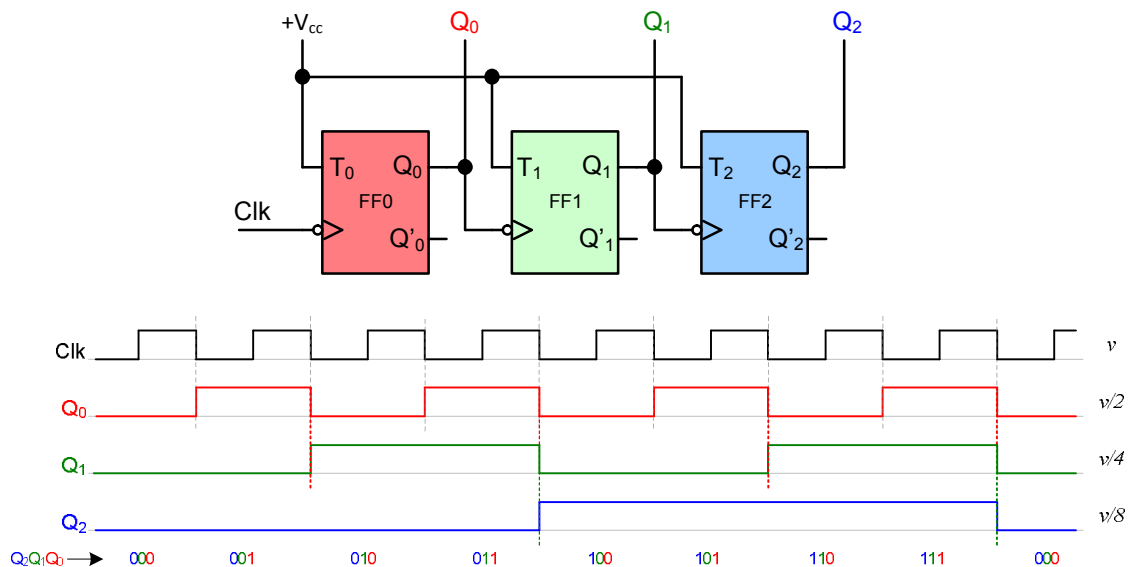


Ασύγχρονοι απαριθμητές (μετρητές)

Οι ασύγχρονοι απαριθμητές (μετρητές) κατασκευάζονται από FF, τα οποία έχουν χρονισμό με ακμοπυροδότηση, όμως το κάθε FF έχει διαφορετικό χρονισμό. Πιο συγκεκριμένα, το κάθε FF δέχεται ως σήμα στην είσοδο του ρολογιού του την έξοδο Q από το προηγούμενο του FF, εκτός από το πρώτο FF που δέχεται σήμα από εξωτερικό ρολόι (Clk).

Με τον όρο απαριθμητές ή μετρητές εννοούμε ένα ακολουθιακό κύκλωμα με FF, οι καταστάσεις εξόδων των οποίων αλλάζουν σε κάθε ενεργό μέτωπο του παλμού του ρολογιού. Συνήθως αυτές οι αλλαγές καταστάσεων των εξόδων των FF σχηματίζουν μια σειρά δυαδικών αριθμών, αύξουσα ή φθίνουσα και μάλιστα κυκλικά. Όταν οι δυαδικοί αριθμοί που σχηματίζονται με αυτό τον τρόπο αποτελούν μια συνεχή σειρά δυαδικών αριθμών, τότε ο απαριθμητής ονομάζεται δυαδικός απαριθμητής.

Το παρακάτω κύκλωμα και το αντίστοιχο διάγραμμα χρονισμού δείχνουν έναν ασύγχρονο κυκλικό δυαδικό μετρητή 3 bit αύξουσας μέτρησης με αρνητική ακμοπυροδότηση κατασκευασμένο με T FF.



Παρατηρούμε ότι οι εισοδοί T_i όλων των FF είναι συνδεδεμένες στο +V_{cc} (λογικό "1").

Επομένως, σε κάθε ενεργό μέτωπο (κατερχόμενο στο συγκεκριμένο κύκλωμα) του ωρολογιακού παλμού που δέχονται στην είσοδο του ρολογιού τους θα αλλάζει η κατάσταση εξόδου τους. Ειδικότερα:

