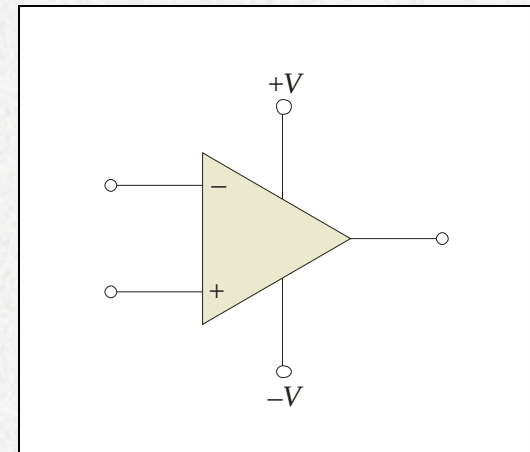
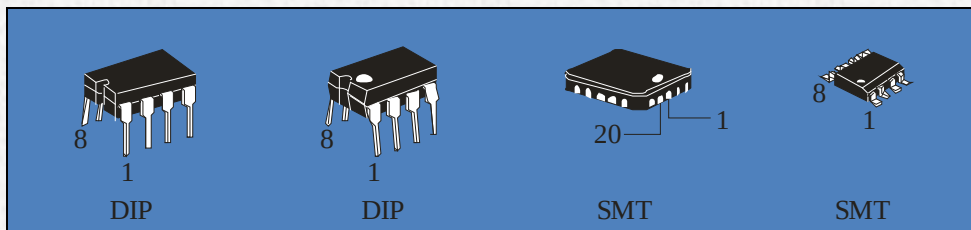


Τελεστικοί Ενισχυτές

Τελεστικοί ενισχυτές

Οι τελεστικοί ενισχυτές (**Operational amplifiers, op-amps**) είναι ενισχυτές σύζευξης dc με πολύ μεγάλο κέρδος με διαφορικές εισόδους. Η μία από αυτές ονομάζεται αναστρέφουσα ($-$); Ενώ η άλλη ονομάζεται μη αναστρέφουσα ($+$). Συνήθως έχουν μία έξοδο.

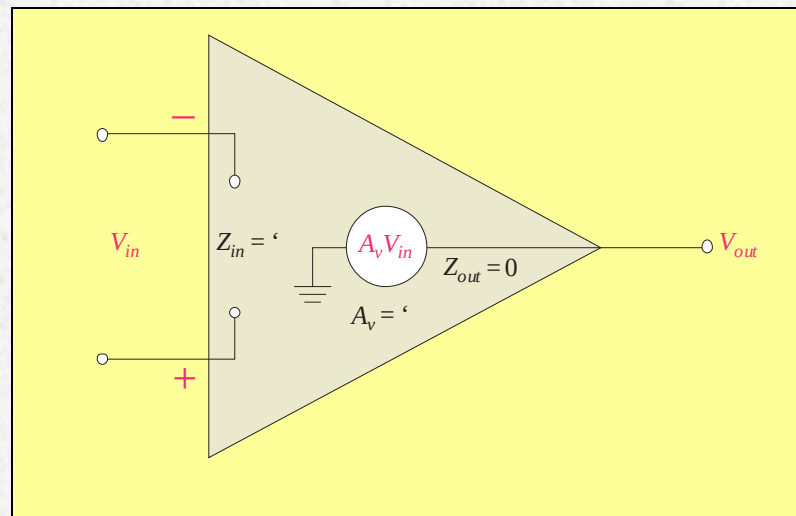
Οι περισσότεροι op-amps χρειάζονται θετική και αρνητική τροφοδοσία, οι οποίες δεν εμφανίζονται στο κύκλωμα που περιέχονται.



