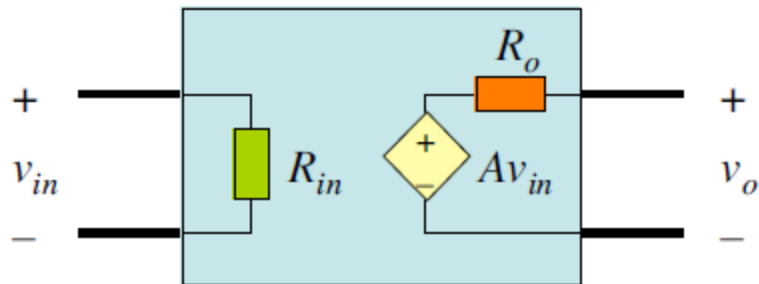
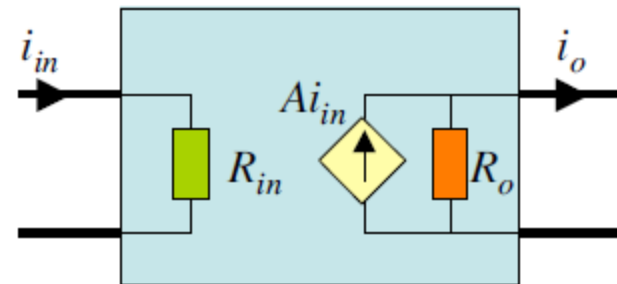


