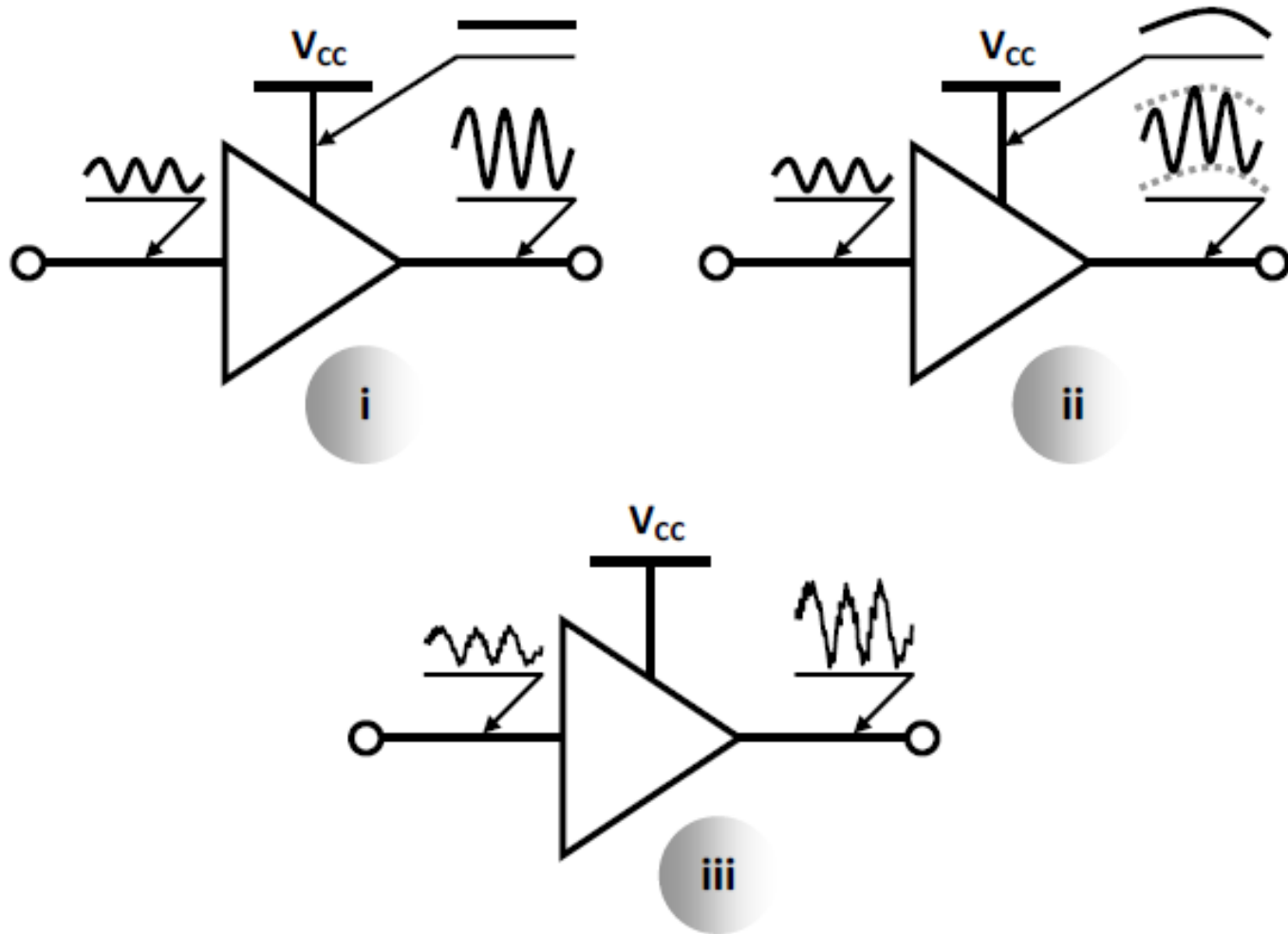


ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

Διάλεξη 6: Διαφορικός Ενισχυτής – Τελεστικός Ενισχυτής

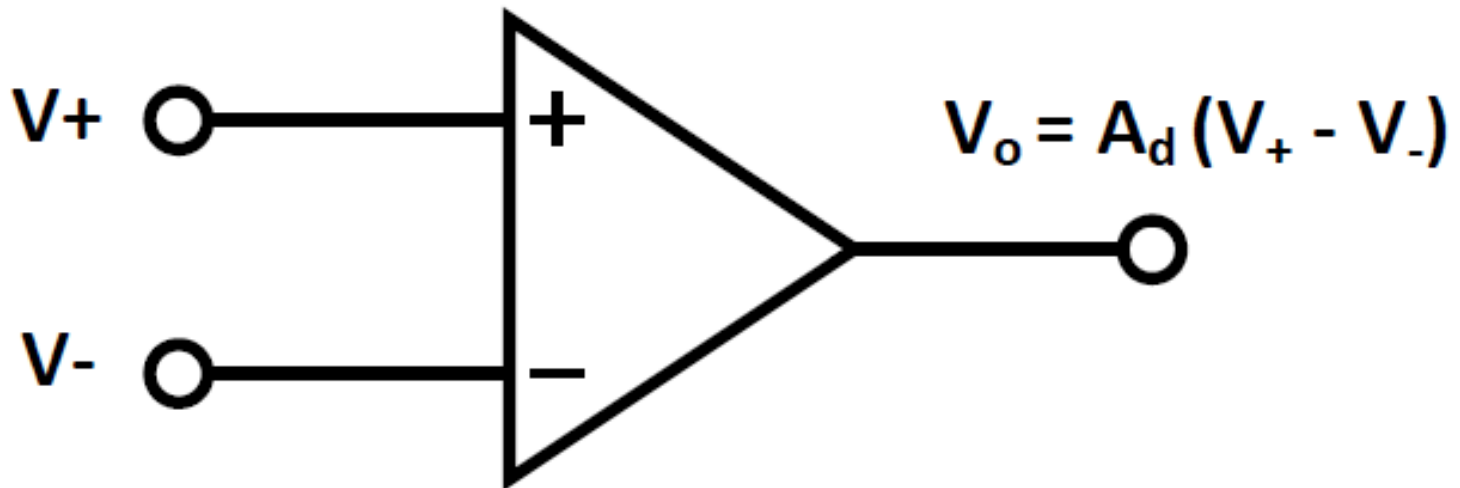
Δρ Δημήτριος Λαμπάκης
(από σημειώσεις Γ. Λιαπέρδου, ΤΕΙ Πελοποννήσου)

