

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2021 – 2022



ΚΑΡΑΟΓΛΑΝΙΑΝ ΓΡΗΓΟΡΗΣ
Π16044

grigoris.kara.7@gmail.com

Μετρητής πληρότητας χώρου στάθμευσης

Ο μετρητής πληρότητας στάθμευσης έχει ως βασική λειτουργία την ανίχνευση οχημάτων κατά την είσοδο και την έξοδο τους και την μέτρηση των διαθέσιμων θέσεων. Η τιμή των συνολικών θέσεων του χώρου στάθμευσης (PARKTOTAL) είναι προγραμματιζόμενη και περνάει σαν είσοδος από τον διαχειριστή του συστήματος πιέζοντας το push button “we”. Το κύκλωμα ξεκινάει την λειτουργία της μέτρησης κατά την εκκίνηση του ενώ όσο είναι πατημένο το push button “ce” τίθεται σε κατάσταση αδράνειας (idle), και ο μετρητής δεν μεταβάλλεται. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μετρητή, είναι δυνατό να επαναπρογραμματιστεί η τιμή PARKTOTAL πιέζοντας το “we”. Όσο το “we” είναι πατημένο η είσοδος πηγαίνει στον καταχωρητή PARKTOTAL και αφήνοντάς το (“we”) ο μετρητής επανεκκινείται. Η ομαλή λειτουργία του κυκλώματος βασίζεται σε κάποιες παραδοχές. Η επανεκκίνηση του κυκλώματος προκαλείται από το “we” και όχι από το “ce”. Το “ce” θέτει το κύκλωμα σε κατάσταση αδράνειας. Η καταχώρηση της τιμής των συνολικών θέσεων (PARKTOTAL) γίνεται σε στιγμή που δεν εισέρχονται ή εξέρχονται οχήματα, και οι διαθέσιμες θέσεις δεν πρόκειται να αυξηθούν πριν την επανεκκίνηση της τιμής (δεν μπορεί να εξέλθει όχημα από ένα άδειο parking). Ο χώρος στάθμευσης πρέπει να είναι άδειος ή τα ήδη υπάρχοντα οχήματα να μην εξέλθουν πριν την επανεκκίνηση του καταχωρητή PARKTOTAL. Η τιμή PARKTOTAL δεν μπορεί να είναι 0. Εάν ο χώρος στάθμευσης είναι άδειος ή γεμάτος και οι ενδείξεις έχουν ανάψει, απαγορεύεται να εξέλθει ή να εισέλθει όχημα αντίστοιχα.

Parking Machine

Στο ανώτερο επίπεδο του κυκλώματος (top level) καταχωρείται η τιμή των συνολικών θέσεων στον καταχωρητή PARKTOTAL (όσο είναι πατημένο το “we”). Η τιμή αυτή μαζί με τις υπόλοιπες εισόδους περνάει στον counter, που είναι το επόμενο component. Οι εξόδοι του counter οδηγούν τις εξόδους του κυκλώματος.