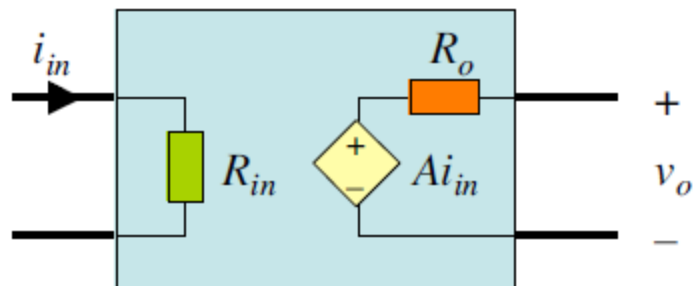
ΥΠΕΝΘΥΜΙΣΗ : Τύποι ενισχυτών



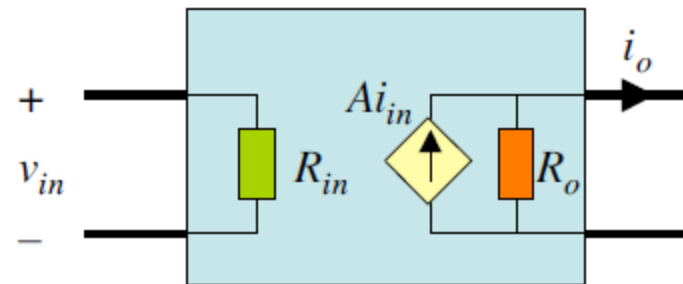
Ιδανικός ενισχυτής Τάσης



Ιδανικός ενισχυτής ρεύματος



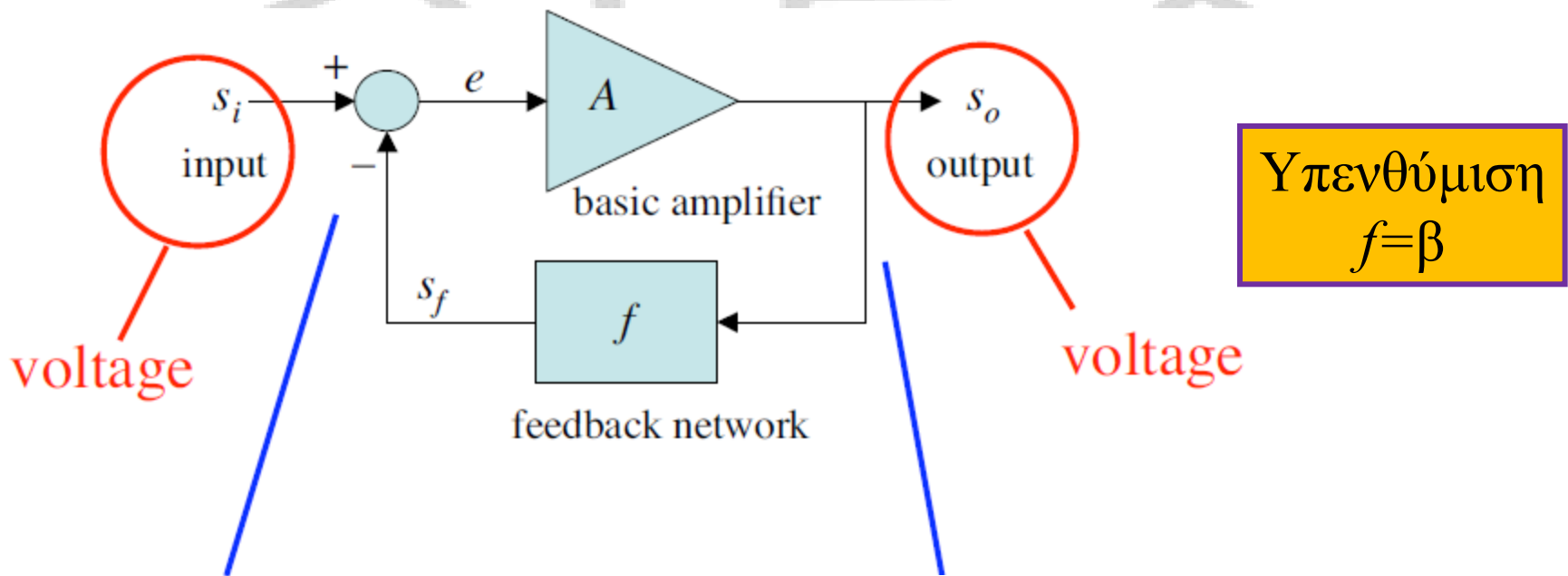
Ιδανικός ενισχυτής διαντίστασης



Ιδανικός ενισχυτής διαγωγιμότητας

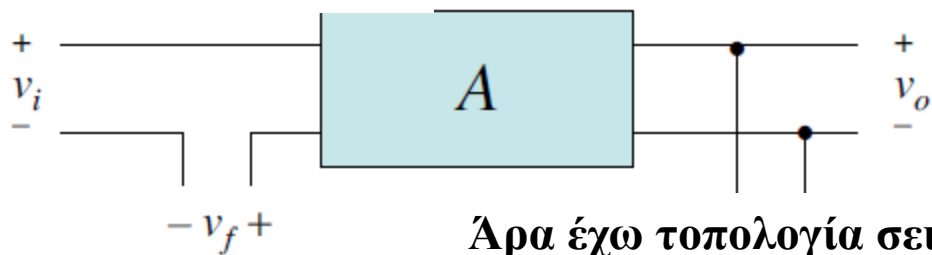


Ανάδραση σειράς – παράλληλα (ενισχυτής τάσης)



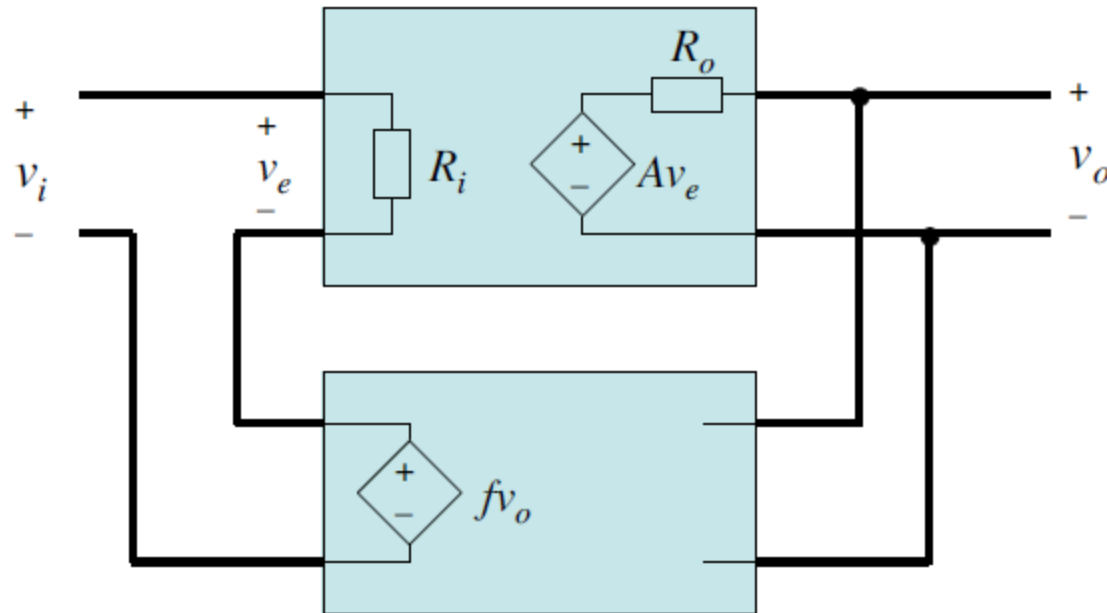
Για να αφαιρέσω τάση από τάση χρησιμοποιώ μίξη **σειράς (series)**

Για να λάβω αντίγραφο της τάσης εξόδου χρησιμοποιώ **παράλληλη (shunt)** συνδεσμολογία



Άρα έχω τοπολογία **σειράς - παράλληλα (series-shunt)**

Ανάδραση σειράς – παράλληλα (Κέρδος)