Αδυναμίες των ενισχυτών απλής εισόδου



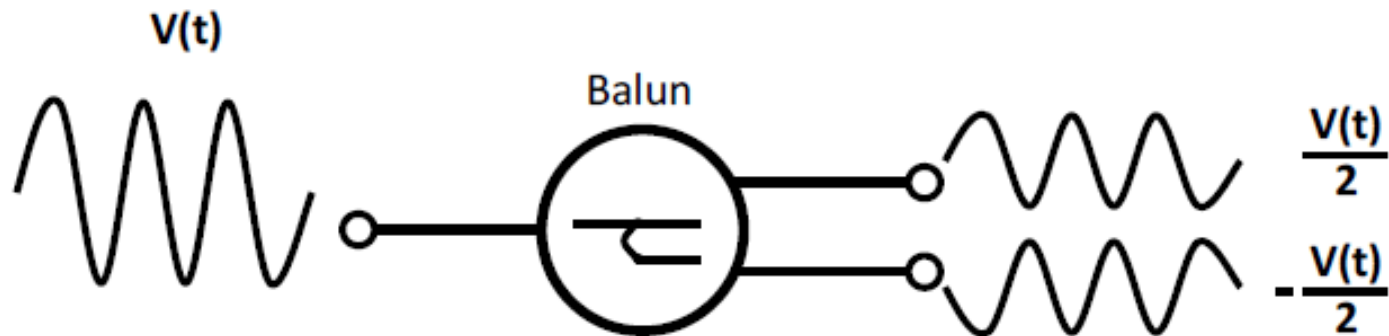
Διαφορικός ενισχυτής

- Κυκλωματικό σύμβολο και λειτουργία διαφορικού ενισχυτή



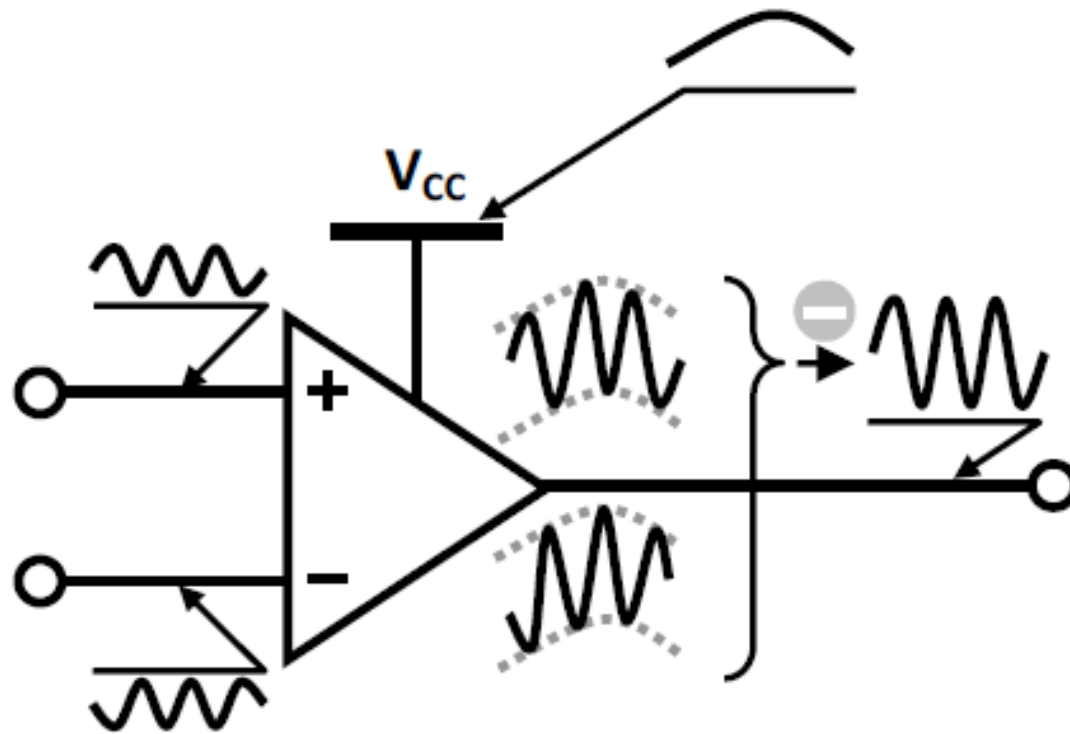
Διαφορικός ενισχυτής

- Μετατροπή μονόπλευρου (unbalanced) σήματος σε διαφορικό (balanced) με τη χρήση Balun



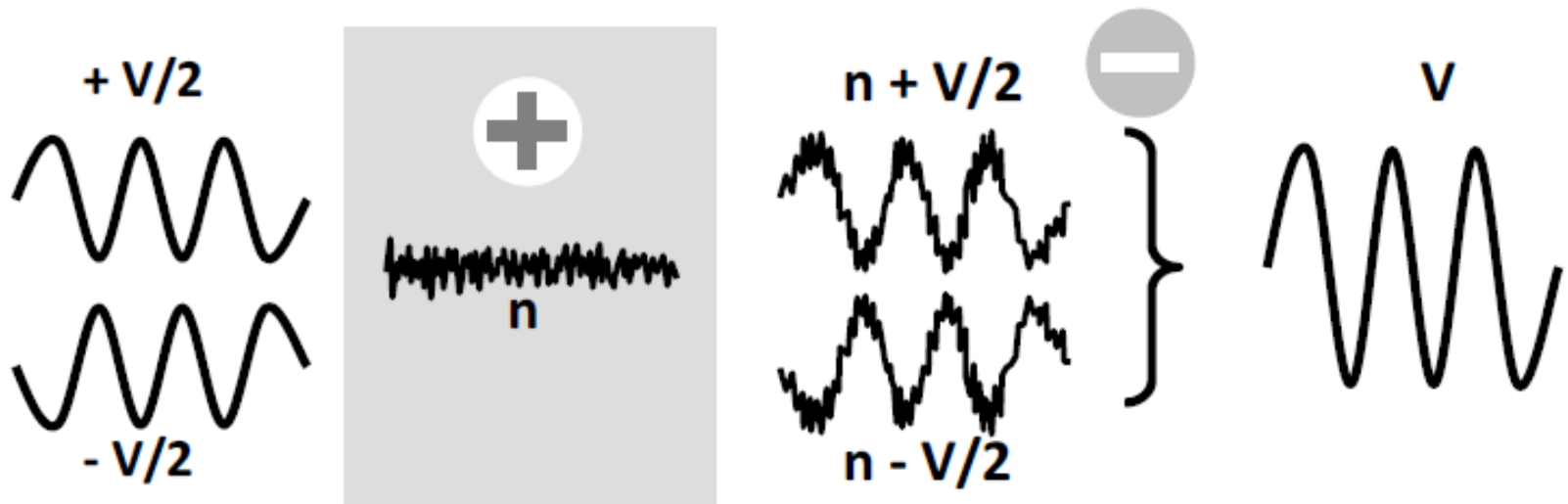
Διαφορικός ενισχυτής

- Εξουδετέρωση της επίδρασης των διακυμάνσεων της τροφοδοσίας σε διαφορικό ενισχυτή



Διαφορικός ενισχυτής

- Εξουδετέρωση της επίδρασης του θορύβου σε διαφορικό σήμα



Χαρακτηριστικές παράμετροι διαφορικού ενισχυτή

- Σήμα κοινού τρόπου

$$V_C = \frac{V_+ + V_-}{2}$$

- Απολαβή κοινού τρόπου

$$V_{OC} = A_C \cdot V_C$$

Χαρακτηριστικές παράμετροι διαφορικού ενισχυτή

- Συνολική τάση εξόδου

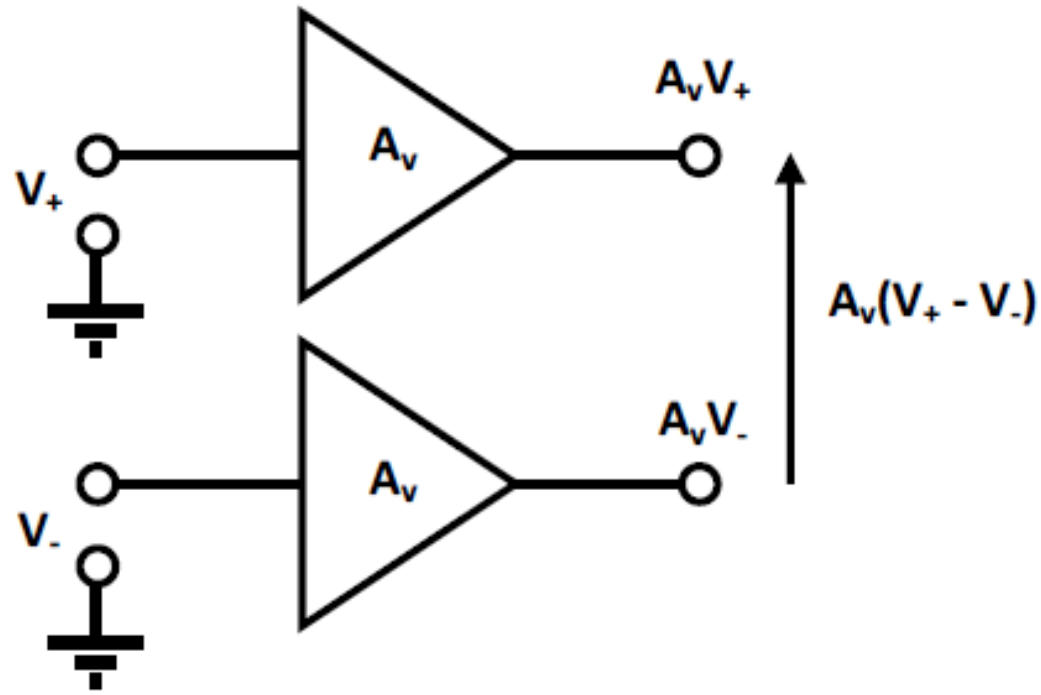
$$V_o = A_d \cdot V_d + A_C \cdot V_C$$

- Λόγος απόρριψης κοινού τρόπου (Common Mode Rejection Ratio – CMRR)

$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_C} \right|$$

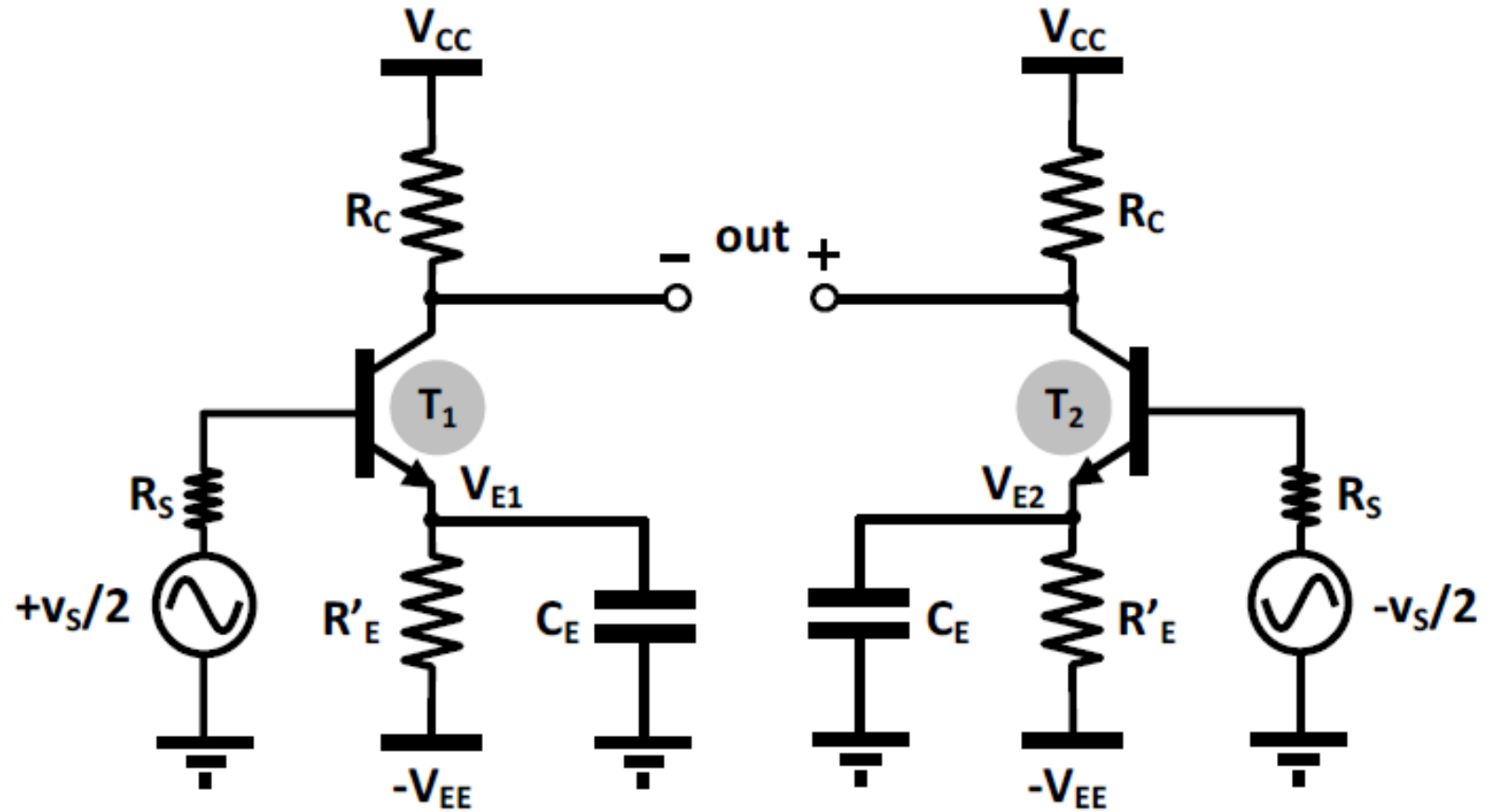
Υλοποίηση διαφορικού ενισχυτή με διπολικά τρανζίστορ

