

1. Να γνωρίζετε τις βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα χρονισμού.
2. Να διακρίνετε τα κυκλώματα ασταθή και μονοσταθή πολυδονητή.
3. Να μελετάτε τα φύλλα δεδομένων του Ο.Κ. 555.
4. Να μπορείτε να χρησιμοποιείτε, σε εφαρμογές, το Ο.Κ. 555.

12

κεφάλαιο

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ

12.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

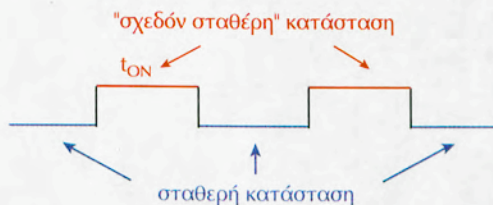
Όπως είναι γνωστό από τα προηγούμενα κεφάλαια, πολλά ψηφιακά κυκλώματα απαιτούν για τη λειτουργία τους παλμούς ρολογιού.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά Ο.Κ., στα οποία συνδέονται εξωτερικά παθητικά ηλεκτρονικά στοιχεία (αντιστάσεις και πυκνωτές).

Ένα είδος πολυδονητή είναι ο **μονοσταθής πολυδονητής** (one shot multivibrator), ο οποίος έχει μία **σταθερή κατάσταση** εξόδου, στην οποία παραμένει **μέχρι ότου διεγερθεί από κάποιο εξωτερικό σήμα**.

Τότε η έξοδος του κυκλώματος οδηγείται σε μία **“σχεδόν σταθερή”** κατάσταση, στην οποία παραμένει για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα και εν συνεχεία επανέρχεται στη σταθερή κατάσταση.

Οι παλμοί εξόδου ενός μονοσταθή πολυδονητή φαίνονται στο σχήμα 12.1.1.



Σχήμα 12.1.1 Παλμοί που παράγονται από κύκλωμα ασταθή πολυδονητή

Ένα κύκλωμα, το οποίο παράγει τετραγωνικούς παλμούς **χωρίς να απαιτείται εξωτερική διέγερση**, ονομάζεται **ασταθής πολυδονητής** (free running multivibrator).

Ο ασταθής πολυδονητής χαρακτηρίζεται από δύο καταστάσεις:

α) Η έξοδος σε υψηλή στάθμη : t_H ή t_{ON} και

β) Η έξοδος σε χαμηλή στάθμη : t_L ή t_{OFF}

Οι τετραγωνικοί παλμοί που παράγονται από ασταθή πολυδονητή φαίνονται στο σχ. 12.1.2



Σχήμα 12.1.2 Παλμοί που παράγονται από κύκλωμα μονοσταθή πολυδονητή

Ένα από τα χαρακτηριστικά μίας τετραγωνικής κυματομορφής είναι ο **κύκλος εργασίας** (duty cycle), που δίνεται από τη σχέση:

$$\text{κύκλος εργασίας \%} = \frac{t_H}{T} \cdot 100\%$$

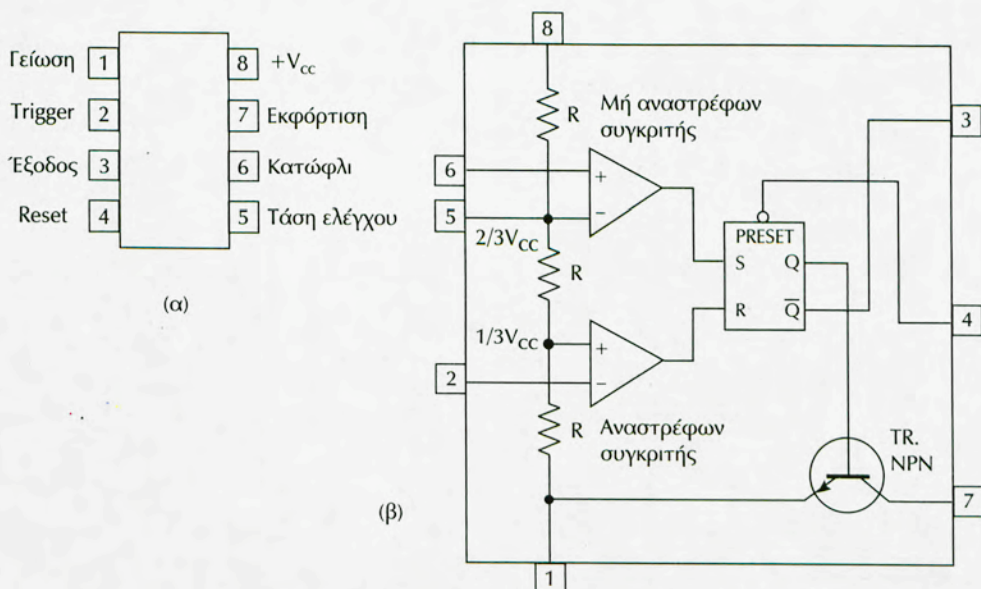
όπου t_H : ο χρόνος που η κυματομορφή είναι σε υψηλή στάθμη
 T : η περίοδος της κυματομορφής.

