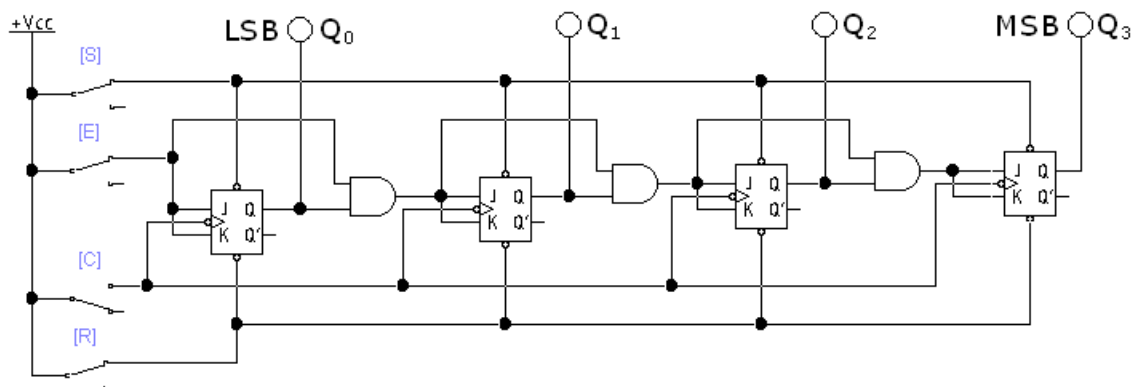


ΑΣΚΗΣΗ 7

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ: ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ

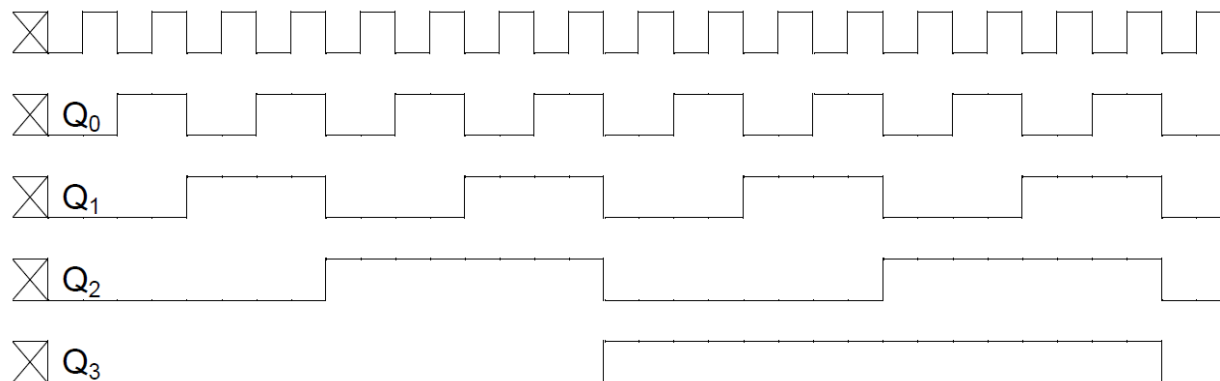
Θεωρητικό Μέρος

Οι σύγχρονοι μετρητές υλοποιούνται με Flip-Flop τύπου T όπως και οι ασύγχρονοι με τη διαφορά ότι το σήμα του ρολογιού εφαρμόζεται ταυτόχρονα στις εισόδους clock όλων των Flip-Flops. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όλες οι έξοδοι ενός σύγχρονου μετρητή να παρουσιάζουν την ίδια χρονική καθυστέρηση σε σχέση με τους παλμούς του ρολογιού. Αυτή η καθυστέρηση είναι ίση με το χρόνο διάδοσης του σήματος μέσα από ένα Flip-Flop. Για τη λειτουργία των σύγχρονων μετρητών πρέπει η είσοδος T του πρώτου Flip-Flop να βρίσκεται σε λογικό ένα. Η έξοδος του πρώτου Flip-Flop παράγει το λιγότερο σημαντικό bit της εξόδου του μετρητή. Στο παρακάτω Σχήμα 7.1 φαίνεται **το κύκλωμα ενός σύγχρονου δυαδικού μετρητή τεσσάρων bit ορθής φοράς**. Όταν ο διακόπτης E είναι στο λογικό μηδέν ο μετρητής παραμένει στην κατά-σταση hold αφού στην είσοδο T όλων των Flip-Flop φτάνει, μέσω των πυλών AND, το λογικό μηδέν. Για να μπορέσει ο μετρητής να λειτουργήσει πρέπει ο διακόπτης E να είναι στο λογικό ένα και οι παλμοί του ρολογιού που εφαρμόζουμε στην είσοδο clock όλων των Flip-Flop να είναι αρνητικής παρυφής. Από το κύκλωμα βλέπουμε ότι ο μετρητής διαθέτει και δύο ασύγχρονες εισόδους τη set και τη reset. Όταν η είσοδος set είναι στο μηδέν και η reset στο ένα τότε όλες οι έξοδοι του μετρητή παίρνουν την τιμή ένα. Αντίθετα αν η είσοδος set είναι στο ένα και η reset στο μηδέν τότε όλες οι έξοδοι είναι μηδέν. Τέλος στο συγκεκριμένο κύκλωμα έχουμε, μέσω των πυλών AND, σειριακή ενεργοποίηση της εισόδου T σε κάθε Flip-Flop με αποτέλεσμα η καθυστέρηση να είναι μεγαλύτερη από το να έχουμε παράλληλη ενεργοποίηση.