- Αρχή λειτουργίας διαφορικού ενισχυτή



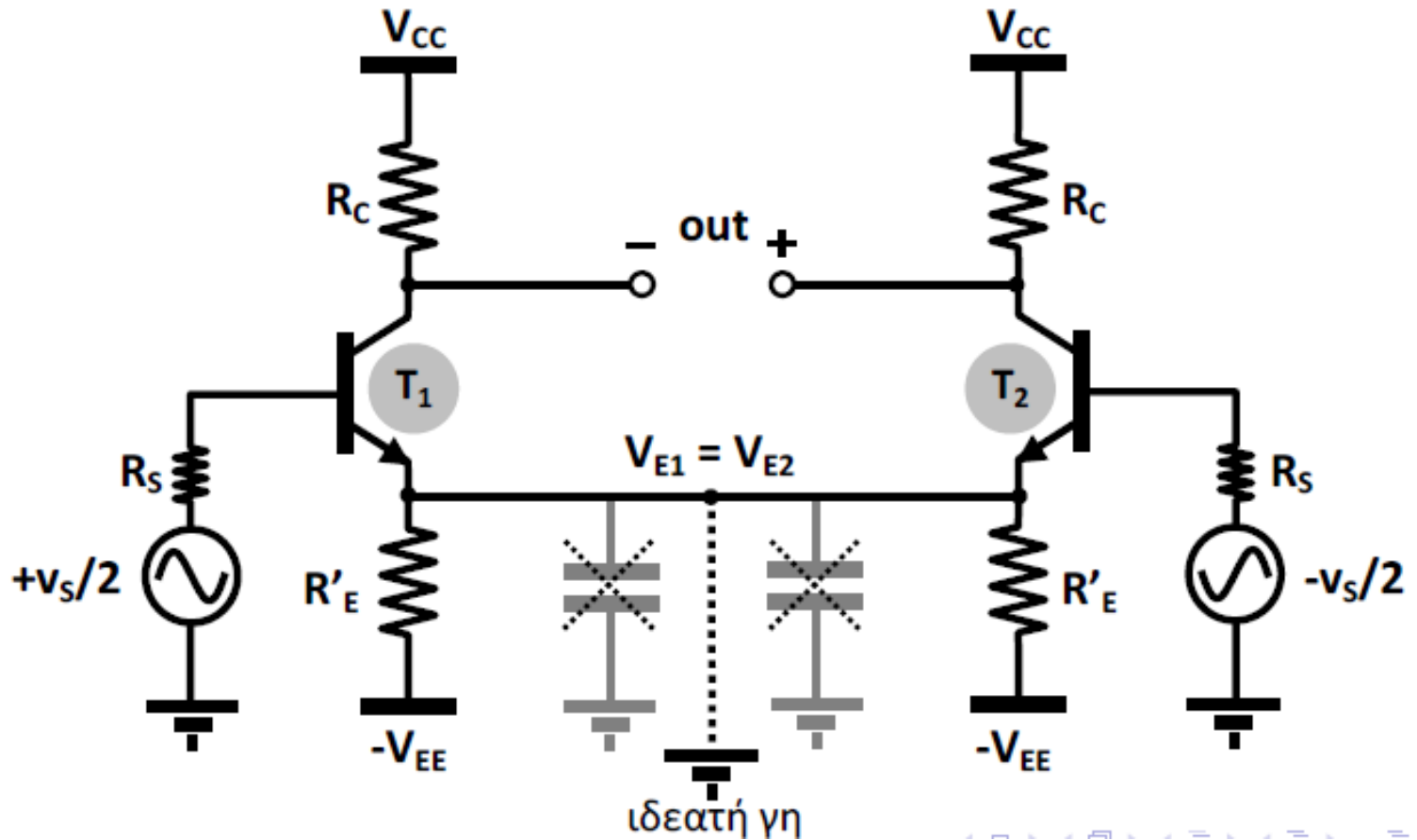
Υλοποίηση διαφορικού ενισχυτή με διπολικά τρανζίστορ

- Κύκλωμα διαφορικού ενισχυτή



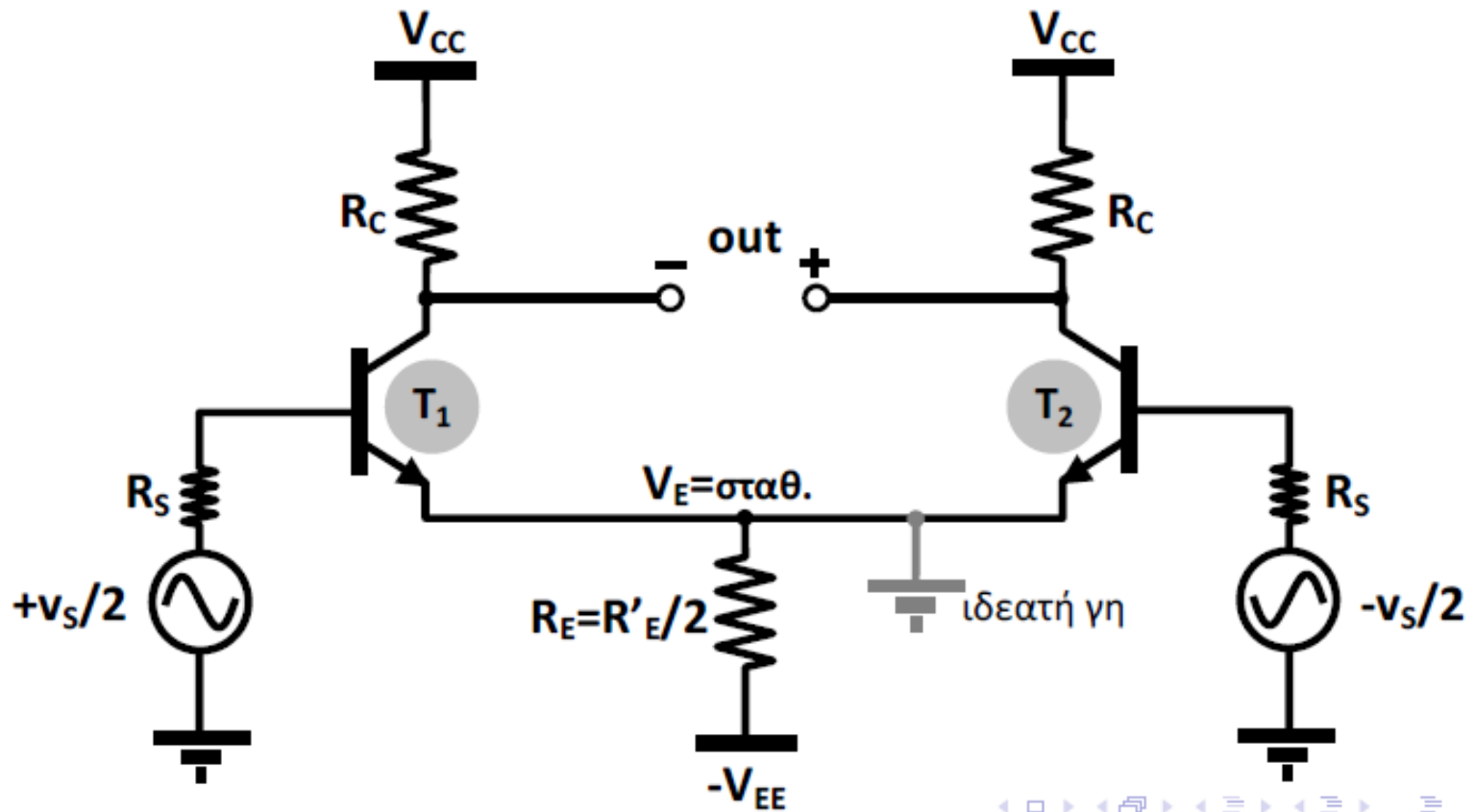
Υλοποίηση διαφορικού ενισχυτή με διπολικά τρανζίστορ

