

# Ψηφιακή Σχεδίαση

## Επιπλέον Υλικό 2: Μετρήσεις Καθυστερήσεων, Ανάδραση, Διαιτησία

### x2.1 Παλμογεννήτρια

Οι παλμογεννήτριες είναι πηγές τάσης μεταβαλλόμενης περιοδικά με το χρόνο. Οι παλμογεννήτριες του εργαστηρίου είναι της εταιρείας *GW Instek*, μοντέλο *GFG-8020H*, με δυνατότητα γέννησης ημιτονοειδούς σήματος, ή τριγωνικών ή τετραγωνικών παλμών, και για συχνότητες από 0.2 Hz μέχρι 2 MHz για ημιτονοειδή και τριγωνικά σήματα, και μέχρι 100 kHz για τετραγωνικούς παλμούς. Μελετήστε την όψη, τις προδιαγραφές, και τις οδηγίες λειτουργίας τους στο <http://www.gwinstek.com.tw/en/product/productdetail.aspx?pid=5&mid=73&id=105> --ιδιαίτερα τις σελίδες 5-12 του εγχειρίδιου χρήσης.

Πέρα από την επιλογή του σχήματος της κυματομορφής και τη ρύθμιση της συχνότητας (δηλ. της περιόδου) της, παρέχεται η δυνατότητα να ρυθμίζει ο χρήστης και το πλάτος (την τάση) της εξόδου, καθώς και μιά σταθερή τάση ("DC offset") που προστίθεται στην κυματομορφή εξόδου. Επιπλέον, για τον τετραγωνικό παλμό, υπάρχει η δυνατότητα να αλλάξει ο χρήστης τη διάρκεια της μιάς από τις δύο υποπεριόδους, ενώ η άλλη παραμένει σταθερή, αλλάζοντας έτσι το ποσοστό του χρόνου που η έξοδος είναι υψηλή έναντι εκείνου που είναι χαμηλή ("duty cycle").

### x2.2 Εξοικείωση με τη Χρήση των Οργάνων

Συνδέστε την έξοδο της παλμογεννήτριας στο κανάλι 1 του παλμογράφου. Επιλέξτε ημιτονοειδείς κυματομορφές των λίγων ή πολλών kHz, και επιλέξτε οριζόντια σάρωση 100 μs/DIV, κατακόρυφη κλίμακα 2 V/DIV, trigger source = CH1, και trigger level LOCK.

- Αλλάξτε τη συχνότητα της γεννήτριας και παρατηρήστε την εικόνα.
- Αλλάξτε την τάση (πλάτος - amplitude) της γεννήτριας και παρατηρήστε.
- Αλλάξτε το "DC offset" της γεννήτριας και παρατηρήστε· σε αυτό το πείραμα, δοκιμάστε εναλλαξ DC coupling και AC coupling για το CH1 (κατακόρυφο).
- Κρατήστε σταθερή την τάση (πλάτος) της γεννήτριας, αλλάξτε την κατακόρυφη κλίμακα του παλμογράφου (CH1), και παρατηρήστε.
- Κρατήστε σταθερή τη συχνότητα της γεννήτριας, αλλάξτε την οριζόντια κλίμακα του παλμογράφου, και παρατηρήστε.
- Στο trigger level, απελευθερώστε το LOCK, αλλάξτε το επίπεδο (level) και την κλίση (slope) σκανδαλισμού, και παρατηρήστε.
- Με DC coupling στο σκανδαλισμό, αλλάξτε το DC offset της γεννήτριας, και παρατηρήστε.
- Αλλάξτε την πηγή σκανδαλισμού στο CH2 (που δεν έχει σήμα), και παρατηρήστε.

### x2.3 Μετρήσεις Καθυστερήσεων

Δείτε εάν μπορείτε να μετρήσετε την καθυστέρηση μιάς πύλης NOT από τα chips που παίρνετε για τα εργαστήρια 3 και πέρα του μαθήματος. Οι (λίγοι, ακριβοί) γρήγοροι παλμογράφοι του εργαστηρίου σίγουρα μπορούν να μετρήσουν τέτοιες καθυστερήσεις. Οι (κάμποσοι, οικονομικότεροι) αργοί παλμογράφοι πιθανόν να μην μπορούν --ή τουλάχιστο θα δείχνουν τους χρόνους ανόδου (rise time) και χρόνους καθόδου (fall time) της εξόδου πίο αργούς από την πραγματικότητα. Ένα άλλο πρόβλημα θα είναι οι αργοί χρόνοι ανύψωσης και καθόδου των τετραγωνικών παλμών που βγάζει η παλμογεννήτρια: προτιμήστε μάλλον την "Pulse Output" που μοιάζει να μπορεί να δώσει τέτοιους χρόνους γύρω στα 25 ns, σε αντίθεση με την κανονική έξοδο με τετραγωνικό παλμό που φαίνεται πως έχει χρόνους ανόδου/καθόδου γύρω στα 100 ns. **Προσοχή**

