

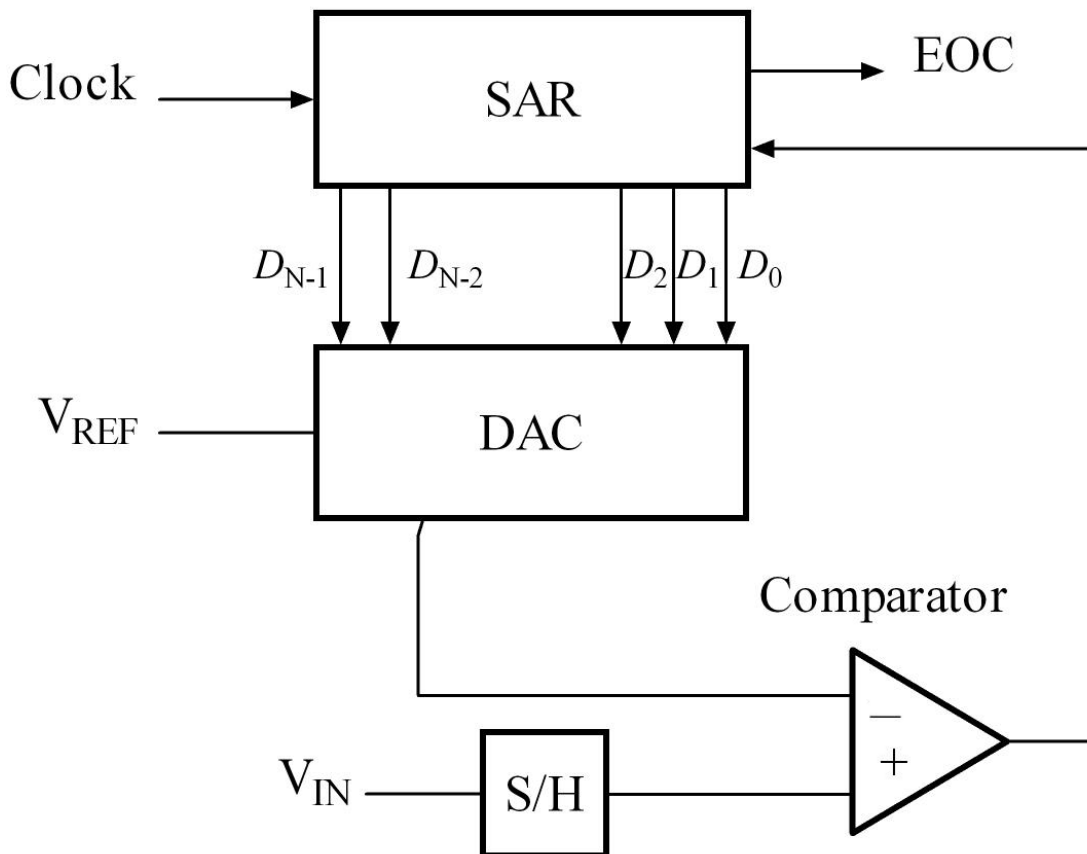
Άσκηση 5

Ψηφιακό βολτόμετρο διαδοχικών προσεγγίσεων (Successive Approximation Digital Voltmeter – SAR DVM)

Σκοπός της άσκησης, είναι η υλοποίηση μιας βασικής μεθόδου για A/D μετατροπή που χρησιμοποιούνται στα ψηφιακά πολύμετρα, της μεθόδου διαδοχικών προσεγγίσεων η οποία βασίζεται στην αρχή της σύγκρισης της μετρούμενης ποσότητας προς μία γνωστή τάση.

