



## Εργαστήριο #4

### Υλοποίηση Πλακέτα Απεικόνισης και Ρολογιού

Παράδοση: Δευτέρα 22/4/2024

Για όσους χάσουν την πρώτη προθεσμία θα οριστεί επόμενη ημερομηνία εξέτασης. Δεν υπάρχει βαθμολογικό κόστος μέχρι τις 17/5

#### 1 Περιγραφή

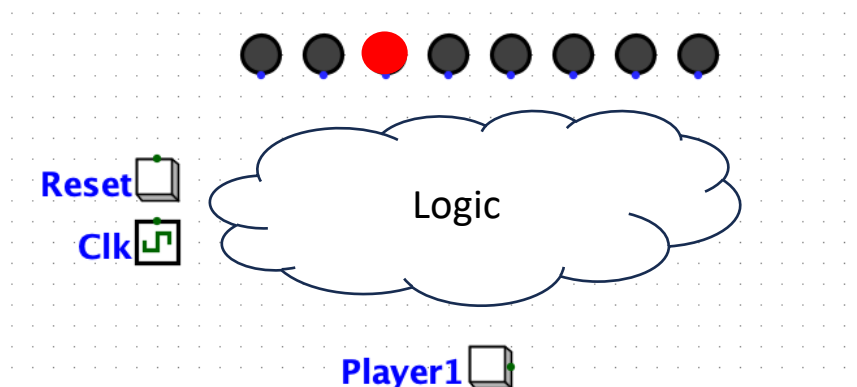
Στο εργαστήριο αυτό θα υλοποιήσετε σε διάτρητη πλακέτα το κομμάτι «Core» του παιχνιδιού Pong και μια γεννήτρια ρολογιού προγραμματιζόμενη ως προς την συχνότητα.

Το Core θα υλοποιηθεί με χρήση ολοκληρωμένων TTL και συγκεκριμένα ενός 74191 (up/down counter 4 bit) και ενός 74155 (αποκωδικοποιητή), λαμπτήρων led και των απαραίτητων αντιστάσεων.

Το ρολόι θα υλοποιηθεί με χρήση του ολοκληρωμένου 555 και χρήση παθητικών εξαρτημάτων (αντιστάσεις/πυκνωτές) και η ρύθμιση συχνότητας και duty cycle (το ποσοστό του χρόνου που το ρολόι είναι 1 σε σχέση με την περίοδο του ρολογιού) θα γίνεται με μεταβλητής τιμής τέτοια εξαρτήματα.

#### 2 Core

Όπως και στα προηγούμενα εργαστήρια η γενική προσέγγιση είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 1 Γενική προσέγγιση

Η λογική του Core αποτελείται από τον μετρητή της θέσης της μπάλας η οποία αποκωδικοποιείται ώστε να ανάψει ένα led. Το 4<sup>ο</sup> bit του μετρητή δεν μας είναι χρήσιμο. Για την υλοποίηση της κατάστασης «γκολ» στην οποία δεν ανάβει κανένα led θα αξιοποιήσετε την επίτρεψη που προσφέρεται στον αποκωδικοποιητή (και στον μετρητή;).

Τα TTL για λόγους τεχνολογίας υλοποίησης συχνά υλοποιούν αρνητική λογική. Για παράδειγμα ο αποκωδικοποιητής λειτουργεί δίνοντας N-1 εξόδους σε λογικό High και μόνο μια σε λογικό Low. Έτσι θα πρέπει να συνδέσετε τα led έτσι ώστε όταν η έξοδος είναι High (λογικό 1) να μην ανάβουν, και

όταν η έξοδος είναι Low (λογικό 0) να ανάβουν. Αυτό μπορείτε να το πετύχετε με την ακόλουθη συνδεσμολογία:



Εικόνα 2 Συνδεσμολογία Led

Η αντίσταση πριν τα led μειώνει την ένταση του ρεύματος στα προβλεπόμενα επίπεδα. Η τιμή της αντίστασης μπορεί να είναι από 330Ω μέχρι 1KΩ χωρίς ιδιαίτερη διαφορά πέραν την φωτεινότητας του led. Δεδομένου ότι το πολύ ένα led θα είναι αναμμένο σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μία αντίσταση για όλα τα led. Αν με κάποιο τρόπο ενεργοποιηθούν περισσότερα από ένα led τι αναμένετε ως συμπεριφορά;

Το κομμάτι των TTL είναι σχετικά απλό σε συνδεσμολογία. Οι έξοδοι του μετρητή συνδέονται με τις εισόδους του αποκωδικοποιητή (τις λεπτομέρειες έχετε δει στην ανάλυση του ring που είχατε κάνει). Όλα τα σήματα ελέγχου έρχονται από τον έξω κόσμο, δηλαδή το «Control» το οποίο θα το υλοποιήσετε σε breadboard αργότερα. Τα απαραίτητα σήματα ελέγχου είναι τα:

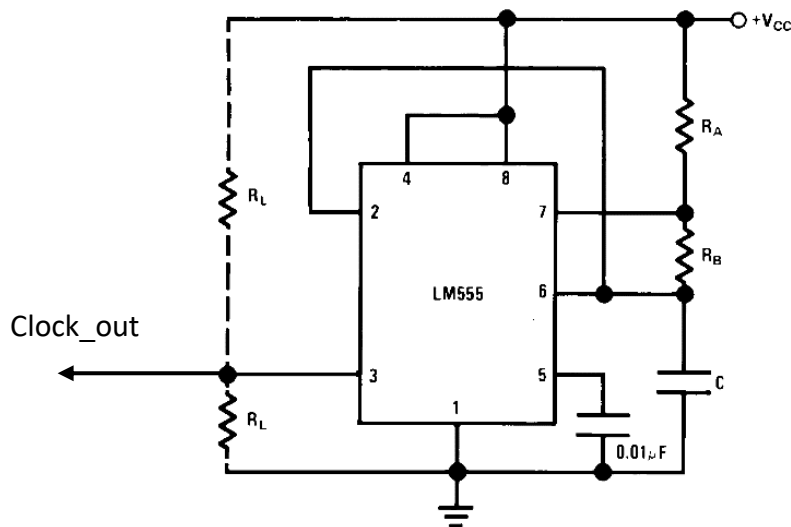
Name	Direction	Width	Comment
Clock_in	Input	1 bit	Input clock for logic
Core_reset	Input	1 bit	Αρχικοποίηση μετρητή
UpDown	Input	1 bit	Ελέγχει την φορά μέτρησης (και συνεπώς την φορά της μπάλας)
En	Input	1 bit	Επίτρεψη. Αν είναι ανενεργό δεν ανάβει κανένα led. Αν είναι χρήσιμο να το χρησιμοποιήσετε και στον μετρητή, μπορείτε.
EdgeL	Output	1 bit	Ένδειξη ότι η μπάλα είναι στην αριστερή άκρη
EdgeR	Output	1 bit	Ένδειξη ότι η μπάλα είναι στην δεξιά άκρη

Μελετήστε τα εγχειρίδια των ολοκληρωμένων δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στην αρίθμηση των pin και την λειτουργικότητά τους. Ακροδέκτες εξόδου που δεν είναι συνδεδεμένα δεν επηρεάζουν την σχεδίαση. Ακροδέκτες εισόδου που δεν είναι συνδεδεμένες συμπεριφέρονται σαν να ήταν συνδεδεμένες στο λογικό 1, αλλά καλό είναι να μην βασίζεστε σε αυτή την ιδιότητα.

### 3 Γεννήτρια ρολογιού

Το LM555 μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους: (α) μονοστάσιμη λειτουργία (monostable mode) και, (β) ασταθής λειτουργία (astable mode). Για τη δημιουργία του ρολογιού θα χρησιμοποιήσουμε την ασταθή λειτουργία. Το IC LM555 μπαίνει σε ασταθή λειτουργία αν γίνουν οι συνδέσεις που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Συγκεκριμένα, αν τα pins 2 και 6 βραχυκυκλωθούν το IC LM555 θα ταλαντώσει και θα λειτουργεί ως ταλαντωτής. Ο πυκνωτής C φορτίζει μέσω των RA+RB και εκφορτίζει μέσω της RB. Έτσι το duty cycle μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια από τον λόγο των δύο αυτών αντιστάσεων. Σημειώστε επιπλέον ότι με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, ο

πυκνωτής φορτίζει και εκφορτίζει μεταξύ  $1/3V_{CC}$  και  $2/3V_{CC}$ . Έτσι οι χρόνοι φόρτισης και εκφόρτισης και κατά συνέπεια η συχνότητα είναι ανεξάρτητα από την τάση τροφοδοσίας.



Για τη σχεδίαση του ρολογιού χρειάζεται να υλοποιήσετε το κύκλωμα της παραπάνω εικόνας και για τον υπολογισμό της συχνότητας το παρακάτω τυπολόγιο:

- 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:  $f = 1/T = 1.44 / [(R_A + 2R_B) \cdot C]$

