

# Ηλεκτρονική III

6<sup>ο</sup> εξάμηνο

## Εργαστηριακές Ασκήσεις και προσομοιώσεις με το SPICE

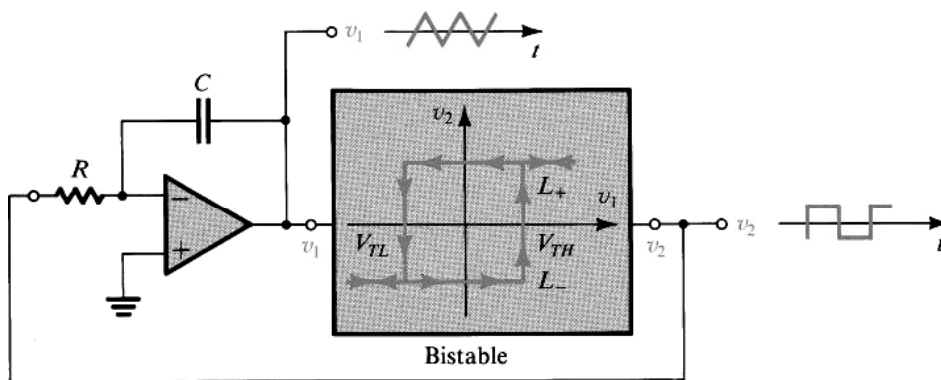
- **1. Γεννήτρια τριγωνικών κυματομορφών**
- 2. Γεννήτρια κλιμακωτής τάσης

1/10

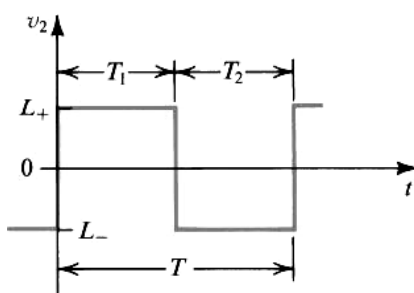
Αλκης Χατζόπουλος - Εργαστήριο Ηλεκτρονικής – Τμ.Η.Μ.Μ.Υ. – Α.Π.Θ.

Ηλεκτρονική III

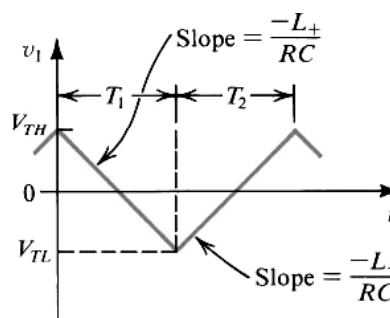
### Γεννήτρια τριγωνικών κυματομορφών



(a)



(b)



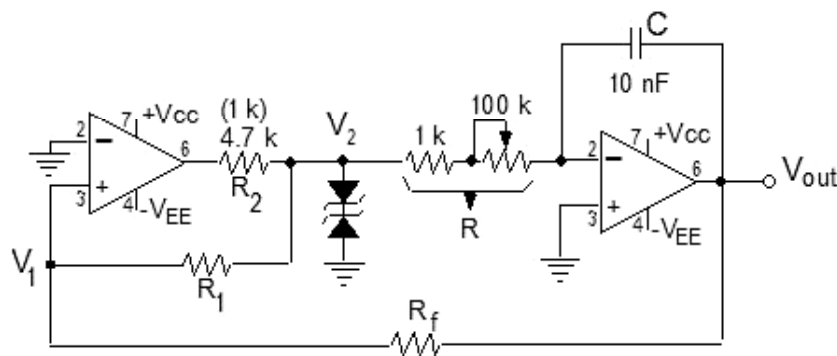
(c)

$$\frac{V_{TH} - V_{TL}}{T_1} = \frac{L_+}{CR}$$

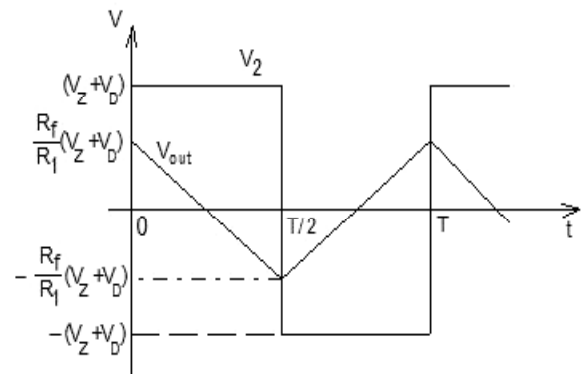
$$T_1 = CR \frac{V_{TH} - V_{TL}}{L_+}$$

$$\frac{V_{TH} - V_{TL}}{T_2} = \frac{-L_-}{CR}$$

$$T_2 = CR \frac{V_{TH} - V_{TL}}{-L_-}$$



Σχήμα 1. Κύκλωμα γεννήτριας.