Θεωρία

Σήμερα υπάρχουν, διαθέσιμα στο εμπόριο, ψηφιακά βολτόμετρα ικανά να κάνουν περισσότερες από 1000 αναγνώσεις στο δευτερόλεπτο. Τα βολτόμετρα αυτά κατά βάση λειτουργούν ως ένας Αναλογικό προς Ψηφιακό Μετατροπέας (A/Ψ Μετατροπέας) που αποτελεί και το βασικό τους κύκλωμα. Μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιείται για να A/Ψ μετατροπή είναι αυτή των διαδοχικών προσεγγίσεων. Στο σχήμα 5.1 φαίνεται το απλοποιημένο block διάγραμμα ενός τέτοιου A/Ψ Μετατροπέα.



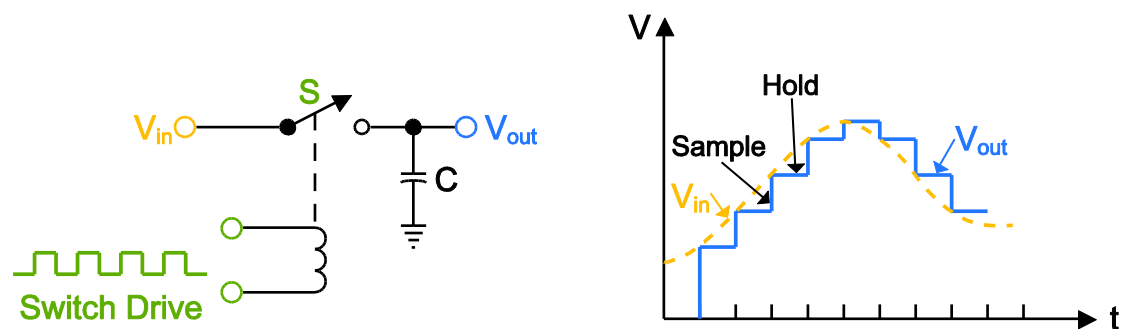
Σχήμα 5.1. A/Ψ Μετατροπέας διαδοχικών προσεγγίσεων

Ο Α/Ψ μετατροπέας διαδοχικών προσεγγίσεων αποτελείται από τέσσερα βασικά υποσυστήματα: 1) DAC: Digital-to-Analog Converter, Ψηφιακό προς Αναλογικό Μετατροπέα που παράγει την τάση που πρόκειται να συγκριθεί με την μετρούμενη, 2) SAR: Successive Approximation Register ή Καταχωρητής Διαδοχικών Προσεγγίσεων που αναλαμβάνει να δημιουργεί την δυαδική λέξη για τον Ψ/Α Μετατροπέα, 3) Comparator ή συγκριτής, που συγκρίνει την μετρούμενη τάση με την έξοδο του Ψ/Α Μετατροπέα και 4) S/H: Sample and Hold ή κύκλωμα δειγματοληψίας και συγκράτησης που δειγματοληπτεί και συγκρατεί την τάση που πρόκειται να μετατραπεί.

Η βασική αρχή της συγκεκριμένης μεθόδου βασίζεται στην λογική ότι για να βρεθεί η τιμή της μετρούμενης τάσης, γίνονται διαδοχικές συγκρίσεις της με κλάσματα της μέγιστης κλίμακας που μπορεί να μετρήσει το βολτόμετρο.

Αναλυτικότερα, έστω ότι ο ψηφιακός προς αναλογικό μετατροπέας είναι μεγέθους N bits. Με το που έρθει στην είσοδο του βολτομέτρου μια μετρούμενη τάση, το κύκλωμα τίθεται σε λειτουργία με βάση το εσωτερικό του ρολόι. Ο καταχωρητής παράγει την πρώτη δυαδική λέξη θέτοντας λογικό ένα ('1') στο πιο σημαντικό ($N-1$) bit (MSB) και σε όλα τα άλλα λογικό μηδέν. Αυτό μετατρέπεται σε αναλογική τιμή τάσης στον Ψ/Α μετατροπέα όπου και θα συγκριθεί με την μετρούμενη τάση. Αν η μετρούμενη τάση είναι μεγαλύτερη από την έξοδο του Ψ/Α μετατροπέα, τότε το $N-1$ bit κρατιέται στην τιμή αυτή, αλλιώς επιστρέφει στην αρχική τιμή (reset) και ο καταχωρητής στον επόμενο κύκλο ρολογιού πάει και θέτει το $N-2$ bit σε λογικό ένα ('1') και το κύκλωμα εκτελεί την ίδια ακριβώς διαδικασία. Αυτός ο έλεγχος συνεχίζεται μέχρι να ελεγχθεί και το λιγότερο σημαντικό ψηφίο (LSB).