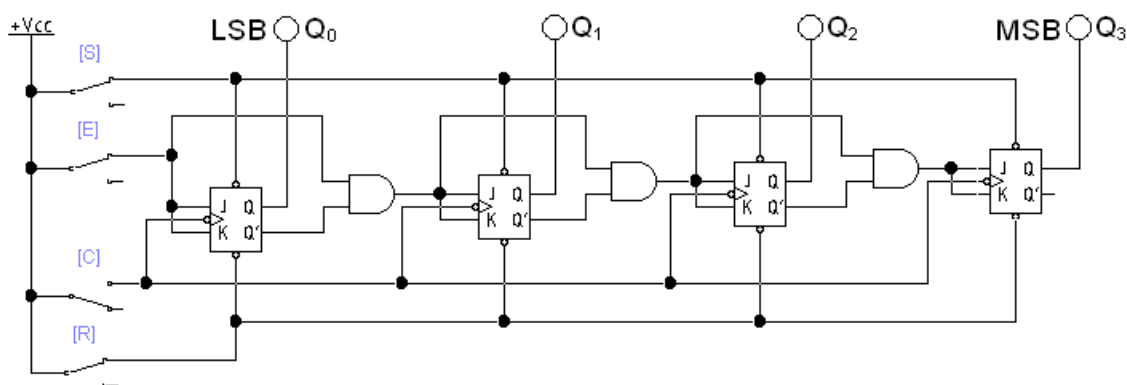
Σχήμα 7.1 Σύγχρονος δυαδικός μετρητής 4-bit ορθής φοράς.

Στο παρακάτω Σχήμα 7.2 φαίνεται το διάγραμμα χρονισμού του σύγχρονου δυαδικού μετρητή ορθής φοράς. Από το διάγραμμα βλέπουμε ότι η έξοδος Q_0 αλλάζει κατάσταση σε κάθε κατερχόμενη παρυφή του ρολογιού, το Q_1 αλλάζει κατάσταση όταν το Q_0 είναι ένα και έχουμε κατερχόμενη παρυφή του ρολογιού, το Q_2 αλλάζει κατάσταση όταν το Q_0 και το Q_1 είναι ένα και έχουμε κατερχόμενη παρυφή του ρολογιού και τέλος το Q_3 αλλάζει κατάσταση όταν το Q_0 , το Q_1 και το Q_2 είναι ένα και έχουμε κατερχόμενη παρυφή του ρολογιού.



Σχήμα 7.2 Διάγραμμα χρονισμού σύγχρονου μετρητή 4-bit ορθής φοράς.

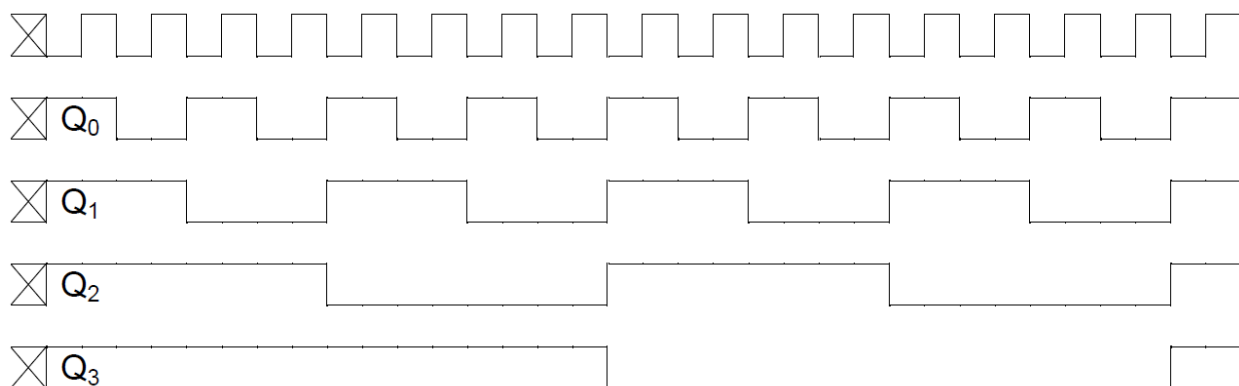
Στο παρακάτω Σχήμα 7.3 φαίνεται το κύκλωμα ενός σύγχρονου δυαδικού μετρητή τεσσάρων bit ανάστροφης φοράς. Όταν ο διακόπτης E είναι στο λογικό μηδέν ο μετρητής παραμένει στην κατάσταση hold αφού στην είσοδο T όλων των Flip-Flop φτάνει, μέσω των πυλών AND, το λογικό μηδέν. Για να μπορέσει ο μετρητής να λειτουργήσει πρέπει ο διακόπτης E να είναι στο λογικό ένα και οι παλμοί του ρολογιού που εφαρμόζουμε στην είσοδο clock όλων των Flip-Flop να είναι αρνητικής παρυφής. Από το κύκλωμα βλέπουμε ότι ο μετρητής διαθέτει και δύο ασύγχρονες εισόδους, τη set και τη reset. Όταν η είσοδος set είναι στο μηδέν και η reset στο ένα τότε όλες οι έξοδοι του μετρητή παίρνουν την τιμή ένα. Αντίθετα αν η είσοδος set είναι στο ένα και η reset στο μηδέν τότε όλες οι έξοδοι είναι μηδέν.



