταση επαρκώς. Από τη στιγμή που τα παθητικά συστήματα δεν μπορούν να λειτουργήσουν σαν ενισχυτές, το κέρδος (gain) δημιουργείται εικονικά χαμηλώνοντας την flat απόκριση 20dB παρακάτω από αυτήν της εισόδου, την οποία μία φορητή stereo συσκευή, ίσως να είναι ανίκανη να επαναφέρει (αντισταθμίσει).

## Σχεδιασμός και εξομοίωση του κυκλώματος

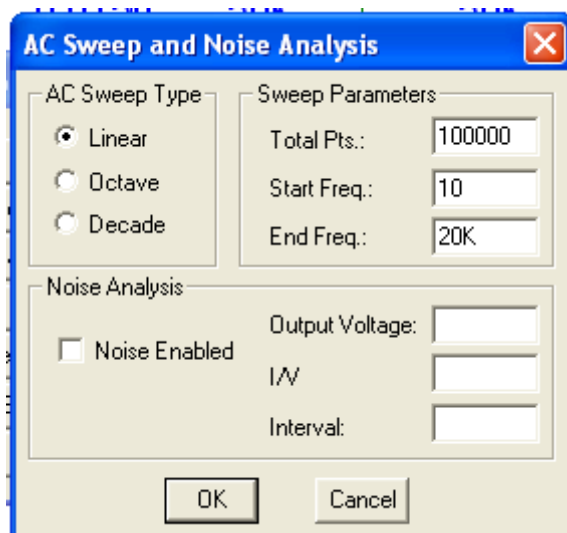
Εισάγουμε το κύκλωμα στο Pspice, όπως φαίνεται παρακάτω:



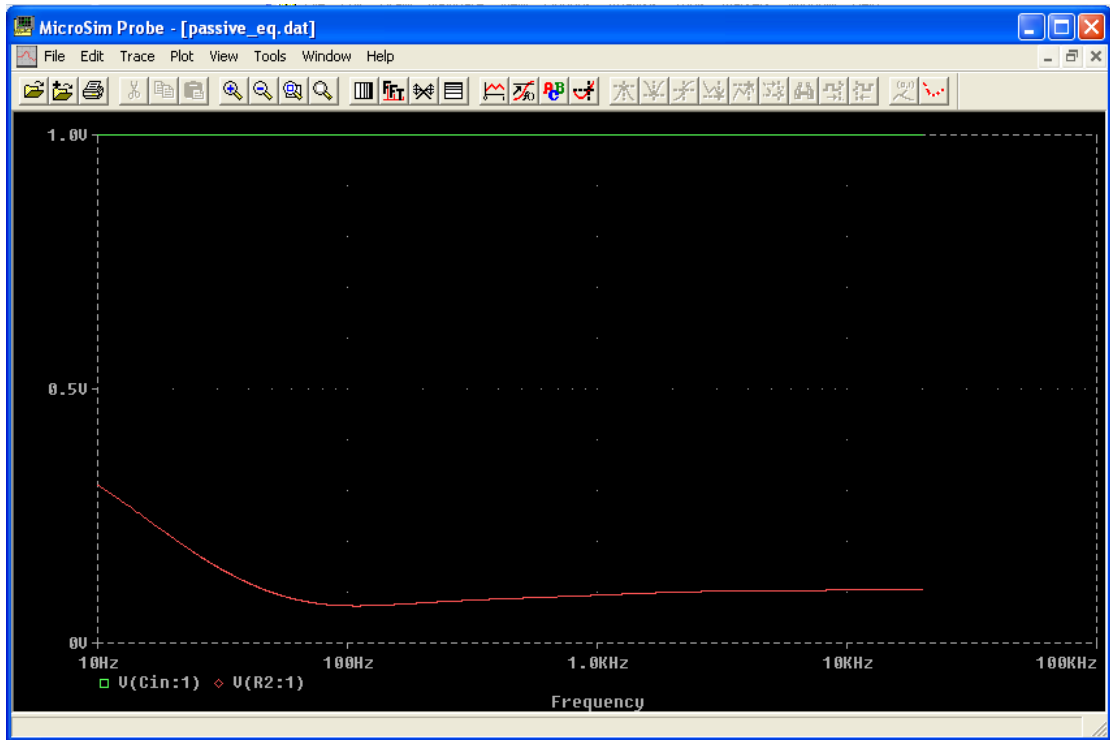
Αφού δώσουμε στα parts τις αντίστοιχες τιμές όπως φαίνεται στο σχέδιο, με διπλό κλικ πάνω στη V1, ορίζουμε το σήμα εισόδου ως εξής:



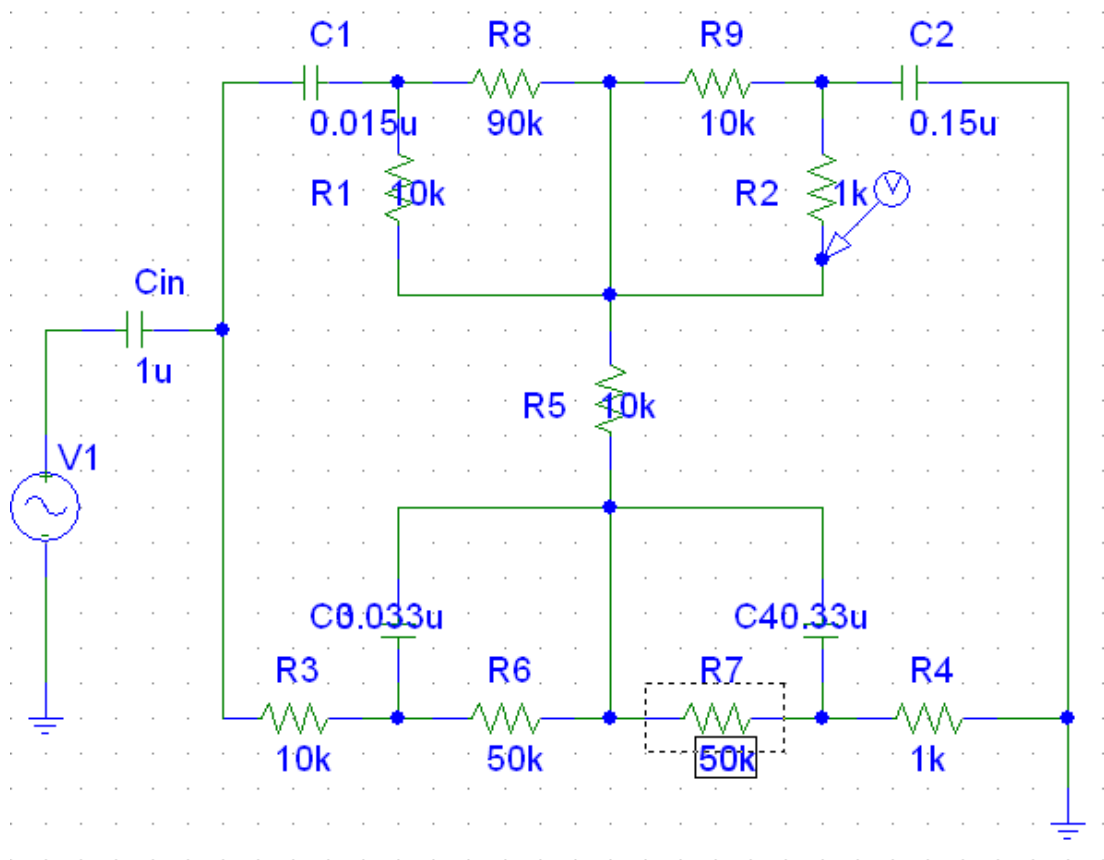
Στη συνέχεια, θα εκτελέσουμε ac analysis, έτσι ώστε να απεικονιστεί το χαμηλοπερατό και το υψιπερατό φίλτρο. Επιλέγοντας το μενού analysis και στη συνέχεια setup και ac sweep, ρυθμίζουμε όπως φαίνεται παρακάτω:



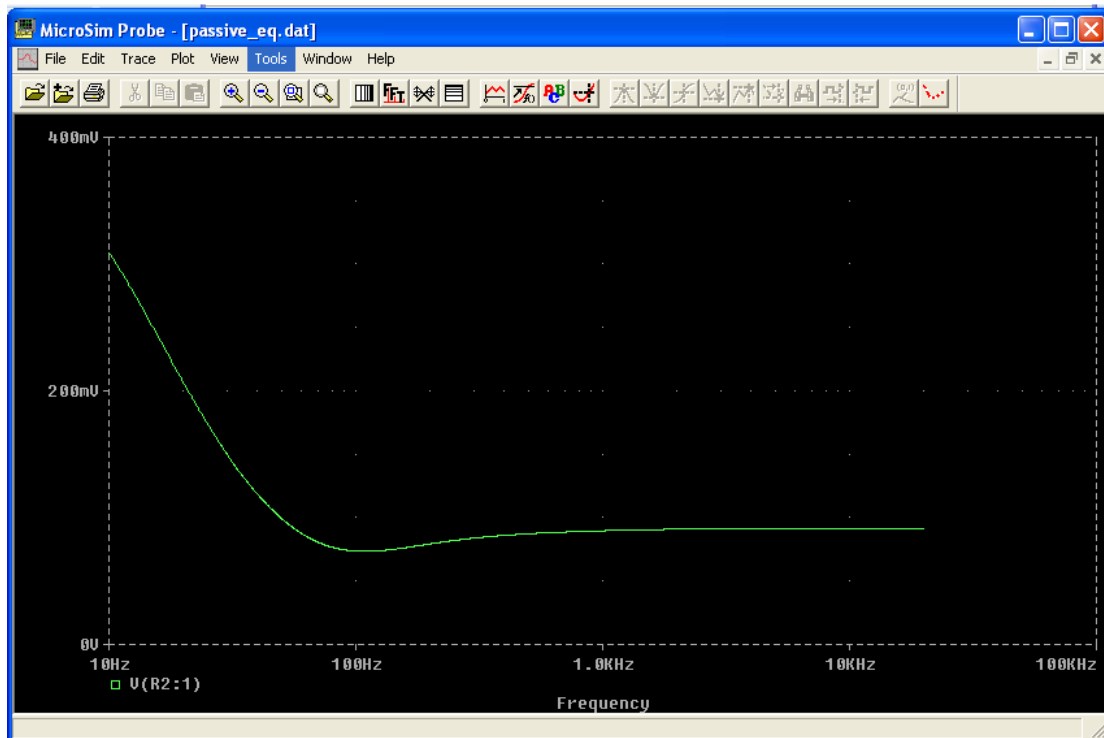
Αν τρέξουμε εξομοίωση, η απόκριση του κυκλώματος είναι η εξής:



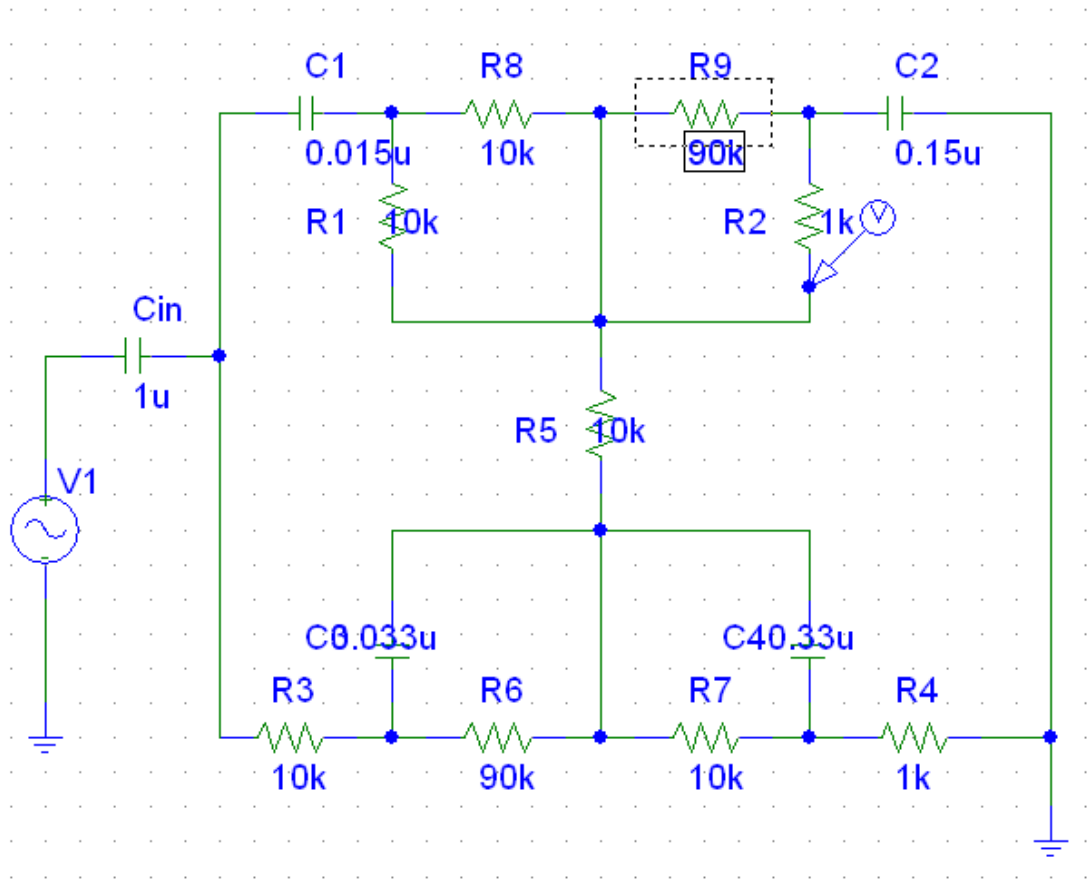
Για να κάνουμε μια ρύθμιση, ώστε να ενισχυθούν τα μπάσα, ορίζουμε τις παρακάτω τιμές R8 και R9.



