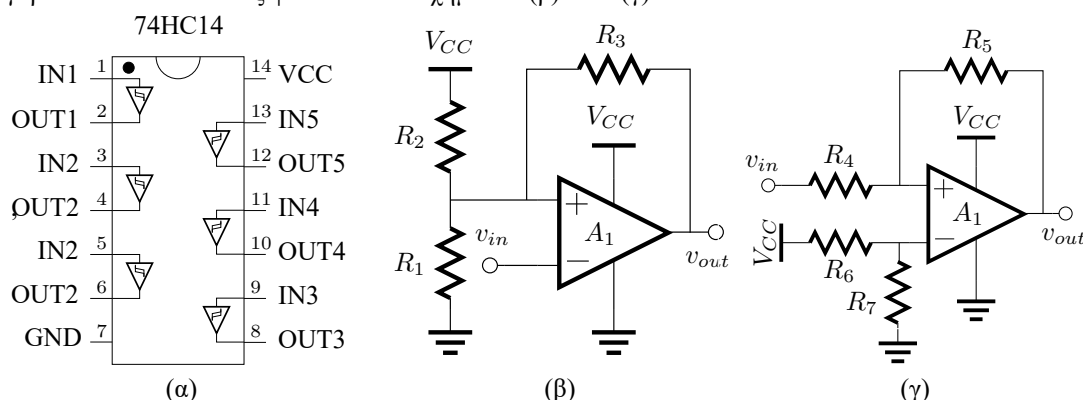


Θετική Ανάδραση και το Φαινόμενο της Υστέρησης

Περιγραφή Εργασίας

Στην εργαστηριακή αυτή εργασία θα εργαστείτε και εξοικιωθείτε με το κύκλωμα του Schmitt Trigger (ST). Υπάρχουν αρκετές τοπολογίες και τρόποι για να υλοποιηθεί ένας ST. Σε αυτό το εργαστήριο και για το σκοπό της χρήσης τους σε επόμενα εργαστήρια θα ασχοληθούμε με ST του ολοκληρωμένου 74HC14 (βλέπε Σχήμα 1(α)) και με ST που έχει υλοποιηθεί με τη χρήση Τελεστικού Ενισχυτή (TE) (βλέπε Σχήμα 1(β)). Θα μελετήσετε τόσο τη συμπεριφορά των κυκλωμάτων αυτών όσο και την επίδραση της θετικής ανάδρασης. Θα μελετήσετε επιπλέον ποιες είναι οι συνθήκες για να έχουμε υστέρηση και γιατί η χαρακτηριστική μεταφοράς (Transfer Characteristic, TC) του ST διέπεται από το φαινόμενο της υστέρησης.

Σε αυτό το εργαστήριο μελετάμε μια κατηγορία κυκλωμάτων που έχουν «υστερητικά» χαρακτηριστικά μεταφοράς. Όταν λέμε υστερητικό χαρακτηριστικό εννοούμε ότι η έξοδος αλλάζει κατάσταση σε μία τιμή της εισόδου αν η τελευταία αυξάνεται και σε διαφορετική τιμή της εισόδου αν αυτή μειώνεται. Το πιο συνηθισμένο παράδειγμα ενός τέτοιου στοιχείου είναι ο αναγεννητικός συγκριτής (regenerative comparator), που συνήθως αναφέρεται ως Schmitt Trigger. Ο ST χρησιμοποιείται ευρέως σε συστήματα μικτού σήματος για τη μετατροπή μιας αργά μεταβαλλόμενης αναλογικής τάσης εισόδου σε ένα σχεδόν ασυνεχές σήμα που έχει απότομα άλματα (ψηφιακό σήμα). Αυτό το κύκλωμα έχει επιπλέον εκτεταμένες εφαρμογές στην απόρριψη θορύβου σε δέκτες γραμμής, συγκριτές και άλλα κυκλώματα επεξεργασίας σήματος. Ο βασικός ακόλουθος τάσης Ο Schmitt Trigger μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας θετική ανάδραση γύρω από έναν TE όπως φαίνεται στα Σχήματα 1(β) και 1(γ).



