

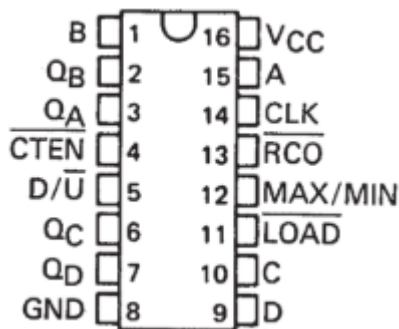


**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

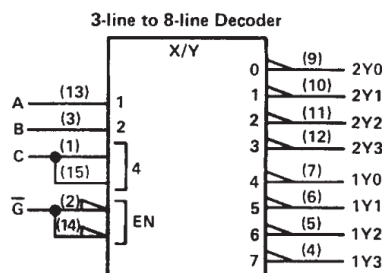
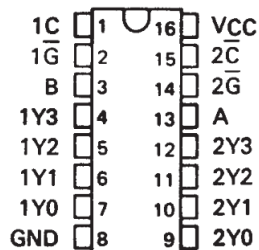
Αναφορά Σχεδίασης Πλακέτας Απεικόνισης και ρολογιού
2023 - 2024

Νικόλαος Τσαλκιτζής el21123
Αικατερίνη Ρουσούνελου el21846

Το πρώτο απεικονιζόμενο ολοκληρωμένο κύκλωμα αφορά τον μετρητή και το δεύτερο ζεύγος αποτελείται από το TTL του decoder και την συνδεσμολογία που επιλέγουμε για να έχουμε συμπεριφορά του κυκλώματος σαν 3->8 αποκωδικοποιητή.



Για το ολοκληρωμένο κύκλωμα του μετρητή δεν θα χρησιμοποιήσουμε το pin 13(ripple counter αρνητικής λογικής) καθώς δεν επιθυμούμε λειτουργία μετρητή ριπής καθώς και την τέταρτη έξοδο D(pin 7 Qd) διότι επιθυμούμε να μετρήσουμε από το 0-7 άρα τρία bits αρκούν για την υλοποίηση της desired λειτουργίας. Το CTEN' δηλώνει την επίτρεψη μέτρησης, δηλαδή όταν είναι low ο μετρητής είναι εν ενεργεία αλλιώς είναι σε κατάσταση αναμονής. Το pin 5 μας δείχνει την κατεύθυνση μέτρησης και θα χρησιμοποιηθεί αργότερα για την κίνηση της μπάλας στο control, ενώ το max/min τίθεται όταν ο μετρητής έχει φτάσει στο ελάχιστο ή μέγιστο αποτέλεσμα μέτρησης(0 και $2^n - 1$ με n το πλήθος των leds) και το load αρνητικής λογικής φορτώνει ένα input στον μετρητή. Τα Qi, $i=\{A,B,C\}$ είναι η έξοδος του μετρητή ενώ τα A,B,C,D οι είσοδοι που φορτώνονται όταν υποδείξει το λογικό σήμα load αρνητικής λογικής. Το 14ο pin δηλώνει το ρολόι. Τέλος, οι ακίδες που απομένουν αφορούν την γείωση(8) και την τροφοδοσία(16) του εξαρτήματος.

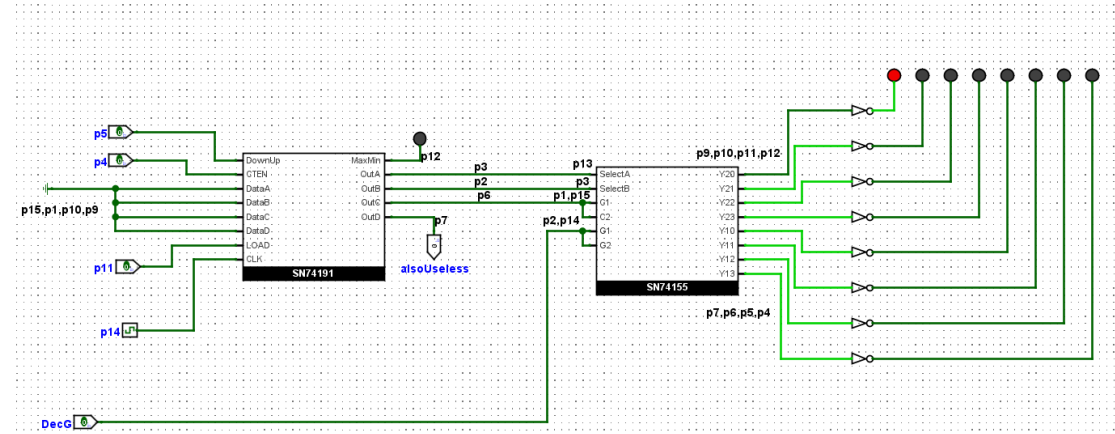


Για τον decoder, όπως και πριν στα αντίστοιχα pins έχουμε τροφοδοσία και γείωση και για τον σκοπό της άσκησης χρησιμοποιούμε από το datasheet την συνδεσμολογία 3->8 decoder. Ουσιαστικά τα pins 9,10,11,12,7,6,5,4 είναι το output του αποκωδικοποιητή.

Ως εισόδοι τίθενται τα A,B,C στα αντίστοιχα pins και για την επίτρεψη έχουμε βραχυκύκλωση του pin C 1,15 και τα υπόλοιπα μέρη του enable δίνονται από το G'.