Απολαβή κλειστού βρόγχου :

$$A_o = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A}{1 + Af}$$

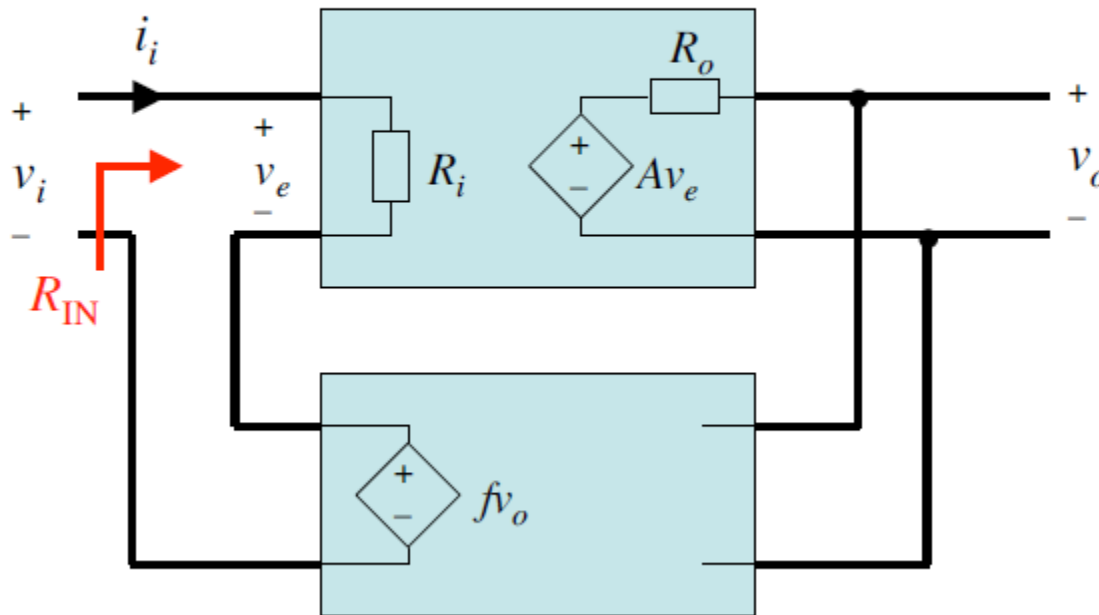
Υπενθύμιση
 $f = \beta$

Ανάδραση σειράς – παράλληλα (Αντίσταση εισόδου)

Για να βρούμε την αντίσταση εισόδου, λαμβάνουμε λόγο τάσης & ρεύματος εισόδου με την έξοδο βραχυκυκλωμένη

Υπενθύμιση
 $f = \beta$

$$\begin{aligned} R_{IN} &= \frac{v_i}{i_i} = \frac{v_i}{v_e / R_i} \\ &= R_i \frac{v_e + f v_o}{v_e} \\ &= R_i (1 + A f) \end{aligned}$$

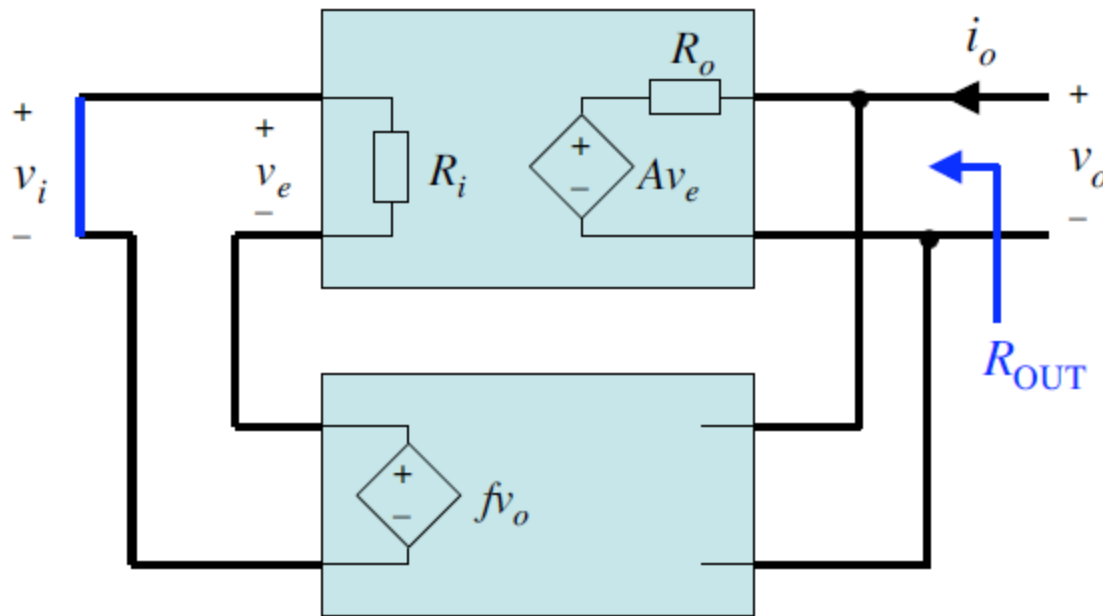


Η αντίσταση εισόδου, με εφαρμογή αρνητικής ανάδρασης έχει **αυξηθεί** κατά ποσό $(1 + Af)$

Το γεγονός αυτό θεωρείται θετικό διότι η αύξηση της αντίστασης εισόδου περιορίζει το φόρτο στο στάδιο εξόδου της προηγούμενης βαθμίδας

Ανάδραση σειράς – παράλληλα (Αντίσταση εξόδου)