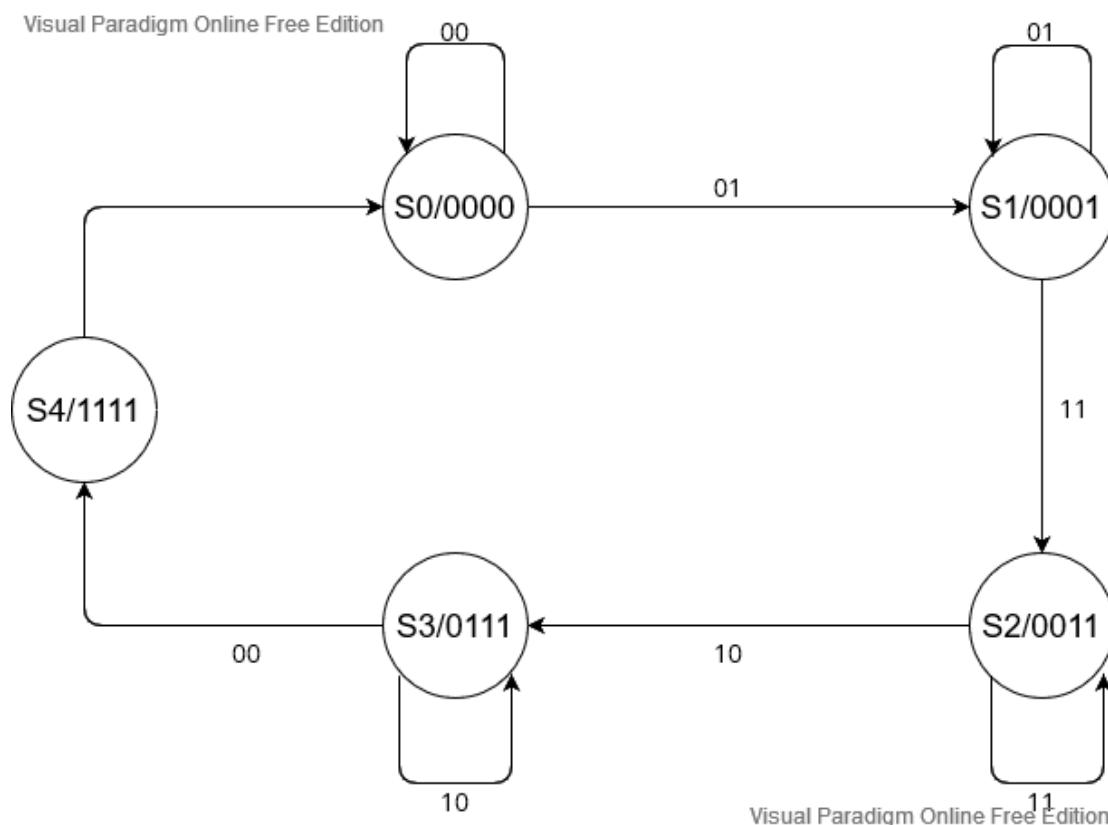
Parking Counter

Ο μετρητής του χώρου στάθμευσης παίρνει όλες τις εισόδους από το top level και την τιμή από τον καταχωρητή PARKTOTAL. Η είσοδος din χωρίζεται σε δύο unsigned τιμές a και b των 2 bit η καθεμία που περιγράφουν τους αισθητήρες της κάθε πύλης. Ο μετρητής αναγνωρίζει την είσοδο και έξοδο οχημάτων με Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων.

Η αναγνώριση αυτοκινήτου θεωρείται πετυχημένη εάν περάσει με τη σειρά από τους αισθητήρες της πύλης. Η κάθε πύλη έχει δυο αισθητήρες. Το όχημα θα πρέπει με την σειρά να ενεργοποιήσει τον πρώτο, ύστερα τον πρώτο και τον δεύτερο μαζί, τον δεύτερο μόνο του, και τέλος να περάσει και να απενεργοποιηθούν και οι δύο. Η κάθε πύλη λειτουργεί αυτόνομα και στην κάθε μία μπορεί είτε να εισέρχεται είτε να εξέρχεται ένα όχημα (όχι ταυτόχρονα στην ίδια πύλη). Ο μετρητής εντοπίζει την κίνηση και στις δύο πύλες, ενώ το άθροισμα των διαθέσιμων θέσεων είναι κοινό.

Η λειτουργία του μετρητή αναπαρίσταται από την παρακάτω μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων.