Ο ιδανικός op-amp

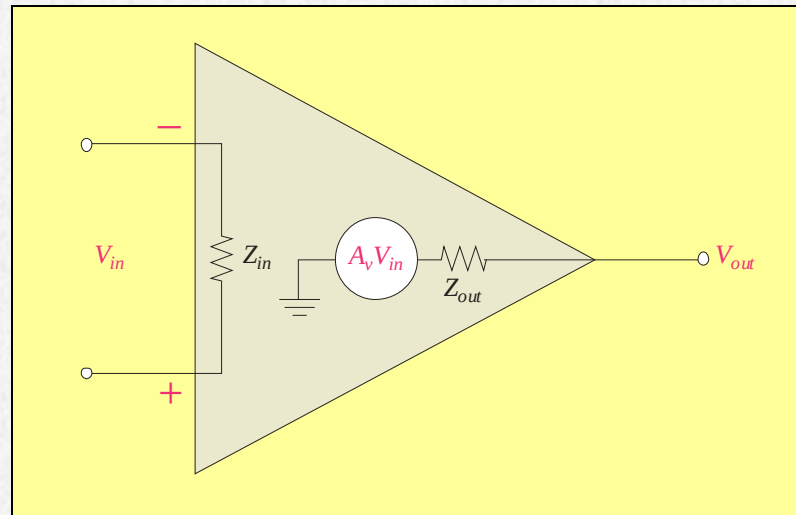
Ο ιδανικός op-amp έχει χαρακτηριστικά που απλουστεύουν την ανάλυση των κυκλωμάτων των τελεστικών ενισχυτών.

Ιδανικά, οι op-amps έχουν **άπειρο κέρδος τάσης, άπειρο εύρος ζώνης, και άπειρη αντίσταση εισόδου**. Επίσης, έχουν **μηδενική αντίσταση εξόδου**.



Ο πρακτικός op-amp

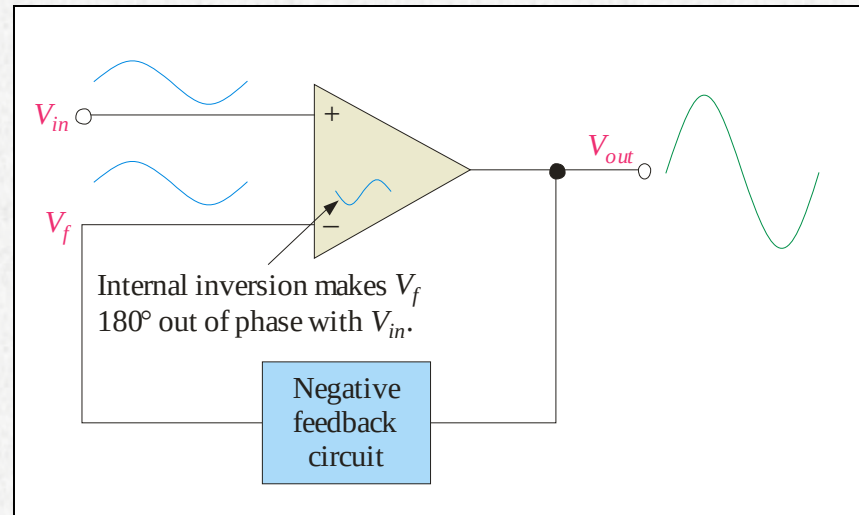
Οι πρακτικοί op-amps έχουν χαρακτηριστικά που συχνά μπορούν να θεωρηθούν ιδανικά σε σχέση με τη συγκεκριμένη εφαρμογή, αλλά ποτέ δεν είναι σαν του ιδανικού op-amp. Εκτός από πεπερασμένο κέρδος, εύρος ζώνης, και αντίσταση εισόδου, έχουν και άλλους περιορισμούς.



Αρνητική ανατροφοδότηση

Αρνητική ανατροφοδότηση είναι η διαδικασία με την οποία ένα τμήμα του σήματος εξόδου επιστρέφει στην είσοδο με αντίθετη φάση σε σχέση με τη φάση του σήματος εισόδου.

Το πλεονέκτημα της αρνητικής ανατροφοδότησης είναι ότι μπορούμε να επιτύχουμε συγκεκριμένες τιμές του κέρδους του ενισχυτή. Επιπλέον, μπορούμε να ρυθμίσουμε το εύρος ζώνης και τις τιμές των αντιστάσεων εισόδου και εξόδου.