Για να βρούμε την αντίσταση εξόδου, λαμβάνουμε λόγο τάσης & ρεύματος εξόδου με την είσοδο βραχυκυκλωμένη



Αρχικά έχουμε $v_e = -fv_o$.
επίσης

$$i_o = \frac{v_o - Av_e}{R_o} = \frac{v_o + Afv_o}{R_o}$$

Οπότε

$$R_{OUT} = \frac{v_o}{i_o} = \frac{R_o}{1 + Af}$$

Η αντίσταση εξόδου, με εφαρμογή αρνητικής ανάδρασης έχει **μειωθεί** κατά ποσό **$(1+Af)$**

Το γεγονός αυτό θεωρείται πλεονέκτημα σε ενισχυτή τάσης καθώς η μικρή αντίσταση εξόδου προσομοιάζει καλύτερα την ιδανική πηγή τάσης για το φορτίο

Υπενθύμιση
 $f = \beta$

Ανάδραση σειράς – παράλληλα για ενισχυτή τάσης

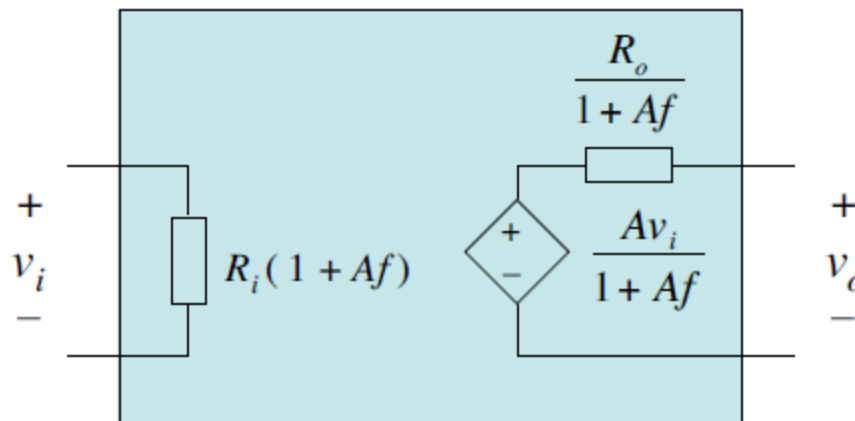
Σύνοψη

$$\text{Closed-loop gain} = \frac{A}{1 + Af} \approx \frac{1}{f}$$

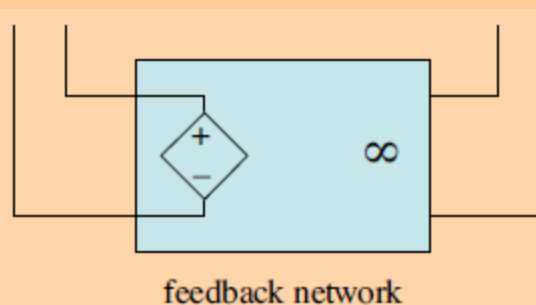
$$\text{Input resistance} = R_i(1 + Af)$$

