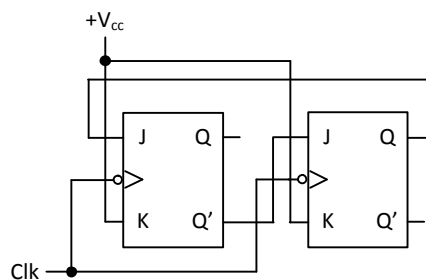


## Ανάλυση Σύγχρονων Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

Με τον όρο “ανάλυση” ενός κυκλώματος εννοούμε τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας. Έτσι, για ένα συνδυαστικό κύκλωμα, με την ανάλυση του κυκλώματος προσδιορίζουμε τις τιμές των εξόδων του για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς τιμών των εισόδων του. Αντίστοιχα, για ένα ακολουθιακό κύκλωμα, η ανάλυση του κυκλώματος ανάγεται στον προσδιορισμό του διαγράμματος καταστάσεων που περιγράφει και προσδιορίζει τη χρονική ακολουθία των εισόδων, εξόδων και καταστάσεων των FF του κυκλώματος.

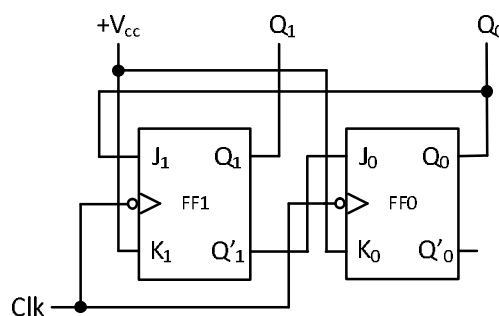
Ειδικότερα στα σύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα, σκοπός της ανάλυσης είναι να προσδιορίσουμε όλη την αλληλουχία των δυνατών καταστάσεων αυτού (έξοδοι των FF), όπως και των πιθανών εξόδων του, σε συνάρτηση με τις τιμές των εξωτερικών εισόδων (εάν υπάρχουν τέτοιες) και τους ωρολογιακούς παλμούς. Η διαδικασία ανάλυσης ακολουθεί τρία βασικά βήματα: προσδιορισμός συναρτήσεων εισόδων των FF και των εξόδων του κυκλώματος (εάν υπάρχουν), συμπλήρωση του πίνακα (μετάβασης) καταστάσεων και σχεδίαση του διαγράμματος καταστάσεων.

**Παράδειγμα 1:** Να αναλυθεί το κύκλωμα του σχήματος και να προσδιοριστεί η λειτουργία του.



Στο κύκλωμα του σχήματος δεν εφαρμόζεται καμία εξωτερική είσοδος και οι έξοδοί του είναι οι έξοδοι (καταστάσεις) των FF.

Απαριθμούμε τα FF (π.χ. FF0, FF1, κλπ.) ή τα χαρακτηρίζουμε με κάποιο γράμμα (π.χ. FFA, FFB, κλπ.) προκειμένου να αποφύγουμε οποιεσδήποτε ασάφειες και τον αριθμό ή τον χαρακτήρα που αντιστοιχεί σε κάθε FF χρησιμοποιούμε και ως δείκτη στις εξόδους του. Έτσι συμπληρώνουμε το κύκλωμα ως ακολούθως:



Από το κύκλωμα προσδιορίζουμε τις συναρτήσεις των εισόδων των FF:

$$J_0 = Q'_1 \quad K_0 = 1$$

$$J_1 = Q_0 \quad K_1 = 1$$

Συμπληρώνουμε τον πίνακα καταστάσεων. Ο πίνακας καταστάσεων περιλαμβάνει τρία τμήματα:

1. την παρούσα κατάσταση, που περιλαμβάνει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς τιμών των καταστάσεων των FF,
2. τις τιμές των εισόδων των FF, οι οποίες προκύπτουν από τις συναρτήσεις των εισόδων των FF που προσδιορίσαμε στο προηγούμενο βήμα, σε συνάρτηση με τις τιμές της παρούσας κατάστασης των FF και για κάθε συνδυασμό τιμών αυτών, και
3. την επόμενη κατάσταση, χρησιμοποιώντας τον αντίστοιχο πίνακα αλήθειας ή χαρακτηριστικό πίνακα για τον τύπο FF που χρησιμοποιείται στο κύκλωμα.