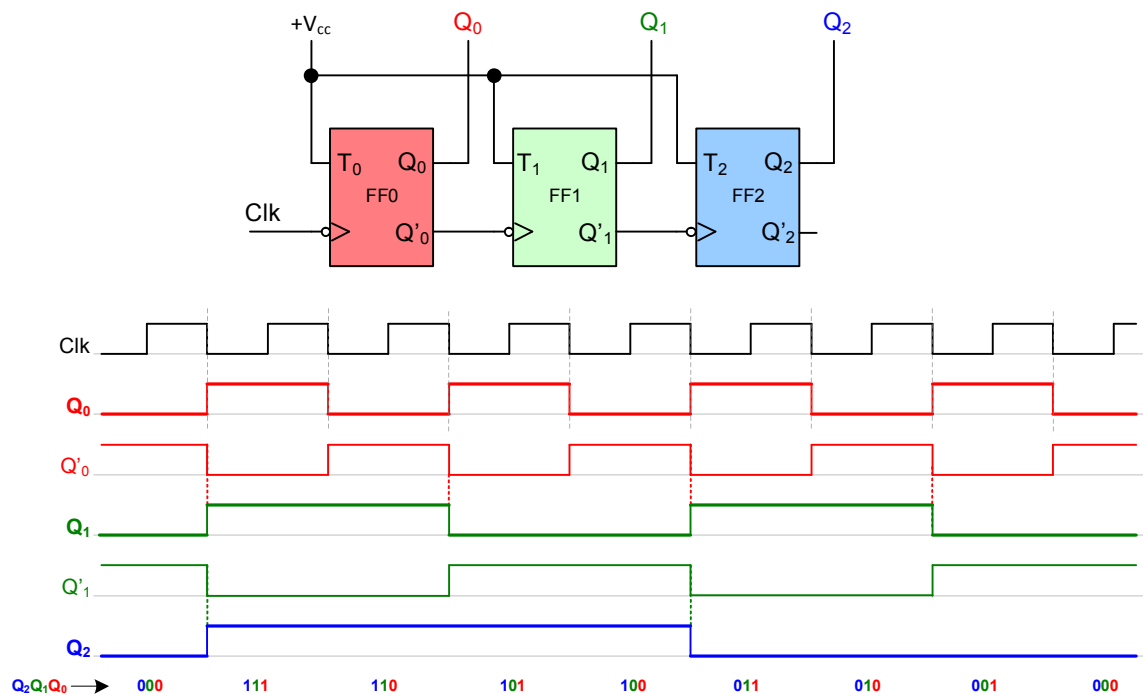
- Το FF0 δέχεται σήμα από εξωτερικό ρολόι και σε κάθε κατερχόμενο μέτωπο του ωρολογιακού παλμού Clk θα αλλάζει η κατάσταση στην έξοδό του.
- Το επόμενο FF1 δέχεται ως σήμα στην είσοδο του ρολογιού του την έξοδο του προηγούμενου FF0, δηλαδή το Q₀. Επομένως, η κατάσταση στην έξοδο Q₁ θα αλλάζει σε κάθε κατερχόμενο μέτωπο του σήματος Q₀.
- Ομοίως, το FF2 δέχεται ως σήμα στην είσοδο του ρολογιού του την έξοδο του προηγούμενου FF1, δηλαδή το Q₁. Επομένως, η κατάσταση στην έξοδο Q₂ θα αλλάζει σε κάθε κατερχόμενο μέτωπο του σήματος Q₁.

Η ακολουθία μέτρησης που σχηματίζεται, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα χρονισμού του κυκλώματος, είναι: 000 – 001 – 010 – 011 – 100 – 101 – 110 – 111 – 000 – ...

Από το διάγραμμα χρονισμού του παραπάνω κυκλώματος παρατηρούμε ότι, εάν η συχνότητα του ωρολογιακού παλμού είναι ν , το σήμα εξόδου Q_0 του FF0 έχει συχνότητα $\nu/2$, το σήμα εξόδου Q_1 του FF1 έχει συχνότητα $\nu/4$ και το σήμα εξόδου Q_2 του FF2 έχει συχνότητα $\nu/8$. Επομένως, ένα τέτοιο κύκλωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαιρέτης συχνότητας και, συγκεκριμένα, για τον υποδιπλασιασμό της συχνότητας ενός σήματος.

Αν θέλουμε να κατασκευάσουμε έναν ασύγχρονο κυκλικό δυαδικό μετρητή φθίνουσας μέτρησης υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι. Για παράδειγμα, αν στο παραπάνω κύκλωμα “διαβάζουμε” τα Q'_i , αντί τα Q_i , είναι προφανές ότι θα έχουμε την αντίστροφη σειρά απαρίθμησης.