Διασυνδέσεις

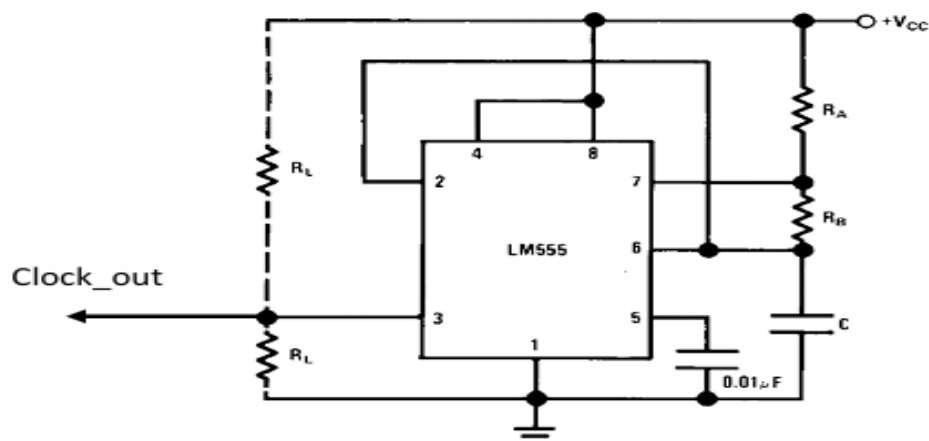
Για την υλοποίηση του core το σκεπτικό συνοψίζεται στο παρακάτω script του logisim evolution:



Ουσιαστικά, “προηγείται” ο μετρητής και έπεται ο αποκωδικοποιητής. Από το τέλος προς την αρχή, οι έξοδοι του decoder (τα κατάλληλα pins τα οποία απεικονίζονται και στο σχήμα) συνδέονται μέσω πυλών not στα leds για να αναπαραστήσουμε στο εργαλείο την αρνητική λογική των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Ως επίτρεψη στον αποκωδικοποιητή δόθηκε το σήμα DecG το οποίο προέρχεται από το control segment και το υπόλοιπο μέρος της επίτρεψης είναι το Qc και ως inputs στον αποκωδικοποιητή έχουμε τα outputs του μετρητή που δηλώνουν την θέση της μπάλας. Επομένως, η θέση της μπάλας αποκωδικοποιείται και ως αποτέλεσμα ανάβει το αντίστοιχο λαμπάκι. Ακόμη, αγνοούμε παντελώς τα pins του ripple counter και του τέταρτου bit του μετρητή. Ακολουθώντας, τροφοδοτούμε το ολοκληρωμένο με την έξοδο του ρολογιού και για λόγους ελέγχου τοποθετούμε ακροδέκτες στις υπόλοιπες εισόδους. Παράλληλα, γειώνουμε τα A,B,C,D και τα θέτουμε στο λογικό 0. Αυτό γίνεται για να εξυπηρετηθεί η ανάγκη της αρχικοποίησης του παιγνίου. Μέσω του cten “απενεργοποιούμε” τον μετρητή και για να δηλώσουμε την αρχικοποίηση του pong game πριν το θέσουμε εκ νέου σε λειτουργία μέτρησης φροντίζουμε να φορτώσουμε σε αυτό την τιμή 0000 έτσι ώστε να σβήσουν όλα τα leds. Ταυτόχρονα, έχουμε τοποθετήσει ένα led το οποίο δηλώνει την παρουσία min/max τιμών και ο έλεγχος του συγκεκριμένου τμήματος θα γίνει μέσω του logisim αφού πρώτα αναλυθεί το ρολόι του κυκλώματος.

Ρολόι

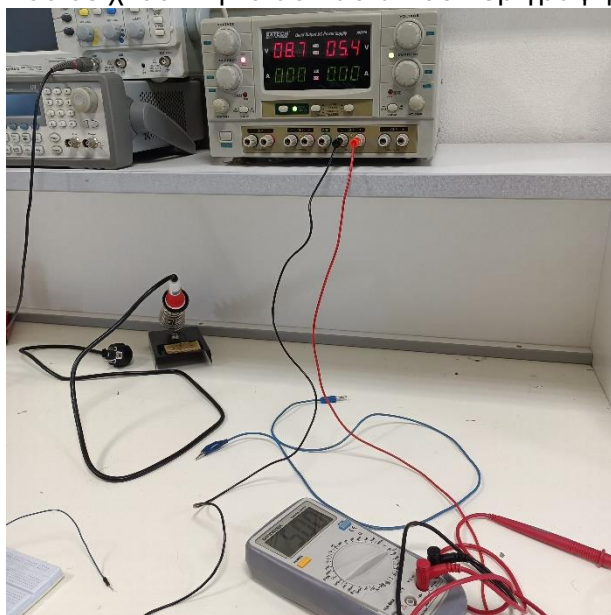
Για το κύκλωμα του ρολογιού δημιουργήσαμε το κύκλωμα που αναφερόταν στο pdf και είναι το ακόλουθο:



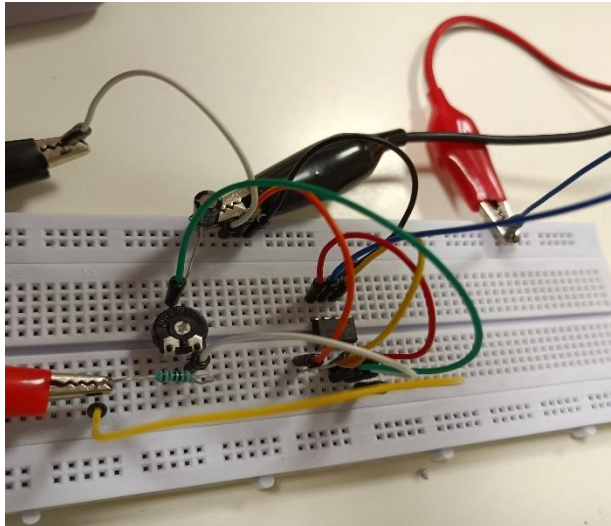
Το ρολόι από τις δύο διαθέσιμες λειτουργίες τίθενται στην ασταθή λειτουργία και βραχυκυκλώνοντας τα pin 2,6 τότε έχουμε φτιάξει ουσιαστικά έναν ταλαντωτή και ο πυκνωτής C(ο οποίος εξομαλύνει τα spikes μαζί με τον πυκνωτή “φακή”) φορτίζεται και εκφορτίζεται μέσω των αντιστάσεων και συγκεκριμένα από την R_A, R_B και από την R_B , αντίστοιχα. Η R_B είναι η μεταβλητή αντίσταση. Παρότι οι τιμές μέγιστης και ελάχιστης εκφόρτισης ($2/3$ και $1/3$ της τροφοδοσίας), οι χαρακτηριστικοί χρόνοι του είναι ανεξάρτητοι της τροφοδοσίας. Όπως αναφέρεται και στο pdf της αναφοράς, οι ενδεικτικές σχέσεις του κυκλώματος είναι:

- Χρόνος φόρτισης: $T_r = 0.693 \cdot (R_A + R_B) \cdot C$
- Χρόνος εκφόρτισης: $T_f = 0.693 \cdot R_B \cdot C$
- Περίοδος: $T = T_r + T_f = 0.693 \cdot (R_A + 2R_B) \cdot C$
- Συχνότητα: $f = 1/T = 1.44 / [(R_A + 2R_B) \cdot C]$

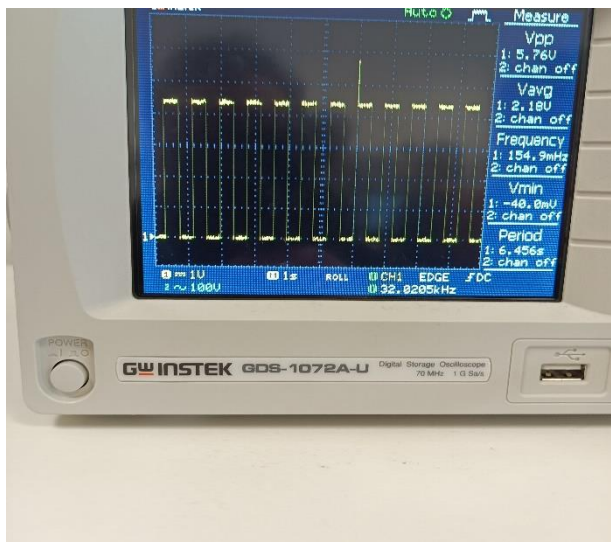
Το κύκλωμα αρχικά υλοποιήθηκε και ελέγχθηκε στο breadboard και εφόσον κολλήθηκε στην διάτρητη πλακέτα τότε επανελέγχθηκε. Ακολουθούν φωτογραφίες που δείχνουν την διαδικασία που περιγράφηκε:



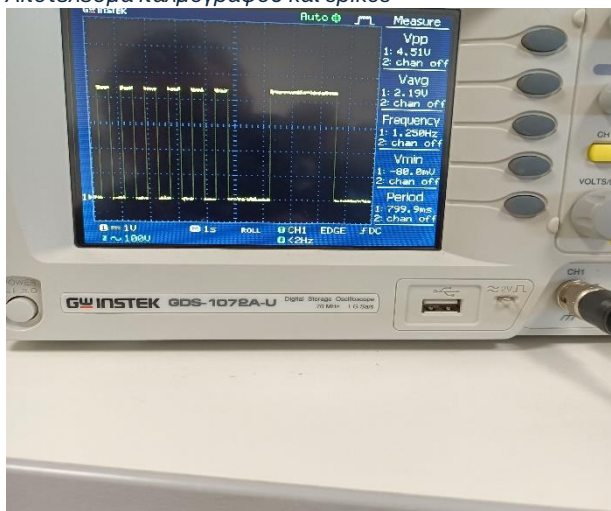
Μέσω πολυμέτρου η τροφοδοσία τίθεται 5V



Αποτύπωση ρολογιού σε breaboard



Αποτέλεσμα παλμογράφου και spikes



Εντοπισμός αλλαγής συχνότητας

Όσον αφορά το εργαστηριακό κομμάτι έχουμε ότι θέσαμε (φωτογραφία 1) την τάση στα 5V και σιγουρέψαμε ότι ο παλμογράφος ήταν σε λειτουργία AC coupling για την

παρατήρηση της κυματομορφής. Από τις παραπάνω φωτογραφίες, διαπιστώσαμε ότι το κύκλωμα λειτουργεί όπως θα έπρεπε και παρατηρήσαμε μόνο ότι σε κάποιους παλμούς εμφανίζονταν κάποια spikes τα οποία ενδεχομένως να επηρέαζαν την συμπεριφορά του παιχνιδιού. Όμως, αφού δεν ήταν λογικό λάθος απλώς κάναμε ποιοτικότερη μια κόλληση που αφορούσε την τροφοδοσία και οι απότομες αυξήσεις εξαφανίστηκαν. Ακόμη, ελέγξαμε στριφογυρίζοντας την μεταβλητή αντίσταση ότι αλλάζει η συχνότητα των παλμών του ρολογιού. Ειδικότερα, η δεξιόστροφη περιστροφή της συνεπάγεται την αύξηση της συχνότητας(διότι από την τέταρτη κουκίδα μειώνεται το Rb), ενώ η αντίθετη περιστροφή αυτής ισοδυναμεί με μείωση της συχνότητας. Σε αυτό το σημείο, θέλουμε να τονίσουμε ότι λόγω υπολειτουργίας της μεταβλητής αντίστασης αυτή αντικατάστηκε από ένα trimmer με αντίστοιχη λειτουργία. Η μόνη διαφορά είναι ότι λόγω της μη λογαριθμικής μεταβολής της αντίστασης του χρειάζεται περισσότερο κόπο για να αλλάξει η συχνότητα. Με βάση το νέο εξάρτημα έχουμε τις εξής συχνότητες(μέγιστη και ελάχιστη) (ο dim na balei tis times)