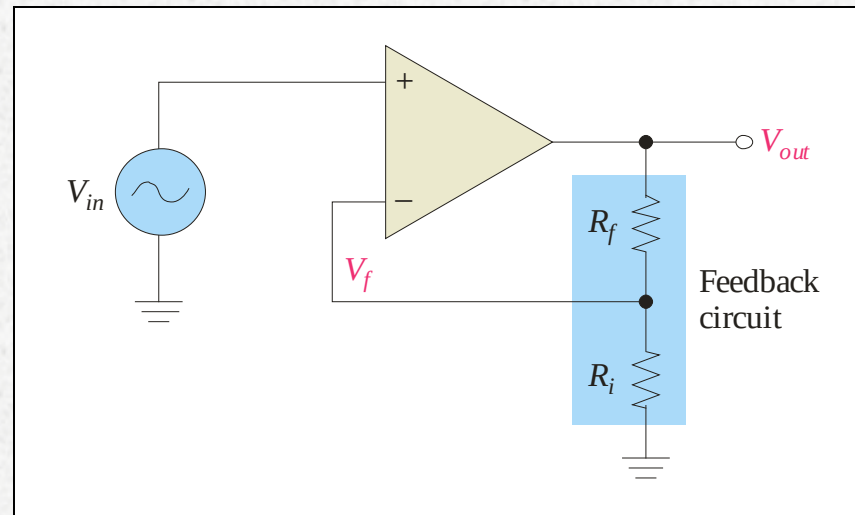


Μη αναστρέφων ενισχυτής

Ο **μη αναστρέφων ενισχυτής** είναι μια τοπολογία στην οποία το σήμα εφαρμόζεται στη μη αναστρέφουσα είσοδο και ένα τμήμα της εξόδου επανατροφοδοτείται στην αναστρέφουσα είσοδο.

Αποδεικνύεται εύκολα ότι το κέρδος κλειστού βρόχου του μη αναστρέφοντα ενισχυτή είναι:

$$A_{cl(NI)} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$



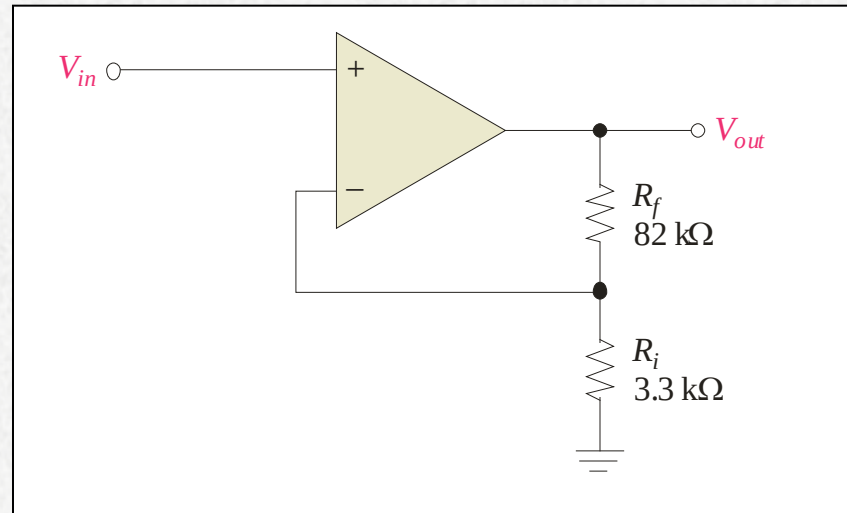
Μη αναστρέφων ενισχυτής

Παράδειγμα:

Βρείτε το κέρδος του μη αναστρέφοντα ενισχυτή που φαίνεται.

