

1. Να γνωρίζετε τις έννοιες, τα είδη και τις χρήσεις των Flip-Flops.
2. Να σχεδιάζετε κυκλώματα μανταλωτών και να περιγράφετε τη λειτουργία τους.
3. Να μελετάτε φύλλα δεδομένων O.K Flip-Flops.
4. Να μπορείτε να χρησιμοποιείτε, σε εφαρμογές στο εργαστήριο, O.K Flip-Flops.

6 κεφάλαιο

ΜΑΝΤΑΛΩΤΕΣ & FLIP-FLOPS

6.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Τα **ακολουθιακά κυκλώματα** αποτελούνται από συνδυαστικά κυκλώματα και στοιχεία μνήμης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.1.1.



Σχήμα 6.1.1 Ακολουθιακό Κύκλωμα

Τα στοιχεία μνήμης μπορούν να αποθηκεύσουν δυαδικές πληροφορίες που αποτελούν την παρούσα κατάσταση του στοιχείου μνήμης (state) κάθε χρονική στιγμή.

Οι έξοδοι και η επόμενη κατάσταση των στοιχείων μνήμης ενός ακολουθιακού κυκλώματος είναι συναρτήσεις των εισόδων και της παρούσας κατάστασης των στοιχείων μνήμης του ακολουθιακού κυκλώματος.

Τα ακολουθιακά κυκλώματα ανήκουν σε μία από τις δύο ακόλουθες βασικές κατηγορίες:

- ☞ σύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα (synchronous sequential circuits)
- ☞ ασύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα (asynchronous sequential circuits)

όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.1.2.



Σχήμα 6.1.2 Κατηγορίες ακολουθιακών κυκλωμάτων

Σε ένα **ασύγχρονο** ακολουθιακό κύκλωμα τα στοιχεία μνήμης είναι λογικές πύλες που προκαλούν καθυστέρηση διάδοσης στα σήματα που διαδίδονται μέ-

σα απ' αυτές και ονομάζονται **μανταλωτές (latches)**. Κάποιες από τις εξόδους του συνδυαστικού κυκλώματος που περιέχεται σε ένα ακολουθιακό κύκλωμα συνδέονται με τα στοιχεία μνήμης, οι εξοδοί των οποίων τροφοδοτούν κάποιες εισόδους του συνδυαστικού κυκλώματος (βρόγχος ανάδρασης - feedback).

Σε ένα **σύγχρονο** ακολουθιακό κύκλωμα τα στοιχεία μνήμης είναι **flip-flops**. Το flip-flop χρησιμοποιείται ως κύτταρο μνήμης γιατί είναι ένα κύκλωμα που μπορεί να διατηρηθεί σε μία κατάσταση έως ότου κάποιο κατάλληλο σήμα εισόδου το κάνει να αλλάξει κατάσταση (αποθήκευση 1 bit πληροφορίας).

Σε ένα σύγχρονο ακολουθιακό κύκλωμα μία γεννήτρια κύριου ρολογιού (master clock generator) τροφοδοτεί το κύκλωμα με παλμούς ρολογιού που διανέμονται παντού στο κύκλωμα ώστε να επιτευχθεί ο συγχρονισμός (synchronization). Τα σύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα όπου οι παλμοί ρολογιού εφαρμόζονται στα στοιχεία μνήμης (flip-flops) ονομάζονται **σύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα με ρολοί (clocked sequential circuits)**.

Ο λόγος που υπάρχουν διάφοροι τύποι flip-flops είναι ότι οι δυαδικές πληροφορίες μπορούν να τοποθετηθούν στο flip-flop με διάφορους τρόπους.

6.2 ΜΑΝΤΑΛΩΤΕΣ

Ο μανταλωτής (latch) έχει δύο εισόδους:

- ✓ S (Set - θέση)
- ✓ R (Reset - επαναφορά)

και δύο εξόδους:

- ✓ Q έξοδος
- ✓ \bar{Q} συμπλήρωμα της εξόδου

Το βασικό κύκλωμα ενός μανταλωτή μπορεί να υλοποιηθεί με δύο πύλες NAND ή με δύο πύλες NOR.

Η έξοδος κάθε πύλης συνδέεται χιαστί με την είσοδο της άλλης πύλης δημιουργώντας ένα βρόγχο ανάδρασης (feedback), με αποτέλεσμα ο μανταλωτής να κατατάσσεται στα ασύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα.

Αυτός ο τύπος μανταλωτή ονομάζεται **μανταλωτής SR (SR latch)**.

6.2.1 Μανταλωτής με πύλες NAND

Το κύκλωμα του μανταλωτή (latch) μπορεί να υλοποιηθεί με δύο πύλες NAND όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.2.1.



Σχήμα 6.2.1 Μανταλωτής (latch) με πύλες NAND

Ο Μανταλωτής με πύλες NAND είναι ένα ασύγχρονο ακολουθιακό κύκλωμα που έχει:

- ☞ δύο (2) πύλες NAND
- ☞ δύο (2) εισόδους R (Reset) και S (Set)
- ☞ δύο (2) εξόδους Q και \bar{Q}

Η κατάσταση του μανταλωτή είναι η τιμή της εξόδου Q. Οι (χρήσιμες) καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί ο μανταλωτής είναι:

- ✓ κατάσταση θέσης (set)

όπου $Q=1$ και $\bar{Q}=0$

- ✓ κατάσταση επαναφοράς (reset) ή μηδενισμού (clear)

όπου $Q=0$ και $\bar{Q}=1$

Η λειτουργία του μανταλωτή με πύλες NAND περιγράφεται παρακάτω:

1. $S=1$ και $R=1$

Κατάσταση ηρεμίας του μανταλωτή. Αυτή είναι η σταθερή κατάσταση του μανταλωτή γιατί η έξοδος παραμένει αμετάβλητη (οι έξοδοι διατηρούν τις τιμές που είχαν πριν τεθεί στις εισόδους $S=1$ και $R=1$).

2. $S=0$ και $R=1$

Ενεργοποίηση του μανταλωτή. Η έξοδος είναι $Q=1$ (θέση) και παραμένει $Q=1$.

3. $S=1$ και $R=0$

Μηδενισμός του μανταλωτή. Η έξοδος είναι $Q=0$ (μηδενισμός) και παραμένει $Q=0$.

4. $S=0$ και $R=0$

Μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση του μανταλωτή. Οι έξοδοι είναι $Q=1$ και $\bar{Q}=1$. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται η κατάσταση αυτή.

Αν ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση θέσης ($S=0$ και $R=1$ με $Q=1$) και εφαρμοστεί $S=1$, τότε ο μανταλωτής παραμένει σε κατάσταση θέσης ($Q=1$).

Αν ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση μηδενισμού ($S=1$ και $R=0$ με $Q=0$) και εφαρμοστεί $R=1$, τότε ο μανταλωτής παραμένει σε κατάσταση μηδενισμού ($Q=0$).

Στις δύο παραπάνω περιπτώσεις οι έξοδοι παραμένουν αμετάβλητες (ο μανταλωτής έχει μνήμη).

Αν πρέπει να αλλάξει η κατάσταση του μανταλωτή, τότε:

– Αν ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση θέσης ($S=0$ και $R=1$ με $Q=1$), τότε πρώτα $S=1$, οπότε ο μανταλωτής πάει σε κατάσταση ηρεμίας, και μετά $R=0$, οπότε ο μανταλωτής πάει σε κατάσταση μηδενισμού ($Q=0$).

– Αν ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση μηδενισμού ($S=1$ και $R=0$ με $Q=0$), τότε πρώτα $R=1$ οπότε ο μανταλωτής πάει σε κατάσταση ηρεμίας και μετά $S=0$, οπότε ο μανταλωτής πάει σε κατάσταση θέσης ($Q=1$).