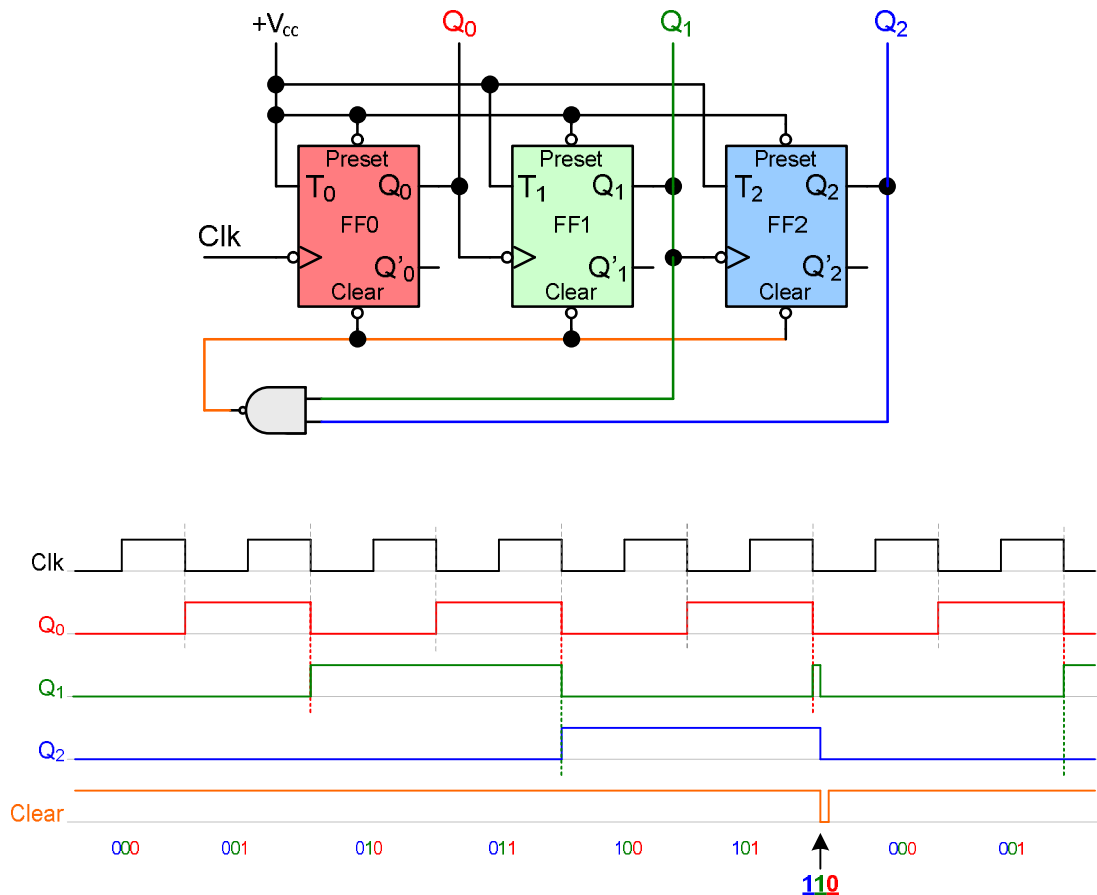
Το αρχικό κύκλωμα μπορεί επίσης να τροποποιηθεί ώστε να απαριθμεί με φθίνουσα σειρά. Αυτό επιτυγχάνεται αν συνδέσουμε στις εισόδους των ρολογιών των FF1 και FF2 τα σήματα Q'_0 και Q'_1 αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο παρακάτω κύκλωμα. Από το διάγραμμα χρονισμού αυτού του κυκλώματος βλέπουμε ότι η ακολουθία μέτρησης που προκύπτει είναι: 000 – 111 – 110 – 101 – 100 – 011 – 010 – 001 – 000 – ...



Εναλλακτικά, μπορούμε να τροποποιήσουμε το αρχικό κύκλωμα σε μετρητή φθίνουσας μέτρησης αν αντικαταστήσουμε τα FF αρνητικής ακμοπυροδότησης με FF θετικής ακμοπυροδότησης.

Οι απαριθμητές που εξετάσαμε μέχρι τώρα κάνουν πλήρη κύκλο μέτρησης, δηλαδή, αν έχουμε n FF, απαριθμούν 2^n καταστάσεις. Πολλές φορές όμως είναι επιθυμητό να απαριθμούμε λιγότερες καταστάσεις από τον πλήρη κύκλο μέτρησης. Για παράδειγμα, ένας κυκλικός ασύγχρονος δεκαδικός μετρητής, απαριθμεί δέκα καταστάσεις, από 0 μέχρι και 9