Σχήμα 7.3 Σύγχρονος δυαδικός μετρητής 4-bit ανάστροφης φοράς.

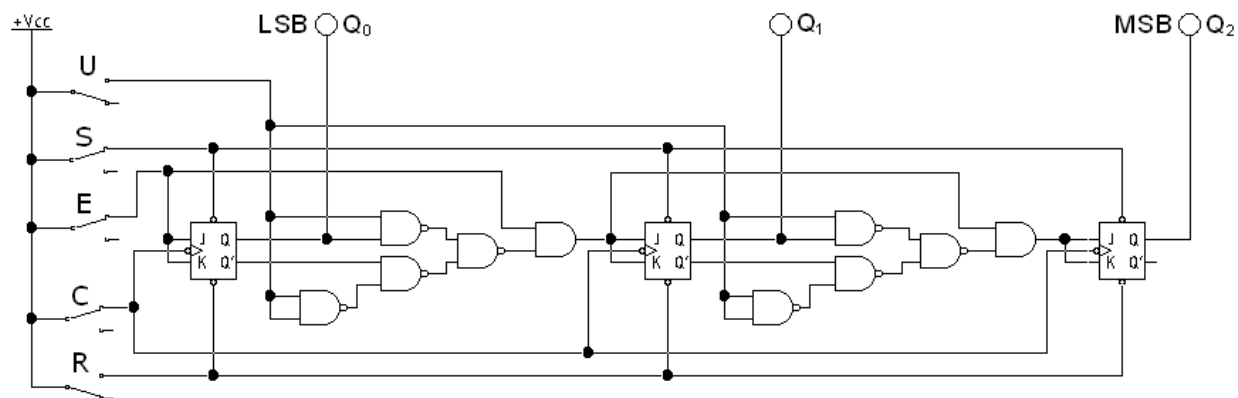
Στο παρακάτω Σχήμα 7.4 φαίνεται το διάγραμμα χρονισμού του σύγχρονου δυαδικού μετρητή ανάστροφης φοράς. Από το διάγραμμα βλέπουμε ότι η έξοδος Q_0 αλλάζει κατάσταση σε κάθε κατερχόμενη παρυφή του ρολογιού, το Q_1 αλλάζει κατάσταση όταν το Q_0 είναι μηδέν και έχουμε κατερχόμενη παρυφή του ρολογιού, το Q_2 αλλάζει κατάσταση όταν το Q_0 και το Q_1 είναι μηδέν και έχουμε κατερχόμενη παρυφή του ρολογιού και τέλος το Q_3 αλλάζει κατάσταση όταν το Q_0 , το Q_1 και το Q_2 είναι μηδέν και έχουμε κατερχόμενη παρυφή του ρολογιού. Επειδή κάθε Flip-Flop αλλάζει κατάσταση

όταν η είσοδός του είναι ένα και όχι μηδέν για το λόγο αυτό έχουμε συνδέσει στις εισόδους των πυλών AND τα Q' και όχι τα Q .



Σχήμα 7.4 Διάγραμμα χρονισμού σύγχρονου μετρητή 4-bit ανάστροφης φοράς.