Σχήμα 1: Schmitt Trigger (α) το ολοκληρωμένο 74HC14 με πέντε στοιχεία, (β) υλοποίηση με χρήση TE και αντιστάσεων και (γ) μια δεύτερη υλοποίηση με χρήση TE και αντιστάσεων ($A_1=LM324$, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = R_6 = R_7 = 100\text{ k}\Omega$, $R_4 = 20\text{ k}\Omega$)

Προεργασία

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 τη θεωρία που αντιστοιχεί στο εργαστήριο και προσομοιώστε τα κυκλώματα με ένα από τα εργαλεία που σας έχουν δοθεί (για παράδειγμα *LTspice*). Σημαντικό είναι να έχετε μελετήσει και να ξέρετε τί περιμένετε να παρατηρήσετε/μετρήσετε στο εργαστήριο σύμφωνα με τα βήματα που περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

Χαρακτηρισμός ST του ολοκληρωμένου 74HC14

Για να μετρήσουμε πειραματικά τη χαρακτηριστική μεταφοράς (VTC) και να δούμε το φαινόμενο της υστέρησης χρειάζεται να εφαρμόσουμε στην είσοδο τάσεις που αυξάνονται και μετά τάσεις που μειώνονται. Λόγω της υστέρησης, που περιμένουμε να δούμε, θα υπάρξουν δύο σημεία μεταγωγής. Έχοντας δημιουργήσει την VTC μπορούμε να υπολογίσουμε την θετική V_{OH} και αρνητική V_{OL} στάθμη της τάσης εξόδου καθώς και την θετική V_{M+} και αρνητική V_{M-} τάση μεταγωγής.

Χρησιμοποιείστε έναν από τους πέντε ST του ολοκληρωμένου 74HC14 και με τη βοήθεια της γεννήτριας σήματος δημιουργήστε ένα τριγωνικό σήμα με συχνότητα 10 kHz, πλάτος $5 V_{pp}$, και μετατόπιση (offset) $0 V_{DC}$. Ρυθμίστε την οριζόντια κλίμακα του παλμογράφου σε $250 \mu s/div$ και την κατακόρυφη $1 V/div$. Μηδενίστε την κατακόρυφη και οριζόντια θέση αναφοράς. Ρυθμίστε τον παλμογράφο σε λειτουργία X-Y και επιλέξτε persistent κατάλληλο για να δείτε τη φορά της υστέρησης.

- Κατασκευάστε το κύκλωμα του Σχήματος 1(α)
- Δημιουργήστε με τη γεννήτρια ένα τριγωνικό σήμα 1 kHz, $0 V_{DC}$ και πλάτος $5 V_{pp}$.
- Καταγράψτε το διάγραμμα VTC και εξάγετε τις παραμέτρους V_{OH} , V_{OL} , V_{M+} , V_{M-} (αν χρειαστεί μεγενθύνετε τον οριζόντιο και κάθετο άξονα).
- Μειώστε τη συχνότητα του σήματος εισόδου στο ελάχιστο και καταγράψτε ό,τι παρατηρείτε στη χαρακτηριστική μεταφοράς.
- Συγκρίνετε το διάγραμμα VTC με αυτό που προσομοιώσατε και αναφέρετε τυχόν αποκλίσεις.

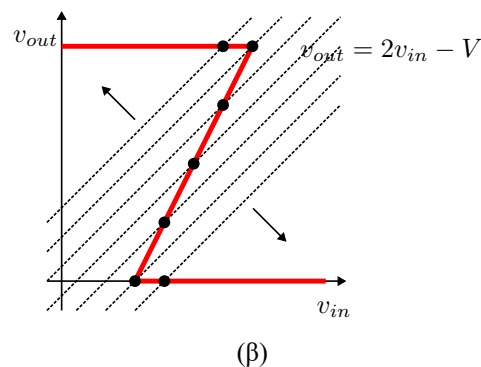
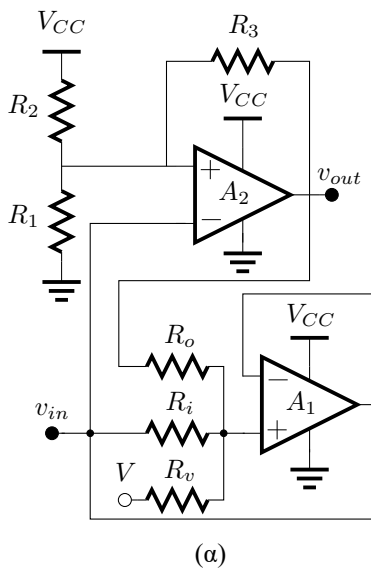
Μην αποσυνδέσετε το κύκλωμα γιατί θα χρειαστεί και στις επόμενες παραγράφους.

Χαρακτηρισμός ST με TE

Υλοποιήστε το κύκλωμα του ST με χρήση TE που απεικονίζεται στο Σχήμα 1(β). Λόγω της συνδεσμολογίας, δηλαδή της θετικής ανάδρασης, (η έξοδος του TE συνδέεται με γραμμικό παθητικό δίκτυο στην θετική είσοδο του TE) το κύκλωμα αυτό θα εμφανίζει το φαινόμενο της υστέρησης. Επειδή το κύκλωμα του σχήματος Σχήμα 1(β) θα χρησιμοποιηθεί και σε επόμενα εργαστήρια δώστε ιδιαίτερη προσοχή και βεβαιωθείτε ότι καταλαβαίνεται όλες τις λεπτομέρειες της λειτουργίας του.