12.2 ΤΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ 555

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 555 παράγει στην έξοδό του παλμούς με ορισμένη χρονική διάρκεια, μεγάλης ακρίβειας και σταθερότητας. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα χρονισμού 555 μπορεί να λειτουργήσει:

- ✓ ως μονοσταθής πολυδονητής ή
- ✓ ως ασταθής πολυδονητής.

Στο σχήμα 12.2.1 φαίνεται το διάγραμμα διασυνδέσεων και το λειτουργικό διάγραμμα του Ο.Κ 555.



Σχήμα 12.2.1 (α) Διάγραμμα διασυνδέσεων Ο.Κ. 555 (β) Λειτουργικό διάγραμμα Ο.Κ. 555

Από το σχήμα 12.2.1 (β) βλέπουμε ότι το Ο.Κ. διαθέτει εσωτερικά τα εξής λειτουργικά στοιχεία:

α) τρεις ίσες αντιστάσεις $R=5K\Omega$ (από όπου πήρε το όνομα 555), οι οποίες λειτουργούν ως διαιρέτης τάσης για τη V_{CC} .

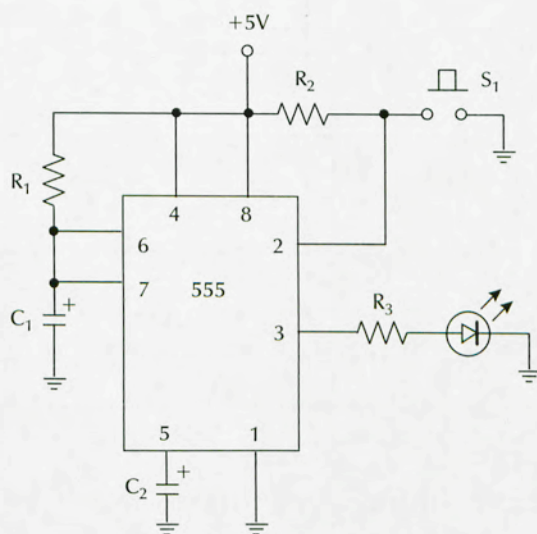
- β) έναν αναστρέφοντα συγκριτή,
- γ) ένα μη αναστρέφοντα συγκριτή
- δ) ένα R-S flip – flop,
- ε) ένα τρανζίστορ NPN.