Για κάθε εξάρτημα καταλήξαμε στους εξής πίνακες για το παιχνίδι:

Name	Direction	Width	Comment	Active
V _{CC}	Input	1 bit	+5V	High
Gnd	Input	1 bit	0V	Low
A	Input	1 bit	LSB	High
B	Input	1 bit	-	High
C	Input	1 bit	-	High
D	Input	1 bit	MSB	High
LOAD'	Input	1 bit	Inputs Enable	Low
Q _A	Output	1 bit	LSB	High
Q _B	Output	1 bit	-	High
Q _C	Output	1 bit	-	High
Q _D	Output	1 bit	MSB	High
CTEN'	Input	1 bit	Counter Enable	Low
D/U'	Input	1 bit	Down/UP	High/Low
MAX/MIN	Output	1 bit	Becomes 1 in 0 or 15 positions	High
CLK	Input	1 bit	Clock Pulse	High

ΜΕΤΡΗΣΗ

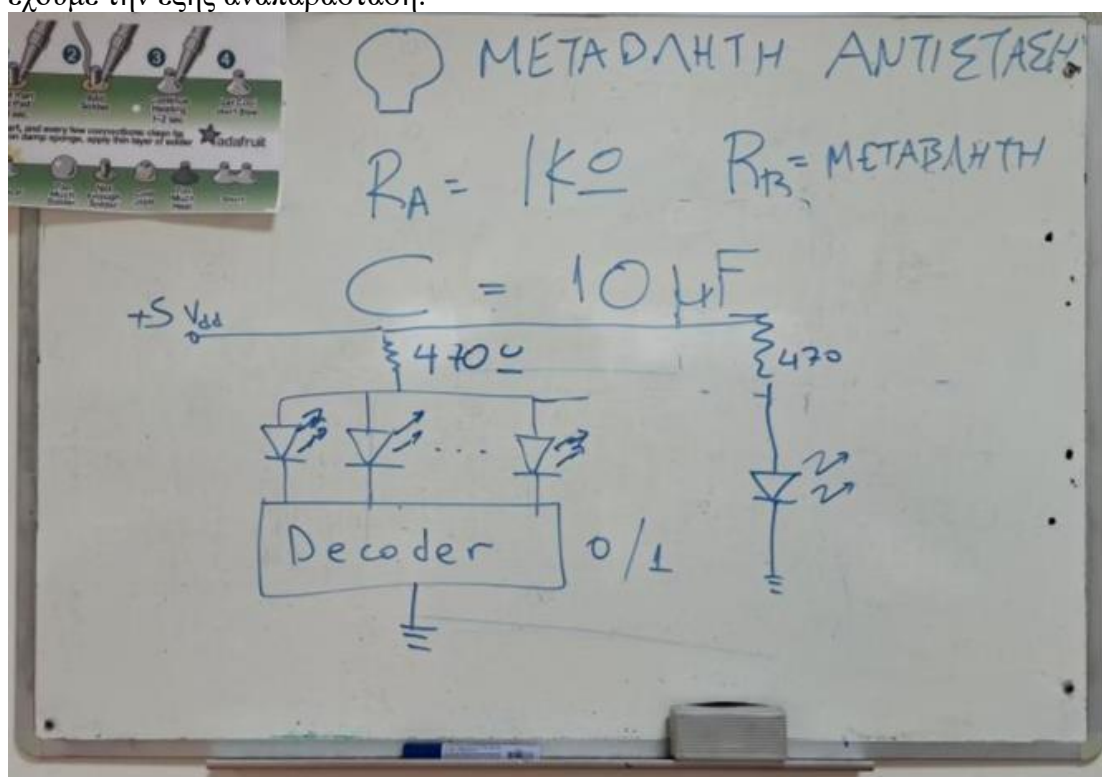
Name	Direction	Width	Comment	Active
V _{CC}	Input	1 bit	+5V	High
Gnd	Input	1 bit	0V	Low
A	Input	1 bit	Select bit	High
B	Input	1 bit	Select bit	High
C	Input	1 bit	Select bit	High
G	Input	1 bit	Decoder Enable	Low
2Y0	Output	1 bit	000	Low
2Y1	Output	1 bit	001	Low
2Y2	Output	1 bit	010	Low
2Y3	Output	1 bit	011	Low

1Y0	Output	1 bit	100	Low
1Y1	Output	1 bit	101	Low
1Y2	Output	1 bit	110	Low
1Y3	Output	1 bit	111	Low

ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ

Κυκλωματικές Παρατηρήσεις και Λογική Ανάλυση

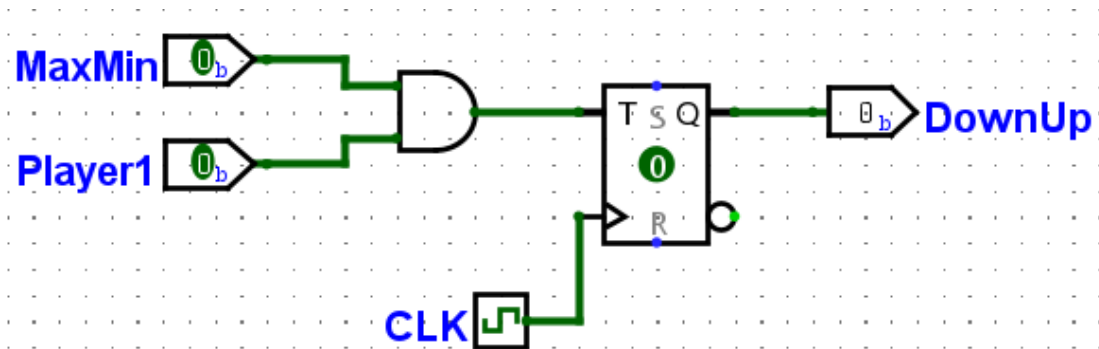
Σε αυτό το υπομήμημα της αναφοράς θα αναλύσουμε κάποιες παρατηρήσεις αναφορικά με το κύκλωμα. Αρχικά έχουμε προσθέσει ένα led το οποίο φανερώνει την ύπαρξη τροφοδοσίας και για να το προστατέψουμε δεν το αφήνουμε εκτεθειμένο απευθείας στην Vcc αλλά συνδέουμε ενδιάμεσα την αντίσταση έτσι ώστε να πέφτει η τάση και δεν καίει το led. Την ίδια μεθοδολογία ακολουθούμε και για τα led στα οποία κινείται η εικονική μπάλα. Ουσιαστικά, σε συνδεσμολογία ανόδου χρησιμοποιούμε μια κοινή αντίσταση ως pull-up resistor και προστατεύουμε τα leds. Σχηματικά έχουμε την εξής αναπαράσταση:



Πριν πατηθεί το Reset Button όλα τα LEDs πρέπει να είναι σβησμένα. Δηλαδή, η επίτρεψη του decoder να είναι στο λογικό 1 (απενεργοποιημένη). Επίσης, θέλουμε αυθαίρετα να ξεκινάμε από το άκρο αριστερά LED, άρα πριν το Reset θέλουμε η έξοδος του μετρητή να είναι $(Q_A Q_B Q_C) = 000$. Για αυτό πριν την έναρξη, έχουμε Load=0 (ενεργοποιημένο) και $(ABC) = (000)$. Γενικά, έχουμε συνδέσει τα inputs A,B,C του μετρητή στο λογικό 0, γιατί δεν υπάρχει πουθενά η ανάγκη να μεταβάλλουμε την έξοδό του ασύγχρονα με το ρολόι.

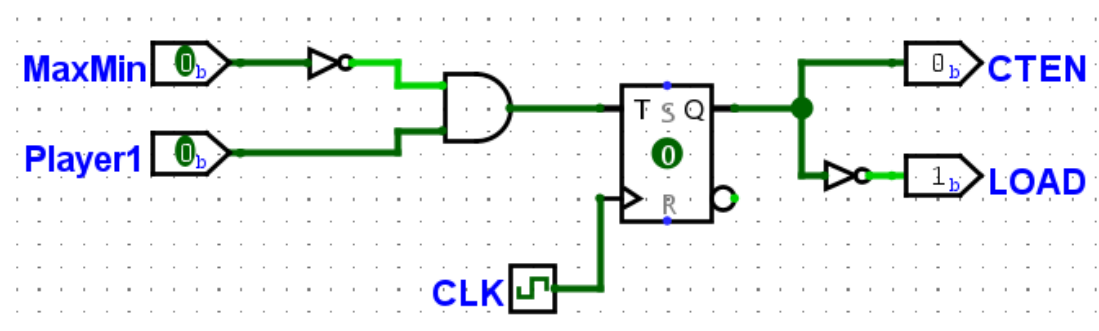
Αφού πατηθεί το Reset Button το Load πρέπει να γίνει 1 (απενεργοποιημένο), το CTEN να γίνει 0 (ενεργοποιημένο) και το D/U=0 για να έχουμε μέτρηση προς τα πάνω.

Όταν η μέτρηση θα φτάνει σε ακραία θέση ο συνδυασμός της πληροφορίας του MAX/MIN bit του μετρητή μαζί με το bit του Player1 Button θα μας δίνει την αλλαγή της φοράς μέτρησης. Ένα ενδεικτικό κύκλωμα αυτής της λειτουργίας είναι το παρακάτω:



Όταν θα βρισκόμαστε σε ακριανή θέση και ο παίκτης πατήσει το Player1, τότε η είσοδος του T-FlipFlop θα είναι 1 και άρα με τον παλμό του ρολογιού θα αντιστρέφεται η φορά μέτρησης.

Αν ο παίκτης πατήσει σε ενδιάμεση θέση, θα πρέπει να επιστρέφουμε στην κατάσταση που είχαμε πριν πατηθεί το Reset Button. Ενδεικτικό κύκλωμα αυτής της λειτουργίας:



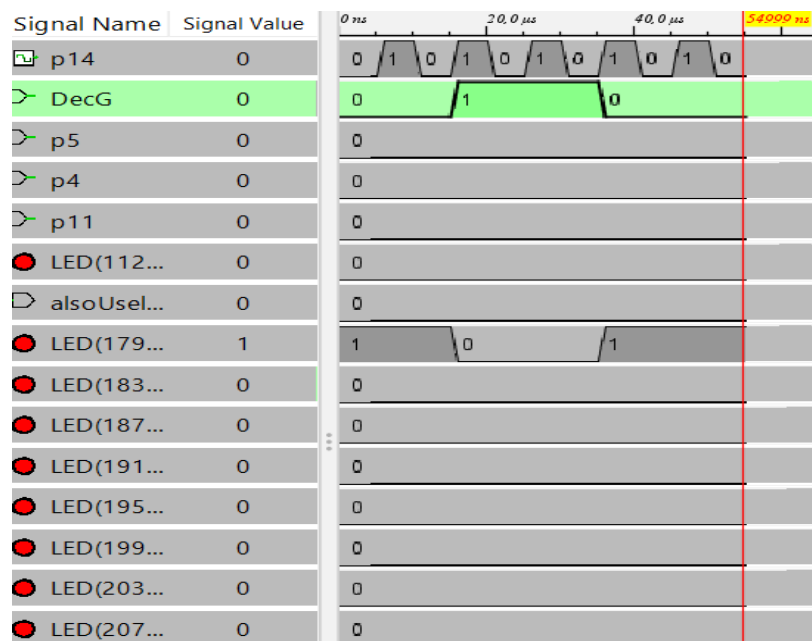
Παρατηρούμε ότι όταν πατηθεί το Player1 από την κατάσταση {CTEN=0 , LOAD=1} θα μεταβούμε στην κατάσταση {CTEN=1 , LOAD=0}, που είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα σύμφωνα με τα παραπάνω.

