ΣΤΟΧΟΙ

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.



κεφάλαιο 6

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 μέσα

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 έξοδοι 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 ρολόϊ (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

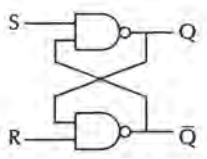
Το βασικό κύκλωμα ενός μανταλωτή μπορεί να υλοποιηθεί με δύο πύλες NAND ή με δύο πύλες NOR.

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.

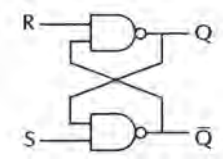
Πίνακας 6.2.1 *Πίνακας Αληθείας Μανταλωτή με πύλες NAND*

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≠R

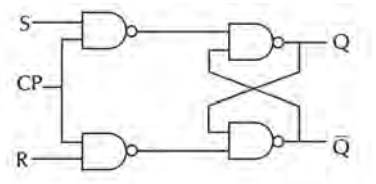
6.3 FLIP-FLOPS

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.



Σχήμα 6.3.1 R-S flip-flop

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 είσοδοι. Ο χαρακτηριστικός πίνακας του R-S flip-flop παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3.1.

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

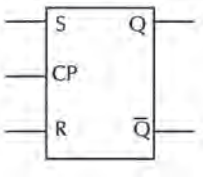
S	R	Q(n+1)
0	0	Q(n)
0	1	0
1	0	1
1	1	X

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.

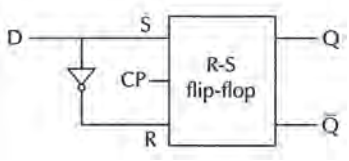


Σχήμα 6.3.2 *Γραφικό σύμβολο του R-S flip-flop*

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 κατάσταση, ανεξάρτητα από την τιμή της εισόδου D (πράγματι, αν CP=0, τότε οι

είσοδοι 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

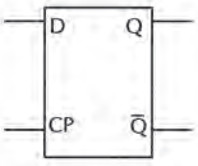
D	Q(n+1)
0	0
1	1

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.

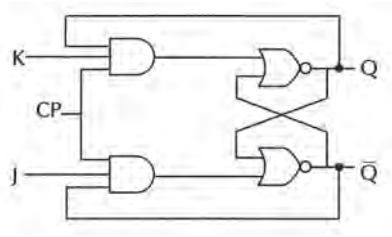


Σχήμα 6.3.4 *Γραφικό σύμβολο του D flip-flop*

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

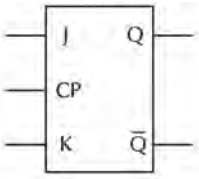
J	K	Q(n+1)
0	0	Q(n)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q(n)}$

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.

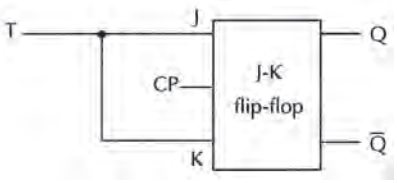


Σχήμα 6.3.6 *Γραφικό σύμβολο του J-K flip-flop*

6.3.4 T FLIP-FLOP

Αν οι είσοδοι 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

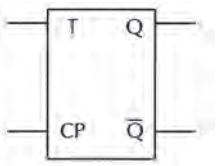
T	Q(n+1)
0	$Q(n)$
1	$\overline{Q(n)}$

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

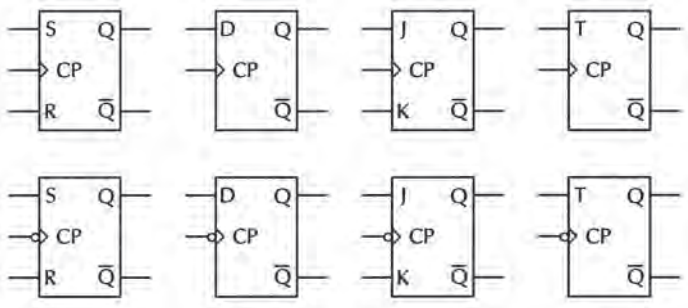
Οι δύο μεταβάσεις των παλμών του ρολογιού φαίνονται στο Σχήμα 6.3.9.



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

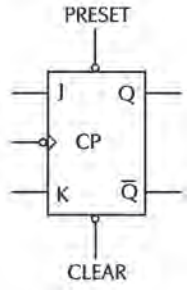
Οι είσοδοι S, R, J, K, D και T των flip-flops που αναλύθηκαν προηγουμένως ονομάζονται **σύγχρονες είσοδοι**, γιατί η επίδρασή τους στις εξόδους των flip-flops συγχρονίζεται με την είσοδο CP του παλμού του ρολογιού.

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

Οι ασύγχρονες είσοδοι **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 ρολόϊ. Οι ασύχρονες είσοδοι 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 είσοδοι είναι απενεργοποιημένες (τα κυκλάκια στις ασύγχρονες εισόδους σημαίνουνουν 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=O 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*

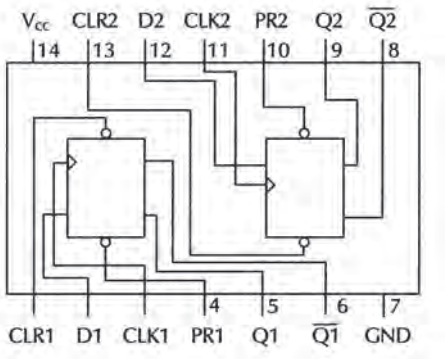
PRESET	CLEAR	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ FLIP-FLOP
0	0	Μη χρησιμοποιούμενη
0	1	Θέση (Q=1)
1	0	Μηδενισμός (Q=0)
1	1	Λειτουργία Χρονισμού

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 O.K. 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.

Πίνακας 6.3.10 *Πίνακας Λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 7474*

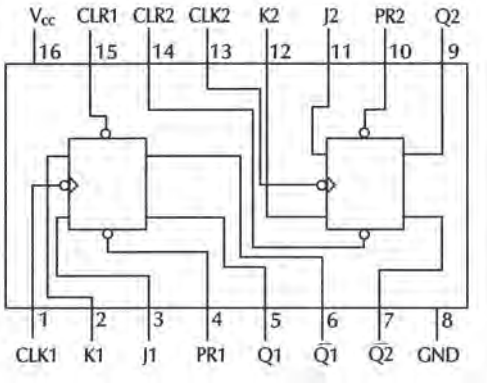
PR	CLR	CLK	D	Q	$\overline{Q}$
0	1	X	X	1	0
1	0	X	X	0	1
0	0	X	X	1*	1*
1	1	↑	1	1	0
1	1	↑	0	0	1
1	1	0	X	Q_0	$\overline{Q_0}$

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").

Q_0 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 O.K. 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	$\overline{Q}$
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	$\overline{Q_0}$
1	1	↓	1	0	1	0
1	1	↓	0	1	0	1
1	1	↓	1	1	Toggle	
1	1	1	X	X	Q_0	$\overline{Q_0}$

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:

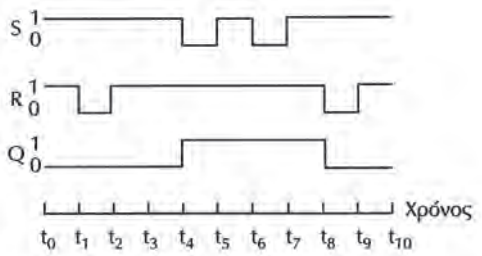
- ☞ R-S flip-flop
- ☞ D flip-flop
- ☞ J-K flip-flop
- ☞ T flip-flop

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*