

## **ΑΣΚΗΣΗ-2: ΚΥΚΛΩΜΑ RC**

**Ημερομηνία:** .....

**ΤΜΗΜΑ:** ..... **ΟΜΑΔΑ:** .....

**Όνομ/νυμο:**.....**A.M.**.....

### **Συνεργάτες**

**Όνομ/νυμο:**.....**A.M.**.....

**Όνομ/νυμο:**.....**A.M.**.....

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ** (καθένας με δικά του λόγια, σε όλες τις γραμμές)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

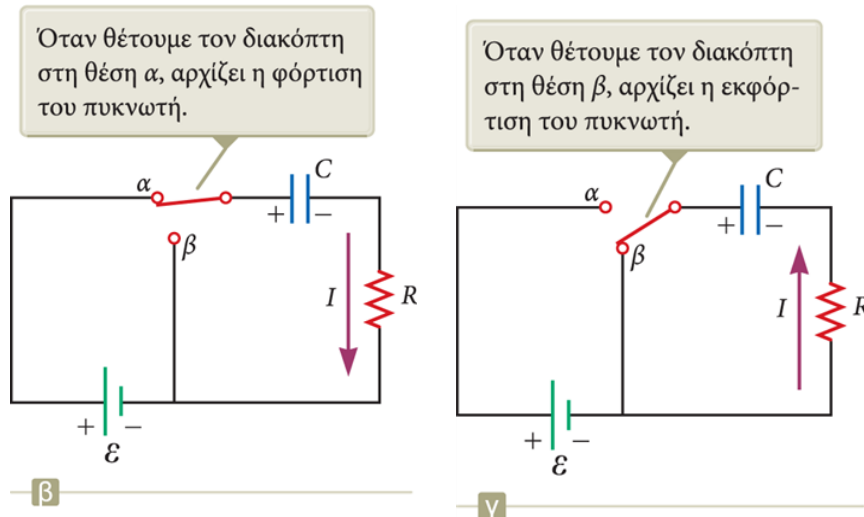
**ΒΑΘΜΟΣ#1:** ..... **ΥΠΟΓΡΑΦΗ:** .....

## ΣΤΟΧΟΙ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ

Χρήση παλμογράφου για την παρατήρηση της φόρτισης και εκφόρτισης ενός πυκνωτή, και της σταθεράς χρόνου:  $\tau=RC$  του κυκλώματος,

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

**Κύκλωμα RC** ονομάζεται το κύκλωμα που περιλαμβάνει έναν αντιστάτη και έναν πυκνωτή σε σειρά:



### 1. Φόρτιση πυκνωτή σε κύκλωμα RC

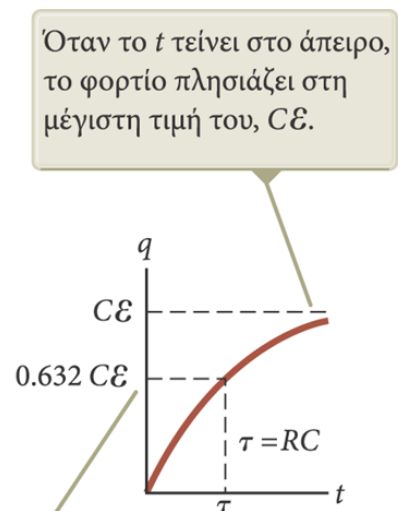
- Μόλις κλείσει το κύκλωμα, ο πυκνωτής αρχίζει να φορτίζεται μέχρι το μέγιστο φορτίο του:  $Q = C\varepsilon$ .
- Καθώς φορτίζονται οι οπλισμοί, αυξάνεται η διαφορά δυναμικού στα άκρα του πυκνωτή.
- Τη στιγμή που κλείνει ο διακόπτης, το φορτίο του πυκνωτή είναι μηδέν.
- Το φορτίο του πυκνωτή μεταβάλλεται με τον χρόνο:  $q(t) = C\varepsilon(1 - e^{-t/RC}) = Q(1 - e^{-t/RC})$ .
- Μόλις ο πυκνωτής αποκτήσει το μέγιστο φορτίο του, το ρεύμα στο κύκλωμα γίνεται ίσο με μηδέν.
- Η χρονική μεταβολή του ρεύματος είναι:

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC}$$

- Μόλις ο πυκνωτής φορτιστεί πλήρως, το ρεύμα στο κύκλωμα γίνεται ίσο με μηδέν.

### Η σταθερά χρόνου $\tau = RC$

είναι το χρονικό διάστημα που χρειάζεται το φορτίο για να φτάσει από το μηδέν στο 63.2% της μέγιστης τιμής του.



Έπειτα από χρονικό διάστημα ίσο με μία σταθερά χρόνου  $\tau$ , το φορτίο είναι ίσο με το 63.2% της μέγιστης τιμής του,  $C\varepsilon$ .