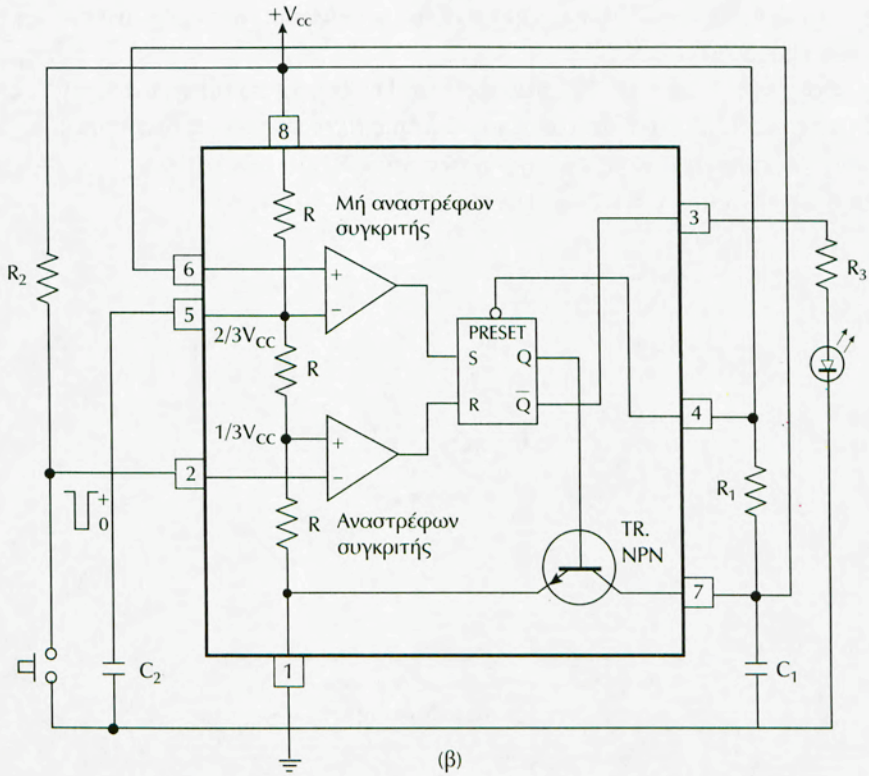
12.2.1 Το Ο.Κ. 555 ως μονοσταθής πολυδονητής

Ο μονοσταθής πολυδονητής είναι μία γεννήτρια παλμών, η διάρκεια των οποίων εξαρτάται από ένα κύκλωμα RC, το οποίο συνδέεται εξωτερικά στο Ο.Κ. 555 (στο σχήμα 12.2.2 (α): R_1 , C_1). Ο μονοσταθής πολυδονητής παρουσιάζει δύο καταστάσεις εξόδου:

- Μία σταθερή, στην οποία η τάση εξόδου είναι περίπου ίση με μηδέν (λογικό "0") και
- Μία ασταθή, στην οποία η τάση εξόδου είναι υψηλής στάθμης (λογικό "1").

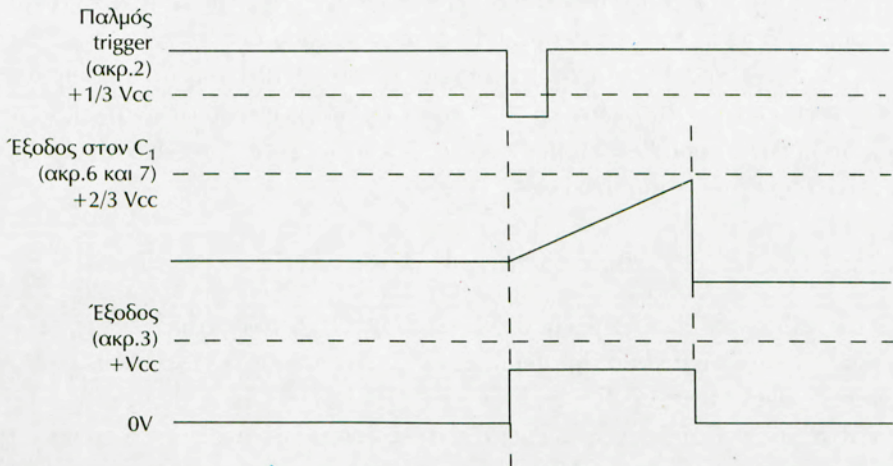
Η υψηλή αυτή στάθμη στην έξοδο λαμβάνεται όταν στην είσοδο trigger του Ο.Κ. 555 (Pin 2) εφαρμοστεί ένας παλμός με μέγιστο καθόδου και απόλυτη τιμή τάσης μεγαλύτερη από το $1/3$ της V_{CC} . Η διάρκεια του παλμού στην έξοδο (δηλαδή ο χρόνος που η έξοδος θα είναι σε HIGH στάθμη) εξαρτάται από την τιμή της RC. Όταν περάσει ο χρόνος αυτός, η έξοδος επανέρχεται αυτόματα στη σταθερή της κατάσταση (λογικό "0") και παραμένει έτσι μέχρι να εφαρμοστεί ένας νέος παλμός στο Pin 2.