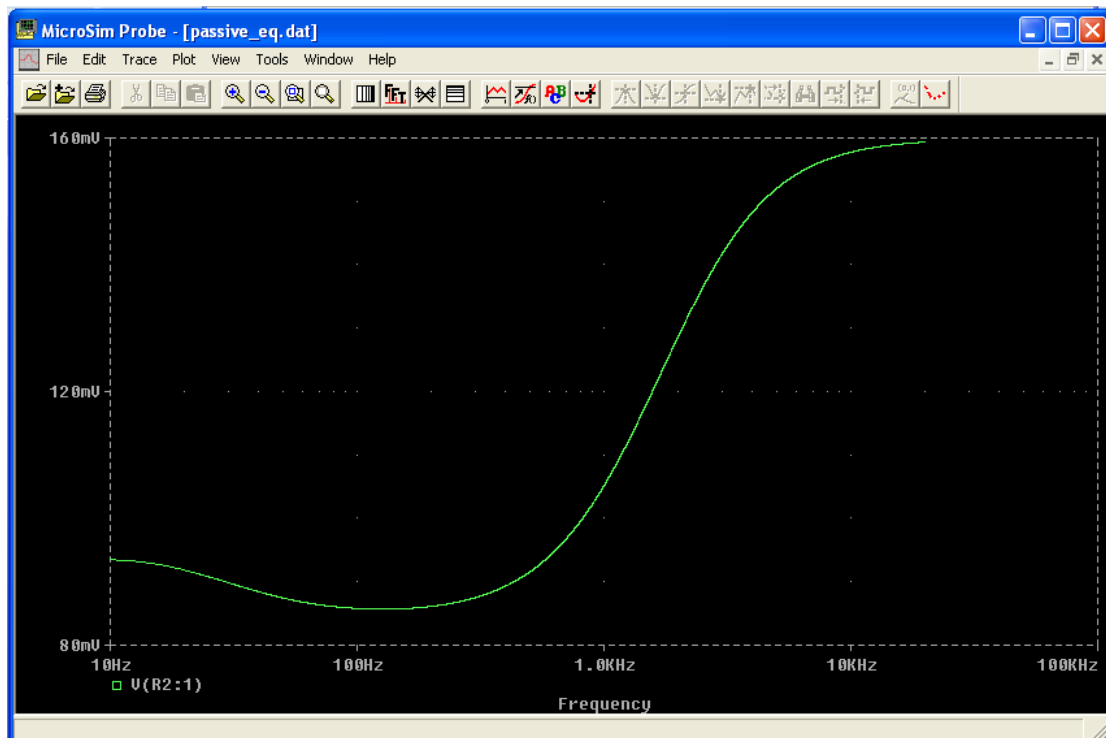
Τώρα έχουμε κατασκευάσει χαμηλοπερατό φίλτρο. Αν εξομοιώσουμε προκύπτει το εξής:



Στη συνέχεια θα ρυθμίσουμε το equalizer έτσι ώστε να εξασθενήσουν τα μπάσα, ενώ ταυτόχρονα θα ενισχύσουμε τα πρίμα. Αλλάζουμε τις τιμές R8,R9,R6,R7 ως εξής:



Τώρα πραγματοποιούμε εξομοίωση και προκύπτει το παρακάτω γράφημα:





Παρατηρούμε ότι τα μπάσα έχουν όντως εξασθενίσει, ενώ οι ψηλή συχνοτικά περιοχή, έχει ενισχυθεί.