στην τάση εξόδου και DC Offset της παλμογεννήτριας, να μην ξεπερνάει τα επιτρεπτά επίπεδα τάσεων εισόδου των chips σας, με το τροφοδοτικό σας των 5 Volt, και να μην παίρνει ποτέ αρνητικές τιμές. Επίσης προσοχή να εξασφαλίσετε κοινή γείωση (τάση αναφοράς, αρνητικού) μεταξύ παλμογεννήτριας και τροφοδοτικού σας.

Εάν η καθυστέρηση μιάς πύλης NOT είναι πολύ μικρή για να την μετρήσετε, συνδέστε κάμποσες (π.χ. 6) πύλες NOT σε σειρά, και μετρήστε τη συνολική τους καθυστέρηση καθυστέρηση. Για μία πύλη NOT, πώς αλλάζει η καθυστέρηση μεταξύ ανόδου και καθόδου; Συγκρίνετε με τις προδιαγραφές του εγχειριδίου (data sheet) <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn74ls04.pdf>

Εξετάστε εάν η παλμογεννήτρια έχει αρκετά χαμηλή αντίσταση και ισχύ εξόδου για να οδηγήσει το πηνίο ενός ηλεκτρονόμου (σύμφωνα με τις προδιαγραφές της, ενδέχεται και να μπορεί: υποτίθεται ότι μπορεί να οδηγήσει έως 10 Volt peak-to-peak στα 50 Ω φορτίο). Κάντε τη δοκιμή με επαρκώς χαμηλή συχνότητα εξόδου, και σωστό DC offset. Εάν τα καταφέρετε, μετρήστε την καθυστέρηση ανοίγματος και κλεισίματος του διακόπτη του ηλεκτρονόμου. Θα χρειαστείτε μιά πηγή τάσης και μιά αντίσταση στο κύκλωμα του διακόπτη. Αλλάξτε την τάση οδήγησης του πηνίου από την παλμογεννήτρια, και μετρήστε πώς αυτή επηρεάζει τις καθυστερήσεις.

Φτιάξτε τον ταλαντωτή με ηλεκτρονόμο του πειράματος [2.9](#), και μετρήστε τη συχνότητα ταλάντωσής του με τον παλμογράφο. Πώς συγκρίνεται αυτή με τις καθυστερήσεις του ηλεκτρονόμου που μετρήσατε παραπάνω; Εάν έχετε χρόνο, τροφοδοτήστε τον ηλεκτρονόμο από το τροφοδοτικό μεταβλητής τάσης του εργαστηρίου, και δείτε πώς αλλάζει η συχνότητα ταλάντωσης με την τάση τροφοδοσίας.

Συνδέστε 5 ή περισσότερες πύλες NOT (περιττό αριθμό, όμως!) σε σειρά, σε δακτυλίδι (ring) (αρνητική ανάδραση, όταν είναι περιττού πλήθους), και παρατηρήστε με τον παλμογράφο την τάση σε οιοδήποτε ενδιάμεσο σημείο· μετρήστε τη συχνότητα ταλάντωσης, και εξηγήστε την βάσει των μετρήσεων καθυστέρησης παραπάνω.

#### **x2.4 Κύκλωμα Διαιτησίας: Ποιός πάτησε Πρώτος τον Διακόπτη του;**

Το δισταθές κύκλωμα ηλεκτρονόμου με θετική ανάδραση του πειράματος [2.10](#) μπορεί να ανιχνεύσει ποιός από τους δύο διακόπτες SET και RESET αφέθηκε πρώτος μετά από μία περίοδο που ήταν και οι δύο πατημένοι. Με βάση αυτή την ιδέα, σχεδιάστε (πριν πάτε στο εργαστήριο) και φτιάξτε στο εργαστήριο ένα πολύ πιο εξελιγμένο κύκλωμα-παιγνίδι που θα συγκρίνει τα ανακλαστικά δύο παικτών και θα βρίσκει ποιός από τους δύο είναι ταχύτερος. Τέτοια κυκλώματα λέγονται διαιτητές προτεραιότητας (first-come-first serve (FCFS) priority arbiters), διότι ανιχνεύουν ποιο αίτημα εξυπηρέτησης έφτασε πρώτο, με σκοπό να εξυπηρετηθεί αυτό πρώτο.