Σχήμα 12.2.2 Μονοσταθής πολυδονητής με το Ο.Κ. 555

Στο σχήμα 12.2.3 φαίνονται ο παλμός που εφαρμόζεται στο trigger, η τάση στα άκρα του πυκνωτή C_1 (τάση φόρτισης – εκφόρτισης) και η κυματομορφή στην έξοδο του Ο.Κ. 555.

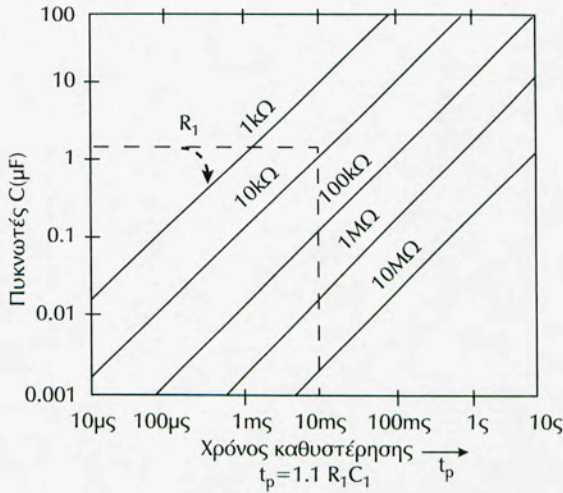


Σχήμα 12.2.3 Κυματομορφές εισόδου – εξόδου μονοσταθής πολυδονητή

Η διάρκεια των παλμών trigger πρέπει να είναι μικρότερη από εκείνη των παλμών εξόδου του Ο.Κ. 555.

Η τάση εξόδου του Ο.Κ. 555 παραμένει σε HIGH στάθμη για χρόνο: $t_p = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_1$.

Στο σχήμα 12.2.4 φαίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες οι οποίες μας βοηθούν στην επιλογή των τιμών της αντίστασης R_1 και του πυκνωτή C_1 , ώστε να πετύχουμε την επιθυμητή διάρκεια παλμού t_p .



Σχήμα 12.2.4 Χαρακτηριστικές για τον προσδιορισμό της t_p

Πρέπει να σημειωθεί ότι από τη στιγμή που θα διεγερθεί ο μονοσταθής πολυδονητής που περιγράψαμε, η έξοδος του θα παραμείνει σε HIGH στάθμη μέχρι το τέλος του χρόνου t_p (set time). Η έξοδος δεν αλλάζει κατάσταση, ακόμα και αν εφαρμοστεί νέος παλμός trigger πριν το τέλος του χρόνου t_p .

Ο μοναδικός τρόπος για την επαναφορά του μονοσταθή πολυδονητή στη σταθερή του κατάσταση (λογικό "0"), κατά τη διάρκεια του t_p , είναι να ενεργοποιήσουμε την είσοδο Reset (Pin 4). Η είσοδος Reset ενεργοποιείται όταν εφαρμοστεί μια αρνητική τάση στο Pin 4.