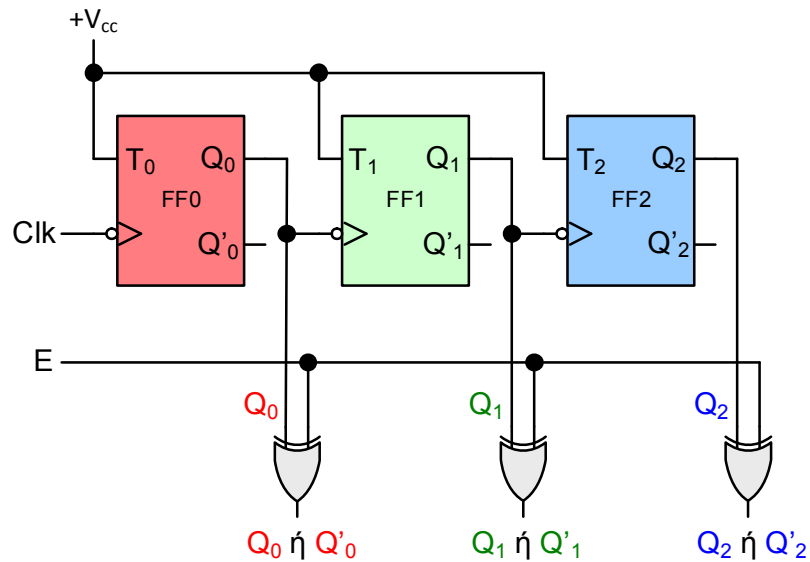
και μετά πρέπει να μηδενίσει και να αρχίσει πάλι από την αρχή. Σε τέτοιες περιπτώσεις, λέμε ότι ο μετρητής είναι MOD(N), όπου N είναι το πλήθος των καταστάσεων που απαριθμούνται πλήρως. Για να υλοποιήσουμε μια τέτοια λειτουργία είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε FF με ασύγχρονο είσοδο μηδενισμού (Clear) και μια πύλη AND ή NAND για active high ή active low ενεργοποίηση της ασύγχρονης εισόδου αντίστοιχα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα και το διάγραμμα χρονισμού ενός ασύγχρονου κυκλικού μετρητή MOD(6), με active low ασύγχρονη είσοδο μηδενισμού.



Όπως βλέπουμε στο διάγραμμα χρονισμού, απαριθμούνται πλήρως 6 καταστάσεις, από 000 μέχρι και 101 και στην αμέσως επόμενη κατάσταση ($Q_2Q_1Q_0 = 110$) έχουμε μηδενισμό και επανεκκίνηση της μέτρησης. Για να ενεργοποιήσουμε τις ασύγχρονες εισόδους μηδενισμού, χρησιμοποιούμε μια πύλη NAND αφού οι ασύγχρονες εισόδους είναι active low. Η πύλη NAND οδηγείται από τα σήματα των εξόδων των FF που τη συγκεκριμένη στιγμή έχουν τιμή λογικό "1", δηλαδή τα Q_2 και Q_1 , οπότε η έξοδός της μεταβαίνει από το λογικό "1", που είχε μέχρι εκείνη τη στιγμή, στο λογικό "0", ενεργοποιώντας έτσι τις ασύγχρονες εισόδους Clear όλων των FF ταυτόχρονα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το μηδενισμό όλων των εξόδων των FF και την επανεκκίνηση της μέτρησης από την αρχή (000), ενώ παράλληλα η έξοδος της πύλης NAND επανέρχεται στο λογικό "1" επειδή μηδενίζονται οι εισοδοί της.

Να σημειωθεί ότι η ασύγχρονη είσοδος Preset που δεν συμμετέχει στη λειτουργία του απαριθμητή είναι συνδεδεμένη στο +V_{cc} (λογικό "1"), οπότε είναι ανενεργή.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα εφαρμογή είναι να προσθέσουμε σε έναν ασύγχρονο κυκλικό δυαδικό μετρητή που εκτελεί πλήρη κύκλο μέτρησης τη δυνατότητα επιλογής αύξουσας ή φθίνουσας μέτρησης. Αυτό μπορεί να γίνει, για παράδειγμα, με τη χρήση λογικών πυλών XOR, οι οποίες έχουν μια κοινή είσοδο επιλογής E, ενώ τις άλλες εισόδους των XOR οδηγούν οι αντίστοιχες εξόδους των FF. Λόγω των ιδιοτήτων της πύλης XOR, όταν η είσοδος επιλογής είναι $E = 0$, τότε οι εξόδους των πυλών XOR είναι τα αντίστοιχα Q_i , ενώ όταν $E = 1$, οι εξόδους των XOR είναι οι συμπληρωματικές τιμές των αντίστοιχων Q_i , δηλαδή τα Q'_i .



Ένα παρόμοιο κύκλωμα προκύπτει αν αντί για πύλες XOR, χρησιμοποιήσουμε πολυπλέκτες 2 – σε – 1 με κοινή είσοδο επιλογής E. Στις εισόδους κάθε πολυπλέκτη συνδέονται οι συμπληρωματικές εισόδους Q_i και Q'_i του αντίστοιχου FF. Έτσι, όταν η είσοδος επιλογής είναι $E = 0$, “διαβάζουμε” τις εξόδους Q_i και όταν $E = 1$, “διαβάζουμε” τις συμπληρωματικές εξόδους Q'_i των FF. Το κύκλωμα ενός τέτοιου ασύγχρονου κυκλικού δυαδικού μετρητή 3 bit φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