## ACTIVE BAXANDALL

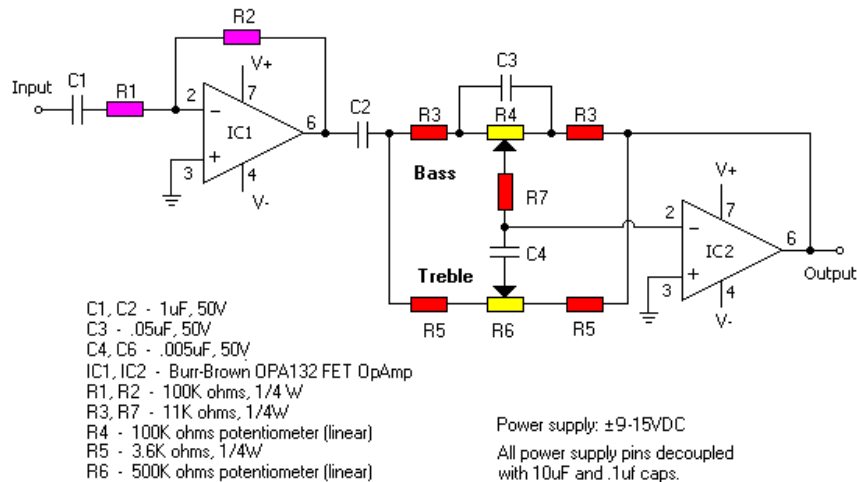


Figure 1b - 2-Band Active Baxandall Equalizer

Η ενεργή έκδοση του 2-band Baxandall που φαίνεται στο figure 1b, ουσιαστικά ενσωματώνει το κύκλωμα διαμόρφωσης συχνότητας μέσα στο feedback loop ενός τελεστικού ενισχυτή (opamp). Το σύστημα feedback είναι σχεδόν ιδανικό για το παθητικό Baxandall. Τα pots πλέον λειτουργούν γραμμικά ενώ οι διπλοί πυκνωτές για bass και treble λειτουργίες, έχουν απλοποιηθεί σε μονοί. Η είσοδος προσφέρει ρύθμιση αντίστασης και επιδιόρθωση φάσης, έτσι ώστε κατά την έξοδο από το eq, το σήμα να έχει την ίδια φάση με την είσοδο. Οι εξισώσεις για αυτό το κύκλωμα, παρουσιάζονται στο figure 1c. Σε αντίθεση με την παθητική έκδοση, αυτός ο ισοσταθμιστής έχει πραγματικό κέρδος τάσης συν πλην 10dB (20dB).

$$f_B = \frac{1}{2\pi R_4 C_3} \approx 30 \text{ Hz} \quad f_H = \frac{1}{2\pi R_5 C_4} \approx 10 \text{ kHz}$$

$$f_{TH} = \frac{1}{2\pi R_3 C_3} \approx 300 \text{ Hz} \quad f_{TH} = \frac{1}{2\pi (R_3 + R_5 + 2R_7) C_4} \approx 1 \text{ kHz}$$