Counter FSM



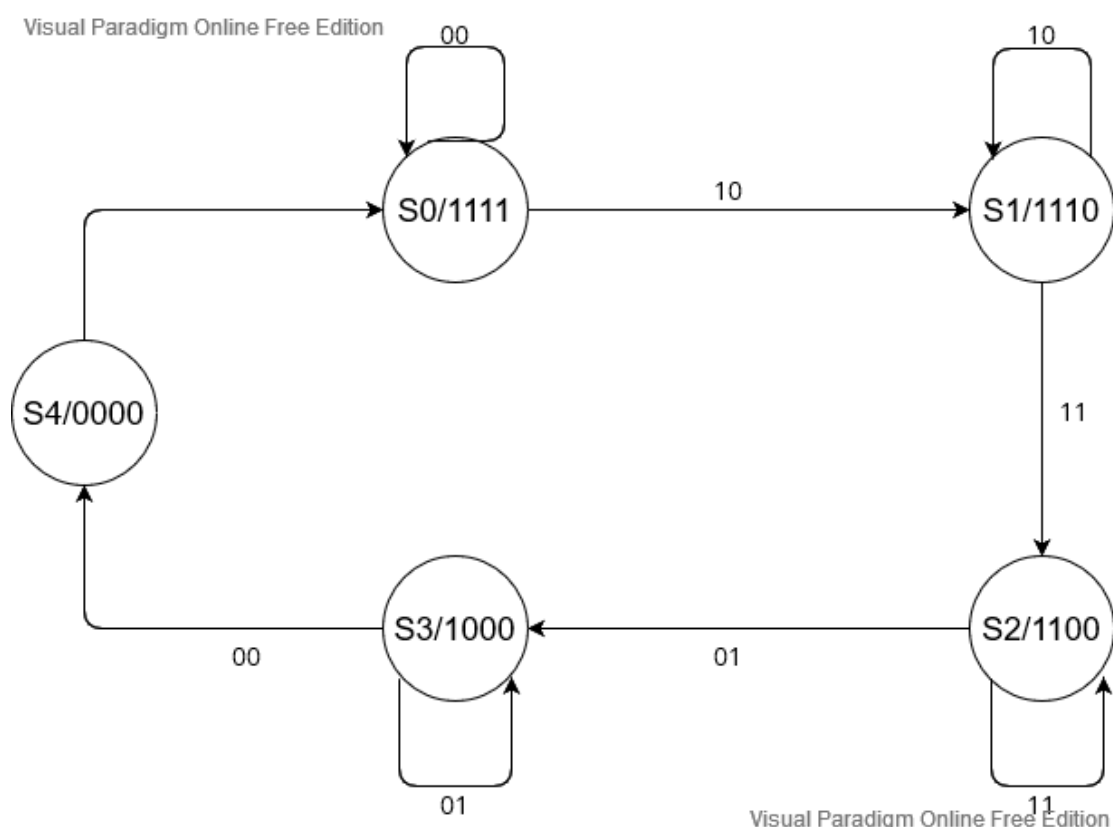
Εικόνα 1. Counter FSM

Η ροή των καταστάσεων του μετρητή βασίζεται στην είσοδο των 2 bit από την κάθε πύλη. Όπως προαναφέρθηκε, η πετυχημένη αναγνώριση εισόδου ή εξόδου οχήματος από την πύλη, βασίζεται στην σειρά που θα ενεργοποιηθούν και θα απενεργοποιηθούν οι αισθητήρες. Επομένως με την ανάλογη συμπεριφορά του οχήματος, αλλάζει καταστάσεις και η μηχανή.

Η δουλειά της μηχανής πεπερασμένων καταστάσεων στο επίπεδο του μετρητή, είναι να παράγει ένα σήμα που θα ενημερώνει τον μετρητή πότε εισήλθε και πότε εξήλθε ένα όχημα. Η σωστή σειρά ενεργοποίησης των αισθητήρων που αναφέρθηκε παραπάνω περιγράφεται από 4 καταστάσεις. Ωστόσο σε αυτήν την περίπτωση η αρχική κατάσταση είναι ίδια με την τελική και η κωδικοποίηση του σήματος περιπλέκεται. Η κωδικοποίηση του σήματος που επιλέχθηκε χρησιμοποιεί 4 bit. Σε κάθε κατάσταση αλλάζει ένα bit, το επόμενο most significant bit γίνεται '1'. Το ολοκληρωμένο πέρασμα από την πύλη θεωρείται μία ξεχωριστή κατάσταση, και αξιοποιώντας το MSB με την τιμή «1111», κωδικοποιεί το σήμα που θα επιτρέψει την αύξηση/μείωση των διαθέσιμων θέσεων. Η επόμενη κατάσταση είναι -ανεξαρτήτως εισόδου- η αρχική.