Σχήμα 2. Κυματομορφές  $V_{out}$  και  $V_2$ .

3

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

$$V_o(t) = -(1/C) \int i_C dt + V_o(0) \quad (1)$$

Στο διάστημα  $0 < t \leq T/2$  το ρεύμα  $i_C$  είναι σταθερό και ίσο με  $V_2 / R$ , αφού η τάση  $V_2$  είναι σταθερή. Έτσι η εξίσωση (1) γίνεται:

$$V_o(t) = (-V_2 / RC) t + V_o(0) \quad (2)$$

και για  $t = T/2$  προκύπτει:

$$T = (2RC / V_2) [V_o(0) - V_o(T/2)] \quad (3)$$

Το ρεύμα εισόδου του τελεστικού ενισχυτή (συγκριτή) θεωρείται αμελητέο, οπότε το πλάτος του τριγωνικού σήματος εξόδου υπολογίζεται από τη σχέση :

$$(V_1 - V_2) / R_1 = (V_o - V_1) / R_f \quad (4)$$

με την παρατήρηση ότι τις χρονικές στιγμές  $t = kT/2$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$  που γίνεται η εναλλαγή στο συγκριτή, θα ισχύει  $V_1 = 0$ . Αρα το πλάτος τις στιγμές αυτές θα είναι:

$$V_o = -V_2 (R_f / R_1) \quad (5)$$

Λαμβάνοντας υπόψη τις εξισώσεις (3) και (5) και θέτοντας  $V_o(0) = -V_o(T/2) = V_2(R_f / R_1)$ , η περίοδος του τριγωνικού σήματος γίνεται:

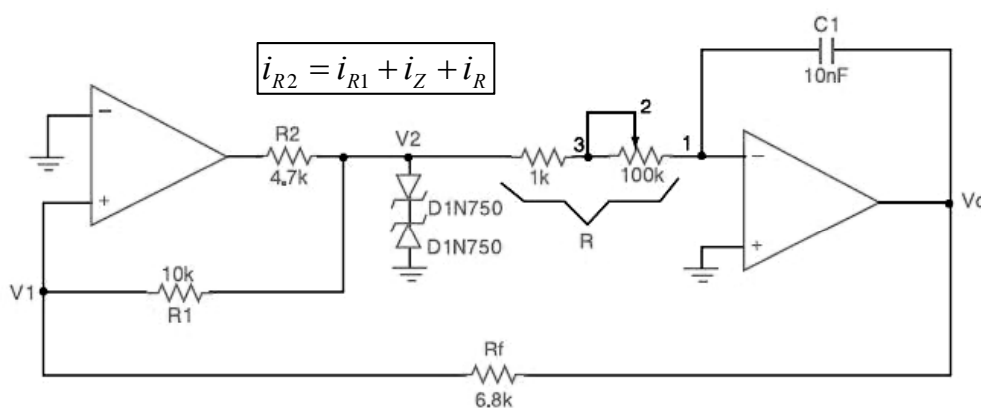
$$T = (2RC) 2 (R_f / R_1) = 4RC (R_f / R_1) \quad (6)$$