Ο μανταλωτής μπορεί να βρεθεί σε μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση (όπου $Q=1$ και $\bar{Q}=1$) αν $S=0$ και $R=0$ ταυτόχρονα (από $S=1$ και $R=1$). Θα πρέπει να αποφεύγεται να βρεθεί ο μανταλωτής σε μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση.

Στον Πίνακα 6.2.1 παρουσιάζεται ο Πίνακας Αληθείας του μανταλωτή με πύλες NAND, όπου συνοψίζεται η λειτουργία του.

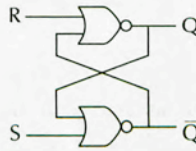
Πίνακας 6.2.1 Πίνακας Αληθείας Μανταλωτή με πύλες NAND

S	R	Q	\bar{Q}	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	
0	0	1	1	Μη χρησιμοποιούμενη	Μη χρησιμοποιούμενη
0	1	1	0	Q=1	Θέση
1	0	0	1	Q=0	Μηδενισμός
1	1	0	1	Μετά από S=1 και R=0	Αμετάβλητη
1	1	1	0	Μετά από S=0 και R=1	κατάσταση

Η έξοδος Q ακολουθεί την είσοδο R όταν S=R

6.2.2 Μανταλωτής με πύλες NOR

Το κύκλωμα του μανταλωτή (latch) μπορεί να υλοποιηθεί με δύο πύλες NOR όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.2.2.



Σχήμα 6.2.2 Μανταλωτής (latch) με πύλες NOR

Ο Μανταλωτής με πύλες NOR είναι ένα ασύγχρονο ακολουθιακό κύκλωμα που έχει:

- ☛ δύο (2) πύλες NOR
- ☛ δύο (2) εισόδους R (Reset) και S (Set)
- ☛ δύο (2) εξόδους Q και \bar{Q}

Η κατάσταση του μανταλωτή είναι η τιμή της εξόδου Q. Οι (χρήσιμες) καταστάσεις, στις οποίες μπορεί να βρεθεί ο μανταλωτής είναι:

- ✓ κατάσταση θέσης (set)

όπου Q=1 και \bar{Q} =0

- ✓ κατάσταση επαναφοράς (reset) ή μηδενισμού (clear)

όπου Q=0 και \bar{Q} =1

Η λειτουργία του μανταλωτή με πύλες NOR περιγράφεται παρακάτω:

1. S=0 και R=0

Κατάσταση ηρεμίας του μανταλωτή. Αυτή είναι η σταθερή κατάσταση του μανταλωτή γιατί η έξοδος παραμένει αμετάβλητη (οι έξοδοι διατηρούν τις τιμές που είχαν πριν τεθεί στις εισόδους $S=0$ και $R=0$).

2. $S=0$ και $R=1$

Μηδενισμός του μανταλωτή. Η έξοδος είναι $Q=0$ (μηδενισμός) και παραμένει $Q=0$.

3. $S=1$ και $R=0$

Ενεργοποίηση του μανταλωτή. Η έξοδος είναι $Q=1$ (θέση) και παραμένει $Q=1$.

4. $S=1$ και $R=1$

Μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση του μανταλωτή. Οι έξοδοι είναι $Q=0$ και $\bar{Q}=0$. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται η κατάσταση αυτή.

Αν ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση θέσης ($S=1$ και $R=0$ με $Q=1$) και εφαρμοστεί $S=0$, τότε ο μανταλωτής παραμένει σε κατάσταση θέσης ($Q=1$).

Αν ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση μηδενισμού ($S=0$ και $R=1$ με $Q=0$) και εφαρμοστεί $R=0$, τότε ο μανταλωτής παραμένει σε κατάσταση μηδενισμού ($Q=0$).

Στις δύο παραπάνω περιπτώσεις οι έξοδοι παραμένουν αμετάβλητες (ο μανταλωτής έχει μνήμη).

Αν πρέπει να αλλάξει η κατάσταση του μανταλωτή, τότε:

– Αν ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση θέσης ($S=1$ και $R=0$ με $Q=1$), τότε πρώτα $S=0$ οπότε ο μανταλωτής πάει σε κατάσταση ηρεμίας και μετά $R=1$, οπότε ο μανταλωτής πάει σε κατάσταση μηδενισμού ($Q=0$).

– Αν ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση μηδενισμού ($S=0$ και $R=1$ με $Q=0$), τότε πρώτα $R=0$ οπότε ο μανταλωτής πάει σε κατάσταση ηρεμίας και μετά $S=1$, οπότε ο μανταλωτής πάει σε κατάσταση θέσης ($Q=1$).

Ο μανταλωτής μπορεί να βρεθεί σε μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση (όπου $Q=0$ και $\bar{Q}=0$) αν $S=1$ και $R=1$ ταυτόχρονα (από $S=0$ και $R=0$). Θα πρέπει να αποφεύγεται να βρεθεί ο μανταλωτής σε μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση.

Στον Πίνακα 6.2.2 παρουσιάζεται ο Πίνακας Αληθείας του μανταλωτή με πύλες NOR, όπου συνοψίζεται η λειτουργία του.

Πίνακας 6.2.2 Πίνακας Αληθείας Μανταλωτή με πύλες NOR

S	R	Q	\bar{Q}	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	
0	0	0	1	Μετά από $S=0$ και $R=1$	Αμετάβλητη
0	0	1	0	Μετά από $S=1$ και $R=0$	κατάσταση
0	1	0	1	$Q=0$	Μηδενισμός
1	0	1	0	$Q=1$	Θέση
1	1	0	0	Μη χρησιμοποιούμενη	Μη χρησιμοποιούμενη

Η έξοδος Q ακολουθεί την είσοδο S όταν $S \neq R$

6.3 FLIP-FLOPS

Το flip-flop είναι ένα σύγχρονο ακολουθιακό κύκλωμα, οι έξοδοι του οποίου ανταποκρίνονται στις εισόδους του όταν εφαρμόζονται παλμοί ρολογιού (Clock Pulses) σε μία είσοδο του flip-flop που ονομάζεται είσοδος ρολογιού (CP). Οι πλέον συχνά χρησιμοποιούμενοι τύποι flip-flops είναι οι ακόλουθοι:

- ☒ R-S flip-flop
- ☒ D flip-flop
- ☒ J-K flip-flop
- ☒ T flip-flop

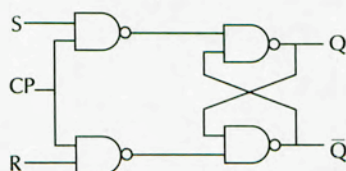
6.3.1 R-S FLIP-FLOP

Το R-S flip-flop μπορεί να υλοποιηθεί με τέσσερις πύλες NAND, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.3.1.

Η λειτουργία του R-S flip-flop περιγράφεται παρακάτω:

1. Όταν $S=0$ και $R=0$, τότε η επόμενη κατάσταση (έξοδος Q) είναι ίδια με την προηγούμενη κατάσταση.
2. Όταν $S=0$ και $R=1$, τότε η επόμενη κατάσταση είναι $Q=0$.
3. Όταν $S=1$ και $R=0$, τότε η επόμενη κατάσταση είναι $Q=1$.
4. Όταν $S=1$ και $R=1$, τότε η επόμενη κατάσταση είναι απροσδιόριστη. Αυτή είναι μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση.

Ο **Χαρακτηριστικός Πίνακας** του flip-flop δείχνει την επόμενη κατάσταση $Q(n+1)$ όταν είναι γνωστή η παρούσα κατάσταση $Q(n)$ και οι εισόδους. Ο χαρακτηριστικός πίνακας του R-S flip-flop παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.1.