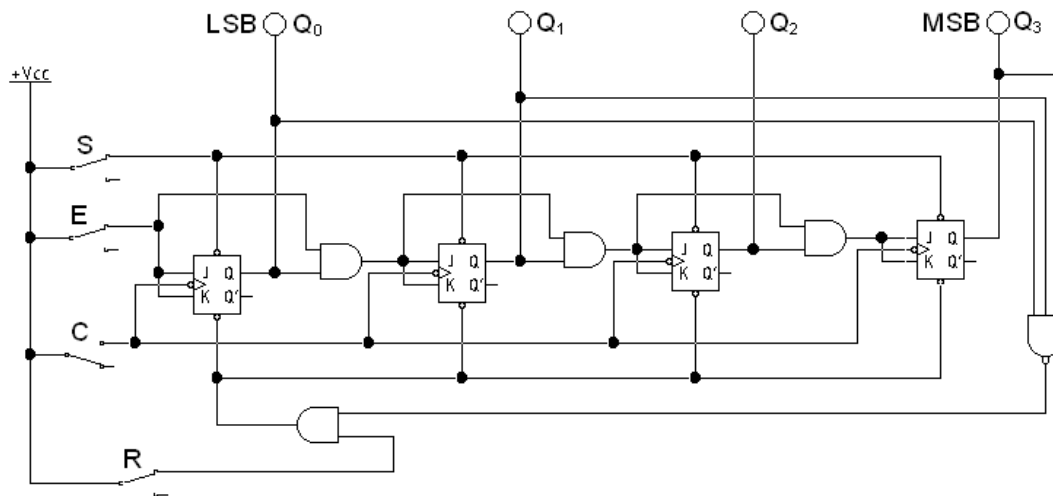
Στο παρακάτω Σχήμα 7.5 φαίνεται το κύκλωμα ενός σύγχρονου δυαδικού μετρητή τριών bit ορθής-ανάστροφης φοράς (up-down counter). Όπως βλέπουμε το κύκλωμα διαθέτει τις ασύγχρονες εισόδους set και reset, την είσοδο ενεργοποίησης enable, την είσοδο ρολογιού clock και την είσοδο **U με την οποία επιλέγουμε τη φορά μέτρησης**. Όταν η είσοδος U είναι στο λογικό ένα τότε στη μια είσοδο των πυλών AND οδηγείται η έξοδος Q του αντίστοιχου Flip-Flop οπότε το κύκλωμα είναι ορθής φοράς και μετράει προς τα επάνω. Όταν η είσοδος U είναι στο λογικό μηδέν τότε στη μια είσοδο των πυλών AND οδηγείται η έξοδος Q' του αντίστοιχου Flip-Flop οπότε το κύκλωμα είναι ανάστροφης φοράς και μετράει προς τα κάτω.



Σχήμα 7.5. Σύγχρονος μετρητής 3-bit ορθής-ανάστροφης φοράς.

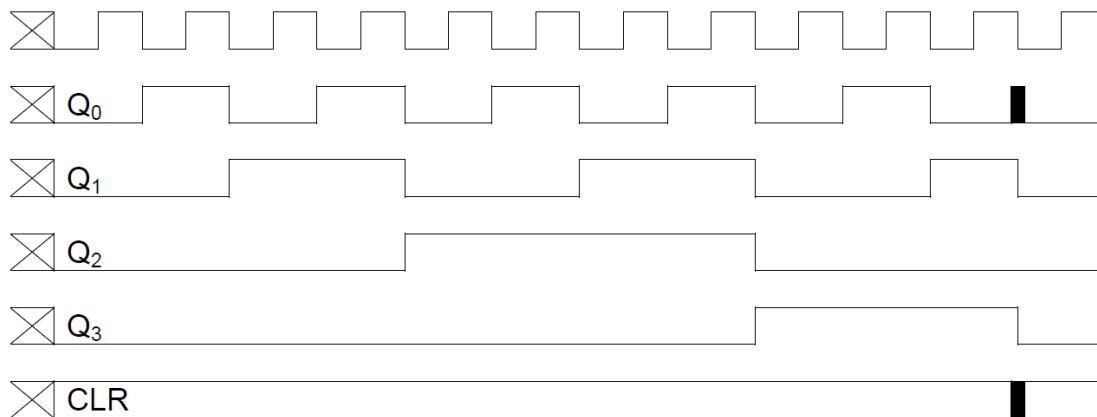
Είναι προφανές ότι οι τέσσερις πύλες NAND που υπάρχουν μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου Flip-Flop, καθώς και μεταξύ του δεύτερου και του τρίτου, αποτελούν ένα πολυπλέκτη δύο σε ένα με εισόδους τα Q και Q' και γραμμή επιλογής το σήμα U. Όταν ο διακόπτης E είναι στο λογικό μηδέν η έξοδος του κυκλώματος δεν μεταβάλλεται, δηλαδή ο μετρητής παραμένει στην κατάσταση hold, αφού στην είσοδο T όλων των Flip-Flop φτάνει μέσω των πυλών AND το λογικό μηδέν. Για να μπορέσει ο μετρητής να λειτουργήσει πρέπει ο διακόπτης E να είναι στο λογικό ένα και οι παλμοί του ρολογιού που εφαρμόζουμε στην είσοδο clock όλων των Flip-Flop να είναι αρνητικής παρυφής.