- Κύκλωμα διαφορικού ενισχυτή



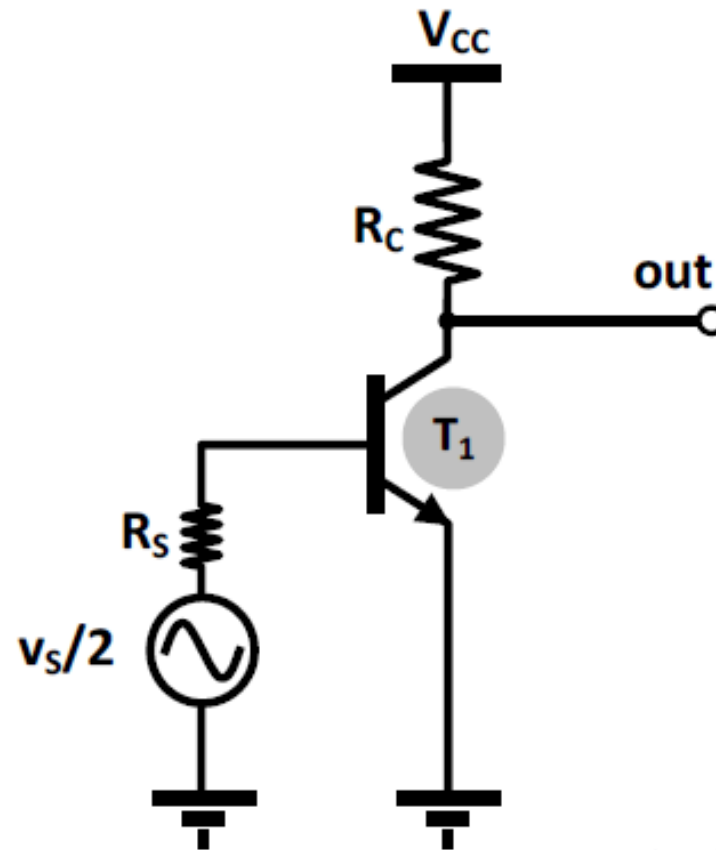
Υλοποίηση διαφορικού ενισχυτή με διπολικά τρανζίστορ

- Κύκλωμα διαφορικού ενισχυτή



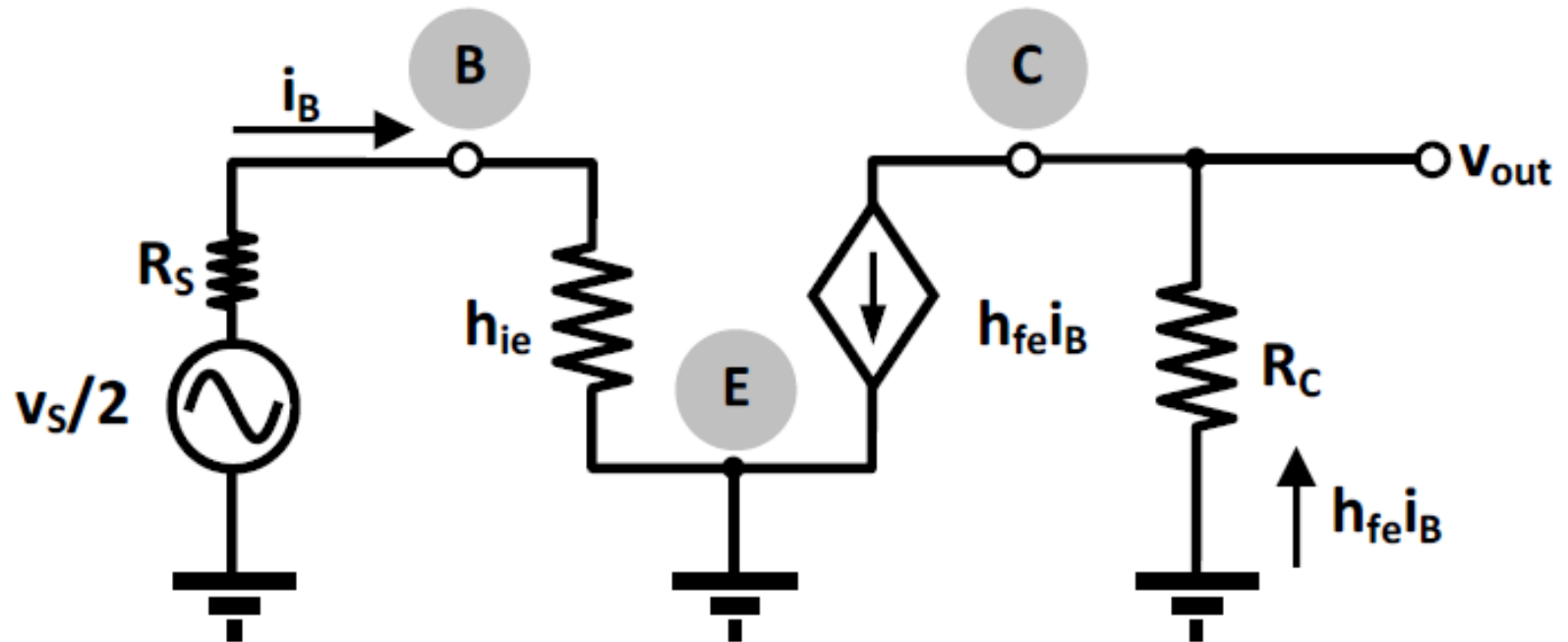
Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- Ημικύκλωμα διαφορικού ενισχυτή για την ανάλυση μικρού σήματος στον διαφορικό τρόπο λειτουργίας



Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- Ισοδύναμο ημικυκλώματος διαφορικού ενισχυτή για την ανάλυση μικρού σήματος στον διαφορικό τρόπο λειτουργίας



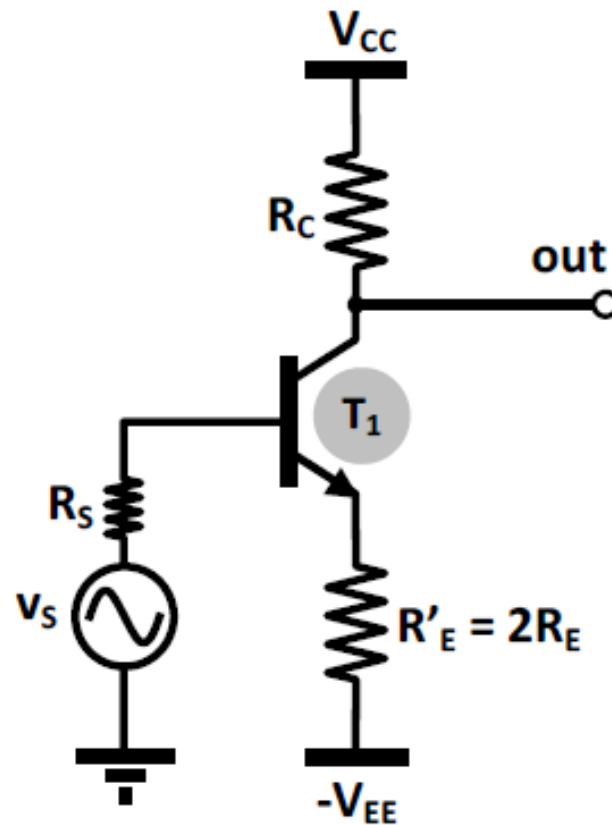
Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- Διαφορική απολαβή τάσης