Καταγραφή Συμπεριφοράς Κυκλώματος

Για τον έλεγχο του κυκλώματος του core έχουμε υλοποιήσει στο Logisim evolution τα ολοκληρωμένα μετρητή και αποκωδικοποιητή και τοποθετώντας ακροδέκτες στα σήματα που θα “φιλοξενηθούν” στα pins του μετρητή που προέρχονται από το control έχουμε πλήρη εποπτεία της λειτουργίας του κυκλώματος.

Α στάδιο ελέγχου:

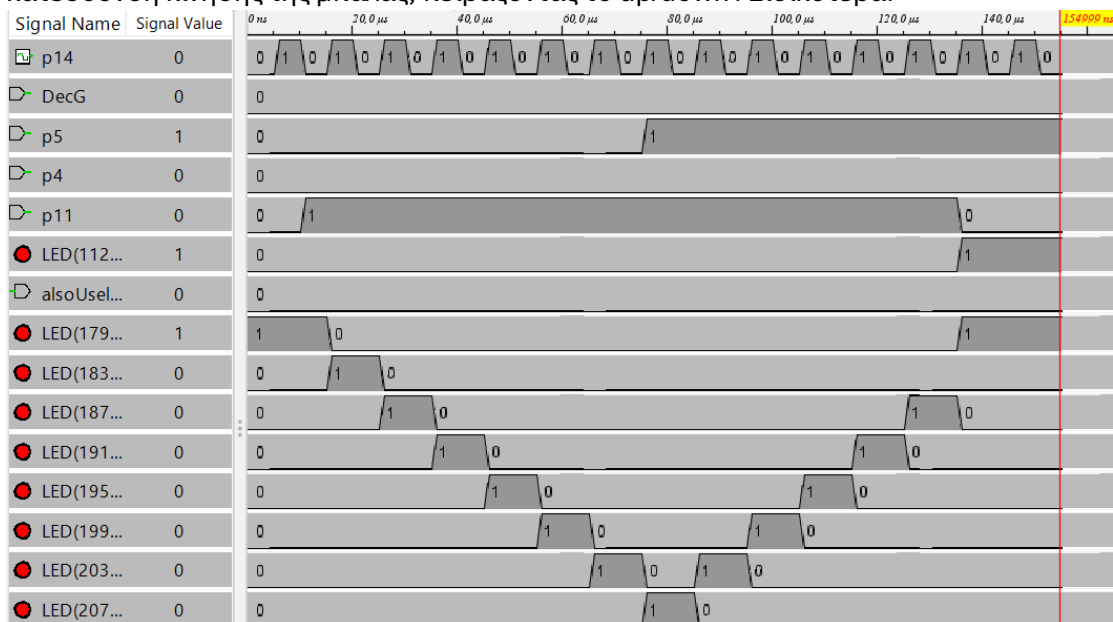
Αρχικά θα ελέγξουμε την επίτρεψη του αποκωδικοποιητή, αναμένουμε όταν το G είναι στο λογικό μηδέν να λειτουργεί ενώ αν γίνει 1 να τίθεται αδρανές ο decoder. Αυτό παρατηρείται από την βηματική προσομοίωση που ακολουθεί:



Εδώ φαίνεται ξεκάθαρα πώς στο rising edge του G' το led από όπου ξεκινάμε την κίνηση της μπάλας γίνεται 0 και η κατάσταση είναι αυτή της αρχικοποίησης.

Β στάδιο ελέγχου:

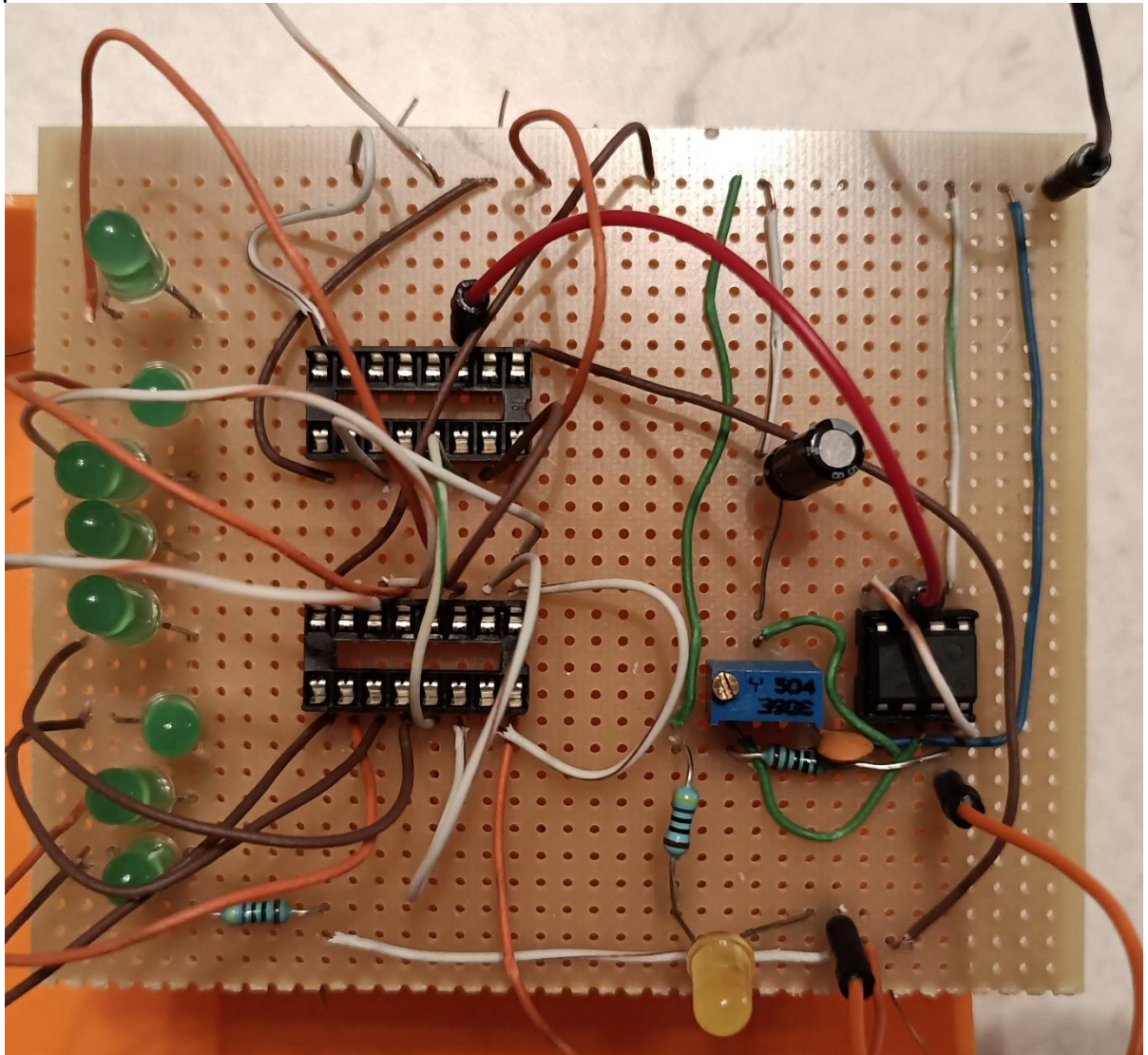
Τώρα θα ελέγξουμε ότι ο μετρητής έχει σωστή συμπεριφορά αναφορικά με την κατεύθυνση κίνησης της μπάλας, πειράζοντας το up/down'. Ειδικότερα:



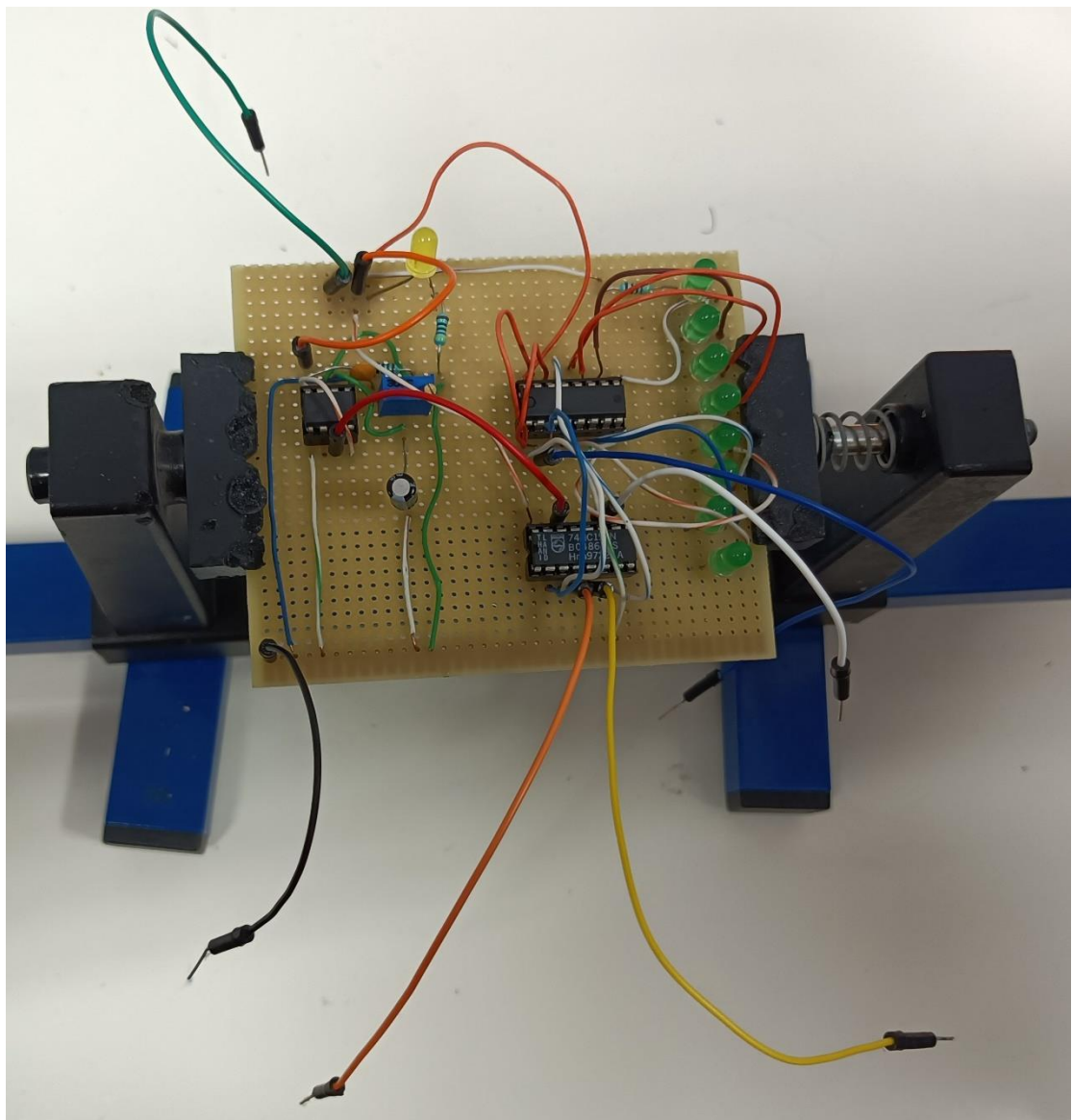
Προφανώς για να αρχίσει το παιχνίδι πρέπει να είναι το load στο 1 και το cten στο 0.