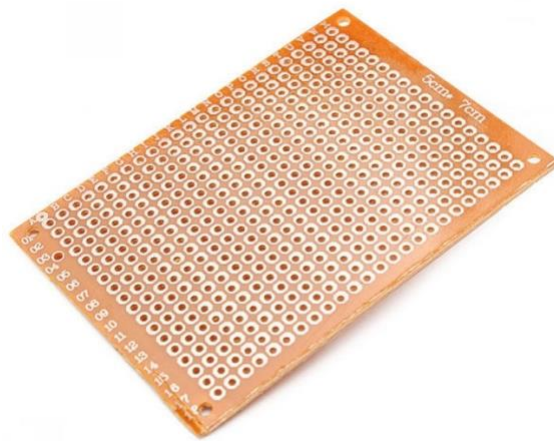
Για να βεβαιωθείτε ότι κύκλωμα λειτουργεί ορθά ελέγξτε την έξοδο (pin 3) με τον παλμογράφο. Μεταβάλετε την μεταβλητή αντίσταση και δείτε την αλλαγή της συχνότητας. Καταγράψτε τη μέγιστη και την ελάχιστη συχνότητα που επιτύχατε.

Name	Direction	Width	Comment
Clock_out	Output	1 bit	Generated clock

## 4 Συνολική σχεδίαση

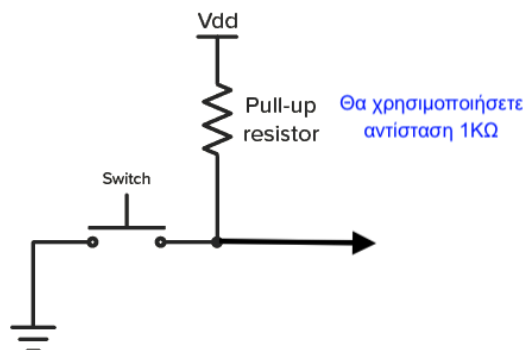
Η υλοποίηση θα γίνει με χρήση διάτρητης πλακέτας (όπως η παρακάτω εικόνα). Τα εξαρτήματα θα πρέπει να κολληθούν στην πλακέτα. Καθώς η μεταλλική νησίδα κάθε τρύπας στην συγκεκριμένη πλακέτα είναι αρκετή μόνο για την κόλληση του ακροδέκτη και δεν επεκτείνεται προς κάποια κατεύθυνση, διασυνδέσεις μεταξύ ακροδεκτών πρέπει να γίνονται με καλώδια που κολλιούνται στην πλακέτα.

Έχετε ένα επιπλέον led, συνδέστε το για ένδειξη τροφοδοσίας (πάντα με αντίσταση).



Εικόνα 3 Διάτρητη πλακέτα

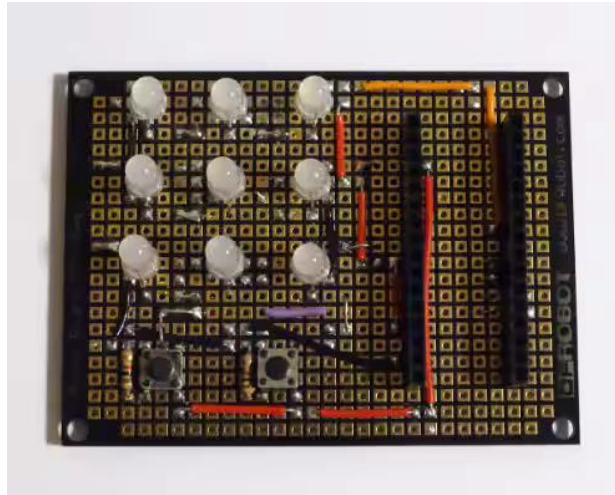
Στην πλακέτα θα βάλετε και τους δυο διακόπτες για το Reset και το Play. Οι αντίστοιχες έξοδοι θα πρέπει να είναι σε συνδεσμολογία pull-down όπως στο παρακάτω σχήμα (ο διακόπτης «τραβάει» έξοδο στο 0 όταν είναι πατημένος (κλειστός), αλλιώς (όταν είναι ανοικτός) η αντίσταση «τραβάει» την έξοδο στο 1. Η αντίσταση χρειάζεται για να περιορίζει το ρεύμα όταν ο διακόπτης είναι κλειστός (δηλαδή να αποτρέψει το βραχυκύκλωμα).



Συνέπεια αυτής της συνδεσμολογίας είναι ότι τα σήματα Reset και το Play είναι active low (ενεργοποιούνται στο 0).

#### Χωροταξία:

Η χωροταξία είναι πολύ σημαντική ώστε να μειώσετε την συνολική πολυπλοκότητα και αντίστοιχη προσπάθεια υλοποίησης αρχικά, και επιβεβαίωσης αργότερα. Μια τεχνική που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε είναι να χρησιμοποιήσετε καλώδια «οριζόντια» στην μια πλευρά και «κατακόρυφα» στην άλλη πλευρά της πλακέτας. Σε κάθε περίπτωση καλώδια που είναι μονωμένα μπορούν να διασταυρώνονται άφοβα εφόσον δεν σας προβληματίζουν ως προς την πολυπλοκότητα.