$$A_d = \frac{V_{out}}{V_S} = \frac{h_{fe}R_C}{R_S + h_{ie}}$$

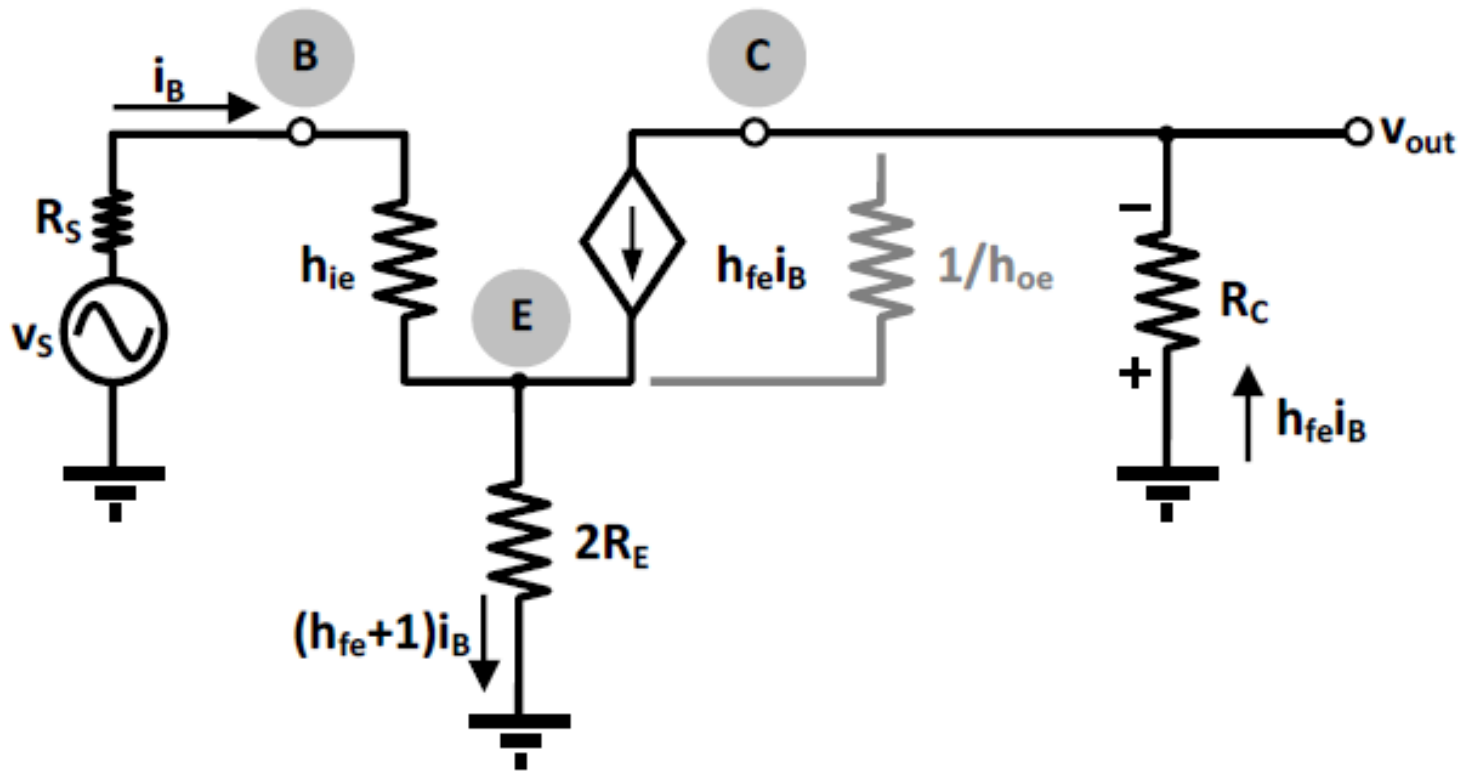
Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- Ημικύκλωμα διαφορικού ενισχυτή για την ανάλυση μικρού σήματος στη λειτουργία κοινού τρόπου



Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- Ισοδύναμο ημικυκλώματος διαφορικού ενισχυτή για την ανάλυση μικρού σήματος στη λειτουργία κοινού τρόπου



Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- Απολαβή τάσης κοινού τρόπου

$$A_d = \frac{V_{out}}{V_S} = \frac{-h_{fe}R_C}{R_S + h_{ie} + 2R_E(h_{fe} + 1)}$$

- Λόγος απόρριψης κοινού τρόπου (CMRR)

$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_C} \right| = \frac{R_S + h_{ie} + 2R_E(h_{fe} + 1)}{R_S + h_{ie}}$$

Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- Διαφορική αντίσταση εισόδου

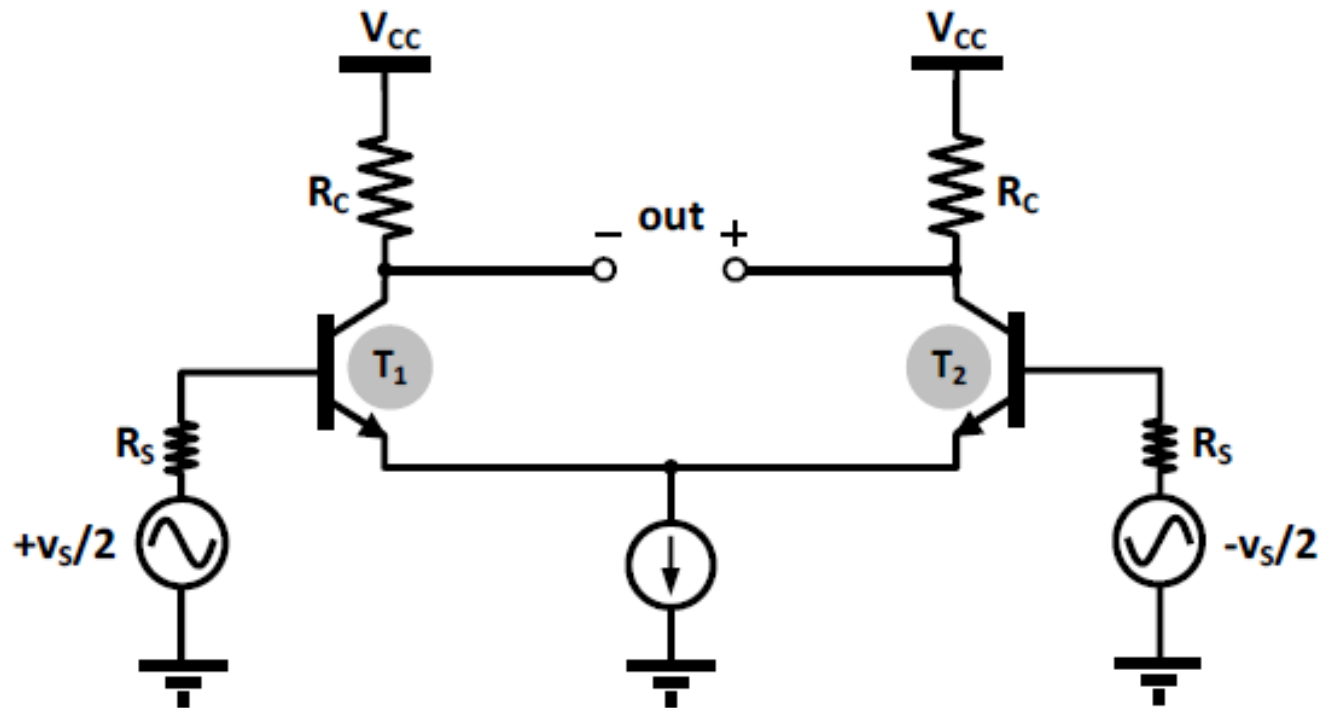
$$R_{in} = \frac{V_S}{i_B} = 2(R_S + h_{ie})$$

- Αντίσταση εξόδου

Από το ισοδύναμο κύκλωμα του διαφορικού ενισχυτή μπορούμε να συμπεράνουμε πως η αντίσταση εξόδου είναι ίση με την αντίσταση R_C στο συλλέκτη των τρανζίστορ, δεδομένου ότι η εσωτερική αντίσταση της ιδανικής πηγής ρεύματος που περιλαμβάνεται στο κύκλωμα εξόδου είναι άπειρη.

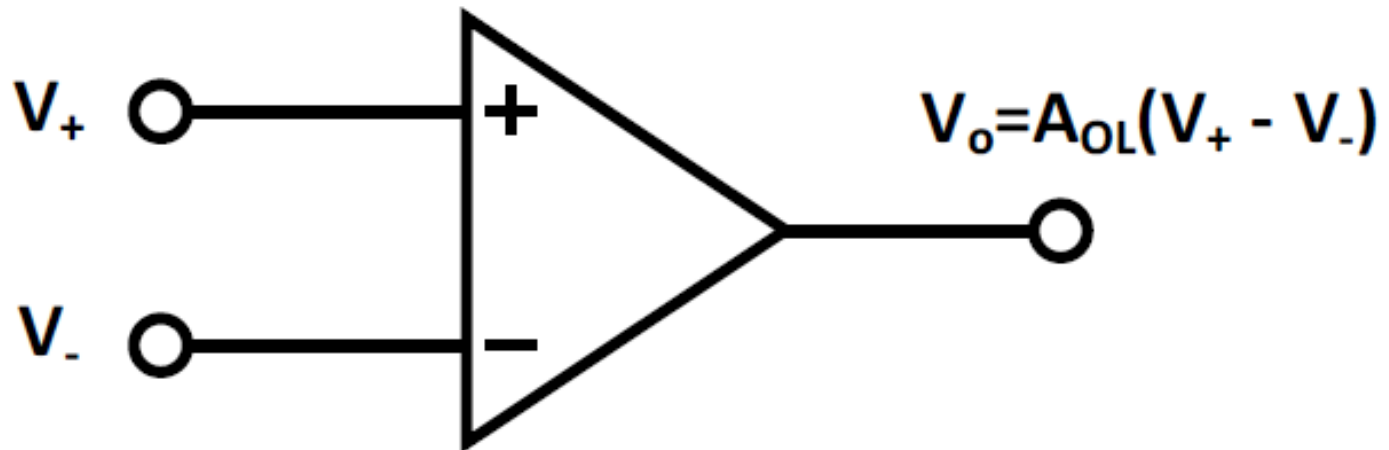
Βελτίωση του λόγου απόρριψης κοινού τρόπου