Σχήμα 6.3.1 R-S flip-flop

Πίνακας 6.3.1 Χαρακτηριστικός Πίνακας R-S flip-flop

Q(n)	S	R	Q(n+1)
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	X
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	X

ή

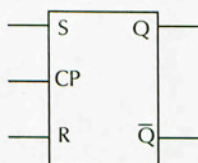
S	R	Q(n+1)
0	0	Q(n)
0	1	0
1	0	1
1	1	X

Ο Πίνακας Διέγερσης του flip-flop δείχνει τον τρόπο μετάβασης από την παρούσα κατάσταση στην επόμενη κατάσταση και εξάγεται από το χαρακτηριστικό πίνακα του flip-flop. Ο πίνακας διέγερσης του R-S flip-flop παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.2.

Πίνακας 6.3.2 Πίνακας Διέγερσης R-S flip-flop

S	R	Q(n)	Q(n+1)
0	X	0	0
1	0	0	1
0	1	1	0
X	0	1	1

Το γραφικό σύμβολο του R-S flip-flop φαίνεται στο Σχήμα 6.3.2.

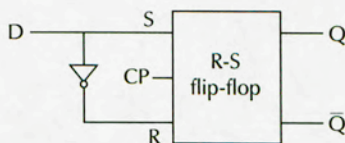


Σχήμα 6.3.2 Γραφικό σύμβολο του R-S flip-flop

6.3.2 D FLIP-FLOP

Η εξάλειψη της ανεπιθύμητης συμπεριφοράς στην μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση του R-S flip-flop επιτυγχάνεται με το D flip-flop.

Το D flip-flop μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας ένα R-S flip-flop και μία πύλη NOT, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.3.3.



Σχήμα 6.3.3 D flip-flop

Η λειτουργία του D flip-flop περιγράφεται παρακάτω:

1. Αν ο παλμός εισόδου είναι $CP=0$, τότε το flip-flop δεν μπορεί να αλλάξει κα-

τάσταση, ανεξάρτητα από την τιμή της εισόδου D (πράγματι, αν CP=0, τότε οι εισοδοί του μανταλωτή με πύλες NAND είναι "1")

2. Αν ο παλμός εισόδου είναι CP=1, τότε γίνεται δειγματοληψία της εισόδου, δηλαδή

- αν D=0, τότε Q=0 (μηδενισμός)
- αν D=1, τότε Q=1 (θέση)

Το όνομα του D flip-flop προέρχεται από την δυνατότητά του να αποθηκεύει δεδομένα (Data) και να καθυστερεί τη διάδοσή τους (Delay). Οι δυαδικές πληροφορίες της εισόδου δεδομένων D του flip-flop **μεταφέρονται** στην έξοδο Q του flip-flop, όταν CP=1 (η έξοδος ακολουθεί τα δεδομένα εισόδου όσο CP=1). Όταν τεθεί CP=0, τότε τα δεδομένα της εισόδου D **δεν μεταφέρονται** στην έξοδο Q μέχρι να τεθεί CP=1.

Ο χαρακτηριστικός πίνακας του D flip-flop παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.3.

Πίνακας 6.3.3 Χαρακτηριστικός Πίνακας D flip-flop

Q(n)	D	Q(n+1)
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

ή

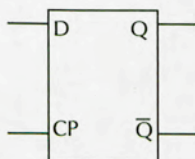
D	Q(n+1)
0	0
1	1

Ο πίνακας διέγερσης του D flip-flop παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.4.

Πίνακας 6.3.4 Πίνακας Διέγερσης D flip-flop

D	Q(n)	Q(n+1)
0	0	0
1	0	1
0	1	0
1	1	1

Το γραφικό σύμβολο του D flip-flop φαίνεται στο Σχήμα 6.3.4.

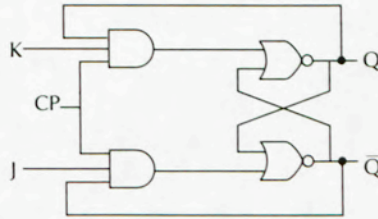


Σχήμα 6.3.4 Γραφικό σύμβολο του D flip-flop

6.3.3 J-K FLIP-FLOP

Η μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση του R-S flip-flop ($S=1$ και $R=1$) αποφεύγεται χρησιμοποιώντας το J-K flip-flop. Στο J-K flip-flop όταν οι είσοδοι J (set) και K (reset) τεθούν $J=1$ και $K=1$, τότε το flip-flop αλλάζει κατάσταση (δηλαδή αν η έξοδος ήταν $Q=0$ τότε θα γίνει $Q=1$ και αντίστροφα).

Το J-K flip-flop μπορεί να υλοποιηθεί με δύο πύλες AND και δύο πύλες NOR όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.3.5.



Σχήμα 6.3.5 J-K flip-flop

Η λειτουργία του J-K flip-flop περιγράφεται παρακάτω:

1. Όταν $J=0$ και $K=0$, τότε η επόμενη κατάσταση είναι ίδια με την προηγούμενη κατάσταση.
2. Όταν $J=0$ και $K=1$, τότε η επόμενη κατάσταση είναι $Q=0$.
3. Όταν $J=1$ και $K=0$, τότε η επόμενη κατάσταση είναι $Q=1$.
4. Όταν $J=1$ και $K=1$, τότε η κατάσταση του flip-flop αντιστρέφεται, δηλαδή η επόμενη κατάσταση είναι η συμπληρωματική της προηγούμενης κατάστασης.

Ο χαρακτηριστικός πίνακας του J-K flip-flop παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.5.

Πίνακας 6.3.5 Χαρακτηριστικός Πίνακας J-K flip-flop

$Q(n)$	J	K	$Q(n+1)$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

ή

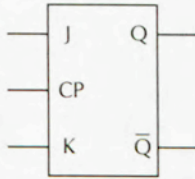
J	K	$Q(n+1)$
0	0	$Q(n)$
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q(n)}$

Ο πίνακας διέγερσης του J-K flip-flop παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.6.

Πίνακας 6.3.6 Πίνακας Διέγερσης J-K flip-flop

J	K	Q(n)	Q(n+1)
0	X	0	0
1	X	0	1
X	1	1	0
X	0	1	1

Το γραφικό σύμβολο του J-K flip-flop φαίνεται στο Σχήμα 6.3.6.

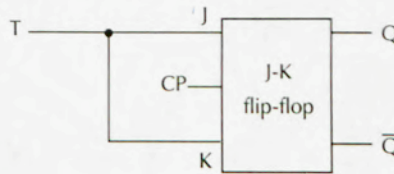


Σχήμα 6.3.6 Γραφικό σύμβολο του J-K flip-flop

6.3.4 T FLIP-FLOP

Αν οι εισόδους του J-K flip-flop συνδεθούν μεταξύ τους, τότε προκύπτει μία παραλλαγή του J-K flip-flop, το T flip-flop.

Το T flip-flop μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας ένα J-K flip-flop συνδέοντας τις εισόδους J και K, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.3.7.



Σχήμα 6.3.7 T flip-flop

Η λειτουργία του T flip-flop περιγράφεται παρακάτω:

1. Όταν $T=0$, τότε η επόμενη κατάσταση είναι ίδια με την προηγούμενη κατάσταση.
2. Όταν $T=1$, τότε η κατάσταση του flip-flop αντιστρέφεται, δηλαδή η επόμενη κατάσταση είναι η συμπληρωματική της προηγούμενης κατάστασης.

Το όνομα του T flip-flop προέρχεται από τη δυνατότητά του να αντιστρέφει (Toggle) την κατάστασή του.

Ο χαρακτηριστικός πίνακας του T flip-flop παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.7.