4

1. Να κατασκευαστεί το κύκλωμα του σχήματος 1.
2. Για μία ενδιάμεση τιμή της  $R$  να παρατηρηθούν στον παλμογράφο οι κυματομορφές  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  και να σχεδιαστούν σε βαθμολογημένους άξονες. Η κυματομορφή  $V_2$  δεν πρέπει να έχει καμία παραμόρφωση.
3. Να εξηγηθεί η κυματομορφή  $V_1$  με βάση τον τρόπο λειτουργίας της γεννήτριας.
4. Να μετρηθεί η περίοδος  $T$  και η αντίστοιχη τιμή της αντίστασης  $R$  και να επαληθευτεί η σχέση (6).
5. Να βρεθεί η μέγιστη συχνότητα σωστής λειτουργίας του κυκλώματος  $f_{max}$ . Σαν  $f_{max}$  θεωρούμε τη συχνότητα στην οποία η  $V_2$  μόλις αρχίζει να παραμορφώνεται. Να εξηγηθεί η παραμόρφωση και η μείωση του πλάτους της  $V_2$  καθώς και η παραμόρφωση της εξόδου για μικρότερες τιμές της  $R$ .
6. Να μετρηθεί ο ρυθμός ανόδου ( $V/\mu s$ ) των τετραγωνικών παλμών του  $V_2$  για την  $f_{max}$ .
7. Να επαναληφθούν τα βήματα 5 και 6 για αντίσταση  $R_2=1\text{ k}\Omega$ . Να σημειωθούν οι παρατηρήσεις και να εξηγηθεί η βελτίωση της συμπεριφοράς.
8. Πως μπορεί να ρυθμιστεί το πλάτος του τριγωνικού σήματος; Να γίνει δοκιμή με αντικατάσταση αντιστάσεων. Είναι δυνατή η ρύθμιση του πλάτους χωρίς να επηρεάζεται η συχνότητα;

5

## Προσομοίωση με το SPICE



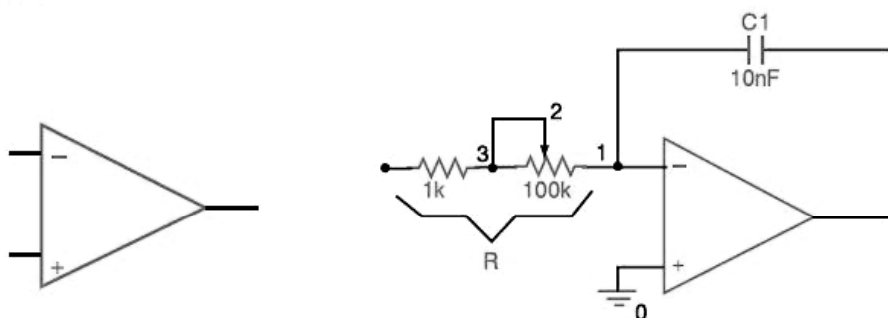
$$V_0(t) = -(1/C) \int_0^t i_c dt + V_0(0)$$

$$V_0(t) = (-V_2 / RC)t + V_0(0)$$

$$T = (2RC / V_2) [V_0(0) - V_0(T/2)]$$

$$(V_1 - V_2) / R_1 = (V_0 - V_1) / R_f$$

Εικόνα 11.1 Κύκλωμα Γεννήτριας



$$T = 4RC \frac{R_f}{R_1} \text{ (σε seconds)}$$

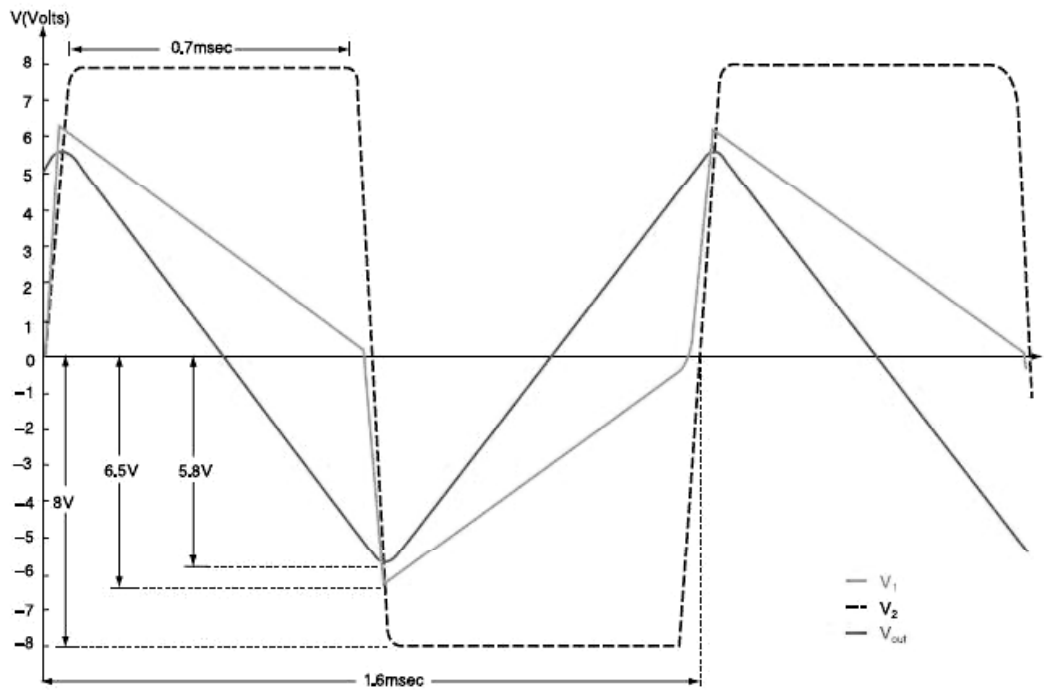
$$V_0 = -V_2 \frac{R_f}{R_1} \text{ (σε Volts)}$$