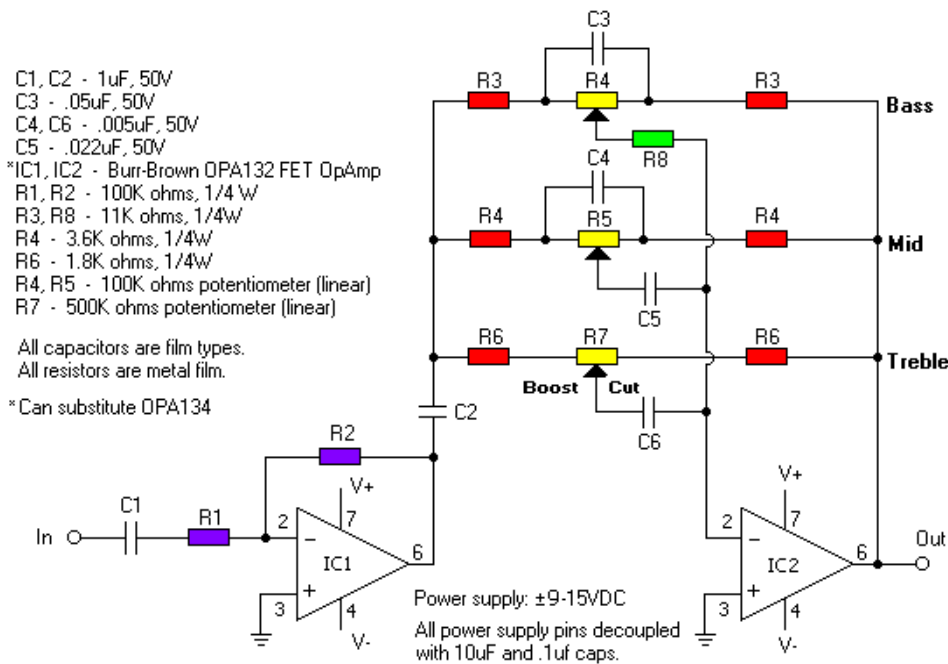
$$A_v \approx \frac{R_3 + R_4}{R_3} \approx 10 \quad A_v \approx \frac{R_3 + 2R_7}{R_5} \approx 10$$

**Bass**

**Treble**

**Equations for 2-Band Active Baxandall Equalizer  
Figure 1c**

## ACTIVE 3-BAND BAXANDALL



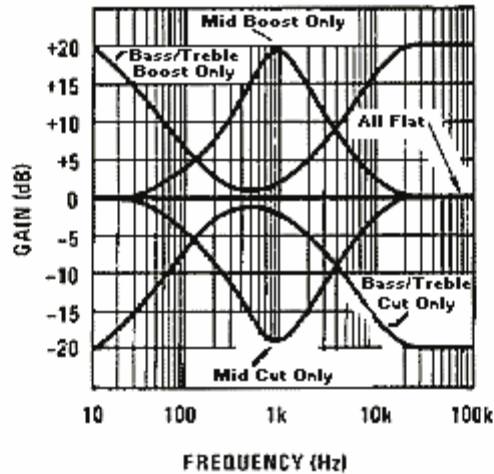
**Figure 2 - Schematic for 3-band Baxandall equalizer (one channel)**

Ένα 2-band equalizer έχει περιορισμένη δυνατότητα επιδιόρθωσης προβληματικών συχνοτικών περιοχών στα ακουστικά. Το κύκλωμα στο figure 2 είναι μία ενεργή έκδοση του Baxandall με μεταβαλλόμενο φίλτρο, που λειτουργεί σαν midrange control. Για ακόμα μία φορά, η είσοδος βεβαιώνει ότι η ισοστάθμιση βλέπει πηγή χαμηλής αντίστασης, όπως και ότι η φάση στην έξοδο δεν έχει

αναστραφεί. Το συνολικό gain/cut για κάθε συχνοτική band είναι συν πλην 20dB.

Όπως και στην 2-band έκδοση, τα φίλτρα treble και bass είναι shelving equalizers (figure 4)- παρόλο που τα shelves βρίσκονται εκτός του ακουστού εύρους της ανθρώπινης ακοής. Ένα καλύτερο shelving χαρακτηριστικό, μπορεί να αποκτηθεί αν μετακινήσουμε τις shelving συχνότητες πιο κοντά μεταξύ τους. Με μικρές τροποποιήσεις στις κεντρικές συχνότητες, το κύκλωμα μπορεί να παράγει ένα πανομοιότυπο είδωλο των biphonic καμπυλών. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των biphonic καμπυλών, είναι το βύθισμα στα 7.5kHz, έτσι ώστε να προσομοιωθεί η απόκριση του αγωγού στο ανθρώπινο αυτί, για άτομα με φυσιολογική ικανότητα ακοής. Αν πραγματοποιείται χρήση diffuse-field headphones, κατά πάσα πιθανότητα έχουν ήδη ρυθμιστεί έτσι ώστε να προσομοιώνεται το ανθρώπινο αυτί, έτσι τα eq βοηθούν για περαιτέρω ρύθμιση με βάση το συγκεκριμένο ακροατή.