Αυτό απεικονίζεται στην παραπάνω φωτογραφία και όταν έφτασε στο τελευταίο led αυτό που κάναμε είναι ότι αλλάξαμε την τιμή στο pin κατεύθυνσης του μετρητή και παρατηρούμε ότι τα led αρχίζουν και ανάβουν από την αντίθετη πλευρά. Πριν φτάσουμε σε ακριανή θέση θέσαμε στο 0 το load και ξαναεπιστρέψαμε σε κατάσταση αρχικοποίησης.

Τέλος παραθέτουμε μία «άστατη» φωτογραφία του κυκλώματος core πριν κολληθεί και μια μετά την κόλληση, η οποία έχει καταστήσει το κύκλωμα μας πιο τακτοποιημένο.

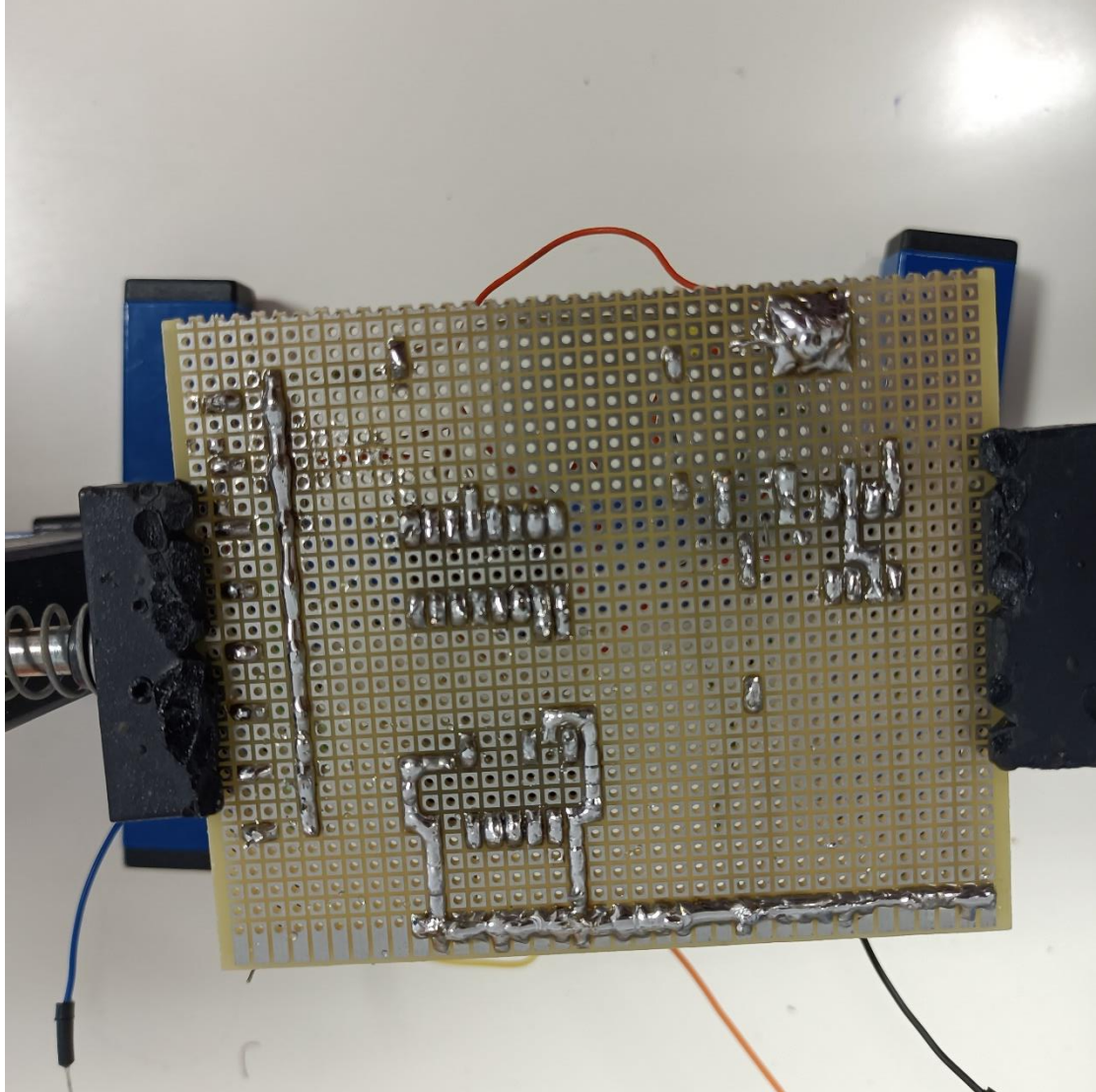


ΠΡΙΝ



META

Ακόμη, παραθέτουμε την κάτω όψη της πλακέτας προς πληρότητα της αναφοράς:



Συνοψίζοντας, το σήμα DECg είναι το μπλε jumper, το CTEN είναι το ανοικτό πορτοκαλί, το down/up είναι το κίτρινο jumper, η γείωση είναι το μαύρο, η τροφοδοσία το πράσινο και το load λευκό.