Εικόνα 11.2 Συγκριτής

Εικόνα 11.3 Ολοκληρωτής

6

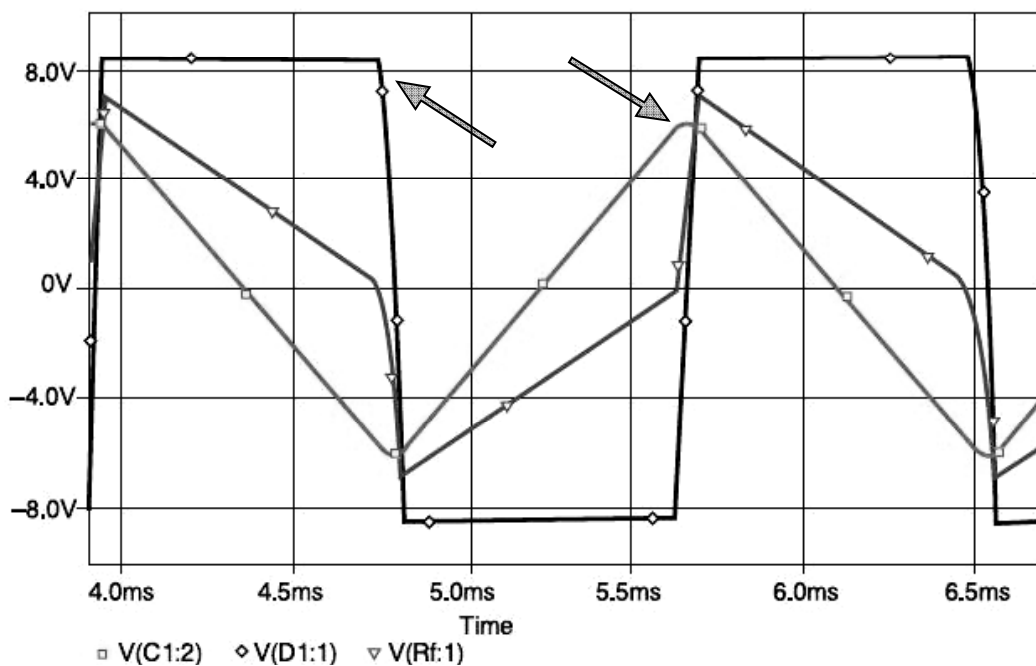
## Κυματομορφές λειτουργίας



Εικ. 11.4 Κυματομορφές  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $V_2$