- Κύκλωμα διαφορικού ενισχυτή με πηγή ρεύματος



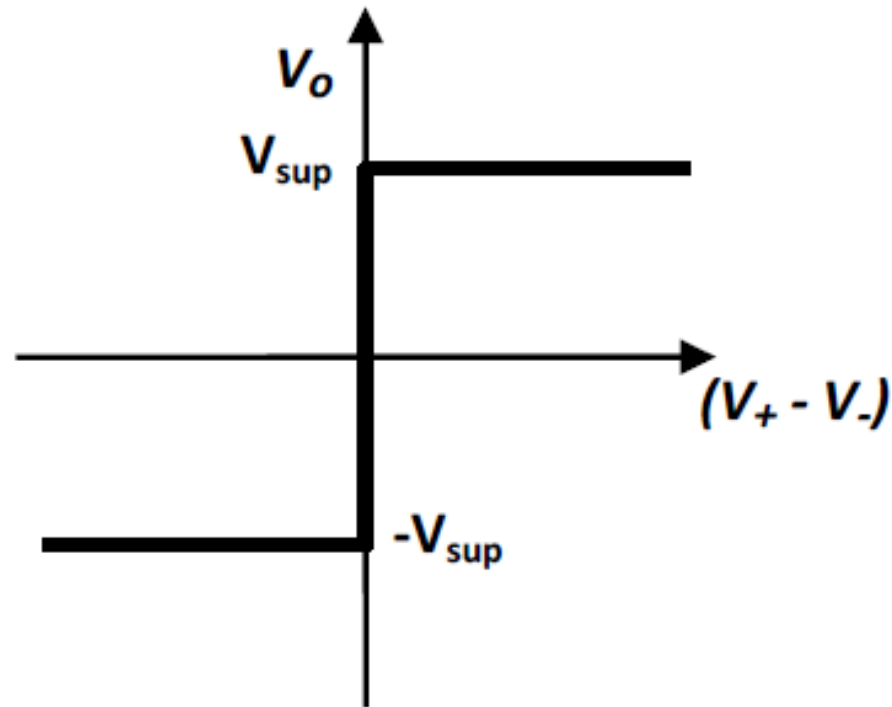
Τελεστικός ενισχυτής

- Κυκλωματικό σύμβολο και λειτουργία τελεστικού ενισχυτή



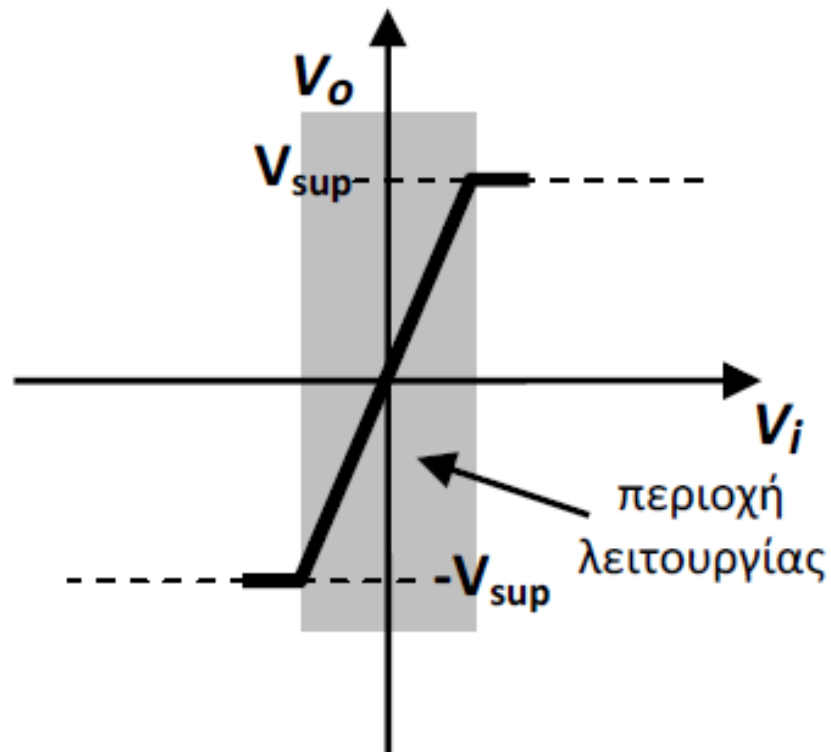
Χαρακτηριστική μεταφοράς

- Χαρακτηριστική μεταφοράς ιδανικού τελεστικού ενισχυτή



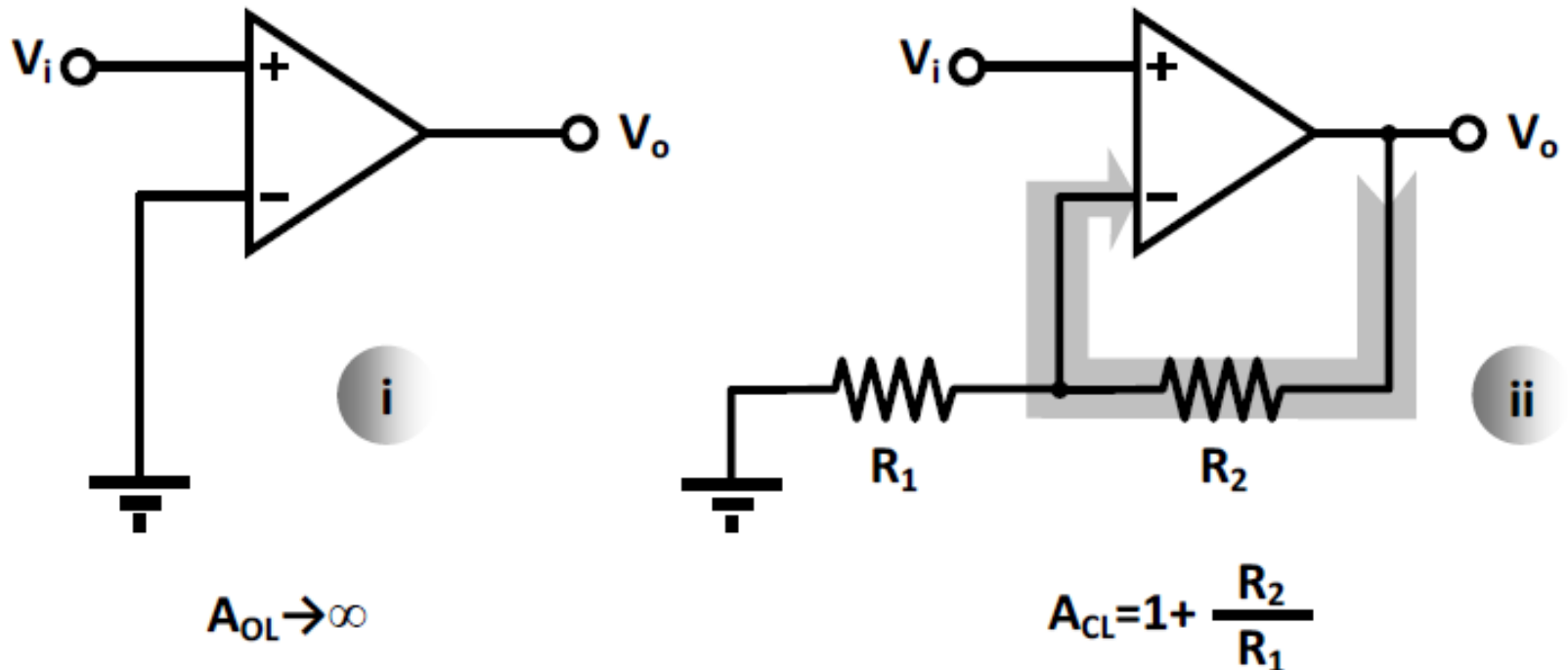
Χαρακτηριστική μεταφοράς

- Χαρακτηριστική μεταφοράς ιδανικά γραμμικού ενισχυτή



Περιορισμός της απολαβής

- Περιορισμός της απολαβής τελεστικού ενισχυτή με αρνητική ανάδραση

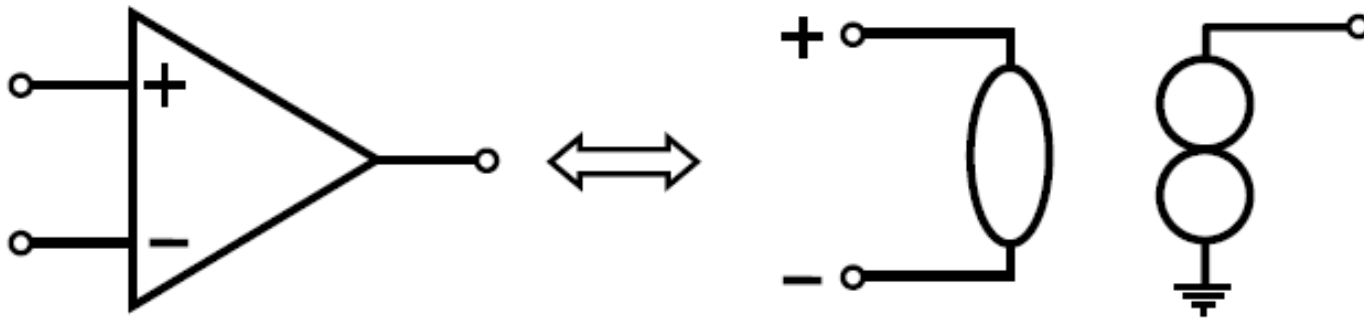


Χαρακτηριστικά ιδανικού τελεστικού ενισχυτή

- Άπειρη αντίσταση εισόδου, η οποία συνεπάγεται πως το ρεύμα που απορροφούν οι είσοδοι είναι μηδενικό.
- Μηδενική αντίσταση εξόδου
- Άπειρη απολαβή τάσης ανοιχτού βρόχου, η οποία συνεπάγεται πως οι ακροδέκτες εισόδου βρίσκονται στο ίδιο δυναμικό.