## 2. Εκφόρτιση πυκνωτή σε κύκλωμα RC

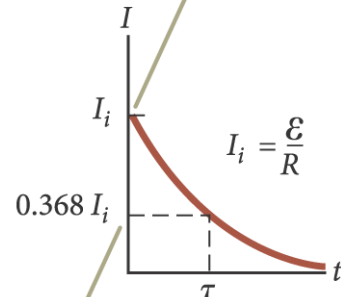
- Όταν στο κύκλωμα συνδεθεί ένας φορτισμένος πυκνωτής, μπορεί να εκφορτιστεί σύμφωνα με τη σχέση:

$$q(t) = Qe^{-t/RC}$$

- Το φορτίο μειώνεται εκθετικά.
- Τη χρονική στιγμή  $t = \tau = RC$ , το φορτίο έχει μειωθεί στην τιμή  $0.368 Q_{\max}$ .
- Δηλαδή, σε χρονικό διάστημα ίσο με μία σταθερά χρόνου, ο πυκνωτής έχει χάσει το 63.2% του αρχικού φορτίου του.
- Η χρονική μεταβολή του ρεύματος είναι ίση με:

$$I(t) = \frac{dq}{dt} = -\frac{Q}{RC} e^{-t/RC}$$

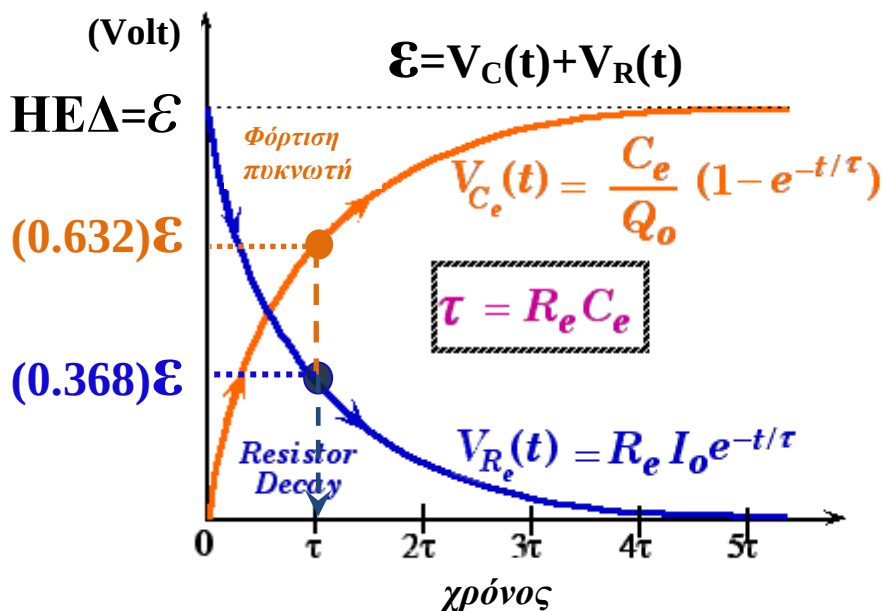
Το ρεύμα παίρνει τη μέγιστη τιμή του,  $I_i = \mathcal{E}/R$  τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και, όταν το  $t$  τείνει στο άπειρο, φθίνει εκθετικά στο μηδέν.



Έπειτα από χρονικό διάστημα ίσο με μία σταθερά χρόνου  $\tau$ , το ρεύμα είναι ίσο με το 36.8% της αρχικής τιμής του.

β

## Η σταθερά χρόνου- $\tau$ κατά τη φόρτιση και εκφόρτιση πυκνωτή



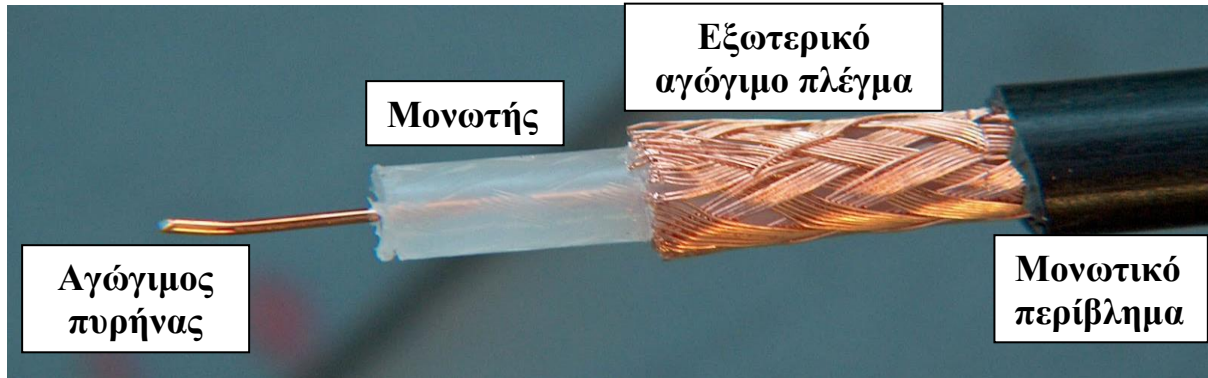
### Σταθερά χρόνου $\tau$

| $t$     | $e^{-t/\tau}$ | $1 - e^{-t/\tau}$ |
|---------|---------------|-------------------|
| $\tau$  | .368          | .632              |
| $2\tau$ | .135          | .865              |
| $3\tau$ | .050          | .950              |
| $4\tau$ | .018          | .982              |
| $5\tau$ | .007          | .993              |