Πίνακας 6.3.7 Χαρακτηριστικός Πίνακας T flip-flop

Q(n)	T	Q(n+1)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ή

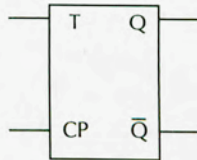
T	Q(n+1)
0	$\overline{Q(n)}$
1	$Q(n)$

Ο πίνακας διέγερσης του T flip-flop παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.8.

Πίνακας 6.3.8 Πίνακας Διέγερσης T flip-flop

T	Q(n)	Q(n+1)
0	0	0
1	0	1
1	1	0
0	1	1

Το γραφικό σύμβολο του T flip-flop φαίνεται στο Σχήμα 6.3.8.



Σχήμα 6.3.8 Γραφικό σύμβολο του T flip-flop

6.3.5 Διέγερση FLIP-FLOP

Η κατάσταση ενός μανταλωτή ή ενός flip-flop μεταβάλλεται με την αλλαγή ενός σήματος εισόδου που ονομάζεται διέγερση ή πυροδότηση (trigerring).

Οι **μανταλωτές** διεγείρονται με την αλλαγή τιμής (λογικού επιπέδου) των σημάτων εισόδου τους. Για να διεγερθεί ο μανταλωτής πρέπει να είναι σε κατάσταση ηρεμίας.

Τα **flip-flops** διεγείρονται με τους παλμούς του ρολογιού (clock) τους. Οι παλμοί του ρολογιού μπορεί να είναι θετικοί ή αρνητικοί. Μία πηγή θετικών παλμών ρολογιού παραμένει στο "0" κατά το διάστημα μεταξύ παλμών και πάει στο "1" κατά τη διάρκεια του παλμού. Μία πηγή αρνητικών παλμών ρολογιού παραμένει στο "1" κατά το διάστημα μεταξύ παλμών και πάει στο "0" κατά τη διάρκεια

του παλμού. Επομένως, και στις δύο περιπτώσεις, υπάρχουν δύο μεταβάσεις του σήματος για κάθε παλμό:

- η μετάβαση από το "0" στο "1" ονομάζεται θετική μετάβαση (Positive Going Transition - PGT) ή μετάβαση ανόδου ή θετική ακμή (positive edge) ή θετικό μέτωπο
- η μετάβαση από το "1" στο "0" ονομάζεται αρνητική μετάβαση (Negative Going Transition - NGT) ή μετάβαση καθόδου ή αρνητική ακμή (negative edge) ή αρνητικό μέτωπο

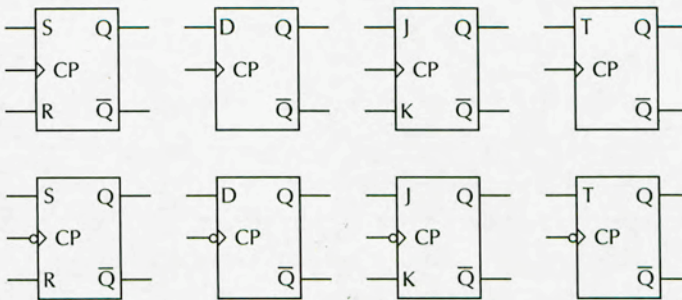
Οι δύο μεταβάσεις των παλμών του ρολογιού φαίνονται στο Σχήμα 6.3.9.



Σχήμα 6.3.9 Μεταβάσεις των παλμών του ρολογιού
θετική μετάβαση (κόκκινο) και αρνητική μετάβαση (μπλέ)

Οι είσοδοι του flip-flop προετοιμάζουν την αλλαγή κατάστασης του, η οποία πραγματοποιείται με το θετικό ή αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού.

Στο Σχήμα 6.3.10 παρουσιάζονται τα γραφικά σύμβολα των flip-flops. Το τριγωνάκι στην είσοδο του ρολογιού δείχνει ότι τα flip-flops διεγείρονται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού ενώ κύκλος πριν το τριγωνάκι δείχνει ότι τα flip-flops διεγείρονται με το αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού.



Σχήμα 6.3.10 Γραφικά σύμβολα των flip-flops

6.3.6 Ασύγχρονες είσοδοι

6.3.6.1 Ορισμοί

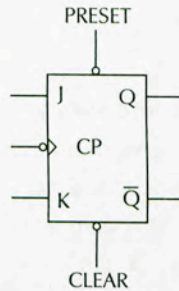
Οι είσοδοι S, R, J, K, D και T των flip-flops που αναλύθηκαν προηγουμένως ονομάζονται **σύγχρονες είσοδοι**, γιατί η επίδρασή τους στις εξόδους των flip-flops συγχρονίζεται με την είσοδο CP του παλμού του ρολογιού.

Πολλά ολοκληρωμένα κυκλώματα flip-flops διαθέτουν δύο επιπλέον εισόδους που ονομάζονται **ασύγχρονες εισόδους**, γιατί η επίδρασή τους στις εξόδους των flip-flops δεν εξαρτάται από τους παλμούς του ρολογιού.

Οι ασύγχρονες εισόδους **καθορίζουν** την κατάσταση του flip-flop **ανεξάρτητα** από τις τιμές των σύγχρονων εισόδων του και χρησιμοποιούνται συνήθως για να τεθούν τα flip-flops σε μία ορισμένη αρχική κατάσταση (θέση ή μηδενισμός) πριν αρχίσει η λειτουργία τους με το ρολοί. Οι ασύγχρονες εισόδους είναι:

- ✓ η προτοποθέτηση (PRESET) που χρησιμοποιείται για να τίθεται το flip-flop σε κατάσταση θέσης ($Q=1$).
- ✓ ο μηδενισμός (CLEAR) που χρησιμοποιείται για να τίθεται το flip-flop σε κατάσταση μηδενισμού ($Q=0$).

Για παράδειγμα, στο Σχήμα 6.3.11 φαίνεται το γραφικό σύμβολο του J-K flip-flop με ασύγχρονες εισόδους.



Σχήμα 6.3.11 Γραφικό σύμβολο του J-K flip-flop με ασύγχρονες εισόδους

Η λειτουργία του J-K flip-flop με ασύγχρονες εισόδους περιγράφεται παρακάτω:

1. Όταν $PRESET=1$ και $CLEAR=1$ τότε οι ασύγχρονες εισόδους είναι απενεργοποιημένες (τα κυκλάκια στις ασύγχρονες εισόδους σημαίνουν ότι αυτές ενεργοποιούνται με λογική κατάσταση "0") και οι έξοδοι του flip-flop ανταποκρίνονται στις σύγχρονες εισόδους J και K καθώς και στους παλμούς του ρολογιού CP, δηλαδή πραγματοποιείται η λειτουργία χρονισμού.
2. Όταν $PRESET=0$ και $CLEAR=1$, τότε το flip-flop τίθεται σε κατάσταση θέσης ($Q=1$).
3. Όταν $PRESET=1$ και $CLEAR=0$, τότε το flip-flop τίθεται σε κατάσταση μηδενισμού ($Q=0$).
4. Δεν πρέπει να είναι ταυτόχρονα $PRESET=0$ και $CLEAR=0$.

Στον Πίνακα 6.3.9 παρουσιάζεται ο Πίνακας Λειτουργίας του J-K flip-flop με ασύγχρονες εισόδους όπου συνοψίζεται η λειτουργία του.