Στο παρακάτω Σχήμα 7.6 φαίνεται το κύκλωμα ενός σύγχρονου μετρητή MOD-11 ορθής φοράς. Όταν οι διακόπτες S, R, E είναι στο λογικό ένα και εφαρμόζουμε παλμούς κατερχόμενης παρυφής η έξοδος του κυκλώματος μεταβάλλεται από την κατάσταση $Q_0Q_1Q_2Q_3=0000$ μέχρι την $Q_0Q_1Q_2Q_3=0101$ και στη συνέχεια επαναλαμβάνεται αυτός ο κύκλος μέτρησης. Το κύκλωμα επομένως μετράει έντεκα διαφορετικές δυαδικές καταστάσεις. Αυτό οφείλεται στο ότι με την κατερχόμενη παρυφή του δωδέκατου παλμού ρολογιού οδηγείται στιγμιαία η έξοδος του μετρητή στην κατάσταση $Q_0Q_1Q_2Q_3=1101$ και κατά συνέπεια η έξοδος της πύλης NAND στο μηδέν, με αποτέλεσμα τη μετάβαση του μετρητή στην κατάσταση reset δηλαδή στο μηδενισμό του. Επίσης βάζοντας το διακόπτη R στο μηδέν μπορούμε να μηδενίζουμε ασύγχρονα το μετρητή σε οποιαδήποτε κατάσταση κι αν βρίσκεται. Τέλος όταν ο διακόπτης E είναι στο μηδέν ο μετρητής οδηγείται στην κατάσταση hold δηλαδή η έξοδός του παραμένει αμετάβλητη.



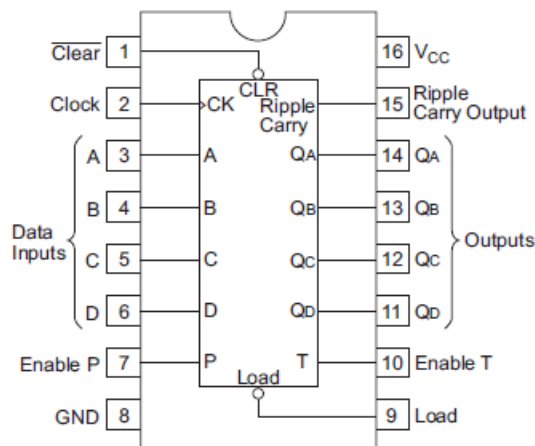
Σχήμα 7.6 Σύγχρονος μετρητής MOD-11 ορθής φοράς.

Στο παρακάτω Σχήμα 7.7 φαίνεται το διάγραμμα χρονισμού του σύγχρονου μετρητή MOD-11 ορθής φοράς. Από το διάγραμμα βλέπουμε ότι στο δωδέκατο παλμό του ρολογιού δημιουργούνται δύο καταστάσεις glitch. Η μία κατάσταση παρουσιάζεται στην έξοδο Q_0 που στιγμιαία γίνεται ένα και μετά πέφτει στο μηδέν, και η άλλη παρουσιάζεται στην έξοδο της πύλης NAND, σήμα CLR, που είναι συνέχεια ένα και στιγμιαία πέφτει στο μηδέν.



Σχήμα 7.7 Διάγραμμα χρονισμού σύγχρονου μετρητή MOD-11 ορθής φοράς.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74163 είναι ένας σύγχρονος δυαδικός μετρητής 4-bit ορθής φοράς με δυνατότητα μηδενισμού σε συγχρονισμό με το clock, μέσω του ακροδέκτη clear, και επίσης δυνατότητα προτοποθέτησης δεδομένων μέσω του load. Όλες οι λειτουργίες του μετρητή εκτελούνται σε συγχρονισμό με τις ανερχόμενες παρυφές του ρολογιού. Ο μετρητής διαθέτει επίσης τις εισόδους ενεργοποίησης P και T καθώς και την έξοδο κρατουμένου RCO οι οποίες χρησιμεύουν για την σύνδεσή του σε συνδεσμολογία cascade με άλλους μετρητές.