Κατά την μέτρηση της σταθεράς χρόνου  $\tau$  από την οθόνη του παλμογράφου πρέπει να προσδιορισθεί στον κατακόρυφο άξονα (Volt) η τιμή  $(0.368)\mathcal{E}$  για την καμπύλη που αντιστοιχεί στην  $V_R(t)$  και η τιμή  $(0.632)\mathcal{E}$  για την καμπύλη που αντιστοιχεί στην  $V_C(t)$ , οπότε η συντεταγμένη του σημείου αυτού στον οριζόντιο άξονα (χρόνος) θα είναι ίση με  $\tau$ , όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

### 3. Ομοαξονικό καλώδιο και BNC

- I. Ομοαξονικό καλώδιο (coaxial cable) είναι ένα ηλεκτρικό καλώδιο με ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό κυλινδρικό αγωγό που διαχωρίζονται από ένα μονωτικό υλικό. Ο αγωγίμος πυρήνας μεταφέρει το ηλεκτρικό σήμα ενώ το εξωτερικό αγωγίμο πλέγμα αφενός συνδέεται στη γείωση και αφετέρου θωρακίζει τον πυρήνα από ηλεκτρονικό θόρυβο και παρεμβολές.



Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη οικογένεια τυποποιημένων ομοαξονικών καλωδίων έχει τον κωδικό RG-58. Το χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η σύνθετη αντίσταση (impedance) των 50 Ω. Η σύνθετη αντίσταση εκφράζει την αντίσταση του καλωδίου στη ροή AC ρεύματος.

- II. Ο BNC συνδετήρας (connector) ονομάζεται έτσι από τα ακρωνύμια των τριών εφευρετών του, των Bayonet-Neill-Councilman, που κατοχύρωσαν την πατέντα τους το έτος 1951. Το BNC είναι μια διάταξη σύνδεσης των ομοαξονικών καλωδίων που συγκολλείται με ειδικό τρόπο στα άκρα τους και χρησιμοποιείται στους ακροδέκτες εισόδου και εξόδου ηλεκτρικών σημάτων στα επιστημονικά όργανα. Με αυτή τη διασύνδεση αποφεύγεται η εισαγωγή ηλεκτρονικού θορύβου ή παρεμβολών στα σημεία σύνδεσης των ομοαξονικών καλωδίων.

Αρσενικό  
(male) BNC



Θυληκό  
(female) BNC



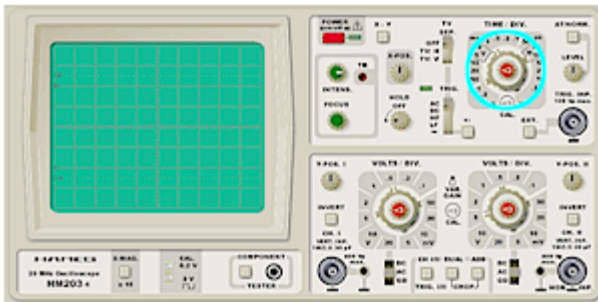
- III. Όλα τα σήματα που μετρούνται με παλμογράφο παραμορφώνονται σημαντικά από ηλεκτρονικό θόρυβο όταν δεν διοχετεύονται με κατάλληλα θωρακισμένο καλώδιο μέχρι και την είσοδό τους στον παλμογράφο. Το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο θωρακισμένο καλώδιο σε μετρήσεις με παλμογράφο είναι το ομοαξονικό καλώδιο με BNC συνδετήρες, που ονομάζεται BNC καλώδιο:



#### 4. Βασικά στοιχεία λειτουργίας του παλμογράφου

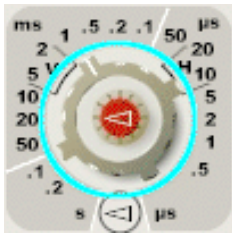
Κάθε παλμογράφος έχει δύο διαφορετικά κανάλια εισόδου (CH1, CH2) που απεικονίζουν, ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, την χρονική μεταβολή του ηλεκτρικού δυναμικού (τάσης) των 2 σημάτων εισόδου. **Ο παλμογράφος δεν μετρά ρεύμα, και επομένως κάθε κανάλι του πρέπει να συνδέεται όπως ένα βολτόμετρο (παράλληλη σύνδεση).** Η οθόνη ενός παλμογράφου απεικονίζει στον κατακόρυφο άξονα (y-άξονα) το πλάτος της τάσης σε κάθε κανάλι και στον οριζόντιο άξονα (x-άξονα) το χρόνο σάρωσης της δέσμης ηλεκτρονίων του παλμογράφου. Οι βασικότερες επιλογές λειτουργίας είναι οι εξής:

##### Time/Div.

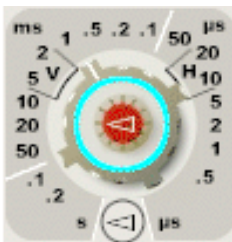


Ο επιλογέας "Time/Div." καθορίζει τη χρονική διάρκεια που χρειάζεται η δέσμη ηλεκτρονίων για να σαρώσει την απόσταση μεταξύ του αριστερού και δεξιού άκρου μιας υποδιαίρεσης (ένα κουτάκι) στην οριζόντια κατεύθυνση. Έτσι ελέγχει την κλίμακα του χρόνου. Μια υποδιαίρεση (division) είναι ένα τετραγωνάκι στην οθόνη του παλμογράφου.

Ο επιλογέας "Time/Div." αποτελείται από δύο ομόκεντρους περιστρεφόμενους επιλογείς:



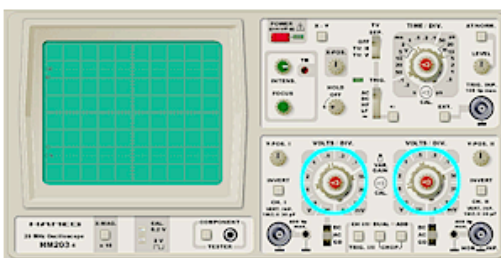
Ο εξωτερικός επιλογέας είναι βηματικός και κινείται σε τιμές της κλίμακας χρόνου που αποτελούν τη βαθμονόμηση του παλμογράφου. Για να επιλεγούν οι βαθμονομημένες τιμές της κλίμακας αυτής πρέπει ο εσωτερικός επιλογέας κύλισης να είναι στραμμένος στην αριστερότερη θέση του (όπως στο διπλανό σχήμα).



Ο εσωτερικός επιλογέας "Time/Div.", που είναι στο κέντρο και προεξέχει, στρέφεται κυλιόμενος και δεν είναι βαθμονομημένος σε κάποια κλίμακα χρόνου. Χρησιμεύει μόνον για μικρές διορθώσεις προσαρμογής της εικόνας στην οθόνη.

**Έτσι, στις μετρήσεις χρόνου ή συχνότητας πρέπει ο εσωτερικός επιλογέας να είναι στραμμένος στην αριστερότερη θέση του (όπως στο διπλανό σχήμα).**

##### Volts/Div.



Σε παλμογράφο με δύο κανάλια εισόδου (CH1, CH2) που μετρούν τάση (Volts) υπάρχουν αντίστοιχα δύο επιλογείς "Volts/Div.", ο πρώτος για το CH1 και ο δεύτερος για το CH2. Ο επιλογέας "Volts/Div." αποτελείται από δύο ομόκεντρους περιστρεφόμενους επιλογείς, **για τους οποίους ισχύουν τα ίδια με τον "Time/Div."**. Αν ο εξωτερικός επιλογέας "Volts/Div." τεθεί σε μια ένδειξη, πχ "1 Volt/Div.", τότε σε κάθε τετραγωνάκι στην κατακόρυφη κλίμακα της οθόνης αντιστοιχεί η υποδιαίρεση του 1 Volt.

##### X-Pos.

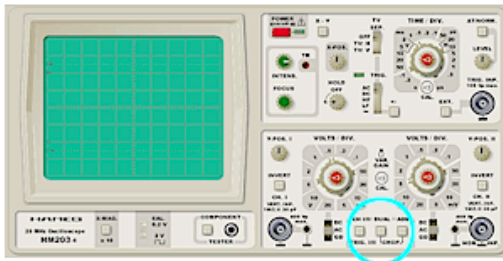
Περιστρέφοντας δεξιά-αριστερά τον επιλογέα μετατοπίζεται το σχήμα της κυματομορφής που εμφανίζεται στην οριζόντια διεύθυνση.



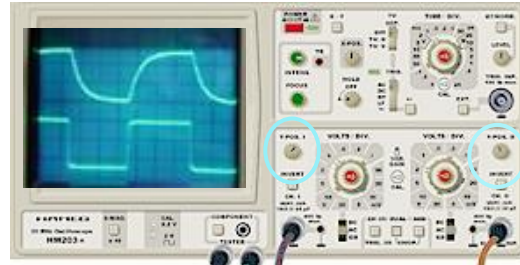
## GD (Ground)

Ο διακόπτης στη θέση GD συνδέει το σήμα εισόδου του αντίστοιχου καναλιού με τη γείωση, και έτσι στην θέση της κυματομορφής εμφανίζεται μια οριζόντια γραμμή στην οθόνη.