- Επαναλάβετε τα βήματα που ακολουθήσατε για το κύκλωμα του Σχήματος 1(β).
- Καταγράψτε τη VTC και συγκρίνετέ την με την αντίστοιχη του ολοκληρωμένου 74HC14.
- * Υλοποιήστε το κύκλωμα που απεικονίζεται στο Σχήμα 1(γ) και επαναλάβετε τα παραπάνω βήματα για να χαρακτηρίσετε τον ST (το κύκλωμα αυτό δεν θα χρειαστεί σε επόμενα εργαστήρια και γι'αυτό είναι προαιρετικό) και συγκρίνετε με τα κύκλωμα του Σχήματος 1(β).

Χαρακτηρισμός της Στατικής Χαρακτηριστικής ενός ST



Σχήμα 2: (α) Κύκλωμα για τον καθορισμό της στατικής χαρακτηριστικής ενός ST ($A_1=LM324$, $V_{CC} = 5 V$, $R_1 = R_2 = R_3 = R_i = R_o = R_v = 100 k\Omega$) και (β) οι λύσεις του κυκλώματος σκανάροντας την είσοδο V που αναπαρίστανται σε X-Y γραφική.

Όπως είδαμε στη θεωρία η στατική χαρακτηριστική ενός ST δεν είναι αυτή που προκύπτει πειραματικά όπως είδαμε μέχρι τώρα στο εργαστήριο. Οι μεταβάσεις υστέρησης είναι ένα δυναμικό φαινόμενο που προκύπτει λόγω της παρουσίας των παρασιτικών στοιχείων του TE κυρίως. Για την εξήγηση όμως των δυναμικών αυτών φαινομένων είναι απαραίτητη η γνώση της στατικής χαρακτηριστικής. Για να βρούμε πειραματικά τη στατική χαρακτηριστική ενός ST μπορούμε να υλοποιήσουμε το κύκλωμα του Σχήματος 2.

Το κύκλωμα αυτό αποτελείται από έναν αναλογικό αθροιστή, τον ST και μία είσοδο όπου συνδέεται μια ανεξάρτητη πηγή τάσης στην είσοδο V . Σημειώστε ότι στους κόμβους v_{in} και v_{out} δεν πρέπει να συνδέσετε τίποτα. Για να χαρακτηρίσουμε τη στατική χαρακτηριστική πρέπει στην πραγματικότητα να βρούμε όλα τα σημεία λειτουργίας του ST που αντιστοιχούν σε μια DC λύση του κυκλώματος. Υποθέτοντας ότι ο TE του αθροιστή λειτουργεί στη γραμμική περιοχή, η θετική είσοδος ακολουθεί την αρνητική και έτσι έχουμε

$$(v_{out} - v_{in})G_o + (v_{in} - v_{in})G_i + (V - v_{in})G_v = 0$$

Αν οι αντιστάσεις επιλεγθούν έτσι ώστε $R_i = R_o = R_v$ τότε

$$v_{out} = 2v_{in} - V$$

Μεταβάλλοντας την DC είσοδο με εύρος $0 \leftrightarrow V_{CC}$ θα προκύψουν όλα τα σημεία της DC χαρακτηριστικής που είναι ένα Z όπως αποδείξαμε στη θεωρία. Έτσι για να επιβεβαιώσουμε και πειραματικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη θεωρία ακολουθούμε τα ακόλουθα βήματα:

- Κατασκευάστε το κύκλωμα του Σχήματος 2(α)
- Μεταβάλετε την DC είσοδο V με εύρος $0 \leftrightarrow V_{CC}$. Ποιός είναι ο ελάχιστος αριθμός τάσεων που πρέπει να εφαρμόσετε για να σχηματίσετε την Z χαρακτηριστική; Σημειώστε πως δεν υπάρχει άλλη είσοδος.
- Για "αυτόματη" παραγωγή όλων των τάσεων εφαρμόστε στην είσοδο V ένα τριγωνικό σήμα 1 kHz, 2.5 V_{DC} και πλάτος 5 V_{pp}.
- Συνδέστε τον παλμογράφο στα σημεία v_{in} και v_{out}
- Απεικονίστε σε X-Y γραφική το v_{in} και v_{out} plot και καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας
- * Υλοποιήστε το κύκλωμα που απεικονίζεται στο Σχήμα 1(γ) και επαναλάβεται τα παραπάνω βήματα για να χαρακτηρίσετε την στατική χαρακτηριστική. [Tip: πρέπει να αλλάξει η αρχιτεκτονική του αθροιστή (βλέπε Εργαστήριο 1)]