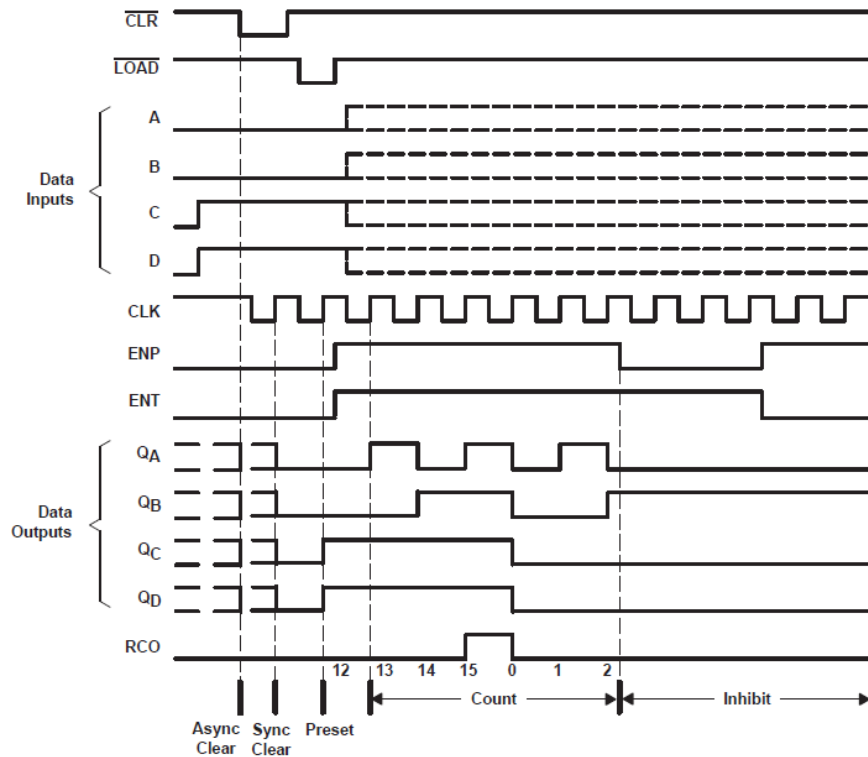


Σχήμα 7.8 Διάγραμμα ακροδεκτών του Ολοκληρωμένου Κυκλώματος 74163.

Στο παρακάτω Σχήμα 7.9 φαίνεται ο πίνακας λειτουργίας του σύγχρονου δυαδικού μετρητή 74163. Όπως βλέπουμε από τον πίνακα για να μπορεί το κύκλωμα να μετρήσει πρέπει οι δύο εισοδοί ενεργοποίησης P και T να είναι στο λογικό ένα. Επίσης η είσοδος T ενεργοποιεί την έξοδο κρατουμένου RCO η οποία δημιουργεί ένα ανερχόμενο παλμό, όταν η έξοδος του μετρητή φτάσει στην κατάσταση QAQBQCQD=1111. Όταν μία από τις δύο εισόδους ενεργοποίησης είναι στο μηδέν ο μετρητής δεν μετράει. Ακόμα από τον πίνακα φαίνεται ότι όταν η είσοδος load γίνεται μηδέν τα δεδομένα που υπάρχουν στις εισόδους A,B,C,D οδηγούνται με την ανερχόμενη παρυφή του ρολογιού στις εξόδους του μετρητή.

Inputs					Outputs
Clock	$\overline{\text{Clear}}$	$\overline{\text{Load}}$	Enable P	Enable T	Q_n
	L	X	X	X	Reset-clear
	H	L	X	X	Load input data
	H	H	H	H	Count
	H	H	L	X	No count
	H	H	X	L	No count

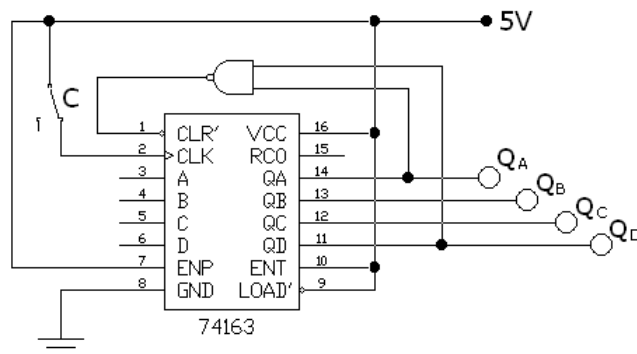
Στο παρακάτω Σχήμα 7.10 φαίνονται με τη βοήθεια του διαγράμματος χρονισμού όλες οι δυνατές λειτουργίες του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74163. Στο διάγραμμα βλέπουμε ότι για να μηδενισθεί η έξοδος του μετρητή πρέπει τη στιγμή που εφαρμόζουμε την ανερχόμενη παρυφή των παλμών του ρολογιού στο κύκλωμα το σήμα CLR να έχει την τιμή μηδέν. Αυτό γίνεται διότι στο συγκεκριμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα η λειτουργία του reset ή clear είναι σύγχρονη δηλαδή εκτελείται σε συγχρονισμό με το clock του κυκλώματος.