## Dual & Chop



## Y-Pos.



Στο "Dual" mode (=διπλό κανάλι), τα 2 ξεχωριστά σήματα από το CH1 και το CH2 εμφανίζονται ταυτόχρονα μαζί στην οθόνη. Κάθε κανάλι έχει το δικό του ρυθμιστή "Y-Pos.", που όταν στρέφεται μετατοπίζει στην κατακόρυφη διεύθυνση (πάνω-κάτω) το σήμα του αντίστοιχου καναλιού. Στρέφοντας κατάλληλα το "Y-Pos." του καθενός καναλιού όταν το "Dual" mode είναι ενεργό, μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός των 2 διαφορετικών σημάτων (από τα CH1 και CH2) στην οθόνη.

Στο "Chop" mode ο παλμογράφος απεικονίζει είτε το σήμα από το CH1 ή από το CH2 εναλλάξ σε κάθε σάρωση της δέσμης ηλεκτρονίων. Το "Chop" mode είναι ενεργό όταν είναι πατημένα και τα δύο κουμπιά μαζί, το "Dual" και το "Add".

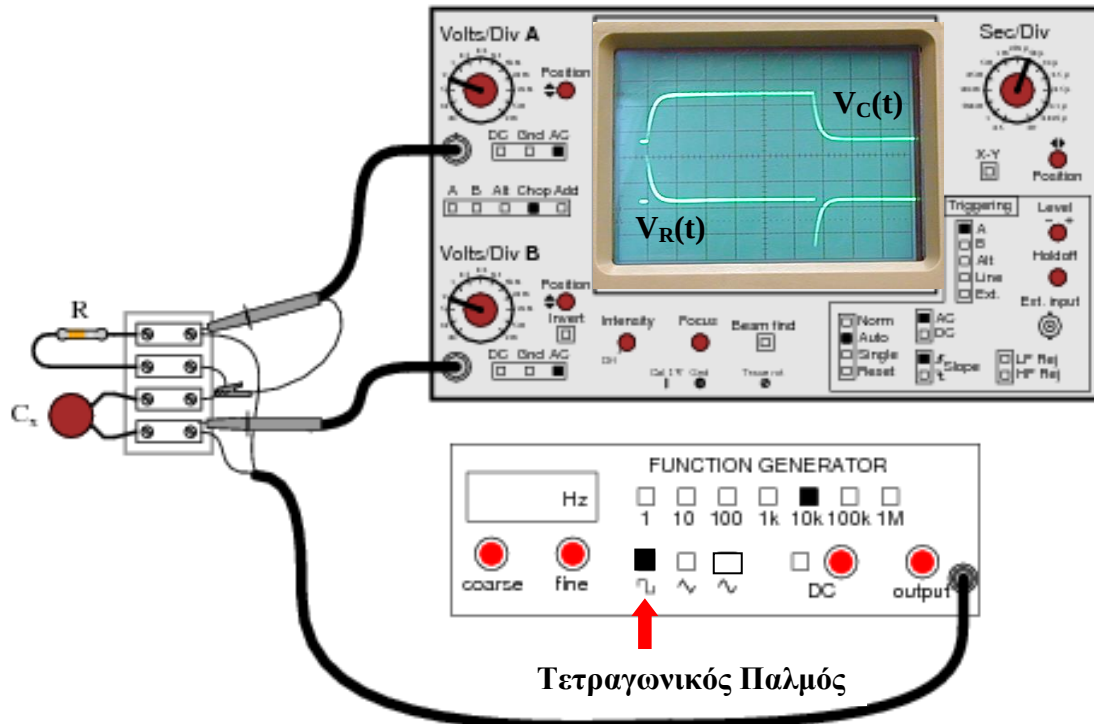
## Μέτρηση με παλμογράφο της φόρτισης-εκφόρτισης RC κυκλώματος

Μια γεννήτρια συχνοτήτων τροφοδοτεί το RC κύκλωμα με ένα τετραγωνικό παλμό τάσης  $V_S(t)$ . Το RC κύκλωμα διαφορίζει το σήμα της τάσης εισόδου  $V_S(t)$  όταν η έξοδος της τάσης  $V_R(t)$  είναι στα άκρα της R και ολοκληρώνει την είσοδο  $V_S(t)$  όταν η έξοδος  $V_C(t)$  είναι στα άκρα του πυκνωτή