Λύση:

$$\begin{aligned}A_{cl(NI)} &= 1 + \frac{R_f}{R_i} \\&= 1 + \frac{82 \text{ k}\Omega}{3.3 \text{ k}\Omega} \\&= 25.8\end{aligned}$$

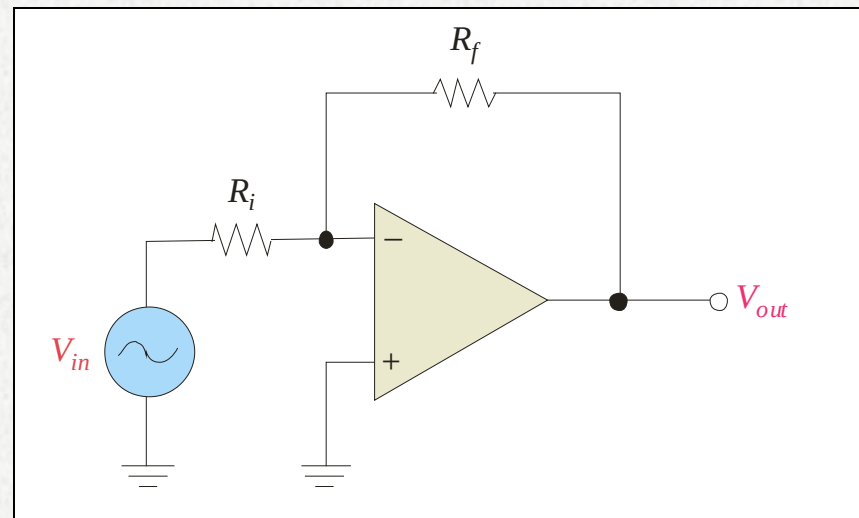


Αναστρέφων ενισχυτής

Ο **αναστρέφων ενισχυτής** είναι η τοπολογία στην οποία η μη αναστρέφουσα είσοδος γειώνεται και το σήμα εφαρμόζεται μέσω αντίστασης στην αναστρέφουσα είσοδο.

Το κέρδος κλειστού βρόχου είναι:

$$A_{cl(I)} = -\frac{R_f}{R_i}$$



Αναστρέφων ενισχυτής

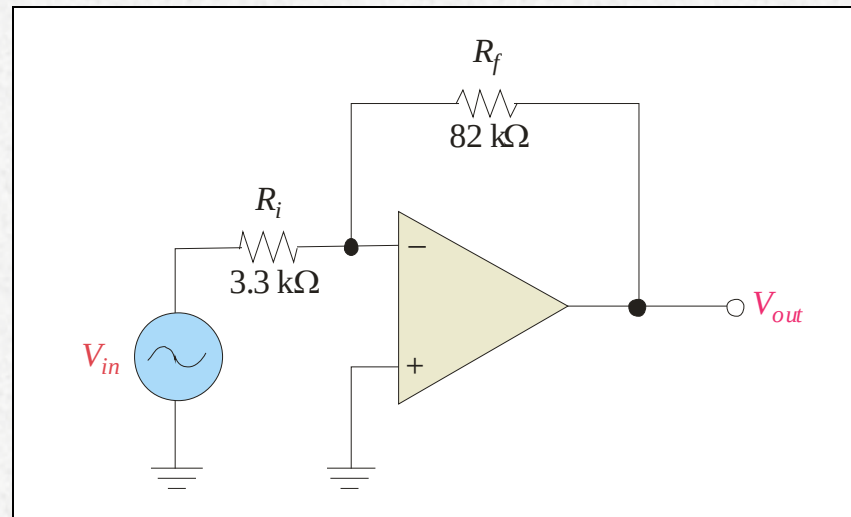
Παράδειγμα:

Βρείτε το κέρδος του αναστρέφοντα ενισχυτή που φαίνεται.

Λύση:

$$\begin{aligned} A_{cl(I)} &= -\frac{R_f}{R_i} \\ &= -\frac{82 \text{ k}\Omega}{3.3 \text{ k}\Omega} \\ &= -24.8 \end{aligned}$$

Το πρόσημο μείον
σημαίνει αντιστροφή.