$$\text{Output resistance} = \frac{R_o}{1 + Af}$$

Ισοδύναμο κύκλωμα

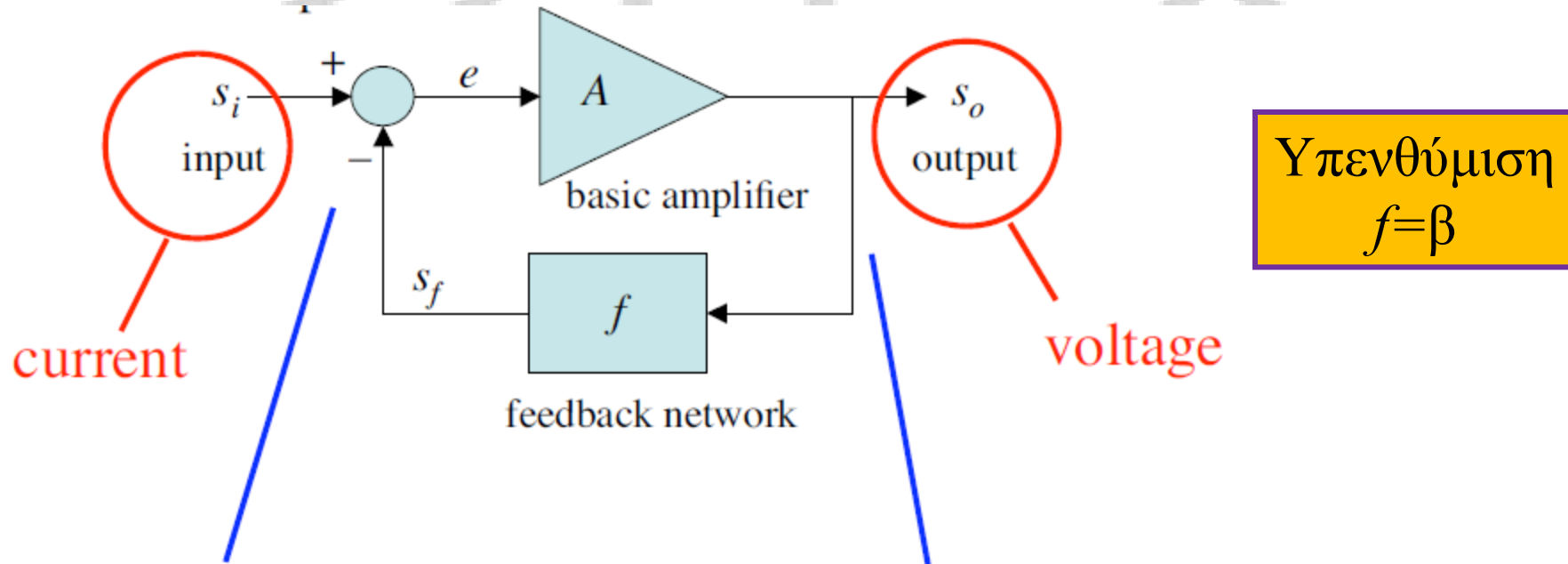


ΠΡΟΣΟΧΗ: Δεν λάβαμε υπόψη πιθανό φόρτο που προκαλεί το δικτύωμα ανάδρασης, δηλαδή θεωρήσαμε ότι το δικτύωμα είναι ιδανικός ενισχυτής ο οποίος τροφοδοτεί την είσοδο με ένα κλάσμα του σήματος εξόδου



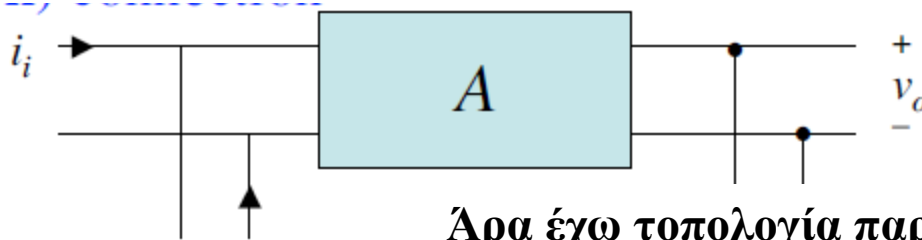
Υπενθύμιση
 $f = \beta$

Ανάδραση παράλληλα-παράλληλα (ενισχυτής διαντίστασης)



Για να αφαιρέσω ρεύμα από ρεύμα χρησιμοποιώ **παράλληλη (shunt) μίξη**

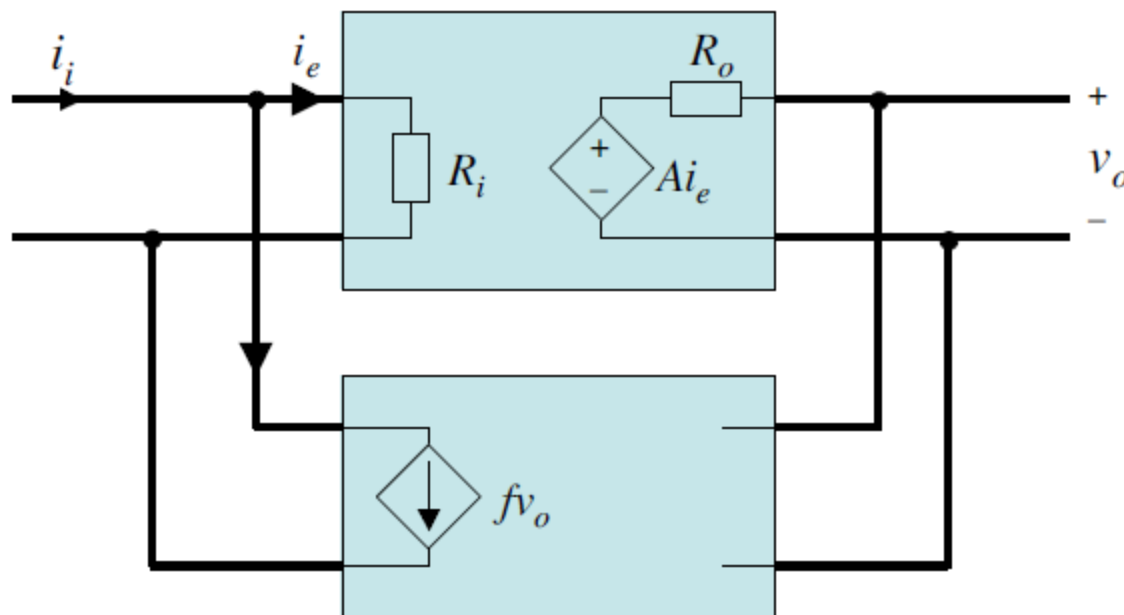
Για να λάβω αντίγραφο της τάσης εξόδου χρησιμοποιώ **παράλληλη (shunt) συνδεσμολογία**



Άρα έχω τοπολογία παράλληλα-παράλληλα (shunt-shunt)

Ανάδραση παράλληλα – παράλληλα (Κέρδος)