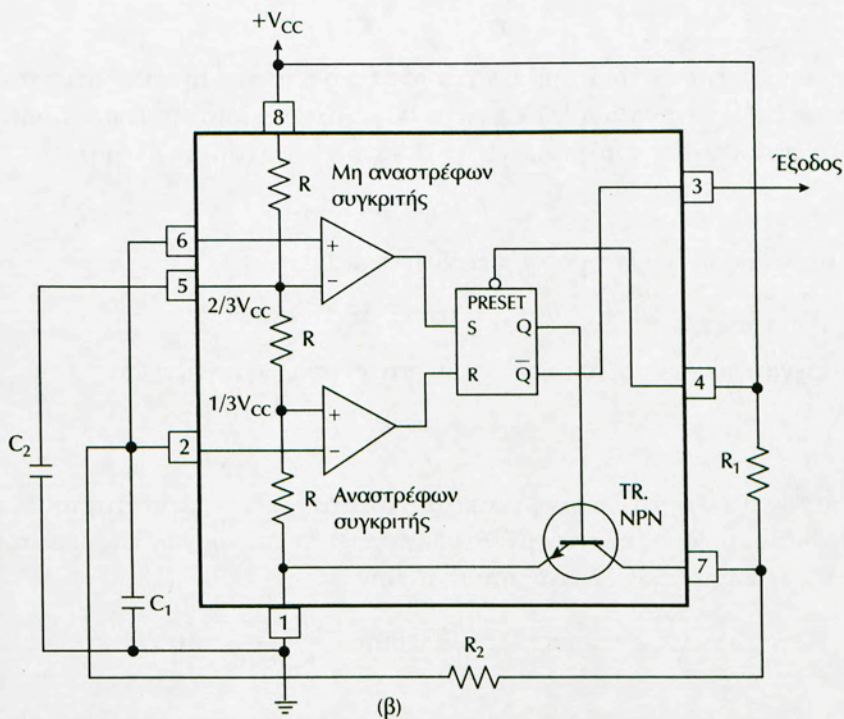
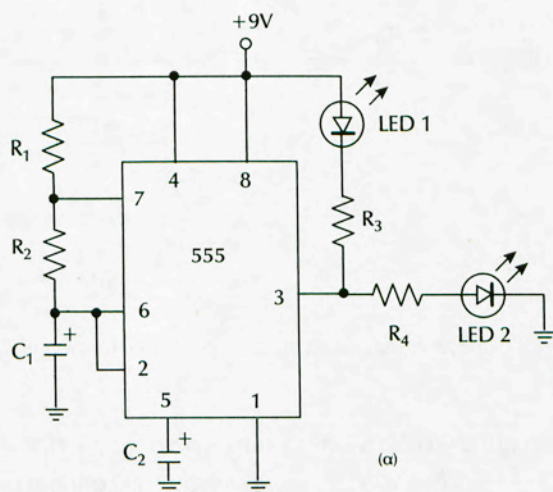
12.2.2 Το Ο.Κ. 555 ως ασταθής πολυδονητής

Ο ασταθής πολυδονητής είναι ένα κύκλωμα το οποίο παράγει στην έξοδο του μία τετραγωνική κυματομορφή, και καμμία από τις δύο καταστάσεις της εξόδου δεν είναι σταθερή.

Ο ασταθής πολυδονητής δε χρειάζεται εξωτερικούς παλμούς διέγερσης για την αλλαγή της κατάστασης εξόδου και γι' αυτό ονομάζεται "κύκλωμα ελεύθερης ταλάντωσης".

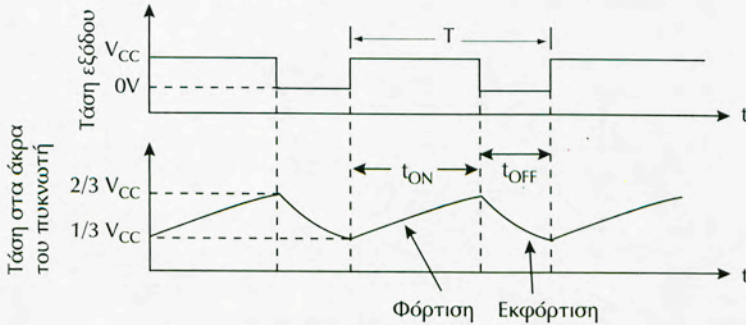
Ο κύκλος εργασίας (duty cycle) της τετραγωνικής κυματομορφής εξόδου καθορίζεται από δύο αντιστάσεις και έναν πυκνωτή που συνδέονται εξωτερικά στο Ο.Κ. 555 (R_1 , R_2 , C_1).

Στο σχήμα 12.2.5 (α) φαίνεται το κύκλωμα ασταθής πολυδονητή ο οποίος χρησιμοποιεί το Ο.Κ. 555.



Σχήμα 12.2.5 Ασταθής πολυδονητής με το Ο.Κ. 555

Ο πυκνωτής C_1 φορτίζεται και εκφορτίζεται μεταξύ των τιμών $2/3 V_{cc}$ και $1/3 V_{cc}$. Η εκφόρτιση του πυκνωτή δεν είναι ακαριαία, όπως συμβαίνει στον μονοσταθή πολυδονητή, γιατί τώρα στο ρεύμα εκφόρτισης παρεμβάλλεται η αντίσταση R_2 (βλέπε σχήμα 12.2.6).