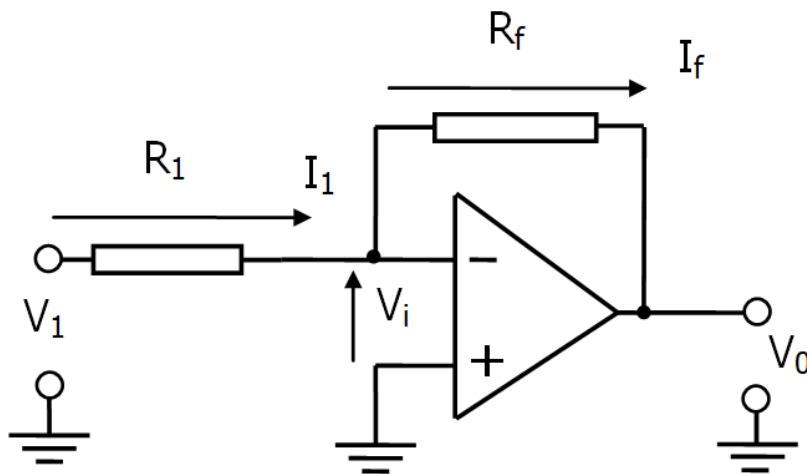


Κυκλώματα Τελεστικών Ενισχυτών

Βασική προϋπόθεση για την ανάλυση / απόδειξη που ακολουθεί είναι ότι ένας Τ.Ε. είναι ιδανικός και άρα :

- (1) έχει άπειρο κέρδος ανοιχτού βρόχου ($\approx 10^7$).
- (2) έχει διαφορική τάση (V_i) μεταξύ των εισόδων του μηδέν.
- (3) έχει άπειρη αντίσταση εισόδου.
- (4) έχει μηδενική αντίσταση εξόδου.

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ (ΑΝΑΣΤΡΕΦΩΝ)

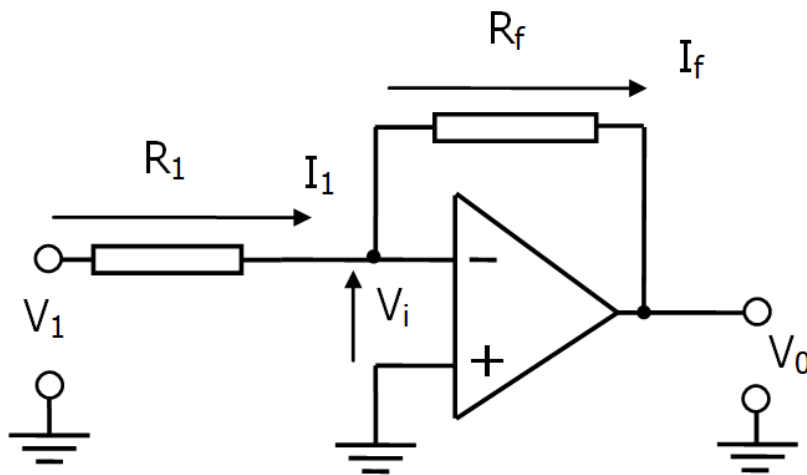


Κυκλώματα Τελεστικών Ενισχυτών

Βασική προϋπόθεση για την ανάλυση / απόδειξη που ακολουθεί είναι ότι ένας Τ.Ε. είναι ιδανικός και άρα :

- (1) έχει άπειρο κέρδος ανοιχτού βρόχου ($\approx 10^7$).
- (2) έχει διαφορική τάση (V_i) μεταξύ των εισόδων του μηδέν.
- (3) έχει άπειρη αντίσταση εισόδου.
- (4) έχει μηδενική αντίσταση εξόδου.

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ (ΑΝΑΣΤΡΕΦΩΝ)



Σήμα εισόδου στην αναστρέφουσα είσοδο.

Με την προϋπόθεση ότι η είσοδος του Τ.Ε. έχει άπειρη αντίσταση, τα ρεύματα I_1 και I_f είναι ίσα και $I_1 = (V_1 - V_i) / R_1$.

Αλλά και $I_f = (V_i - V_0) / R_f$

άρα $(V_1 - V_i) / R_1 = (V_i - V_0) / R_f$

Λαμβάνοντας υπ' όψη $V_i = 0$. Η πιο πάνω σχέση γίνεται $V_1 / R_1 = -V_0 / R_f$ απ' όπου

$$V_0 = - (R_f / R_1) V_1$$