

Συστήματα Ελέγχου - Ανάδραση



Σύστημα Αυτόματου Ελέγχου

Ονομάζεται ένα σύνολο φυσικών ή τεχνητών στοιχείων τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε να καθοδηγούν, ελέγχουν ή ρυθμίζουν τον εαυτό τους ή άλλα συστήματα ώστε να λειτουργούν με ένα προκαθορισμένο τρόπο

Δομή Συστήματος Αυτομάτου Ελέγχου

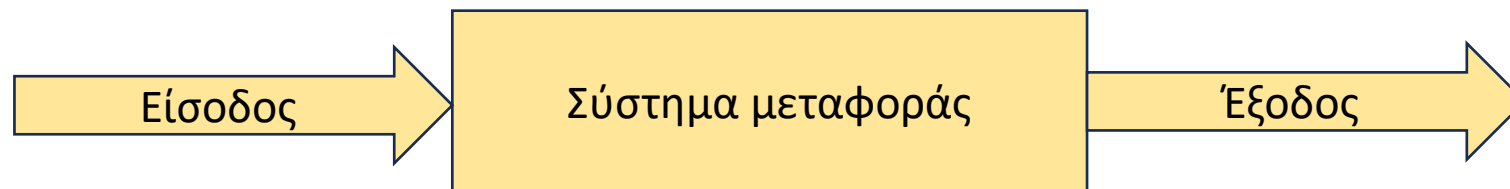
1. Είσοδος

Είναι μια διέγερση, εντολή ή αιτία η οποία εφαρμόζεται στο σύστημα από εξωτερική πηγή ώστε να επιτελέσει το ζητούμενο έργο

2. Έξοδος

Το πραγματικό αποτέλεσμα ή απόκριση η οποία προκύπτει από την εφαρμογή της εισόδου στο σύστημα

3. Σύστημα Μεταφοράς



Είδη Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου

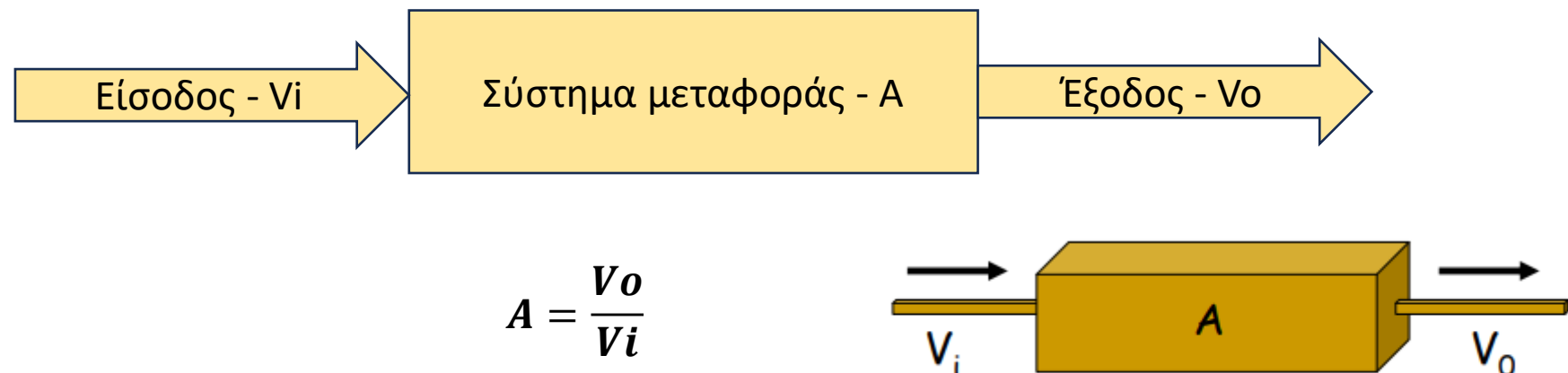
Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την ύπαρξη ανατροφοδότησης (feedback):