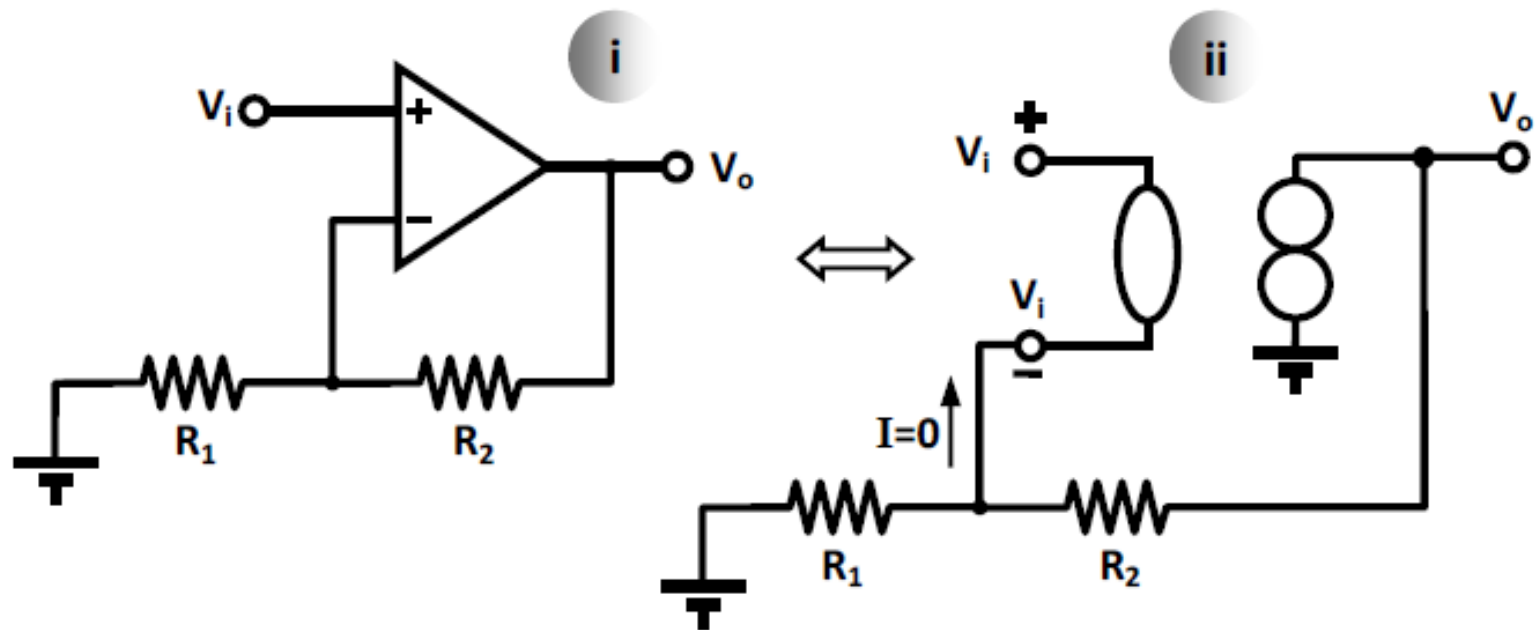
Ανάλυση κυκλωμάτων με τελεστικούς ενισχυτές

- Ισοδύναμο κύκλωμα ιδανικού τελεστικού ενισχυτή με τη χρήση μηδενιστή και απειριστή



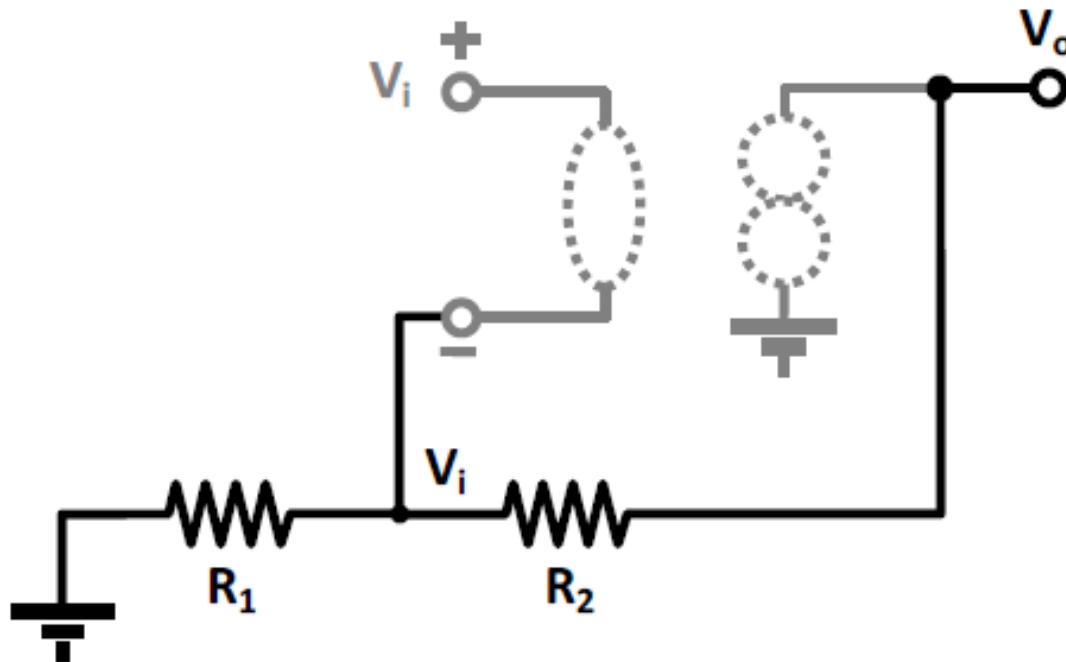
Ανάλυση κυκλωμάτων με τελεστικούς ενισχυτές