Πίνακας 6.3.9 Πίνακας Λειτουργίας του J-K flip-flop με ασύγχρονες εισόδους

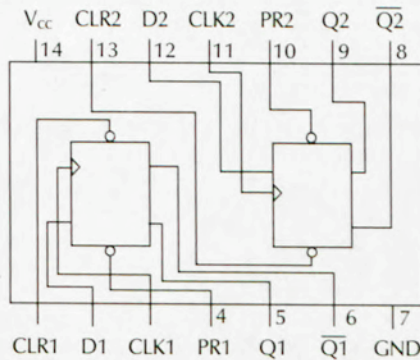
PRESET	CLEAR	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ FLIP-FLOP
0	0	Μη χρησιμοποιούμενη
0	1	Θέση ($Q=1$)
1	0	Μηδενισμός ($Q=0$)
1	1	Λειτουργία Χρονισμού

6.3.6.2 Ολοκληρωμένα κυκλώματα FLIP-FLOPS

Στα ολοκληρωμένα κυκλώματα της οικογένειας TTL υπάρχουν αρκετά ολοκληρωμένα κυκλώματα flip-flops, όπως είναι τα ακόλουθα:

- ☞ το ολοκληρωμένο κύκλωμα 7474 είναι D flip-flop
- ☞ τα ολοκληρωμένα κυκλώματα 7473, 7476 και 74112 είναι J-K flip-flops

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 7474 περιέχει δύο (2) D flip-flops με ασύγχρονες εισόδους και παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.3.12.



Σχήμα 6.3.12 Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 7474

Τα flip-flops του Ο.Κ. 7474 διεγείρονται με το **θετικό** μέτωπο (PGT) του παλμού του ρολογιού τους: CLK1 (pin 3) για το ένα flip-flop και CLK2 (pin 11) για το άλλο flip-flop.

Τα flip-flops έχουν ασύγχρονες εισόδους PRESET και CLEAR: PR1 (pin 4) και CLR1 (pin 1) για το ένα flip-flop και PR2 (pin 10) και CLR2 (pin 13) για το άλλο flip-flop.

Ο Πίνακας Λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 7474 παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.10.

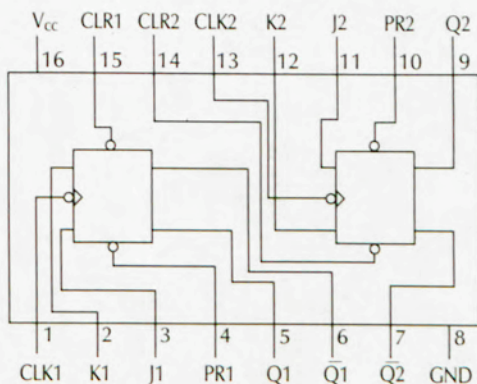
PR	CLR	CLK	D	Q	\overline{Q}
0	1	X	X	1	0
1	0	X	X	0	1
0	0	X	X	1*	1*
1	1	↑	1	1	0
1	1	↑	0	0	1
1	1	0	X	Q ₀	$\overline{Q_0}$

Το σύμβολο ↑ δείχνει ότι το flip-flop διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού του.

* Η έξοδος δεν παραμένει σταθερή όταν η ασύγχρονη είσοδος PRESET και/ή η ασύγχρονη είσοδος CLEAR απενεργοποιηθεί (λογικό "1").

Q₀ είναι η προηγούμενη κατάσταση του flip-flop (πριν την εφαρμογή της εισόδου D).

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74112 περιέχει δύο (2) J-K flip-flops με ασύγχρονες εισόδους και παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.3.13.



Σχήμα 6.3.13 Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74112

Τα flip-flops του Ο.Κ. 74112 διεγείρονται με το **αρνητικό μέτωπο** (NGT) του παλμού του ρολογιού τους: CLK1 (pin 1) για το ένα flip-flop και CLK2 (pin 13) για το άλλο flip-flop.

Τα flip-flops έχουν ασύγχρονες εισόδους PRESET και CLEAR: PR1 (pin 4) και CLR1 (pin 15) για το ένα flip-flop και PR2 (pin 10) και CLR2 (pin 14) για το άλλο flip-flop.

Ο Πίνακας Λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74112 παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.11.

Πίνακας 6.3.11 Πίνακας Λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74112

PR	CLR	CLK	J	K	Q	\bar{Q}
0	1	X	X	X	1	0
1	0	X	X	X	0	1
0	0	X	X	X	1*	1*
1	1	↓	0	0	Q_0	\bar{Q}_0
1	1	↓	1	0	1	0
1	1	↓	0	1	0	1
1	1	↓	1	1	Toggle	
1	1	1	X	X	Q_0	\bar{Q}_0

Το σύμβολο ↓ δείχνει ότι το flip-flop διεγείρεται με το αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού του.

* Η έξοδος δεν παραμένει σταθερή όταν η ασύγχρονη είσοδος PRESET και/ή η ασύγχρονη είσοδος CLEAR απενεργοποιηθεί (λογικό "1").

Q_0 είναι η προηγούμενη κατάσταση του flip-flop (πριν την εφαρμογή των εισόδων J και K).

Toggle: η κατάσταση του flip-flop αντιστρέφεται, δηλαδή η επόμενη κατάσταση είναι η συμπληρωματική της προηγούμενης.

6.4 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Το flip-flop είναι ένα κύκλωμα που μπορεί να διατηρηθεί σε μία κατάσταση έως ότου κάποιο κατάλληλο σήμα εισόδου το κάνει να αλλάξει κατάσταση (αποθήκευση 1 bit πληροφορίας).
2. Ο λόγος που υπάρχουν διάφοροι τύποι flip-flops είναι ότι οι δυαδικές πληροφορίες μπορούν να τοποθετηθούν στο flip-flop με διάφορους τρόπους.
3. Σε ένα ασύγχρονο ακολουθιακό κύκλωμα τα στοιχεία μνήμης είναι μανταλωτές. Σε ένα σύγχρονο ακολουθιακό κύκλωμα τα στοιχεία μνήμης είναι flip-flops.

Οι πλέον συχνά χρησιμοποιούμενοι τύποι μανταλωτών είναι οι ακόλουθοι:

☞ μανταλωτής με πύλες NAND

☞ μανταλωτής με πύλες NOR

Οι πλέον συχνά χρησιμοποιούμενοι τύποι flip-flops είναι οι ακόλουθοι:

☞ R-S flip-flop

☞ D flip-flop

☞ J-K flip-flop

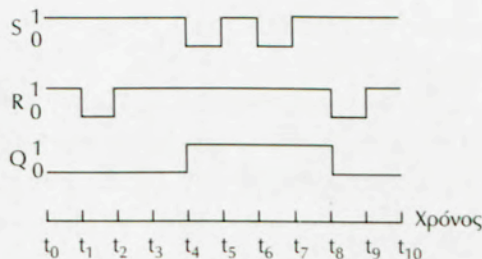
☞ T flip-flop

4. Το βασικό κύκλωμα ενός μανταλωτή μπορεί να υλοποιηθεί με δύο πύλες NAND ή με δύο πύλες NOR. Αυτός ο τύπος μανταλωτή ονομάζεται μανταλωτής SR (SR latch).
5. Η κατάσταση ενός flip-flop μεταβάλλεται με μία στιγμιαία αλλαγή ενός σήματος εισόδου που ονομάζεται διέγερση (trigerring).
 - ✓ Οι μανταλωτές διεγείρονται με την αλλαγή τιμής (λογικού επιπέδου) των σημάτων εισόδου τους. Για να διεγερθεί ο μανταλωτής πρέπει να είναι σε κατάσταση ηρεμίας.
 - ✓ Τα flip-flops διεγείρονται με τους παλμούς του ρολογιού (clock) τους. Οι παλμοί του ρολογιού μπορεί να είναι θετικοί ή αρνητικοί.
6. Οι είσοδοι S, R, J, K, D και T των flip-flops ονομάζονται σύγχρονες είσοδοι γιατί η επίδρασή τους στις εξόδους των flip-flops συγχρονίζεται με την είσοδο CP του παλμού του ρολογιού.
7. Οι είσοδοι PRESET και CLEAR των flip-flops ονομάζονται ασύγχρονες είσοδοι και καθορίζουν την κατάσταση του flip-flop ανεξάρτητα από τις τιμές των σύγχρονων εισόδων του.