7

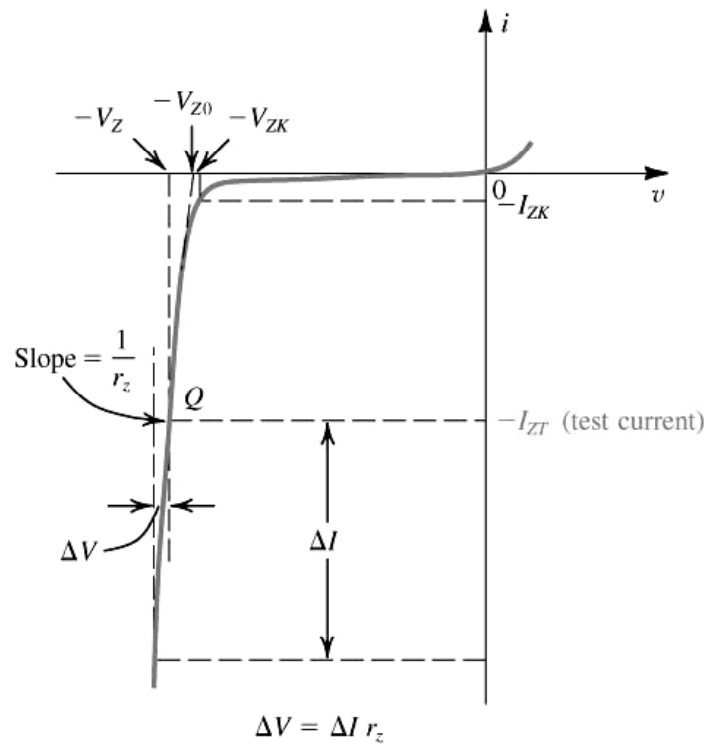
## Κυματομορφές λειτουργίας με το SPICE



Εικόνα 11.6 Κυματομορφές των τάσεων στα σημεία  $V_0$ ,  $V_1$  και  $V_2$

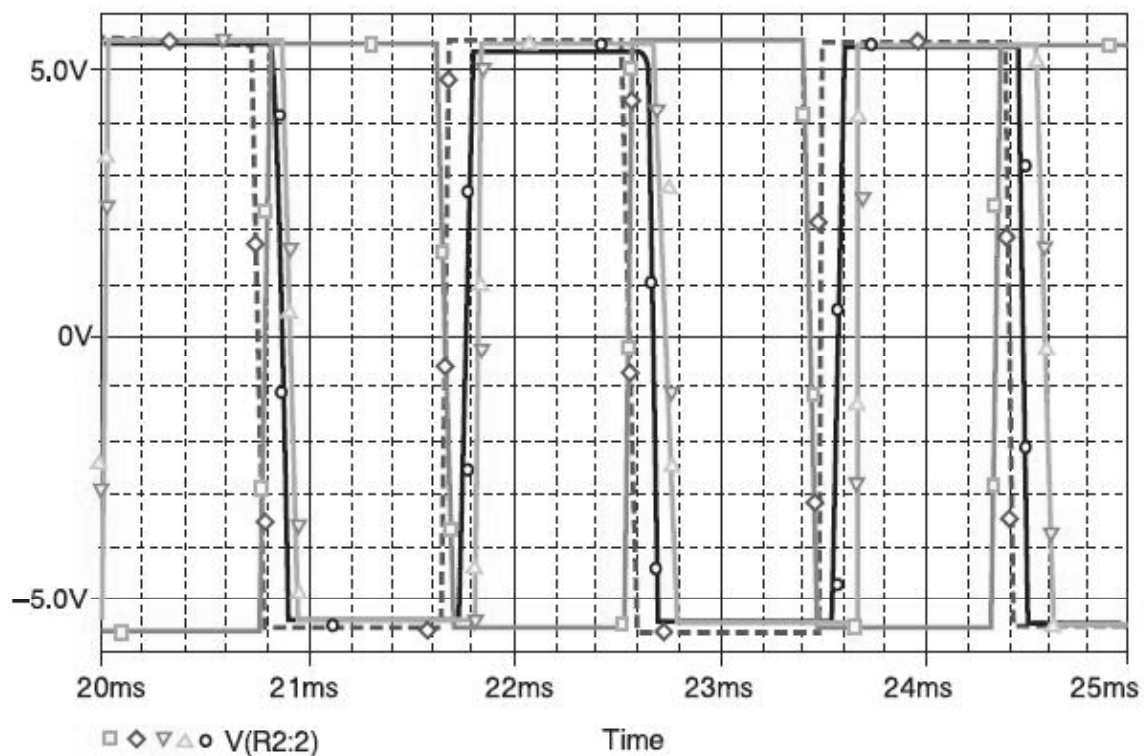
8

## Χαρακτηριστική Zener



9

## Κυματομορφές V2 – παραμετρική ανάλυση ως προς R2



Εικόνα 11.9 Παραμετρική Ανάλυση  $V_2$  συναρτήσει της αντίστασης  $R_2$  (για τιμές 100Ω, 200Ω, 300Ω, 500Ω, 1kΩ, κατ' αντιστοιχία με τα σύμβολα και για  $R_5 = 57.7k\Omega$ )

10/10