Σχήμα 7.10 Διάγραμμα χρονισμού Ολοκληρωμένου Κυκλώματος 74163.

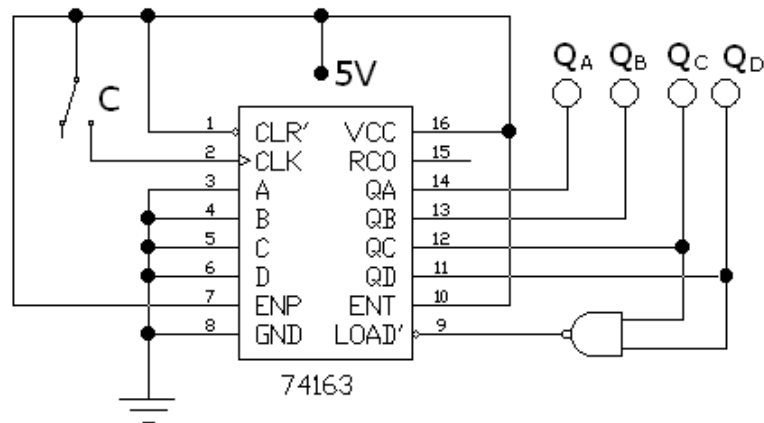
Πειραματικό Μέρος

- 1) Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του Σχήματος 7.5 και με τη βοήθεια των διακοπών επαληθεύστε τη λειτουργία του συμπληρώνοντας τον αντίστοιχο πίνακα καταστάσεων.
- 2) Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του Σχήματος 7.6 και με τη βοήθεια των διακοπών επαληθεύστε τη λειτουργία του συμπληρώνοντας τον αντίστοιχο πίνακα καταστάσεων.
- 3) Πραγματοποιήστε το παρακάτω κύκλωμα του Σχήματος 7.11 και επαληθεύστε τη λειτουργία του συμπληρώνοντας τον αντίστοιχο πίνακα καταστάσεων. Σχεδιάσετε το αντίστοιχο διάγραμμα χρονισμού του κυκλώματος.



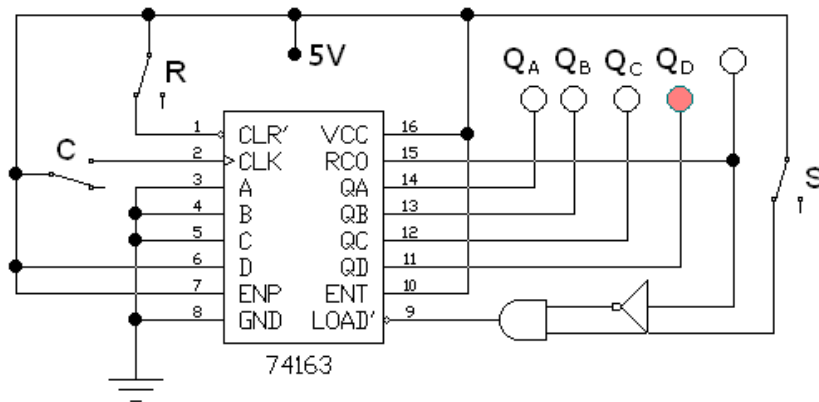
Σχήμα 7.11 Σύγχρονος δεκαδικός μετρητής ορθής φοράς.

- 4) Πραγματοποιήστε το παρακάτω κύκλωμα του Σχήματος 7.12 και επαληθεύστε τη λειτουργία του συμπληρώνοντας τον αντίστοιχο πίνακα καταστάσεων. Σχεδιάστε το αντίστοιχο διάγραμμα χρονισμού του κυκλώματος.



Σχήμα 7.12 Σύγχρονος μετρητής MOD-13 ορθής φοράς.