6.5. ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Δίνονται οι κυματομορφές εισόδων ενός μανταλωτή με πύλες NAND στο Σχήμα 6.5.1. Να σχεδιαστεί η κυματομορφή εξόδου του μανταλωτή (με $Q=0$ στη χρονική στιγμή $t_0=0$).

Η κυματομορφή εξόδου του μανταλωτή φαίνεται στο Σχήμα 6.5.1.



Σχήμα 6.5.1 Κυματομορφές εισόδων και εξόδου μανταλωτή με πύλες NAND

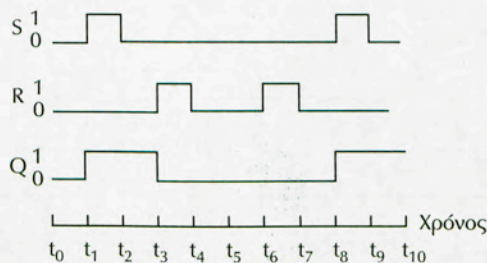
Η αλλαγή κατάστασης του μανταλωτή πραγματοποιείται με την αλλαγή τιμής των σημάτων εισόδου του, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.5.1.

Πίνακας 6.5.1 Ο μανταλωτής με πύλες NAND διεγείρεται με την αλλαγή τιμής των σημάτων εισόδου του

Χρόνος	S	R	Q	
t_0			0	
t_0-t_1	1	1	0	Αμετάβλητη
t_1-t_2	1	0	0	Μηδενισμός
t_2-t_3	1	1	0	Αμετάβλητη
t_3-t_4	1	1	0	Αμετάβλητη
t_4-t_5	0	1	1	Θέση
t_5-t_6	1	1	1	Αμετάβλητη
t_6-t_7	0	1	1	Θέση
t_7-t_8	1	1	1	Αμετάβλητη
t_8-t_9	1	0	0	Μηδενισμός
t_9-t_{10}	1	1	0	Αμετάβλητη

2. Δίνονται οι κυματομορφές εισόδων ενός μανταλωτή με πύλες NOR στο Σχήμα 6.5.2. Να σχεδιαστεί η κυματομορφή εξόδου του μανταλωτή (με $Q=0$ στη χρονική στιγμή $t_0=0$).

Η κυματομορφή εξόδου του μανταλωτή φαίνεται στο Σχήμα 6.5.2.



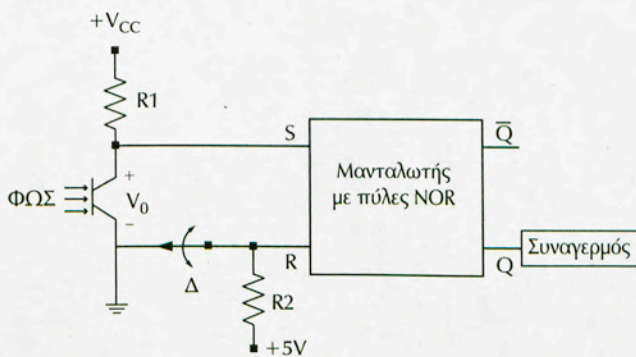
Σχήμα 6.5.2 Κυματομορφές εισόδων και εξόδου μανταλωτή με πύλες NOR

Η αλλαγή κατάστασης του μανταλωτή πραγματοποιείται με την αλλαγή τιμής των σημάτων εισόδου του, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.5.2.

Πίνακας 6.5.2 Ο μανταλωτής με πύλες NOR διεγείρεται με την αλλαγή τιμής των σημάτων εισόδου του

Χρόνος	S	R	Q	
t_0			0	
t_0-t_1	0	0	0	Αμετάβλητη
t_1-t_2	1	0	1	Θέση
t_2-t_3	0	0	1	Αμετάβλητη
t_3-t_4	0	1	0	Μηδενισμός
t_4-t_5	0	0	0	Αμετάβλητη
t_5-t_6	0	0	0	Αμετάβλητη
t_6-t_7	0	1	0	Μηδενισμός
t_7-t_8	0	0	0	Αμετάβλητη
t_8-t_9	1	0	1	Θέση
t_9-t_{10}	0	0	1	Αμετάβλητη

3. Ενας συναγερμός ενεργοποιείται όταν διακοπεί η ακτινοβολία του φωτός που προσπίπτει σε ένα φωτο-transistor. Ο συναγερμός συνδέεται με έναν μανταλωτή με πύλες NOR, όπως φαίνεται στο κύκλωμα του Σχήματος 6.5.3. Να περιγραφεί η λειτουργία του κυκλώματος.



Σχήμα 6.5.3 Σύστημα συναγερμού

Όταν το φωτο-transistor φωτίζεται, τότε οδηγείται στον κόρο και η τάση εξόδου του είναι $V_0=0V$ με αποτέλεσμα η είσοδος S του μανταλωτή να είναι $S=0$. Αν ανοίξουμε τον διακόπτη Δ, τότε η είσοδος R του μανταλωτή γίνεται $R=1$. Επομένως, οι είσοδοι του μανταλωτή είναι $S=0$ και $R=1$, οπότε ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση μηδενισμού ($Q=0$) και ο συναγερμός είναι απενεργοποιημένος.

Αν κλείσουμε το διακόπτη Δ, τότε η είσοδος R του μανταλωτή γίνεται $R=0$. Επομένως, οι είσοδοι του μανταλωτή είναι $S=0$ και $R=0$, οπότε η κατάσταση του μανταλωτή παραμένει αμετάβλητη ($Q=0$) και ο συναγερμός παραμένει απενεργοποιημένος.

Όταν διακοπεί η ακτινοβολία του φωτός που προσπίπτει στο φωτο-transistor, τότε το φωτο-transistor οδηγείται στην αποκοπή και η τάση εξόδου του είναι $V_0=5V$ με αποτέλεσμα η είσοδος S του μανταλωτή να είναι $S=1$. Επομένως, οι είσοδοι του μανταλωτή να είναι $S=1$ και $R=0$, οπότε ο μανταλωτής είναι σε κατάσταση θέσης ($Q=1$) και ο συναγερμός μπαίνει σε λειτουργία.

Όταν το φωτο-transistor ξαναφωτίζεται, τότε η είσοδος S του μανταλωτή είναι $S=0$. Επομένως, οι είσοδοι του μανταλωτή είναι $S=0$ και $R=0$, οπότε η κατάσταση του μανταλωτή παραμένει αμετάβλητη ($Q=1$) και ο συναγερμός παραμένει σε λειτουργία (ο συναγερμός συνεχίζει να λειτουργεί ακόμη και όταν το φωτο-transistor ξαναφωτίζεται).

Ο συναγερμός απενεργοποιείται, αν ανοίξουμε τον διακόπτη Δ.

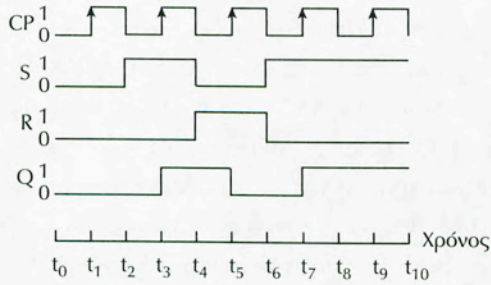
Η λειτουργία του κυκλώματος συνοψίζεται στον Πίνακα Λειτουργίας του κυκλώματος που παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.5.3

Πίνακας 6.5.3 Πίνακας Λειτουργίας του κυκλώματος

Φως	Διακόπτης	S	R	Q	
Ναι	Ανοικτός	0	1	0	Μηδενισμός
Ναι	Κλειστός	0	0	0	Αμετάβλητη
Όχι	Κλειστός	1	0	1	Θέση
Ναι	Κλειστός	0	0	1	Αμετάβλητη

4. Δίνονται οι κυματομορφές εισόδων ενός R-S flip-flop που διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού στο Σχήμα 6.5.4. Να σχεδιαστεί η κυματομορφή εξόδου του R-S flip-flop (με $Q=0$ στη χρονική στιγμή $t_0=0$).