Counter FSM Sub

Οι πύλες εξυπηρετούν τόσο την είσοδο όσο και την έξοδο των οχημάτων. Η παραπάνω κωδικοποίηση είναι ικανή να παράγει σήμα για κάθε πετυχημένο πέρασμα, αλλά δεν είναι ικανή να ανιχνεύει την κατεύθυνση του. Η κατεύθυνση καθορίζεται από τη σειρά που ενεργοποιούνται οι αισθητήρες. Η ΜΠΚ που παρουσιάστηκε, εναλλάσσει τις καταστάσεις της μόνο στην περίπτωση της μίας κατεύθυνσης. Οι δύο κατευθύνσεις μεταξύ τους είναι αντίθετες. Επομένως, η ανίχνευση της αντίθετης κατεύθυνσης επιτυγχάνεται με την δημιουργία μίας αντίθετης ΜΠΚ.



Εικόνα 2. Counter Opposite FSM

Η αντίθετη ΜΠΚ κατευθύνεται από τις αντίθετες εισόδους και η κωδικοποίηση του σήματος περιλαμβάνει τις αντίθετες τιμές. Έτσι το σήμα που κωδικοποιεί ένα πετυχημένο πέρασμα, έχει την τιμή «0000».

Κάθε πύλη πρέπει να είναι ικανή να ανιχνεύσει και τις δύο κατευθύνσεις. Οι δύο ΜΠΚ που παρουσιάστηκαν, μία για κάθε κατεύθυνση, σχεδιάστηκαν για να μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα. Έχοντας δύο πύλες, ο μετρητής χρειάζεται συνολικά 4 ΜΠΚ για να παράγουν control σήματα, ικανά να ελέγχουν την αύξηση και τη μείωση των διαθέσιμων θέσεων. Για την είσοδο οχήματος παράγεται το `add_one` από τη μια ΜΠΚ, ενώ για την έξοδο το `sub_one` από την άλλη ΜΠΚ. Επομένως, ο μετρητής βασίζεται συνολικά στα `add_one_a`, `sub_one_a` για την πρώτη πύλη και στα `add_one_b`, `sub_one_b` για την δεύτερη.

Adder

Τα σήματα ελέγχου των μηχανών πεπερασμένων καταστάσεων επιτρέπουν στην τιμή `taken spaces` να διατηρεί τον αριθμό πιασμένων θέσεων. Τα κωδικοποιημένα σήματα που οδηγούνται από την πετυχημένη είσοδο ή έξοδο οχήματος, δημιουργούν το καθένα από ένα νέο εσωτερικό σήμα `unsigned` τα οποία προσθέτονται ή αφαιρούνται αντίστοιχα στο εσωτερικό σήμα `count`. Το κάθε ένα μπορεί να προσθέσει ή να αφαιρέσει '1', αναπαριστώντας την μεταβολή στις πιασμένες θέσεις για κάθε πύλη. Έτσι σε κάθε ανοδική ακμή του ρολογιού, ο καταχωρητής `taken spaces` αυξάνεται ή μειώνεται από το σήμα `count`. Η τιμή `taken spaces` αποθηκεύεται σε έναν καταχωρητή και κάθε φορά που το "we" είναι 1 επανεκκινείται σε 0. Ο `adder` εκτός από τα σήματα ελέγχου των ΜΠΚ, παίρνει ως σήματα εισόδου το `clk` και το `we` και παράγει στην έξοδό του το `taken spaces`.