Σχήμα 12.2.6 Κυματομορφές τάσης πυκνωτή – εξόδου ασταθή πολυδονητή

Το χρονικό διάστημα, κατά το οποίο ο πυκνωτής φορτίζεται από την τάση $1/3 V_{cc}$ στην τάση $2/3 V_{cc}$, είναι ίσο με το χρόνο που η έξοδος παραμένει σε HIGH στάθμη τάσης (περίπου ίση με V_{cc}) και δίνεται από τη σχέση:

$$t_{ON} = 0,693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1$$

Επίσης, το χρονικό διάστημα, κατά το οποίο ο πυκνωτής εκφορτίζεται από την τάση $2/3 V_{cc}$ στην τάση $1/3 V_{cc}$, είναι ίσο με το χρόνο που η έξοδος παραμένει σε LOW στάθμη τάσης (περίπου ίση με $0V$) και δίνεται από τη σχέση:

$$t_{OFF} = 0,693 \cdot R_2 \cdot C_1$$

Η περίοδος της κυματομορφής εξόδου είναι $T = t_{ON} + t_{OFF}$

$$T = t_{ON} + t_{OFF} = 0,693 \cdot (R_1 + 2R_2) \cdot C_1$$

Η συχνότητα των ταλαντώσεων του ασταθή πολυδονητή είναι:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2) \cdot C_1}$$

Από τον τύπο αυτό βλέπουμε ότι η συχνότητα f είναι ανεξάρτητη της V_{cc} .

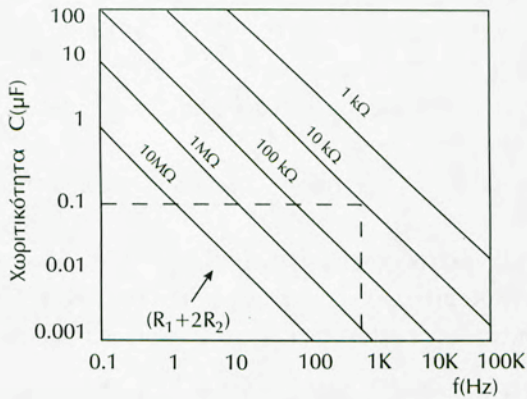
Ο κύκλος εργασίας ή λειτουργίας (duty cycle) της τετραγωνικής κυματομορφής στην έξοδο του 555 δίνεται από τη σχέση:

$$\text{κύκλος εργασίας \%} = \frac{t_{ON}}{T} \cdot 100\% = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} \cdot 100\%$$

Όπως προκύπτει από την προηγούμενη εξίσωση, όταν $R_1 \neq 0$, ο ασταθής πολυδονητής δεν μπορεί να παράγει συμμετρική τετραγωνική κυματομορφή

(τετραγωνική κυματομορφή που έχει κύκλο εργασίας 50%). Παράγει συμμετρική τετραγωνική κυματομορφή όταν $R_1 = 0$.

Η συχνότητα των ταλαντώσεων του ασταθή πολυδονητή μπορεί να προσδιοριστεί και γραφικά με τη βοήθεια του σχήματος 12.2.7 στο οποίο οι ευθείες αντιστοιχούν στο άθροισμα $R_1 + 2R_2$.



Σχήμα 12.2.7 Χαρακτηριστικές για τον προσδιορισμό της f

12.3 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ένα κύκλωμα, το οποίο παράγει τετραγωνικούς παλμούς χωρίς να απαιτείται εξωτερική διέγερση, ονομάζεται ασταθής πολυδονητής.
2. Ένα άλλο είδος πολυδονητή είναι ο μονοσταθής πολυδονητής, ο οποίος έχει μία σταθερή κατάσταση εξόδου, στην οποία παραμένει, μέχρις ότου διεγερθεί από κάποιο εξωτερικό σήμα.
3. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 555 είναι ένα κύκλωμα χρονισμού, το οποίο παράγει στην έξοδό του παλμούς με ορισμένη χρονική διάρκεια, μεγάλης ακρίβειας και σταθερότητας. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα χρονισμού 555 λειτουργεί βασικά με δύο τρόπους: ως μονοσταθής πολυδονητής ή ως ασταθής πολυδονητής.