Υπενθύμιση
 $f = \beta$



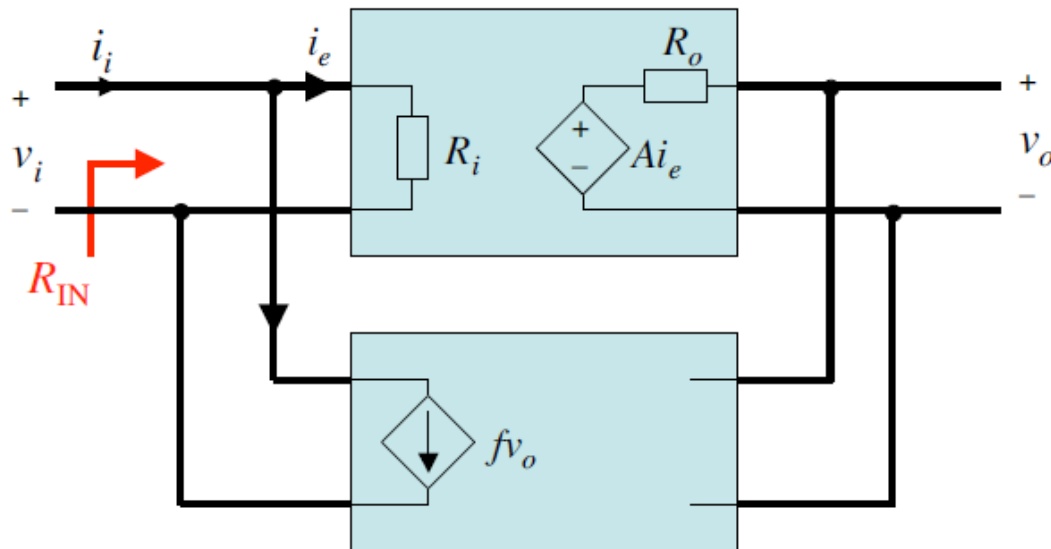
Απολαβή κλειστού βρόγχου :
$$A_o = \frac{v_o}{i_i} = \frac{A}{1 + Af}$$

Ανάδραση παράλληλα – παράλληλα (Αντίσταση εισόδου)

Για να βρούμε την αντίσταση εισόδου, λαμβάνουμε λόγο τάσης & ρεύματος εισόδου με την έξοδο ανοιχτοκυκλωμένη

Υπενθύμιση
 $f = \beta$

$$\begin{aligned} R_{\text{IN}} &= \frac{v_i}{i_i} = \frac{R_i i_e}{i_i} \\ &= R_i \frac{i_e}{i_e + f v_o} \\ &= \frac{R_i}{1 + A f} \end{aligned}$$

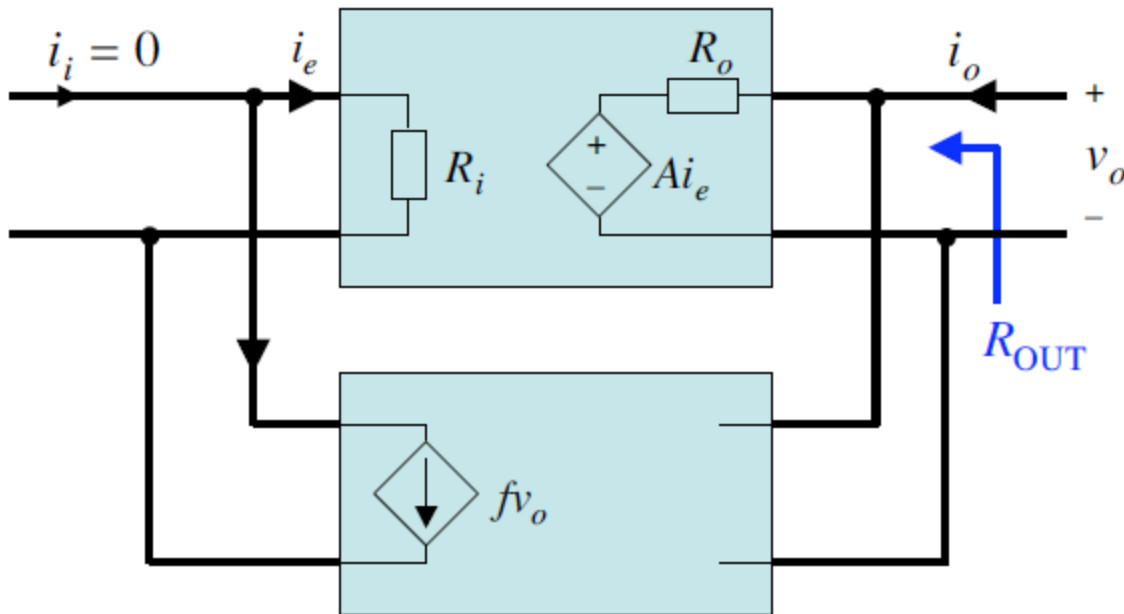


Η αντίσταση εισόδου, με εφαρμογή αρνητικής ανάδρασης έχει **μειωθεί** κατά ποσό $(1 + A f)$

Το γεγονός αυτό θεωρείται πλεονέκτημα σε ενισχυτή διαντίστασης καθώς η μικρή αντίσταση εισόδου εξασφαλίζει ακριβέστερη δειγματοληψία ρεύματος από την προηγούμενη βαθμίδα