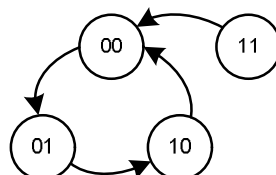
Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο χαρακτηριστικός πίνακας του JK FF είναι:

| J | K | Q <sup>+</sup> |
|---|---|----------------|
| 0 | 0 | Q              |
| 0 | 1 | 0              |
| 1 | 0 | 1              |
| 1 | 1 | Q'             |

ο πίνακας καταστάσεων του κυκλώματος που αναλύουμε είναι ο ακόλουθος:

| Παρούσα Κατάσταση   |                | Είσοδοι των FF   |                    |                                  |                    | Επόμενη Κατάσταση   |                             |
|---|----------------|--|--------------------|----------------------------------|--------------------|---|-----------------------------|
| Q <sub>1</sub>  | Q <sub>0</sub> | J <sub>1</sub> = Q <sub>0</sub>  | K <sub>1</sub> = 1 | J <sub>0</sub> = Q' <sub>1</sub> | K <sub>0</sub> = 1 | Q <sup>+</sup> <sub>1</sub>   | Q <sup>+</sup> <sub>0</sub> |
| 0   | 0              | 0  | 1                  | 1                                | 1                  | 0   | 1                           |
| 0   | 1              | 1  | 1                  | 1                                | 1                  | 1   | 0                           |
| 1   | 0              | 0  | 1                  | 0                                | 1                  | 0   | 0                           |
| 1   | 1              | 1  | 1                  | 0                                | 1                  | 0   | 0                           |
| περιλαμβάνει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς τιμών των καταστάσεων των FF |                | προκύπτουν από τις συναρτήσεις των εισόδων και τις τιμές της παρούσας κατάστασης των FF για κάθε συνδυασμό τιμών αυτών |                    |                                  |                    | προκύπτουν από τις τιμές των εισόδων των FF και τις τιμές της παρούσας κατάστασης των FF για κάθε συνδυασμό τιμών αυτών και για κάθε FF |                             |

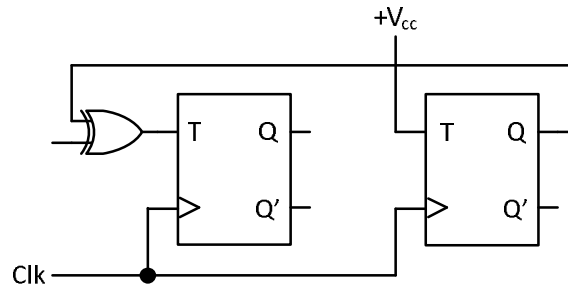
Με βάση την πληροφορία που περιέχεται στον παραπάνω πίνακα καταστάσεων σχεδιάζουμε το διάγραμμα καταστάσεων του κυκλώματος:



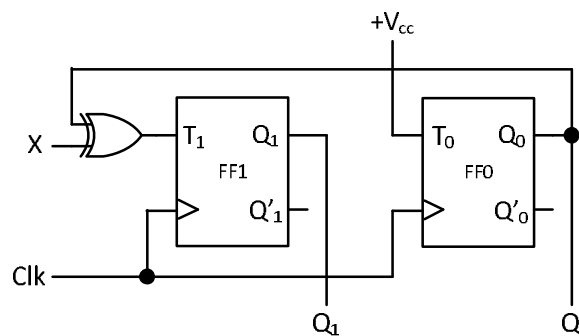
Από το διάγραμμα καταστάσεων του κυκλώματος προκύπτει ότι το κύκλωμα είναι ένας σύγχρονος κυκλικός δυαδικός απαριθμητής MOD(3) αύξουσας μέτρησης. Το κύκλωμα είναι αυτοδιορθούμενο, αφού εάν βρεθεί στη μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση 11 στον επόμενο ωρολογιακό παλμό μεταβαίνει στην επιθυμητή κατάσταση 00.