Το treble και τα mid bands είναι πιο κρίσιμα πλέον. Θα πρέπει να τοποθετηθούν σε μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους, έτσι ώστε να προσομοιωθεί καλύτερα το βύθισμα των 7.5kHz. Η μετακίνηση της treble shelving συχνότητας πιο ψηλά από τα 20kHz θα βοηθήσει. Επειδή το εύρος λειτουργίας του midrange resonant φίλτρου επικαλύπτεται από αυτά των bass και treble controls, απλές εξισώσεις δεν μπορούν να περιγράψουν και να υπολογίσουν το πώς οι αλλαγές στις τιμές των συνιστωσών, θα επηρεάσουν ακριβώς τις καμπύλες απόκρισης. Εφαρμόζοντας τις εξισώσεις της 2-band έκδοσης σε αυτήν της 3-band, φαίνεται να υπολογίζουν τις bass και τις treble crossover συχνότητες στην 3-band έκδοση, αλλά όχι το gain του treble control.



Source: National Semiconductor LF353 Application Notes

Figure 3 - Frequency response of active Baxandall equalizer

Οι midrange control παράμετροι πρέπει να ρυθμιστούν με πειραματισμούς. Αυτές οι αλλαγές που ακολουθούν είναι σχεδιασμένες, ώστε να έχουν όσο το δυνατό μικρότερη επίπτωση στην απόκριση bass και treble.

Ο R4 επηρεάζει το συνολικό midrange gain/cut. Αυξάνοντας την τιμή του R4 θα μειωθεί το gain και θα μεταφερθεί η midrange κεντρική συχνότητα ψηλότερα. Μειώνοντας την τιμή του R4, αυξάνεται το gain και χαμηλώνει η κεντρική συχνότητα.

Αλλάζοντας τις τιμές των C4 και C5 μετακινείται η κεντρική συχνότητα midrange, χωρίς να επηρεάζεται το bass και το treble. Για να μετακινηθεί η κεντρική συχνότητα ψηλότερα μειώνουμε την τιμή του C4 και η τιμή του C5 είναι σε αναλογία  $C5=5C4$ . Για να μετακινήσουμε την κεντρική συχνότητα χαμηλότερα, λειτουργούμε αντίστροφα. Η μετακίνηση της συχνότητας είναι ποσό ανάλογο της αλλαγής της τιμής του C5.

$$f^1/f = C5^1/C5$$

Όπου  $f_1$  και  $C51$  είναι οι νέες τιμές.

$$\begin{aligned}f_B &= \frac{1}{2\pi R4 C3} \approx 32 \text{ Hz} & f_H &= \frac{1}{2\pi R6 C3} \approx 18 \text{ kHz} \\f_{TH} &= \frac{1}{2\pi R3 C3} \approx 320 \text{ Hz} & f_{TH} &= \frac{1}{(R3 + 2R8) C6} \approx 1 \text{ kHz} \\A_v &\approx \frac{R3 + R4}{R3} \approx 10 & A_v &\approx \frac{R3 + 2R8}{R6} \approx 20\end{aligned}$$

This number is **WRONG!** ↗

The overlapping response of the midrange resonant filter invalidates these equations for the 3-band active Baxandall.

**Figure 4 - Equations for 2-band active Baxandall do not work with 3-band version.**

Το σχέδιο έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιεί εύκολα στο να βρεθούν υλικά. Τα linear-taper pots, είναι ελεύθερα από επαγωγές. Οι R1 και R2 είναι διαλεγμένοι για ενιαίο gain, αλλά παρόλα αυτά το κύκλωμα λειτουργεί και σαν ενισχυτής ακουστικών, σε περίπτωση που το  $R2/R1$  feedback ratio είναι μεγαλύτερο του 1. Για παράδειγμα, ρυθμίζοντας το R1 στα 10K ohms (και το C1 στα 10uf), θα δοθεί στο equalizer flat gain τις τάξεως των 10. Επίσης, ένα volume control μπροστά από το inverter(αναστροφή φάσης) θα ήταν μία καλή ιδέα. Για να διαλέξουμε opamp, θα πρέπει να έχει υψηλή τιμή slew rate για high bandwidth και να είναι ικανός να τρέξει στάνταρ τάσεις μπαταριών.

## Συμπεράσματα

Με το πέρας της πτυχιακής αυτής εργασίας, καταλήγουμε σε κάποια βασικά συμπεράσματα, σε ότι αφορά το πρόγραμμα Pspice.