Τέλος το κύκλωμα δειγματοληψίας και συγκράτησης συγκρατεί την τιμή σταθερή καθ'όλη την διάρκεια της μετατροπής. Η πιο απλή μορφή ενός τέτοιου κυκλώματος φαίνεται στο Σχήμα 5.2. Σε κατάσταση Sample (δειγματοληψίας), ο διακόπτης κλείνει και ο πυκνωτής φορτίζεται στη στιγμιαία τιμή της τάσης εισόδου. Στην κατάσταση Hold, ο διακόπτης ανοίγει και ο πυκνωτής διατηρεί την τάση που είχε. Αν ο οδηγός του διακόπτη είναι συγχρονισμένος με το ρολόι τότε η μέτρηση και η μετατροπή πραγματοποιείται όταν το κύκλωμα είναι σε κατάσταση Hold.



Σχήμα 5.2. Απλοποιημένο κύκλωμα Sample & Hold

Εφαρμογές

- 5.1 Να δημιουργηθεί subvi το οποίο να υλοποιεί τον Ψ/Α μετατροπέα. Ως είσοδοι να παίρνει τα όρια λειτουργίας του μετατροπέα (V_{min} , V_{max}), την ανάλυση του (Q-bits) και την δυαδική λέξη, και ως έξοδο να υπολογίζει την αναλογική τιμή τάσης.
- 5.2 Να υλοποιηθεί ψηφιακό βολτόμετρο τύπου διαδοχικών προσεγγίσεων ως subvi. Το εύρος λειτουργίας του βολτομέτρου να είναι [-10,10] Volt και ανάλυσης 8bit. Το εσωτερικό ρολόι του βολτομέτρου να ρυθμιστεί στα 5msec. Πόσο χρόνο χρειάζεται το συγκεκριμένο βολτόμετρο για να βρει την μετρούμενη τάση από την στιγμή που την δειγματοληπτεί;
- 5.3 Τροποποιήστε το βολτόμετρο αφαιρώντας το εσωτερικό ρολόι που τοποθετήσατε. Να μετρήσετε και να απεικονίσετε την έξοδο του πραγματικού συστήματος του εργαστηρίου, χρησιμοποιώντας το template ask5_template.vi. Συγκρίνετε το με την έξοδο του συστήματος όπως υπολογίζεται από την κάρτα και απεικονίστε τα σε κοινό διάγραμμα. Τι παρατηρείτε; Τι γίνεται αν αλλάξετε την ανάλυση του βολτομέτρου σε Q=4bits; Τι γίνεται αν πάει στα Q=12bits; Ποια είναι η ανάλυση του μετατροπέα στην κάρτα που χρησιμοποιείτε στο εργαστήριο (NI-DAQ 6024E).
- 5.4 Για ανάλυση του μετατροπέα Q=4,8,12 bits, συντονίστε τον PID ελεγκτή με Ziegler-Nichols αλλά η έξοδος να υπολογίζεται μέσω του βολτομέτρου που κατασκευάσατε. Τι διαφορές στην απόκριση παρατηρείτε σε σχέση με τον PID χωρίς το βολτόμετρο; Που οφείλεται αυτό;
- 5.5 Ποιά είναι η ιδανική ανάλυση του Α/Ψ μετατροπέα για το συγκεκριμένο σύστημα με βάση αυτά που γνωρίζουμε για το πραγματικό σύστημα;