Το κύκλωμά σας θα έχει τρεις (3) διακόπτες σαν εισόδους: A, B, και GO. Οι δύο αντίπαλοι, A και B, ελέγχουν από ένα διακόπτη καθένας, τους A και B αντίστοιχα· ένας τρίτος συνάδελφος δίνει το σήμα της εκκίνησης, πατώντας το διακόπτη GO. Το κύκλωμα θα χρησιμοποιεί πέντε λάμπες (LED) και τέσσερις ηλεκτρονόμους. Η λάμπα GO ανάβει από τον αντίστοιχο διακόπτη, δίνοντας έτσι το σήμα εκκίνησης.

Θα υπάρχουν δύο ηλεκτρονόμοι και οι αντίστοιχες λάμπες false\_start\_A και false\_start\_B, που θα ελέγχουν εάν κάποιος παίκτης πάτησε το διακόπτη του πριν ο διαιτητής πατήσει τον GO. Οι ηλεκτρονόμοι false\_start\_A και false\_start\_B είναι συνδεδεμένοι, καθένας, σαν το RS flip-flip του πειράματος 2.10, αλλά με διαφορετικό κύκλωμα SET (και χωρίς RESET --για απλότητα, μπορείτε να σβήνετε την τροφοδοσία για να κάνετε συνολικό RESET σε όλους τους ηλεκτρονόμους). Ο ηλεκτρονόμος false\_start\_A θα ανάβει και θα μένει αναμένος (SET) εάν πατηθεί ο διακόπτης A ενώ δεν έχει πατηθεί ο GO, και αντίστοιχα για τον false\_start\_B.

Θα υπάρχουν επίσης δύο ηλεκτρονόμοι και οι αντίστοιχες λάμπες A\_wins και B\_wins που ανακουρήσουν το νικητή: αρχικά είναι και οι δύο σβηστές, ενώ στη συνέχεια μία και μόνο μία απο αυτές θα ανάβει. Οι αντίστοιχοι ηλεκτρονόμοι θα είναι επίσης συνδεδεμένοι, καθένας, σαν το RS flip-flip του πειράματος 2.10. Ο ηλεκτρονόμος A\_wins θα ανάβει και θα μένει αναμένος (SET)

όταν πατηθεί ο διακόπτης A ενώ δεν είναι αναμένος ούτε ο ηλεκτρονόμος false\_start\_A ούτε ο ηλεκτρονόμος B\_wins. Αντίστοιχα και ο ηλεκτρονόμος B\_wins θα ανάβει και θα μένει αναμένος (SET) όταν πατηθεί ο διακόπτης B ενώ δεν είναι αναμένος ούτε ο ηλεκτρονόμος false\_start\_B ούτε ο ηλεκτρονόμος A\_wins. Παρατηρήστε ότι οι συνδέσεις SET των A\_wins και B\_wins εξαιτώνται κυκλικά η μία από την άλλη, φτιάχνοντας έτσι ένα βρόχο ανάδρασης, που είναι ακριβώς αυτός που προσφέρει τη διαιτησία (ανιχνεύει ποιός διακόπτης πατήθηκε πρώτος, και "κλειδώνει" σε αυτόν).

Σχεδιάστε το κύκλωμα, και σκεφτείτε προσεκτικά εάν δουλεύει σωστά και γιατί. Μπορείτε να σκεφτείτε όλες τις περιπτώσεις που υπάρχουν και τι θα συμβεί σε καθεμία; --με ποιές και πόσες διαφορετικές σειρές πατιώνονται οι τρεις διακόπτες, ή τι γίνεται εάν ένας ή περισσότεροι από αυτούς αφηθούν ή και ξαναπατηθούν πριν πατηθεί ένας άλλος για πρώτη ή και πολλοστή φορά...

## x2.5 Ανάδραση και Θεωρία Ελέγχου

Ξεκινήστε από το γενικό, εισαγωγικό άρθρο της Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/Feedback> για την **Ανάδραση**: θα εκτιμήσετε σε πόσο πολλές και ποικίλες φυσικές και ανθρώπινες διεργασίες αυτή εφαρμόζεται. Συνεχίστε με το άρθρο για την εφαρμογή της ανάδρασης στον **Αυτόματο Έλεγχο** και τη θεωρία του: [http://en.wikipedia.org/wiki/Control\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Control_theory). Ιδιαίτερα, για μιά σύνδεση με τον Απειροστικό Λογισμό, τις Διαφορικές Εξισώσεις, και τα Μαθηματικά για Μηχανικούς, δείτε τα περί ελεγκτή αναλογίας-ολοκληρώματος-παραγώγου:

[http://en.wikipedia.org/wiki/PID\\_controller](http://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller) (proportional-integral-derivative - PID).