1. Συστήματα ανοιχτού βρόχου
2. Συστήματα κλειστού βρόχου

Συστήματα Ανοιχτού Βρόχου

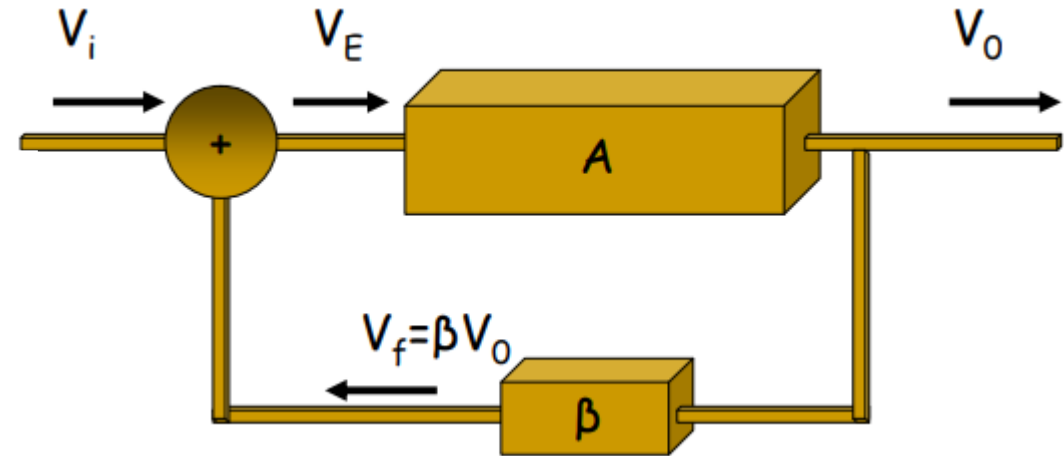
Σύστημα στο οποίο η είσοδος δεν είναι συνάρτηση της εξόδου καθώς δεν υπάρχει ανατροφοδότηση

- Συστήματα απλούστερα σε σχέση με τα κλειστά
- Η ακρίβεια εξαρτάται από τη ρύθμιση διαφόρων στοιχείων
- Δεν παρουσιάζουν προβλήματα αστάθειας



Συστήματα Κλειστού Βρόχου

Σύστημα στο οποίο η είσοδος είναι συνάρτηση της εξόδου. Το σύστημα κλειστού βρόχου χρησιμοποιεί τη μέτρηση του σήματος εξόδου και την ανατροφοδοτεί για να συγκριθεί με το σήμα εισόδου (σήμα αναφοράς)



$$A = \frac{V_o}{V_E}$$

$$V_E = V_i + \beta V_o$$

$$A_f = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_E - \beta V_o} = \frac{\frac{V_o}{V_E}}{1 - \beta \frac{V_o}{V_E}} = \frac{A}{1 - \beta A}$$

βA : Κέρδος Βρόχου

$1 + \beta A$: Ποσό ανάδρασης

Συστήματα Κλειστού Βρόχου

- Παρουσιάζουν αυξημένη σταθερότητα και μειωμένη ευαισθησία
- Έχουν εύρος λειτουργίας
- Έχουν μεγάλη ακρίβεια
- Είναι πιο πολύπλοκα

Είδος Ανάδρασης

- Αρνητική Ανάδραση: Αν το σήμα επανέρχεται στην είσοδο με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνεται το σήμα εισόδου
- Θετική ανάδραση: Αν το σήμα επανέρχεται στην είσοδο έτσι ώστε να αυξάνονται οι μεταβολές εξόδου.

Συνάρτηση Μεταφοράς Συστήματος Κλειστού Βρόχου

$$A_f = \frac{A}{1 - \beta A}$$

- Αρνητική Ανάδραση (Negative Feedback) $|A_f| < |A|$ $|1 - \beta A| > 1$
- Θετική Ανάδραση (Positive Feedback) $|A_f| > |A|$ $|1 - \beta A| < 1$

Επίδραση Αρνητικής Ανάδρασης στο Εύρος Ζώνης

Απόκριση υψηλών συχνοτήτων ενισχυτή

$$A(s) = \frac{A_M}{1 - s/\omega_H}$$

Όπου A_M είναι το κέρδος μεσαίων συχνοτήτων και ω_H η άνω συχνότητα 3dB.

Εφαρμόζουμε αρνητική ανάδραση με ένα συντελεστή β ανεξάρτητο της συχνότητας:

$$A_f(s) = \frac{A(s)}{1 - \beta A(s)}$$

Επίδραση Αρνητικής Ανάδρασης στο Εύρος Ζώνης

$$\left. \begin{aligned} A(s) &= \frac{A_M}{1 - s/\omega_H} \\ A_f(s) &= \frac{A(s)}{1 - \beta A(s)} \end{aligned} \right\} A_f(s) = \frac{A_M/(1 + A_M\beta)}{1 - s/\omega_H(1 + A_M\beta)}$$

Άρα ο ενισχυτής με ανάδραση θα έχει κέρδος μέσης ζώνης ίσο με $A_M/(1+A_M\beta)$ και άνω συχνότητα 3dB:

$$\omega_{Hf} = \omega_H(1 + A_M\beta)$$

Παρατηρούμε ότι η άνω συχνότητα 3dB αυξάνεται κατά ένα συντελεστή ίσο με το ποσό ανάδρασης