Η κυματομορφή εξόδου του R-S flip-flop φαίνεται στο Σχήμα 6.5.4.



Σχήμα 6.5.4 Κυματομορφές εισόδων και εξόδου R-S flip-flop που διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού

Οι εισοδοί του flip-flop προετοιμάζουν την αλλαγή κατάστασης του flip-flop, η οποία πραγματοποιείται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού στις χρονικές στιγμές t_1 , t_3 , t_5 , t_7 και t_9 , όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.5.4.

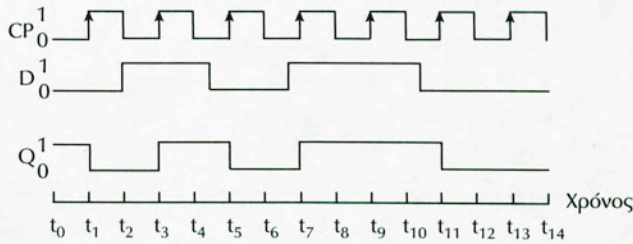
Πίνακας 6.5.4 Το R-S flip-flop διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού

Χρόνος	S	R	Q
t_0			0
t_1	0	0	0
t_3	1	0	1
t_5	0	1	0
t_7	1	0	1
t_9	1	0	1

Αμετάβλητη
Θέση
Μηδενισμός
Θέση
Θέση

5. Δίνονται οι κυματομορφές εισόδων ενός D flip-flop που διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού στο Σχήμα 6.5.5. Να σχεδιαστεί η κυματομορφή εξόδου του D flip-flop (με $Q=1$ στη χρονική στιγμή $t_0=0$).

Η κυματομορφή εξόδου του D flip-flop φαίνεται στο Σχήμα 6.5.5.



Σχήμα 6.5.5 Κυματομορφές εισόδων και εξόδου D flip-flop που διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού

Οι είσοδοι του flip-flop προετοιμάζουν την αλλαγή κατάστασης του flip-flop, η οποία πραγματοποιείται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού στις χρονικές στιγμές t_1 , t_3 , t_5 , t_7 , t_9 , t_{11} και t_{13} , όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.5.5.

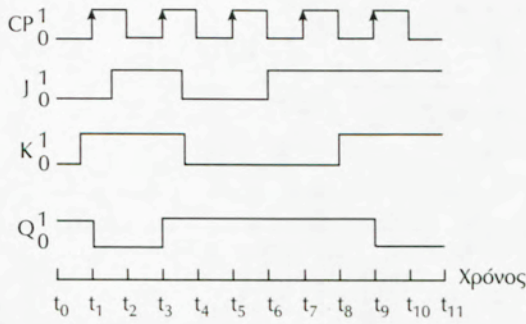
Πίνακας 6.5.5 Το D flip-flop διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού

Χρόνος	D	Q
t_0		1
t_1	0	0
t_3	1	1
t_5	0	0
t_7	1	1
t_9	1	1
t_{11}	0	0
t_{13}	0	0

Μηδενισμός
Θέση
Μηδενισμός
Θέση
Θέση
Μηδενισμός
Μηδενισμός

6. Δίνονται οι κυματομορφές εισόδων ενός J-K flip-flop που διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού στο Σχήμα 6.5.6. Να σχεδιαστεί η κυματομορφή εξόδου του J-K flip-flop (με $Q=1$ στην χρονική στιγμή $t_0=0$).

Η κυματομορφή εξόδου του J-K flip-flop φαίνεται στο Σχήμα 6.5.6.



Σχήμα 6.5.6 Κυματομορφές εισόδων και εξόδου J-K flip-flop που διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού

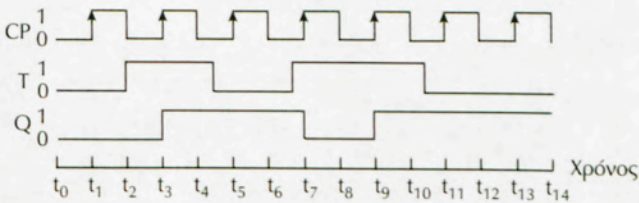
Οι είσοδοι του flip-flop προετοιμάζουν την αλλαγή κατάστασης του flip-flop, η οποία πραγματοποιείται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού στις χρονικές στιγμές t_1 , t_3 , t_5 , t_7 και t_9 , όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.5.6.

Πίνακας 6.5.6 Το J-K flip-flop διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού

Χρόνος	J	K	Q	
t_0			1	
t_1	0	1	0	Μηδενισμός
t_3	1	1	1	Toggle
t_5	0	0	1	Αμετάβλητη
t_7	1	0	1	Θέση
t_9	1	1	0	Toggle

7. Δίνονται οι κυματομορφές εισόδων ενός T flip-flop που διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού στο Σχήμα 6.5.7. Να σχεδιαστεί η κυματομορφή εξόδου του T flip-flop (με $Q=0$ στη χρονική στιγμή $t_0=0$).

Η κυματομορφή εξόδου του T flip-flop φαίνεται στο Σχήμα 6.5.7.



Σχήμα 6.5.7 Κυματομορφές εισόδων και εξόδου T flip-flop που διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού

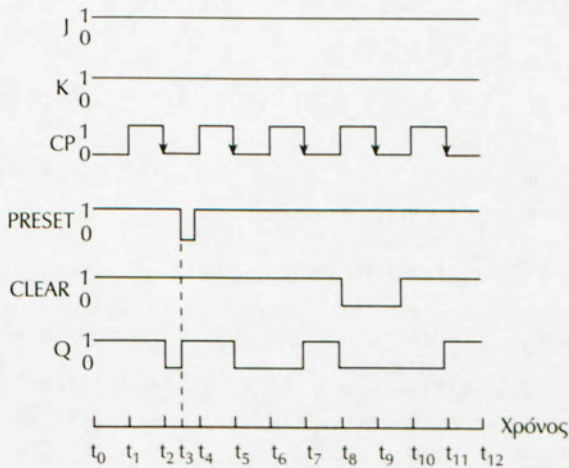
Οι είσοδοι του flip-flop προετοιμάζουν την αλλαγή κατάστασης του flip-flop, η οποία πραγματοποιείται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού στις χρονικές στιγμές $t_1, t_3, t_5, t_7, t_9, t_{11}$ και t_{13} , όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.5.7.

Πίνακας 6.5.7 Το T flip-flop διεγείρεται με το θετικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού

Χρόνος	T	Q	
t_0		0	
t_1	0	0	Αμετάβλητη
t_3	1	1	Toggle
t_5	0	1	Αμετάβλητη
t_7	1	0	Toggle
t_9	1	1	Toggle
t_{11}	0	1	Αμετάβλητη
t_{13}	0	1	Αμετάβλητη

8. Δίνονται οι κυματομορφές εισόδων ενός J-K flip-flop που διεγείρεται με το αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού και με ασύγχρονες εισόδους στο Σχήμα 6.5.8. Να σχεδιαστεί η κυματομορφή εξόδου του J-K flip-flop (με $Q=1$ στη χρονική στιγμή $t_0=0$).

Η κυματομορφή εξόδου του J-K flip-flop με ασύγχρονες εισόδους φαίνεται στο Σχήμα 6.5.8.