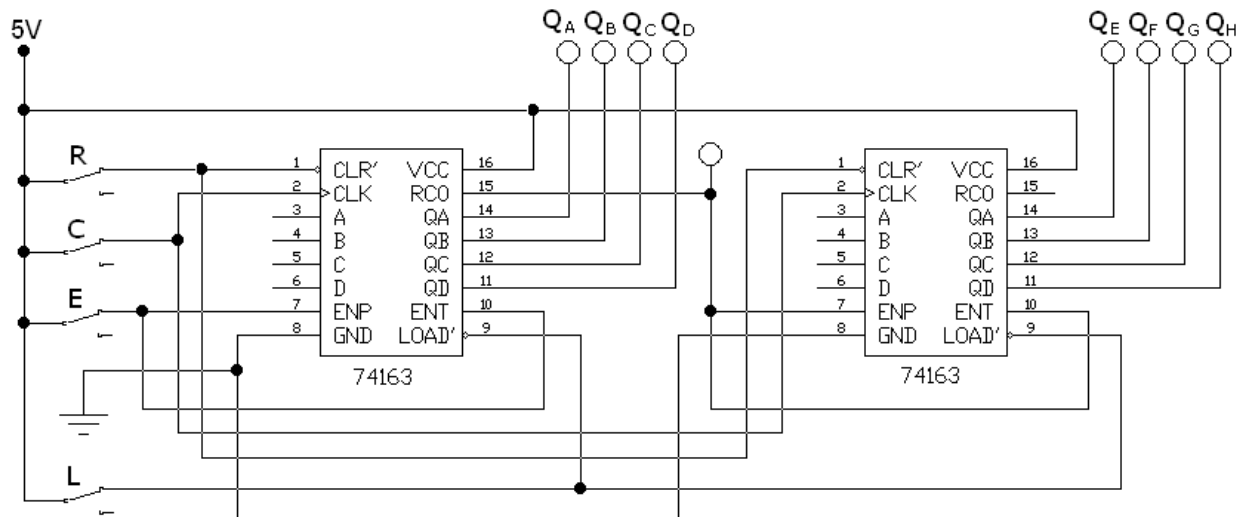
- 5) Πραγματοποιήστε το παρακάτω κύκλωμα του Σχήματος 7.13 και με τη βοήθεια των διακοπών επαληθεύστε τη λειτουργία του συμπληρώνοντας τον αντίστοιχο πίνακα καταστάσεων.



Σχήμα 7.13 Σύγχρονος μετρητής MOD-8 ορθής φοράς.

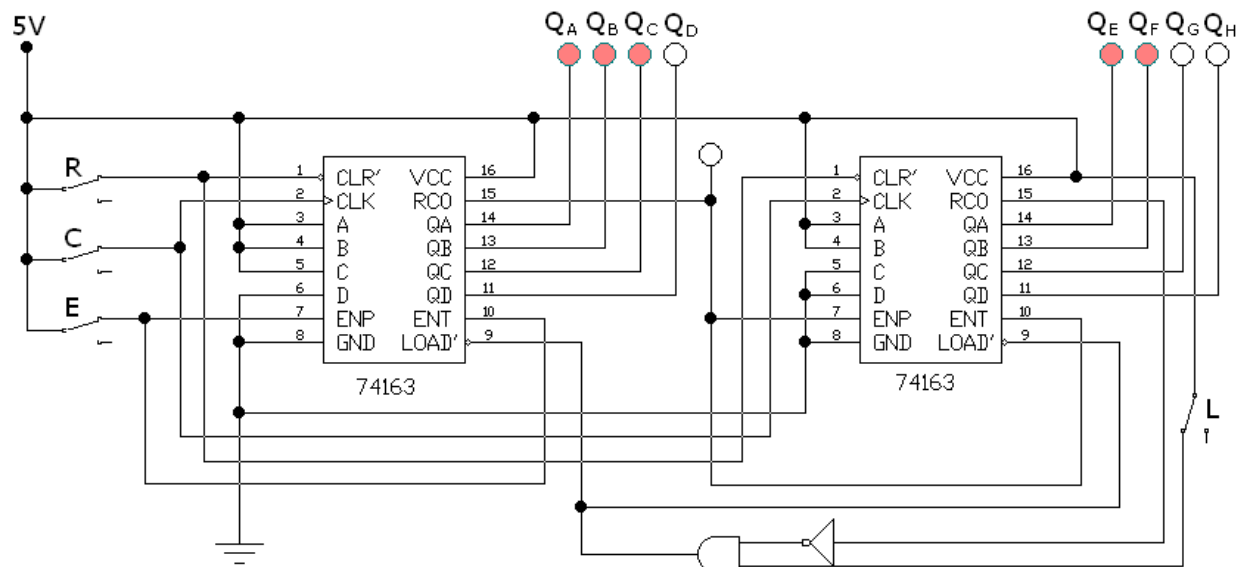
Γραπτή άσκηση

- 1) Πραγματοποιήστε το παρακάτω κύκλωμα του Σχήματος 7.14 και με τη βοήθεια των διακοπών επαληθεύστε τη λειτουργία του συμπληρώνοντας τον αντίστοιχο πίνακα καταστάσεων.



Σχήμα 7.14 Σύγχρονος μετρητής MOD-256 ορθής φοράς

- 2) Πραγματοποιήστε το παρακάτω κύκλωμα του Σχήματος 7.15 και με τη βοήθεια των διακοπών επαληθεύστε τη λειτουργία του συμπληρώνοντας τον αντίστοιχο πίνακα καταστάσεων.



Σχήμα 7.15 Σύγχρονος μετρητής ορθής φοράς.