Πρώτα από όλα, επαληθεύεται η σωστή λειτουργία του προγράμματος, το οποίο εξομοιώνει τα κυκλώματα με πλήρη πιστότητα. Τα αποτελέσματα των εξομοιώσεων είναι πάντα τα αναμενόμενα, όπου, η οποιαδήποτε μικρή αλλαγή στην αρχική ρύθμιση, επηρεάζει το εξομοιωμένο κύκλωμα όσο λεπτομερειακά επιθυμεί ο χρήστης. Το γεγονός αυτό, καθιστά το πρόγραμμα Pspice, απαραίτητο εργαλείο για κάθε ηλεκτρονικό.

Κατά δεύτερον, πραγματοποιείται μία πολύ αναλυτική περιγραφή των δυνατοτήτων του προγράμματος, έτσι ώστε ο οποιοσδήποτε πιθανός νέος χρήστης του Pspice, να μπορεί να το συγκρίνει με άλλα αντίστοιχα προγράμματα. Επίσης, εφόσον δεν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία με τέτοιου είδους προγράμματα, μπορεί να ενημερωθεί για τη χρησιμότητα τους, και να καταλάβει την γενικότερη λειτουργία των προγραμμάτων εξομοίωσης, η απουσία των οποίων, θα σήμαινε επαναλαμβανόμενη κατασκευή κυκλωμάτων, μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, πράγμα χρονοβόρο και οικονομικά ασύμφορο.

Τρίτον, τα κυκλώματα που σχεδιάστηκαν στο Pspice και έπειτα εξομοιώθηκαν, μπορούν να λειτουργήσουν σαν παράδειγμα για άλλους χρήστες, εφόσον ο σχεδιασμός και η γενικότερη διαδικασία, αναλύονται λεπτομερειακά. Τα στάδια αυτά, περιγράφονται βήμα βήμα, έτσι, με τη χρήση της μεθοδολογίας που παρουσιάζεται, είναι εύκολη η εισαγωγή οποιουδήποτε αναλογικού κυκλώματος στο πρόγραμμα.

Ακόμα, με τη χρήση του προγράμματος, μπορούμε να επιβεβαιώσουμε τη σωστή λειτουργία συσκευών, μέχρι και να εντοπίσουμε κατασκευαστικά σφάλματα ή μικροδιαφορές λόγω κατασκευής. Με άλλα λόγια, το Pspice λειτουργεί σε ιδανικές συνθήκες, ενώ τα κυκλώματα που έχουν κατασκευαστεί, είναι πιθανό, εξαιτίας πολλών παραγόντων να αποκρίνονται από λίγο έως

και πολύ διαφορετικά από ότι στην εξομοίωση, πολύ περισσότερο στον τομέα του ήχου, στον οποίο η λεπτομέρειες έχουν καθοριστικό ρόλο.

Τέλος, η συγκεκριμένη εργασία, με βοήθησε να κατανοήσω διάφορα πράγματα σε σχέση με τα κυκλώματα και τη λειτουργία τους, τα οποία θα χρησιμεύσουν μελλοντικά, λόγω του αντικειμένου σπουδών.

## Βιβλιογραφία

- Microsim PSpice Optimizer (user's guide)
- OrCAD PSpice (user's guide)
- Σημειώσεις θεωρίας-εργαστηρίου αναλογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων του τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής
- Σημειώσεις θεωρίας-εργαστηρίου ηχητικών συστημάτων του τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής
- Βασική ηλεκτρονική (A.P.Malvino)
- Boss Ds-1 owner's manual

## Internet sites

- [www.electronicsonline.com](http://www.electronicsonline.com) τελευταία επίσκεψη 20/04/12
- [www.geofex.com](http://www.geofex.com) τελευταία επίσκεψη 15/04/12
- [www.electroniccircuits.com](http://www.electroniccircuits.com) τελευταία επίσκεψη 26/04/12
- [http://gilmore2.chem.northwestern.edu/projects/equal\\_prj.htm](http://gilmore2.chem.northwestern.edu/projects/equal_prj.htm) τελευταία επίσκεψη 20/04/12
- <http://fuzzcentral.ssguitar.com/scrambler.php> τελευταία επίσκεψη 05/05/12
- <http://el.wikipedia.org> τελευταία επίσκεψη 14/05/12
- <http://www.tonepad.com/> τελευταία επίσκεψη 20/05/12