Ανάδραση παράλληλα – παράλληλα (Αντίσταση εξόδου)

Για να βρούμε την αντίσταση εξόδου, λαμβάνουμε λόγο τάσης & ρεύματος εξόδου με την είσοδο ανοιχτοκυκλωμένη (ρεύμα εισόδου = 0)



Αρχικά έχουμε $i_e = -fv_o$.
επίσης

$$i_o = \frac{v_o - Ai_e}{R_o} = \frac{v_o + Afv_o}{R_o}$$

Οπότε

$$R_{OUT} = \frac{v_o}{i_o} = \frac{R_o}{1 + Af}$$

Η αντίσταση εξόδου, με εφαρμογή αρνητικής ανάδρασης έχει **μειωθεί** κατά ποσό **$(1+Af)$**

Το γεγονός αυτό θεωρείται πλεονέκτημα σε ενισχυτή διαντίστασης καθώς η μικρή αντίσταση εξόδου προσομοιάζει καλύτερα την ιδανική πηγή τάσης για το φορτίο

Ανάδραση παράλληλα-παράλληλα για ενισχυτή διαντίστασης

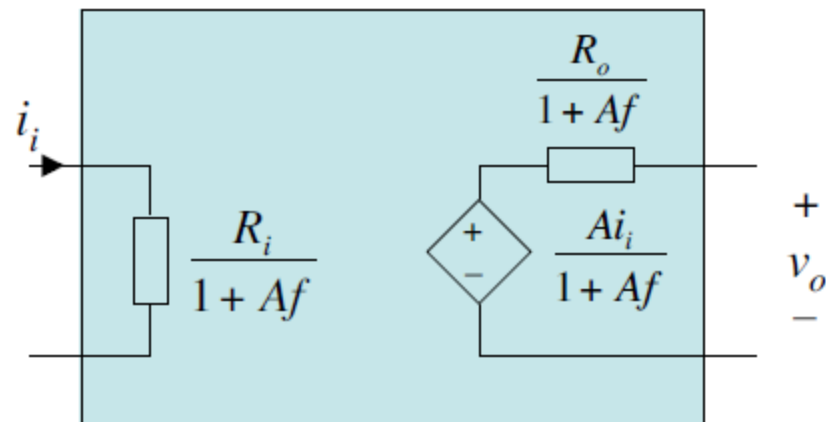
Σύνοψη

$$\text{Απολαβή κλειστού βρόγχου} = \frac{A}{1 + Af} \approx \frac{1}{f}$$

$$\text{Αντίσταση εισόδου} = \frac{R_i}{1 + Af}$$

$$\text{Αντίσταση εξόδου} = \frac{R_o}{1 + Af}$$

Ισοδύναμο κύκλωμα

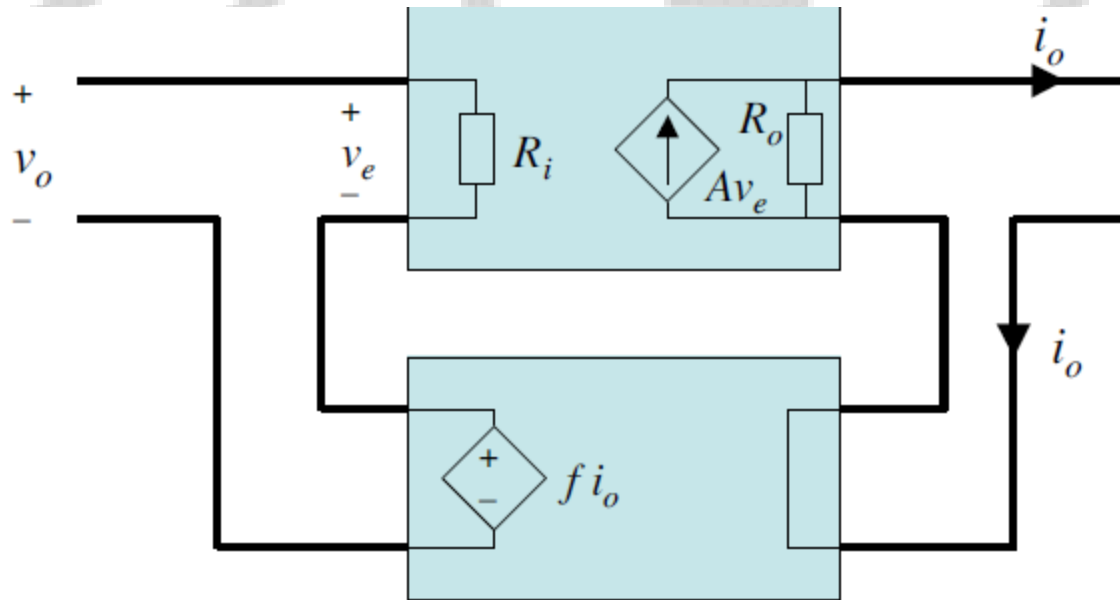


Ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία μπορούμε να καταλήξουμε σε αντίστοιχα συμπεράσματα για τους ενισχυτές ρεύματος και διαγωγιμότητας