Απευαισθητοποίηση του κέρδους

$$A_f = \frac{A}{1 - \beta A}$$

Θεωρούμε ότι το β έχει σταθερή τιμή και διαφορίζουμε και την παραπάνω εξίσωση

$$dA_f = \frac{dA}{(1 + \beta A)^2}$$

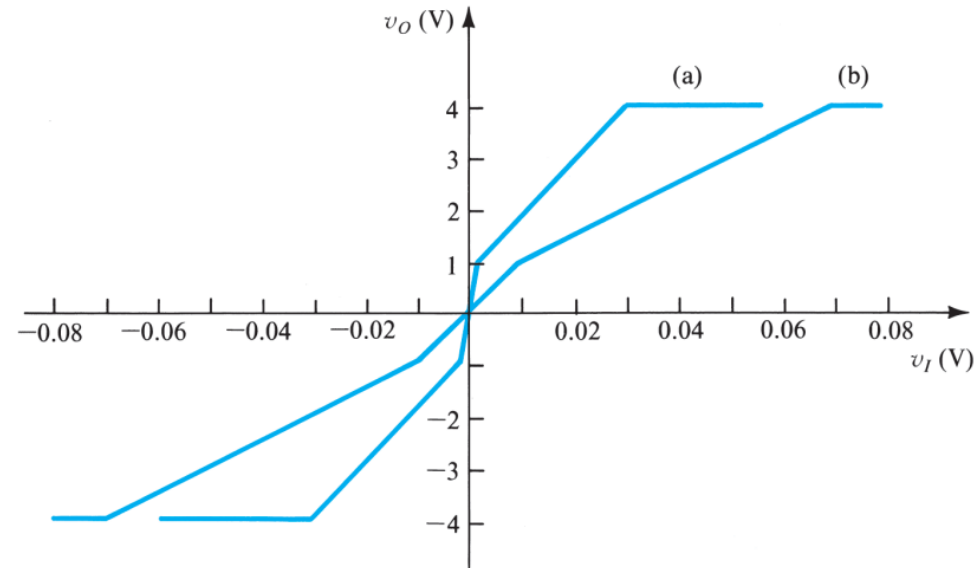
Διαιρώντας τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει:

$$\frac{dA_f}{A_f} = \frac{1}{(1 + \beta A)^2} \frac{dA}{A}$$

Το ποσοστό μεταβολής του A_f είναι μικρότερο από το ποσοστό μεταβολής του A κατά ένα συντελεστή ίσο με το ποσό της ανάδρασης.

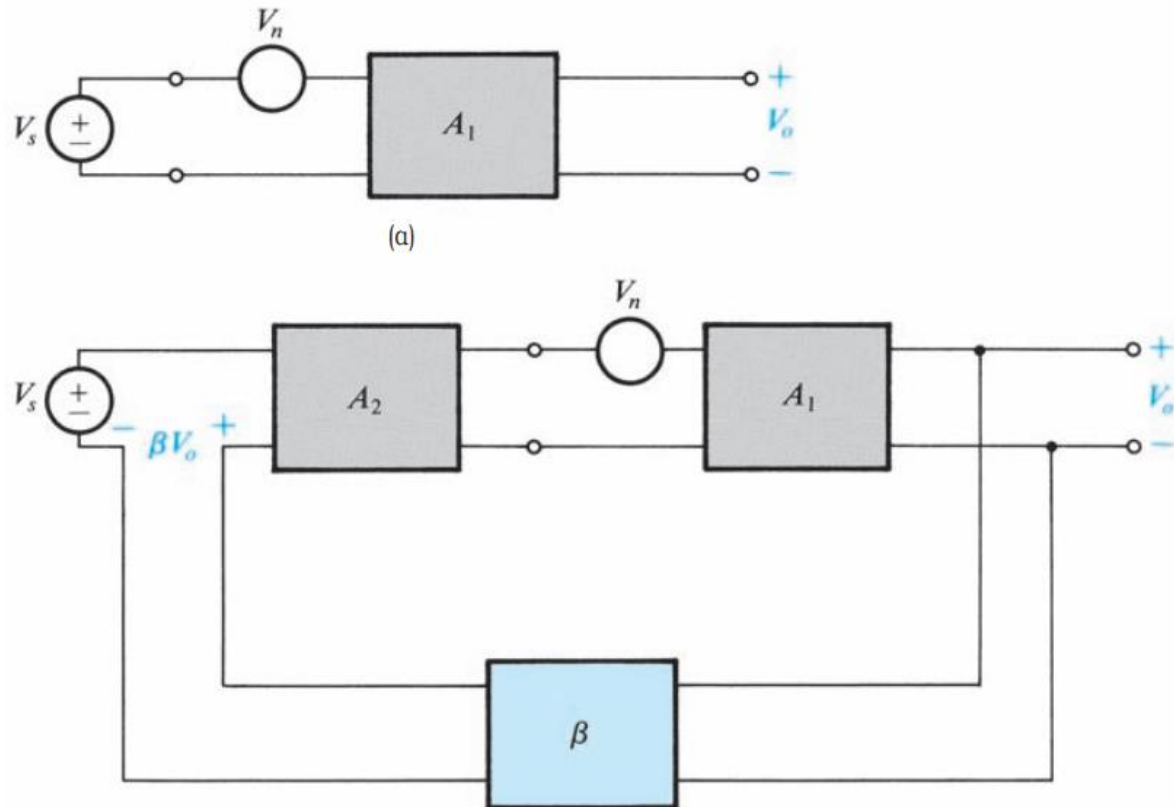
$1 + \beta A$: Συντελεστής απευαισθητοποίησης