12.4 ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Παράδειγμα 1

Στο κύκλωμα του μονοσταθή πολυδονητή του σχήματος 12.2.2, τα εξωτερικά εξαρτήματα έχουν τις ακόλουθες τιμές: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 470 \Omega$, $C_1 = 4,7 \mu\text{F}$, $C_2 = 0,01 \mu\text{F}$.

Να υπολογιστεί ο χρόνος που η κυματομορφή στην έξοδο του Ο.Κ. 555 παραμένει σε HIGH στάθμη τάσης.

Η διάρκεια του παλμού στην έξοδο του Ο.Κ. 555 εξαρτάται από τις τιμές των R_1 και C_1 και δίνεται από τη σχέση : $t_p = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_1$, επομένως:

$$t_p = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_1 = 1,1 \cdot 10 \text{ k}\Omega \cdot 4,7 \text{ }\mu\text{F} = 51,7 \text{ ms}$$

Παράδειγμα 2

Στο κύκλωμα του ασταθή πολυδονητή του σχήματος 12.2.5, τα εξωτερικά εξαρτήματα έχουν τις ακόλουθες τιμές: $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$, $C_2 = 0,01 \text{ }\mu\text{F}$.

Να υπολογιστούν:

α) ο χρόνος που η κυματομορφή στην έξοδο του Ο.Κ. 555 παραμένει σε HIGH στάθμη τάσης (t_{ON})

β) ο χρόνος που η κυματομορφή στην έξοδο του Ο.Κ. 555 παραμένει σε LOW στάθμη τάσης (t_{OFF})

γ) η περίοδος T της κυματομορφής στην έξοδο του Ο.Κ. 555

δ) η συχνότητα f της κυματομορφής στην έξοδο του Ο.Κ. 555

ε) ο κύκλος εργασίας (duty cycle) της κυματομορφής στην έξοδο του Ο.Κ. 555

$$\begin{aligned} \alpha) t_{\text{ON}} &= 0,693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1 = 0,693 \cdot (47 \text{ k}\Omega + 4,7 \text{ k}\Omega) \cdot 0,1 \text{ }\mu\text{F} \\ &= 0,693 \cdot 51,7 \text{ k}\Omega \cdot 0,1 \text{ }\mu\text{F} = 3,6 \text{ ms} \end{aligned}$$

$$\beta) t_{\text{OFF}} = 0,693 \cdot R_2 \cdot C_1 = 0,693 \cdot 4,7 \text{ k}\Omega \cdot 0,1 \text{ }\mu\text{F} = 0,3 \text{ ms}$$

$$\gamma) T = t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}} = 3,6 \text{ ms} + 0,3 \text{ ms} = 3,9 \text{ ms}$$

$$\delta) f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3,9 \text{ ms}} = \frac{10^3}{3,9 \text{ s}} = 256,4 \text{ Hz}$$

$$\epsilon) \text{ κύκλος εργασίας } \% = \frac{t_{\text{ON}}}{T} \cdot 100 \% = \frac{3,6 \text{ ms}}{3,9 \text{ ms}} \cdot 100 \% = 92,3 \%$$

12.5 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ποια η βασική διαφορά ενός κυκλώματος ασταθή πολυδονητή από ένα κύκλωμα μονοστασταθή πολυδονητή;
2. Στο κύκλωμα μονοσταθή πολυδονητή (σχήμα 12.2.2) οι τιμές των εξωτερικών εξαρτημάτων είναι: $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 330 \Omega$, $C_1 = 10 \mu\text{F}$, $C_2 = 0.01 \mu\text{F}$. Ποια είναι η διάρκεια του παλμού εξόδου;
3. Στο κύκλωμα ασταθή πολυδονητή (σχήμα 12.2.5) οι τιμές των εξωτερικών εξαρτημάτων είναι: $R_1 = 22 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 820 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 330 \Omega$, $R_4 = 330 \Omega$, $C_1 = 0.47 \mu\text{F}$, $C_2 = 0.01 \mu\text{F}$. Να υπολογισθούν: t_{ON} , t_{OFF} , T , f , και το duty cycle της κυματομορφής εξόδου.