Στην περίπτωση που το κύκλωμα έχει εξωτερικές εισόδους, κατά τη διαδικασία ανάλυσης θα πρέπει να εξεταστεί η λειτουργία του για όλους τους συνδυασμούς τιμών των εισόδων του. Έτσι, ο πίνακας καταστάσεων θα πρέπει να περιλαμβάνει και τους συνδυασμούς τιμών των εισόδων του κυκλώματος.

**Παράδειγμα 2:** Να αναλυθεί το κύκλωμα του σχήματος και να προσδιοριστεί η λειτουργία του.



Το κύκλωμα διαθέτει 2 T FF και μια εξωτερική είσοδο. Απαριθμούμε τα FF και αντίστοιχα τις εισόδους και τις εξόδους τους, και ορίζουμε τη μεταβλητή της εξωτερικής εισόδου. Έτσι συμπληρώνουμε το κύκλωμα ως ακολούθως:



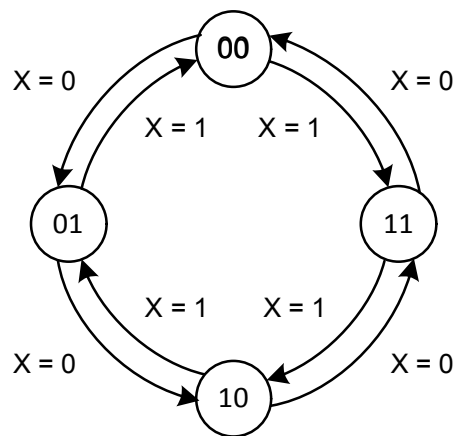
Προσδιορίζουμε τις συναρτήσεις εισόδων των FF:

$$T_1 = X \oplus Q_0 \quad T_0 = 1$$

Με βάση τις συναρτήσεις εισόδων των FF και τον χαρακτηριστικό πίνακα του T FF, συμπληρώνουμε τον πίνακα καταστάσεων του κυκλώματος:

| Είσοδος<br>$X$ | Παρούσα κατάσταση |       | Είσοδοι FF           |           | Επόμενη κατάσταση |         |
|----------------|-------------------|-------|----------------------|-----------|-------------------|---------|
|                | $Q_1$             | $Q_0$ | $T_1 = X \oplus Q_0$ | $T_0 = 1$ | $Q_1^+$           | $Q_0^+$ |
| 0              | 0                 | 0     | 0                    | 1         | 0                 | 1       |
| 0              | 0                 | 1     | 1                    | 1         | 1                 | 0       |
| 0              | 1                 | 0     | 0                    | 1         | 1                 | 1       |
| 0              | 1                 | 1     | 1                    | 1         | 0                 | 0       |
| 1              | 0                 | 0     | 1                    | 1         | 1                 | 1       |
| 1              | 0                 | 1     | 0                    | 1         | 0                 | 0       |
| 1              | 1                 | 0     | 1                    | 1         | 0                 | 1       |
| 1              | 1                 | 1     | 0                    | 1         | 1                 | 0       |

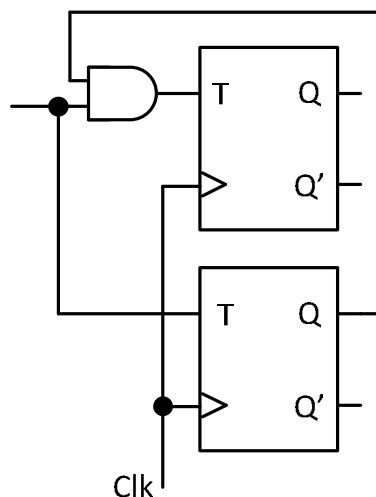
Σχεδιάζουμε το διάγραμμα καταστάσεων του κυκλώματος:



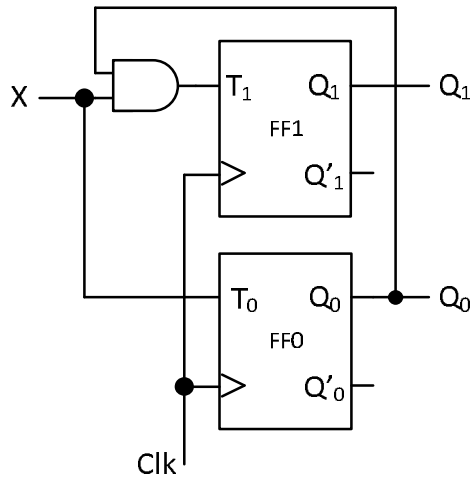
Από το διάγραμμα καταστάσεων του κυκλώματος παρατηρούμε ότι, για  $X = 0$ , το κύκλωμα απαριθμεί την ακολουθία 00 – 01 – 10 – 11 – 00, ενώ για  $X = 1$ , το κύκλωμα απαριθμεί την ακολουθία 00 – 11 – 10 – 01 – 00.

Επομένως το κύκλωμα είναι ένας σύγχρονος κυκλικός δυαδικός μετρητής 2 bit αύξουσας – φθίνουσας μέτρησης με είσοδο επιλογής της φοράς απαρίθμησης  $X$ . Για  $X = 0$  έχουμε αύξουσα απαρίθμηση, ενώ για  $X = 1$  έχουμε φθίνουσα απαρίθμηση.

**Παράδειγμα 3:** Να αναλυθεί το κύκλωμα του σχήματος και να προσδιοριστεί η λειτουργία του.



Το κύκλωμα διαθέτει 2 T FF και μια εξωτερική είσοδο. Απαριθμούμε τα FF και αντίστοιχα τις εισόδους και τις εξόδους τους, και ορίζουμε τη μεταβλητή της εξωτερικής εισόδου. Έτσι συμπληρώνουμε το κύκλωμα ως ακολούθως:



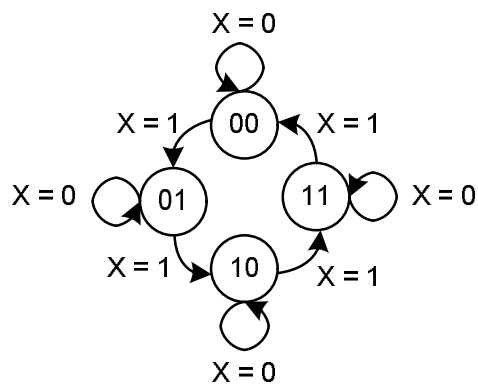
Προσδιορίζουμε τις συναρτήσεις εισόδων των FF:

$$T_1 = XQ_0 \quad T_0 = X$$

Με βάση τις συναρτήσεις εισόδων των FF και τον χαρακτηριστικό πίνακα του T FF, συμπληρώνουμε τον πίνακα καταστάσεων του κυκλώματος:

| Είσοδος<br>$X$ | Παρούσα κατάσταση |       | Είσοδοι FF   |           | Επόμενη κατάσταση |         |
|----------------|-------------------|-------|--------------|-----------|-------------------|---------|
|                | $Q_1$             | $Q_0$ | $T_1 = XQ_0$ | $T_0 = X$ | $Q_1^+$           | $Q_0^+$ |
| 0              | 0                 | 0     | 0            | 0         | 0                 | 0       |
| 0              | 0                 | 1     | 0            | 0         | 0                 | 1       |
| 0              | 1                 | 0     | 0            | 0         | 1                 | 0       |
| 0              | 1                 | 1     | 0            | 0         | 1                 | 1       |
| 1              | 0                 | 0     | 0            | 1         | 0                 | 1       |
| 1              | 0                 | 1     | 1            | 1         | 1                 | 0       |
| 1              | 1                 | 0     | 0            | 1         | 1                 | 1       |
| 1              | 1                 | 1     | 1            | 1         | 0                 | 0       |

Σχεδιάζουμε το διάγραμμα καταστάσεων του κυκλώματος:



Από το διάγραμμα καταστάσεων του κυκλώματος παρατηρούμε ότι, για  $X = 1$ , το κύκλωμα απεικονίζει την ακολουθία  $00 - 01 - 10 - 11 - 00$ , ενώ για  $X = 0$ , το κύκλωμα παραμένει στην ίδια κατάσταση.