Ενισχυτής διαγωγιμότητας : ανάδραση σειράς – σειράς

Ενισχυτής ρεύματος : ανάδραση παράλληλα - σειράς

Ανάδραση σειράς – σειράς (για ενισχυτή διαγωγιμότητας)

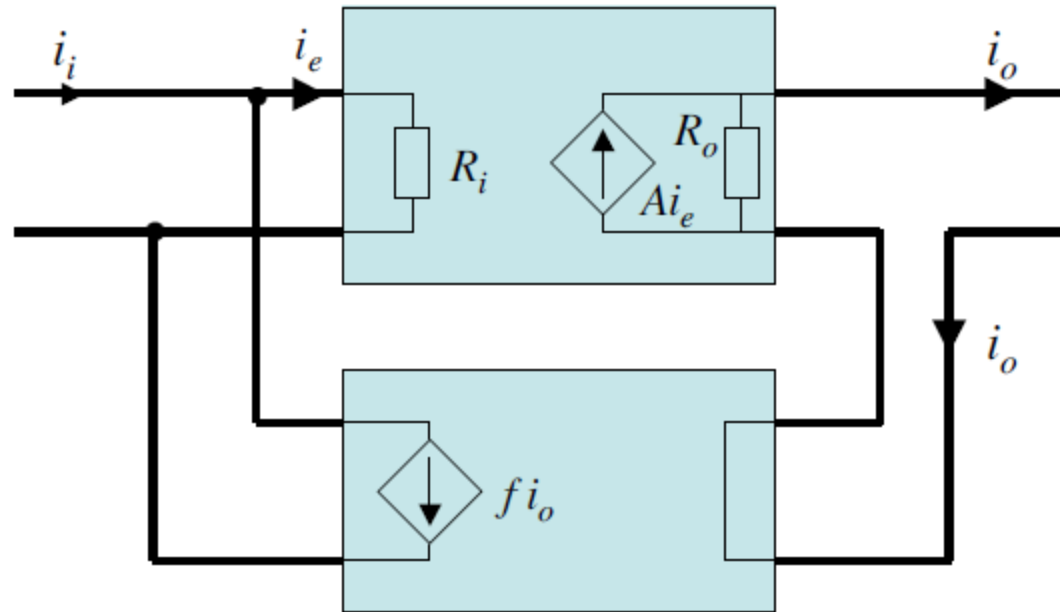


Overall gain (closed-loop gain):
$$A_o = \frac{i_o}{v_i} = \frac{A}{1 + Af}$$

Input resistance:
$$R_{IN} = R_i(1 + Af)$$

Output resistance:
$$R_{OUT} = R_o(1 + Af)$$

Ανάδραση παράλληλα-σειρας για ενισχυτή ρεύματος



Overall gain (closed-loop gain):
$$A_o = \frac{i_o}{i_i} = \frac{A}{1 + Af}$$

Input resistance:
$$R_{IN} = \frac{R_i}{1 + Af}$$

Output resistance:
$$R_{OUT} = \frac{R_o}{1 + Af}$$

Επίλυση κυκλωμάτων με αρνητική ανάδραση

- ✓ Ανάδραση Τάσης – σειράς (Ενισχυτής τάσης)
- ✓ Ανάδραση Ρεύματος - σειράς (Ενισχυτής διαγωγιμότητας)
- ✓ Ανάδραση Τάσης – παράλληλα (Ενισχυτής διαντίστασης)
- ✓ Ανάδραση ρεύματος – παράλληλα (Ενισχυτής Ρεύματος)

Βήματα Επίλυσης κυκλωμάτων με αρνητική ανάδραση

1. Εξακρίβωση της τοπολογίας

- ☞ Εισοδος: Αν το σήμα ανάδρασης προστίθεται ως τάση στην είσοδο → ανάδραση σειράς. Αν το σήμα προστίθεται ως ρεύμα → ανάδραση παράλληλα
- ☞ Εξοδος: Αν το σήμα ανάδρασης μηδενίζεται με βραχυκύκλωση της εξόδου ($v_o=0$) → ανάδραση τάσης. Αν μηδενίζεται με ανοιχτοκύκλωση της εξόδου ($i_o=0$) → ανάδραση ρεύματος

2. Υπολογισμός του φόρτου που προκαλεί η ανάδραση

- ☞ Στην είσοδο: Βραχυκυκλώνω την έξοδο του ενισχυτή αν πρόκειται για ανάδραση τάσης ή ανοιχτοκυκλώνω το βρόγχο εξόδου αν πρόκειται για ανάδραση ρεύματος
- ☞ Στην έξοδο: Ανοιχτοκυκλώνω το βρόγχο εισόδου αν πρόκειται για ανάδραση σειράς ή βραχυκυκλώνω την είσοδο αν πρόκειται για ανάδραση παράλληλα

3. Υπολογισμός κέρδους ανοιχτού βρόγχου

4. Υπολογισμός συντελεστή ανάδρασης

5. Υπολογισμός κέρδους κλειστού βρόγχου, και αντιστάσεων I/O