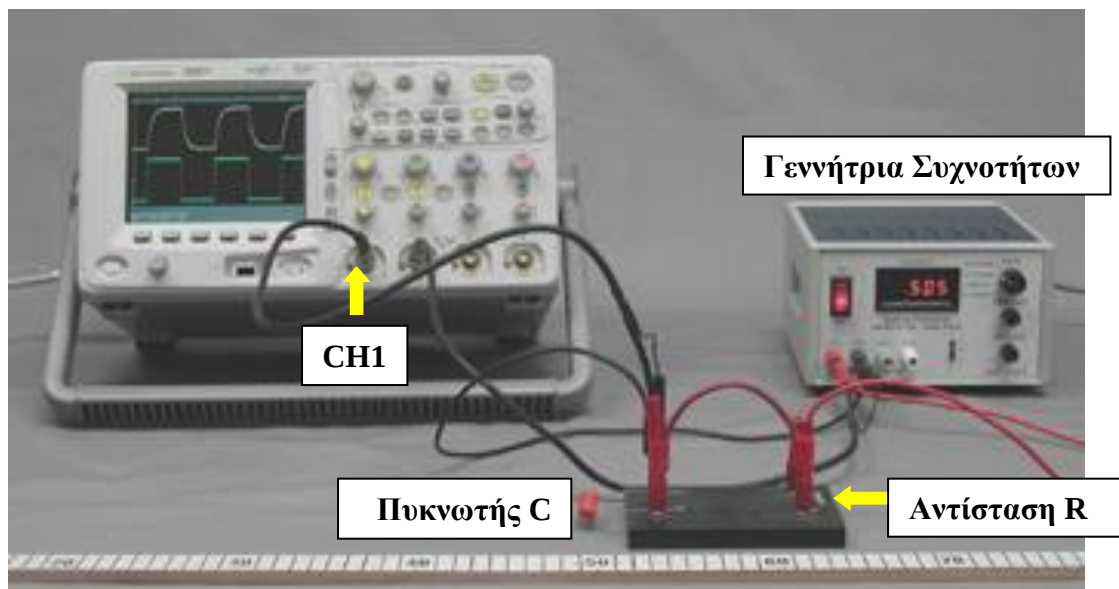
- Τα δύο διαφορετικά κανάλια (CH1, CH2) απεικονίζουν την χρονική μεταβολή του δυναμικού  $V_R(t)$  στα άκρα της αντίστασης R, π.χ. στο CH1, και της τάσης  $V_C(t)$  στα άκρα του πυκνωτή με χωρητικότητα C, π.χ. στο CH2, και του τετραγωνικού παλμού  $V_S(t)$  είτε στο CH1 ή στο CH2.
- Η οθόνη του παλμογράφου απεικονίζει στον **κατακόρυφο** άξονα τη μεταβολή της **τάσης**  $V_S(t)$  ή  $V_R(t)$  ή  $V_C(t)$  από το κάθε κανάλι και στον **οριζόντιο** άξονα το **χρόνο** φόρτισης και εκφόρτισης του πυκνωτή. Ο επιλογέας "Time/Div." ορίζει τη μονάδα ή **βάση χρόνου-β** που καθορίζει ότι κάθε υποδιαίρεση (κουτάκι) στον οριζόντιο άξονα έχει αυτή τη μονάδα μέτρησης χρόνου, ως προς την οποία συνάγεται η σταθερά χρόνου- $\tau$ .
- Τα  $V_R(t)$  και  $V_C(t)$  δίνονται από τις σχέσεις:

$$V_R(t) = (R)i(t) \quad \text{και} \quad V_C(t) = \left(\frac{1}{C}\right)q(t)$$

όπου η  $V_R(t)$  είναι ανάλογη της χρονικής μεταβολής του ρεύματος  $i(t)$  στο κύκλωμα και η  $V_C(t)$  είναι ανάλογη της χρονικής μεταβολής του ηλεκτρικού φορτίου  $q(t)$  στον πυκνωτή.



**Σχ.1** Το RC κύκλωμα σε σειρά, με τις αντίστοιχες συνδέσεις των σημάτων εισόδου  $V_R(t)$  και  $V_C(t)$  στα 2 κανάλια ενός παλμογράφου για την επίδειξη των μεταβολών του δυναμικού στα άκρα της αντίστασης  $R$ , στο CH1 (το A), και στα άκρα του πυκνωτή, στο CH2 (το B). Πατώντας το κουμπί DUAL mode στον παλμογράφο εμφανίζονται ταυτόχρονα στην οθόνη τα πλάτη των  $V_R(t)$  και  $V_C(t)$ . Η γεννήτρια συχνοτήτων (Function Generator) τροφοδοτεί ένα τετραγωνικό παλμό ως τάση εισόδου στο RC κύκλωμα. Παρατηρήστε τον τρόπο σύνδεσης των καλωδίων με τα στοιχεία του κυκλώματος (τα 3 μαύρα καλώδια είναι BNC).