Μείωση της γραμμικής παραμόρφωσης



- (a) : Χαρακτηριστική ενός ενισχυτή
- (b) : Χαρακτηριστική με εφαρμογή ανάδρασης

Μείωση της επίδρασης του θορύβου



Λόγος σήματος προς θόρυβο SNR

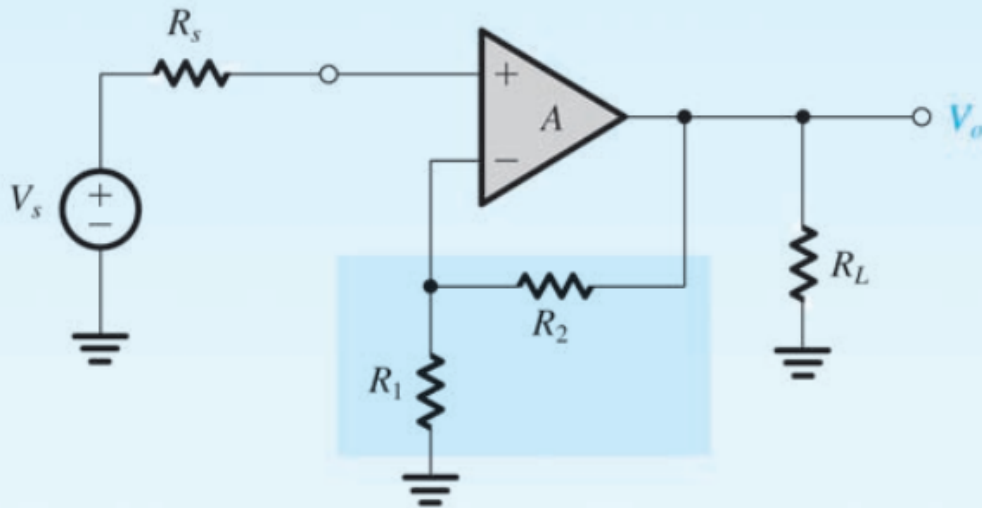
$$\frac{S}{N} = \frac{V_s}{V_N}$$

$$V_o = V_s \frac{A_1 A_2}{1 + A_1 A_2 \beta} + V_n \frac{A_1}{1 + A_1 A_2 \beta}$$

$$\frac{S}{N} = \frac{V_s}{V_N} A_2$$

Παραδείγματα

Η μη αναστρέφουσα συνδεσμολογία τελεστικού ενισχυτή που παρουσιάζεται στο Σχ. Α8.1 αποτελεί μια άμεση εφαρμογή του βρόχου ανάδρασης του Σχ. 8.1. (α) Υποθέστε ότι ο τελεστικός ενισχυτής έχει άπειρη αντίσταση εισόδου και μηδενική αντίσταση εξόδου. Βρείτε μια έκφραση για το συντελεστή ανάδρασης β . (β) Εάν το κέρδος τάσης ανοικτού βρόχου είναι $A = 10^4$, βρείτε το λόγο R_2/R_1 για να επιτύχετε κέρδος τάσης κλειστού βρόχου $A_f = 10$. (γ) Ποιο είναι το ποσό της ανάδρασης σε dB; (δ) Εάν $V_s = 1$ V, βρείτε τις τιμές των V_o , V_f και V_i . (ε) Εάν το A μειωθεί κατά 20%, ποια είναι η αντίστοιχη μείωση του A_f ;



ΣΧΗΜΑ Α8.1

Παραδείγματα

Δίνεται το κύκλωμα μη αναστρέφοντος τελεστικού ενισχυτή της Άσκησης 8.1. Έστω ότι το κέρδος A ανοικτού βρόχου έχει τιμή χαμηλών συχνοτήτων 10^4 και ομοιόμορφη πτώση -6 dB/οκτάβα στις υψηλές συχνότητες, με συχνότητα 3 dB 100 Hz. Βρείτε το κέρδος χαμηλών συχνοτήτων και την άνω συχνότητα 3 dB του ενισχυτή κλειστού βρόχου με $R_1 = 1$ k Ω και $R_2 = 9$ k Ω .