Εικόνα 4 καλή χωροταξία και διάταξη καλωδίων (από το <https://www.digikey.gr/en/maker/blogs/2022/start-building-cleaner-perfboard-projects-using-these-simple-tips>)

Χώρος για επεκτάσεις:

Αν μπορείτε, αφήστε χώρο για πιθανές επεκτάσεις μέσω 1-2 επιπλέον απλών ολοκληρωμένων TTL

Σε επίπεδο πλακέτας οι είσοδοι και έξοδοι **επιπλέον** αυτών που καταγράφονται παραπάνω περιγράφονται ακολούθως

Name	Direction	Width	Comment
Vdd	Input	1 bit	+5V
Gnd	Input	1 bit	0V
Reset	Output	1 bit	Reset button
Play	Output	1 bit	Play button

## 5 Προεργασία/Διεξαγωγή

Πριν την είσοδό σας στο εργαστήριο, βεβαιωθείτε ότι είστε εξοικειωμένοι με τα πειράματα που θα εκτελέσετε στον πάγκο του εργαστηρίου. Για το λόγο αυτό, διαβάστε προσεκτικά τις περιγραφές των ολοκληρωμένων που θα χρησιμοποιήσετε. Σχεδιάστε το κύκλωμα σε λογικό επίπεδο. Σημαντικό είναι να έχετε μελετήσει και να ξέρετε τί περιμένετε να παρατηρήσετε/μετρήσετε στο εργαστήριο. Πειραματιστείτε με εναλλακτικές διατάξεις χωρίς να κολλήσετε τα εξαρτήματα. Ένας χρήσιμος γενικός κανόνας είναι να ελέγχουμε πολλές φορές πριν κάνουμε αυτό που σχεδιάζουμε. Για οποιαδήποτε απορία έχετε για τα όργανα ή τις κολλήσεις ρωτήστε το προσωπικό του εργαστηρίου.

Παρατηρήσεις:

- Αν θέλετε να θέσετε κάποια σήματα σε λογικό 1 καλό είναι να το κάνετε μέσω αντίστασης, όπως και τα led «οθόνης».
- Ελέγξτε το υποκύκλωμα ρολογιού και το ψηφιακό υποσύστημα ξεχωριστά. Για τον λόγο αυτό το ρολόι του core έρχεται από τον «έξω» κόσμο. Αρχικά θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε γεννήτρια παλμών ώστε να έχετε καλύτερο έλεγχο.

- Ελέγξτε το κύκλωμα παραγωγής ρολογιού με χρήση παλμογράφου. Βρείτε τα όρια συχνότητας/duty cycle που μπορείτε να πετύχετε. Πόσο γρήγορη είναι η μετάβαση από λογικό μηδέν σε ένα και το αντίθετο;

## 6 Παραδοτέα

Αναφορά σχεδίασης που θα περιλαμβάνει:

A] Περιγραφή διεπαφών όπως υλοποιήθηκαν. Συμπληρώστε τον κατάλογο σημάτων και επιπλέον σήματα (αν χρειαστούν, μάλλον όχι), και την πολικότητα των σημάτων (active high/low).

B] Αναφορά με τον ορισμό των διεπαφών, την καταγραφή της στρατηγικής ελέγχου και των κυματομορφών του πρωτότυπου.

Γ] Καταγραφή συμπεριφοράς του κυκλώματος

Δ] Καταγραφή εμπειριών διεξαγωγής/υλοποίησης.

## Παρατηρήσεις

- Βαθμολογικό βάρος: 30%
- Κριτήρια βαθμολόγησης: ορθότητα, καθαρότητα/ποιότητα υλοποίησης, πληρότητα και αναγνωσιμότητα αναφοράς.
- Η παράδοση είναι υποχρεωτική

## Συνολικός πίνακας εισόδων/εξόδων της πλακέτας

Name	Direction	Width	Comment
Vdd	Input	1 bit	+5V
Gnd	Input	1 bit	0V
Reset	Output	1 bit	Reset button
Play	Output	1 bit	Play button
Clock_in	Input	1 bit	Input clock for logic
Core_reset	Input	1 bit	Αρχικοποίηση μετρητή
UpDown	Input	1 bit	Ελέγχει την φορά μέτρησης (και αντίστοιχα την φορά της μπάλας)
En	Input	1 bit	Επίτρεψη. Αν είναι ανενεργό δεν ανάβει led. Αν θέλετε/είναι χρήσιμο να το χρησιμοποιήσετε και στον μετρητή, μπορείτε
EdgeL	Output	1 bit	Ένδειξη ότι η μπάλα είναι στην αριστερή άκρη
EdgeR	Output	1 bit	Ένδειξη ότι η μπάλα είναι στην δεξιά άκρη
Clock_out	Output	1 bit	Generated clock