**Σχ.2** Φωτογραφία μιας πραγματικής διάταξης για τη παρατήρηση της φόρτισης και εκφόρτισης ενός πυκνωτή σε RC κύκλωμα. Στην συγκεκριμένη συνδεσμολογία το CH1 (κίτρινο κουμπί) μετρά τη τάση  $V_C(t)$  στα άκρα του πυκνωτή και το CH2 (πράσινο κουμπί) μετρά το τετραγωνικό παλμό τάσης από την έξοδο της γεννήτριας συχνοτήτων. Πατώντας το κουμπί DUAL mode στον παλμογράφο εμφανίζονται ταυτόχρονα στην οθόνη του τα 2 σήματα από το CH1 και το CH2 για σύγκριση μεταξύ τους. Ρυθμίζοντας το "Y-pos." στα CH1 και CH2, επιτυγχάνουμε τον διαχωρισμό των εικόνων τους. Παρατηρήστε ότι τα δύο καλώδια που συνδέονται στο CH1 και το CH2 είναι ομοαξονικά (BNC) και ότι ο συγκεκριμένος παλμογράφος διαθέτει 4 κανάλια εισόδου.

**Ερώτημα #1** Να σχεδιάσετε στο παρακάτω κενό το διάγραμμα του κυκλώματος από το Σχήμα-2, όπου θα σημειώσετε (ή χρωματίσετε) τα αντίστοιχα καλώδια σε αντιστοιχία 1:1, καθώς και τις συνδέσεις τους με τα όργανα, ώστε να φαίνεται ότι καταλαβαίνετε την συνδεσμολογία στο Σχ.2.

[μονάδες 1.0]

**Ερώτημα #2:** Να αποδείξετε ότι το γινόμενο RC έχει μονάδες χρόνου  $\tau$  (sec):

$$[Ohm] \cdot [farad] = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} =$$

[μονάδες: 1.0]

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

### ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

1. Παλμογεννήτρια ημιτονοειδών και τετραγωνικών συναρτήσεων διαφόρων συχνοτήτων. Είναι η πηγή τάσης  $V_s(t)$  στο κύκλωμα RC.
2. Παλμογράφος 2 καναλιών.
3. Καλώδια BNC
4. Κύκλωμα με σύνδεση σε σειρά ενός πυκνωτής και μιας ηλεκτρικής αντίστασης.



## **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

### **Εφαρμογή τετραγωνικού παλμού ως τάση εισόδου στο κύκλωμα RC**

- Συνδέστε με καλώδια BNC την τροφοδοσία τάσης  $V_S(t)$  της παλμογεννήτριας στη μία είσοδο του παλμογράφου (CH1) και την μεταβολή της τάσης  $V_C(t)$ , από τα άκρα του πυκνωτή, στη δεύτερη είσοδο του παλμογράφου (CH2). Τοποθετήστε τους διακόπτες AC/DC και των 2 καναλιών στο DC.
- Τοποθετήστε το διακόπτη της παλμογεννήτριας στην ένδειξη της τετραγωνικής συνάρτησης και τον διακόπτη της συχνότητας  $f$  στα 100 Hz. Πατήστε το κουμπί dual του παλμογράφου ώστε να εμφανιστούν και τα δύο σήματα  $V_S(t)$  και  $V_C(t)$  στην οθόνη. Με τον βηματικό επιλογέα "Time/Div." επιλέξτε τη κατάλληλη ένδειξη στη βάση χρόνου-β του παλμογράφου έτσι ώστε και τα δύο σήματα από τα CH1 και CH2 να διακρίνονται ολόκληρα για μια περίοδο  $T$ . Στα δύο κανάλια εισόδου (CH1, CH2) που μετρούν Volts/cm θέστε τους δύο βηματικούς επιλογείς "Volts/Div." στην ίδια ένδειξη ώστε οι κορυφές peak-to-peak των 2 σημάτων να είναι εντός της οθόνης. Όλοι οι εσωτερικοί επιλογείς (κύλισης) να είναι στραμμένοι τέρμα αριστερά.
- Συγκρίνετε τα διαγράμματα από την οθόνη του παλμογράφου με την οθόνη στο Σχ.2, ώστε να βεβαιωθείτε ότι οι κυματομορφές έχουν το σχήμα που πρέπει. Αντιγράψτε στο μιλιμετρέ χαρτί τις δύο κυματομορφές  $V_S(t)$  και  $V_C(t)$  της οθόνης με την ίδια κλίμακα όπως του παλμογράφου. Σημειώστε στο διάγραμμα τη βάση χρόνου β του παλμογράφου (time/div), (π.χ. 2ms/div) και την ένδειξη του βηματικού επιλογέα από τα CH1 και CH2 (Volts/cm). Τα διαγράμματα αυτά δίνουν: (i) τη χρονική περίοδο- $T$  από τον τετραγωνικό παλμό  $V_S(t)$  στο CH1, και (ii) την καμπύλη φόρτισης-εκφόρτισης του πυκνωτή από το  $V_C(t)$  στο CH2. Να υπολογίσετε την σταθερά χρόνου- $\tau$ , τη γωνιακή συχνότητα αποκοπής  $\omega_0$ , και τη συχνότητα αποκοπής  $f_0$  όπως φαίνεται στα ζητούμενα στο μιλιμετρέ χαρτί.
- Κατόπιν στην είσοδο του παλμογράφου CH2 συνδέστε με καλώδιο BNC τη τάση  $V_R(t)$  στα άκρα της αντίστασης αφού αποσυνδέσετε πρώτα το καλώδιο BNC από τους ακροδέκτες που μετρούσαν τη τάση  $V_C(t)$ . Τώρα πρέπει να εμφανιστεί για τουλάχιστον μια περίοδο- $T$  η εκθετική μείωση και αύξηση του ρεύματος από την:  $V_R(t)=I(t)R$ , εξαιτίας της πτώσης τάσης στα άκρα της αντίστασης  $R$ .
- Αντιγράψτε από την οθόνη του παλμογράφου το διάγραμμα της κυματομορφής  $V_R(t)$  στο μιλιμετρέ χαρτί όπου είχατε σχεδιάσει τις δύο κυματομορφές  $V_S(t)$  και  $V_C(t)$ . Σημειώστε και σε αυτό το διάγραμμα τη βάση χρόνου β του παλμογράφου (time/div), (π.χ. 2ms/div) και την ένδειξη του βηματικού επιλογέα από το CH2, που θα είναι σε Volts/cm. Να υπολογίσετε την σταθερά χρόνου- $\tau$ , τη γωνιακή συχνότητα αποκοπής  $\omega_0$ , και τη συχνότητα αποκοπής  $f_0$  όπως φαίνεται στα ζητούμενα στο μιλιμετρέ χαρτί.

### ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Σχεδιάστε υπό κλίμακα στο ίδιο μιλιμετρέ χαρτί, ότι αναφέρεται στην αντίστοιχη παράγραφο της Διαδικασίας Μετρήσεων, και σημειώστε τις απαντήσεις σας στα κενά σημεία που εμφανίζονται:

| $V_s(t) \rightarrow CH..., V_C(t) \rightarrow CH... f(\text{γεννήτριας}) = \dots\dots\dots \text{Hz}$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                       | <b>'Time/div', <math>\beta =</math></b><br><b>'Volts/div', CH1 =</b><br><b>'Volts/div', CH2 =</b><br><b>Κατά τη φόρτιση πυκνωτή</b><br><b><math>0.632V_{\max} =</math></b><br><b><math>\tau =</math></b><br><b><math>f_0 = 1/\tau =</math></b>                                 |
|                                                                                                       | <b>'Time/div', <math>\beta =</math></b><br><b>'Volts/div', CH1 =</b><br><b>'Volts/div', CH2 =</b><br><b>Εκθετική απόσβεση</b><br><b><math>0.368V_{\max} =</math></b><br><b><math>\tau =</math></b><br><b><math>f_0 = 1/\tau =</math></b><br><b>Σύγκριση <math>\tau</math>:</b> |
|                                                                                                       | <b><math>V_R(t) \rightarrow CH</math></b>                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                       | <b>'Time/div', <math>\beta =</math></b><br><b>'Volts/div', CH1 =</b><br><b>'Volts/div', CH2 =</b><br><b>Εκθετική απόσβεση</b><br><b><math>0.368V_{\max} =</math></b><br><b><math>\tau =</math></b><br><b><math>f_0 = 1/\tau =</math></b><br><b>Σύγκριση <math>\tau</math>:</b> |
|                                                                                                       | <b>'Time/div', <math>\beta =</math></b><br><b>'Volts/div', CH1 =</b><br><b>'Volts/div', CH2 =</b><br><b>Εκθετική απόσβεση</b><br><b><math>0.368V_{\max} =</math></b><br><b><math>\tau =</math></b><br><b><math>f_0 = 1/\tau =</math></b><br><b>Σύγκριση <math>\tau</math>:</b> |
|                                                                                                       | <b>'Time/div', <math>\beta =</math></b><br><b>'Volts/div', CH1 =</b><br><b>'Volts/div', CH2 =</b><br><b>Εκθετική απόσβεση</b><br><b><math>0.368V_{\max} =</math></b><br><b><math>\tau =</math></b><br><b><math>f_0 = 1/\tau =</math></b><br><b>Σύγκριση <math>\tau</math>:</b> |
|                                                                                                       | <b>'Time/div', <math>\beta =</math></b><br><b>'Volts/div', CH1 =</b><br><b>'Volts/div', CH2 =</b><br><b>Εκθετική απόσβεση</b><br><b><math>0.368V_{\max} =</math></b><br><b><math>\tau =</math></b><br><b><math>f_0 = 1/\tau =</math></b><br><b>Σύγκριση <math>\tau</math>:</b> |

ΒΑΘΜΟΣ#2: ..... ΥΠΟΓΡΑΦΗ: .....

ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ: .....