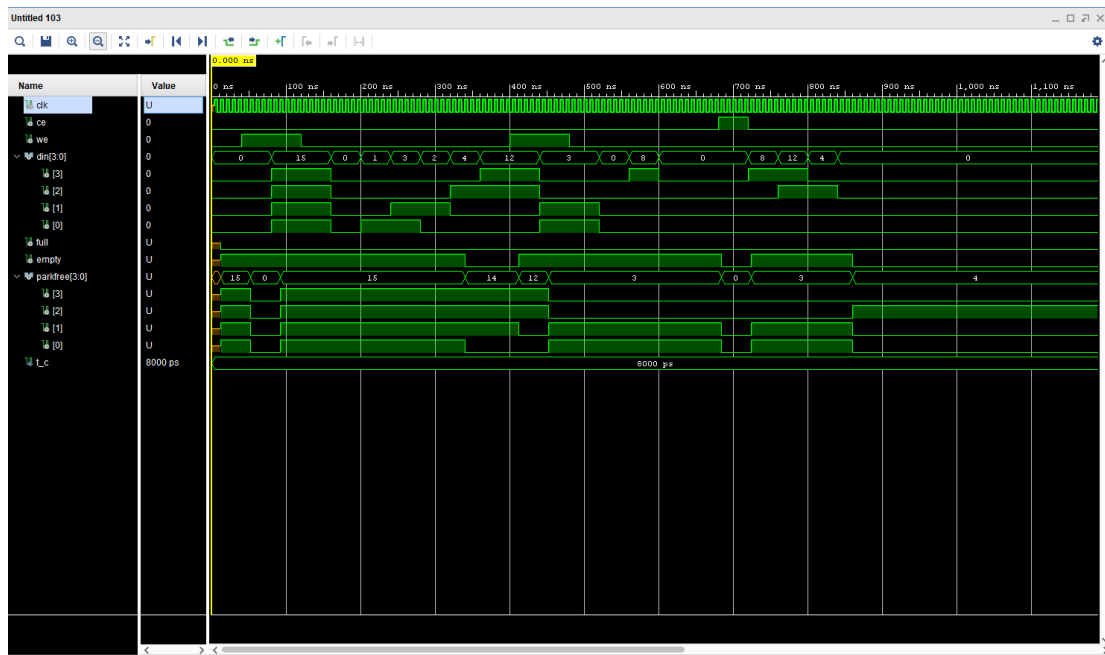
Compare

Ο υπολογισμός των πιασμένων θέσεων αξιοποιείται συγκρίνοντας τις με τις συνολικές θέσεις. Η διαφορά των συνολικών θέσεων με τις πιασμένες θέσεις αποτελεί τις ελεύθερες θέσεις. Εάν οι πιασμένες θέσεις είναι 0 το σήμα `empty` γίνεται 1. Εάν οι πιασμένες θέσεις είναι ίσες με τις συνολικές θέσεις το σήμα `full` γίνεται 1. Ο «συγκριτής» δέχεται ως σήματα εισόδου τις συνολικές θέσεις και τις πιασμένες θέσεις (`parktotal`, `taken spaces`) και επιστρέφει στον `counter` τα τελικά σήματα `full`, `empty` και `parkfree`.

Simulation

Η σχεδίαση του κυκλώματος έγινε με δομική περιγραφή. Κάθε συστατικό του κυκλώματος έχει τη δυνατότητα να απομονωθεί κατά την προσομοίωση. Τα συστατικά ελέγχθηκαν πρώτα ξεχωριστά κι έπειτα από την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας τους συνδυάστηκαν για να επαληθευτεί και η συνεργασία τους. Επομένως δημιουργήθηκε ένα `test bench` για κάθε οντότητα του κυκλώματος, με το `top level` (`parking_machine.vhd`) να τα περιέχει όλα.

Σε κάθε `test bench` ελέγχθηκαν σενάρια μη κανονικής χρήσης του κυκλώματος, παραλείποντας τις παραδοχές που έγιναν για την ομαλή λειτουργία, με τη βοήθεια των εντολών `assert`. Στην προσομοίωση φαίνεται πως διαχειρίζονται από το κύκλωμα αυτές οι περιπτώσεις καθώς και οι καθυστερήσεις (σε κύκλους ρολογιού) που υπάρχουν στις εξόδους.



Εικόνα 3. Simulation