Σχήμα 6.5.8 Κυματομορφές εισόδων και εξόδου J-K flip-flop που διεγείρεται με το αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού και με ασύγχρονες εισόδους

Οι ασύγχρονες είσοδοι PRESET και CLEAR του flip-flop “υπερισχύουν” των άλλων εισόδων του και η λειτουργία χρονισμού πραγματοποιείται όταν PRESET=1 και CLEAR=1, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.5.8.

Πίνακας 6.5.8 Το J-K flip-flop διεγείρεται με το αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού και οι ασύγχρονες είσοδοι “υπερισχύουν” των άλλων εισόδων

Χρόνος	PRESET	CLEAR	J	K	Q	
t_0					1	
t_2	1	1	1	1	0	Toggle
t_3	0	1	1	1	1	Ασύγχρονη Θέση
t_5	1	1	1	1	0	Toggle
t_7	1	1	1	1	1	Toggle
t_8	1	0	1	1	0	Ασύγχρονος Μηδενισμός
t_{11}	1	1	1	1	1	Toggle

6.6 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

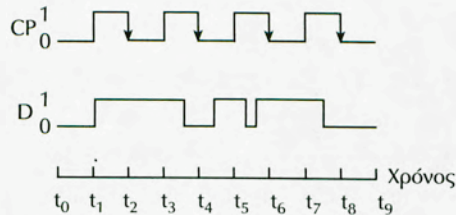
- Τι είναι το flip-flop; Ποιους τύπους flip-flops γνωρίζετε;
- Σε έναν μανταλωτή με πύλες NAND:
 - Ποιες τιμές πρέπει να έχουν οι είσοδοι για να παραμένει αμετάβλητη η έξοδος του;
 - Ποιες τιμές έχουν οι έξοδοί του στην κατάσταση μηδενισμού;
- Σε έναν μανταλωτή με πύλες NOR:
 - Ποιες τιμές πρέπει να έχουν οι είσοδοι για να παραμένει αμετάβλητη η έξοδος του;
 - Ποιες τιμές πρέπει να έχουν οι είσοδοί του για να πάει από την κατάσταση ηρεμίας στην κατάσταση μηδενισμού;
- Ποιο από τα παρακάτω είναι σωστό και ποιο είναι λάθος;
 - Η επόμενη κατάσταση του R-S flip-flop είναι $Q=0$, όταν $S=1$ και $R=0$
 ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ
 - Αν ο παλμός εισόδου είναι $CP=0$, τότε το D flip-flop δεν μπορεί να αλλάξει κατάσταση, ανεξάρτητα από την τιμή της εισόδου D.
 ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ
 - Η κατάσταση του J-K flip-flop αντιστρέφεται, όταν $J=1$ και $K=1$
 ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

δ. Η κατάσταση του T flip-flop αντιστρέφεται, όταν $T=0$

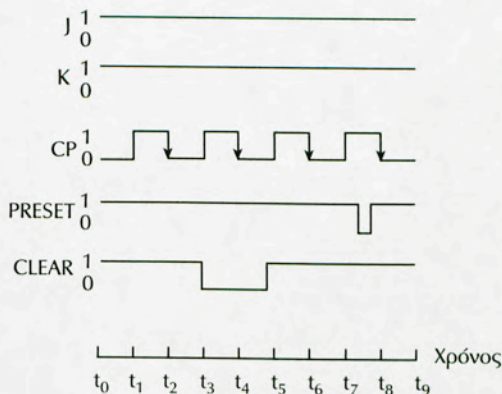
ΣΩΣΤΟ

ΛΑΘΟΣ

5. Να εξηγήσετε τι σημαίνει διέγερση ενός μανταλωτή ή ενός flip-flop. Να εξηγήσετε τον τρόπο διέγερσης των μανταλωτών και των flip-flops.
6. Ποια είναι η βασική διαφορά ανάμεσα στις σύγχρονες και τις ασύγχρονες εισόδους ενός flip-flop;
7. Όταν οι ασύγχρονες εισόδους ενός J-K flip-flop, που ενεργοποιούνται με λογικό «0», είναι $\text{PRESET}=0$ και $\text{CLEAR}=1$, τότε το flip-flop τίθεται:
 - α) σε κατάσταση θέσης ($Q=1$)
 - β) σε κατάσταση μηδενισμού ($Q=0$)
8. Να σχεδιαστεί η κυματομορφή εξόδου του D flip-flop (με $Q=1$ στη χρονική στιγμή $t_0=0$), όταν δίνονται οι παρακάτω κυματομορφές εισόδων ενός D flip-flop που διεγείρεται με το αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού:



9. Να σχεδιαστεί η κυματομορφή εξόδου του J-K flip-flop (με $Q=1$ στη χρονική στιγμή $t_0=0$), όταν δίνονται οι παρακάτω κυματομορφές εισόδων ενός J-K flip-flop που διεγείρεται με το αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού και με ασύγχρονες εισόδους, οι οποίες ενεργοποιούνται με λογική κατάσταση «0»:



Εργασία 1

Μία αντλία χρησιμοποιείται για το αυτόματο γέμισμα μίας δεξαμενής υγρού σε μία βιομηχανία. Δύο αισθητήρες (sensors) SA και SB ελέγχουν τη στάθμη του υγρού μέσα στη δεξαμενή: ο αισθητήρας SA δίνει "1" όταν η στάθμη υπερβεί τη μέγιστη επιτρεπόμενη στάθμη και ο αισθητήρας SB δίνει "1" όταν η στάθμη πέσει κάτω από την ελάχιστη επιτρεπόμενη στάθμη. Να σχεδιάσετε ένα ψηφιακό κύκλωμα ελέγχου της λειτουργίας της αντλίας χρησιμοποιώντας έναν μανταλωτή. Το κύκλωμα έχει δύο εισόδους A και B που συνδέονται με δύο διακόπτες οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με τους δύο αισθητήρες και μία έξοδο Y που δίνει "1" για την εκκίνηση της αντλίας όταν η στάθμη του υγρού πέσει κάτω από την ελάχιστη επιτρεπόμενη στάθμη και "0" για το σταμάτημα της αντλίας όταν η στάθμη του υγρού υπερβεί τη μέγιστη επιτρεπόμενη στάθμη. Σας συμφέρει να χρησιμοποιήσετε μανταλωτή με πύλες NAND ή μανταλωτή με πύλες NOR;

Εργασία 2

Μία από τις εφαρμογές των flip-flops είναι η σχεδίαση Διαιρέτη Συχνότητας. Μπορούμε να διαιρέσουμε τη συχνότητα των παλμών ενός ρολογιού με οποιαδήποτε δύναμη του 2, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο πλήθος J-K flip-flops με την ακόλουθη συνδεσμολογία: Συνδέουμε n flip-flops έτσι ώστε η έξοδος κάθε flip-flop τροφοδοτεί την είσοδο CP του επόμενου flip-flop (οι εισοδοί J και K όλων flip-flops είναι J=1 και K=1). Αν οι παλμοί ενός ρολογιού CLOCK εφαρμόζονται στην είσοδο CP του πρώτου flip-flop, τότε η έξοδος του τελευταίου flip-flop έχει συχνότητα ίση με το $1/2^n$ της συχνότητας των παλμών του ρολογιού CLOCK.

Να σχεδιάσετε, σύμφωνα με την παραπάνω συνδεσμολογία, ένα κύκλωμα διαιρέτη συχνότητας χρησιμοποιώντας τρία (3) J-K flip-flops που διεγείρονται με το αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού τους.

Να σχεδιάσετε τις κυματομορφές των παλμών του ρολογιού CLOCK και των εξόδων των J-K flip-flops για να διαπιστώσετε ότι το κύκλωμα λειτουργεί ως διαιρέτης συχνότητας.