- Παράδειγμα ανάλυσης κυκλώματος τελεστικού ενισχυτή

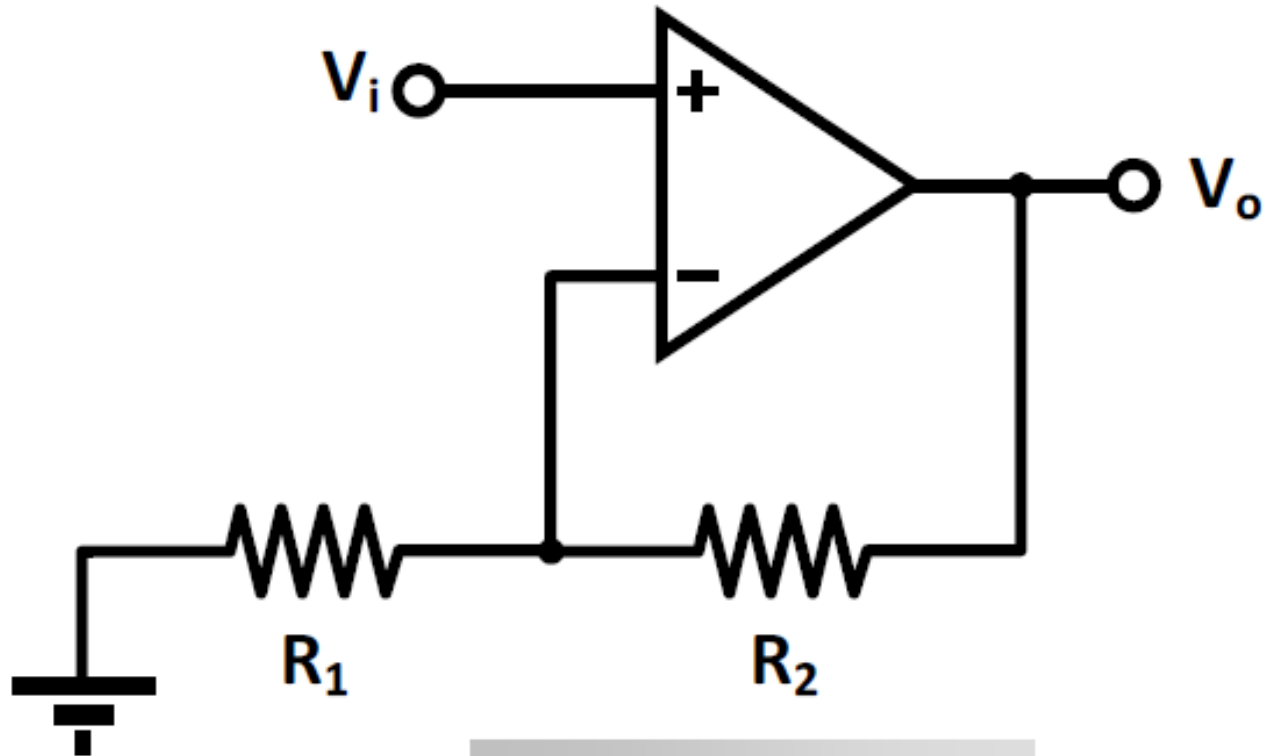


Ανάλυση κυκλωμάτων με τελεστικούς ενισχυτές

- Παράδειγμα ανάλυσης κυκλώματος τελεστικού ενισχυτή



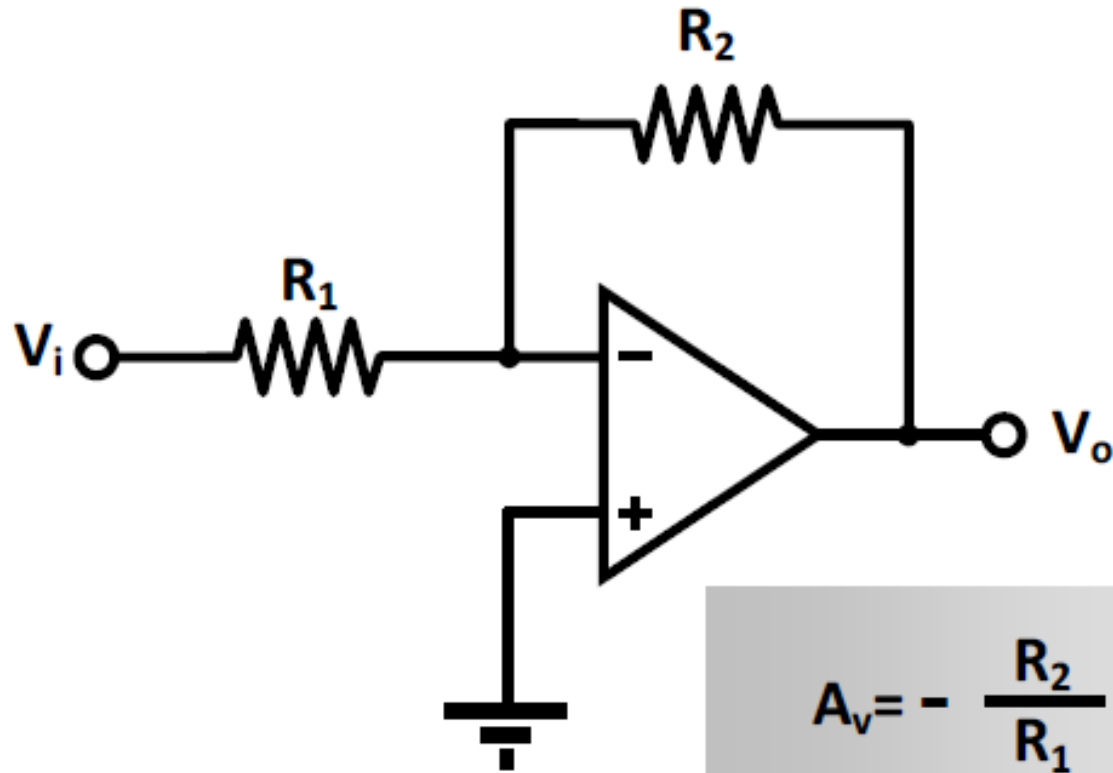
Μη αναστρέφων ενισχυτής



$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Αναστρέφων ενισχυτής

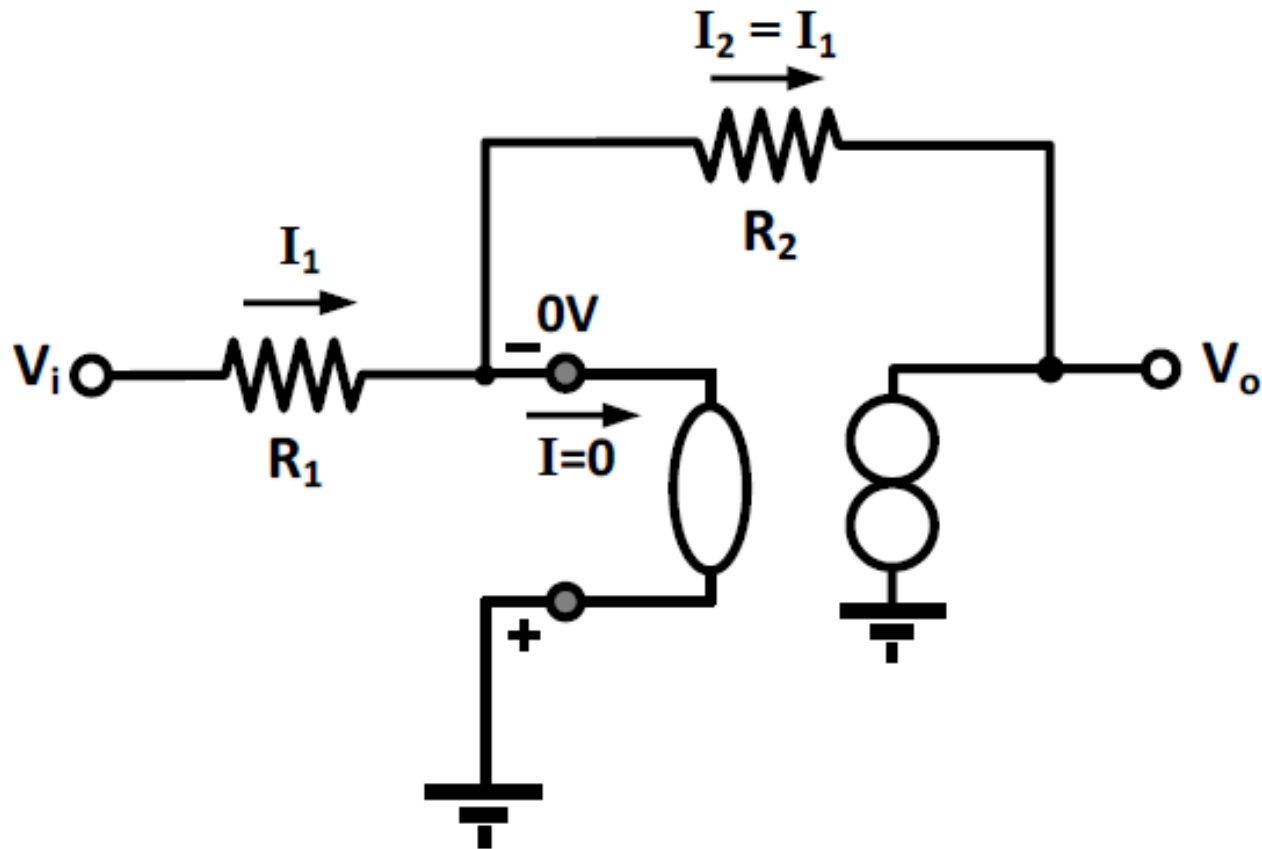
- Κύκλωμα αναστρέφοντα ενισχυτή με τελεστικό ενισχυτή



$$A_v = - \frac{R_2}{R_1}$$

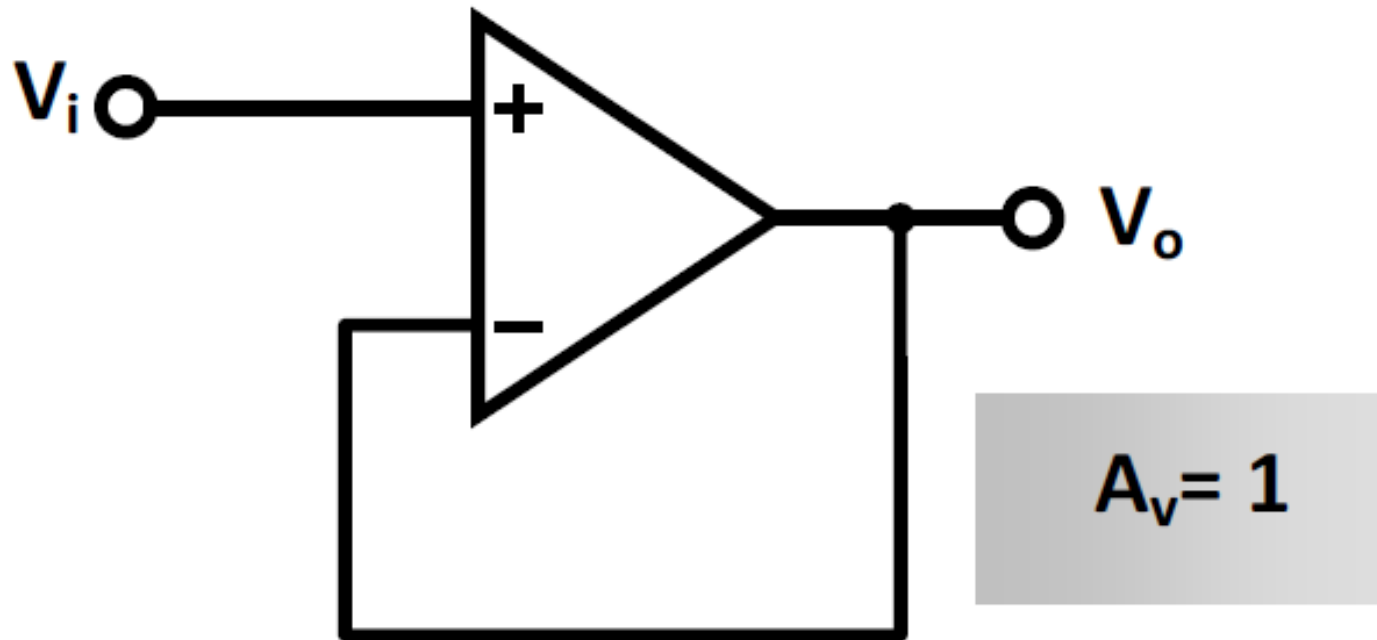
Αναστρέφων ενισχυτής

- Ισοδύναμο κύκλωμα αναστρέφοντα ενισχυτή με τελεστικό ενισχυτή



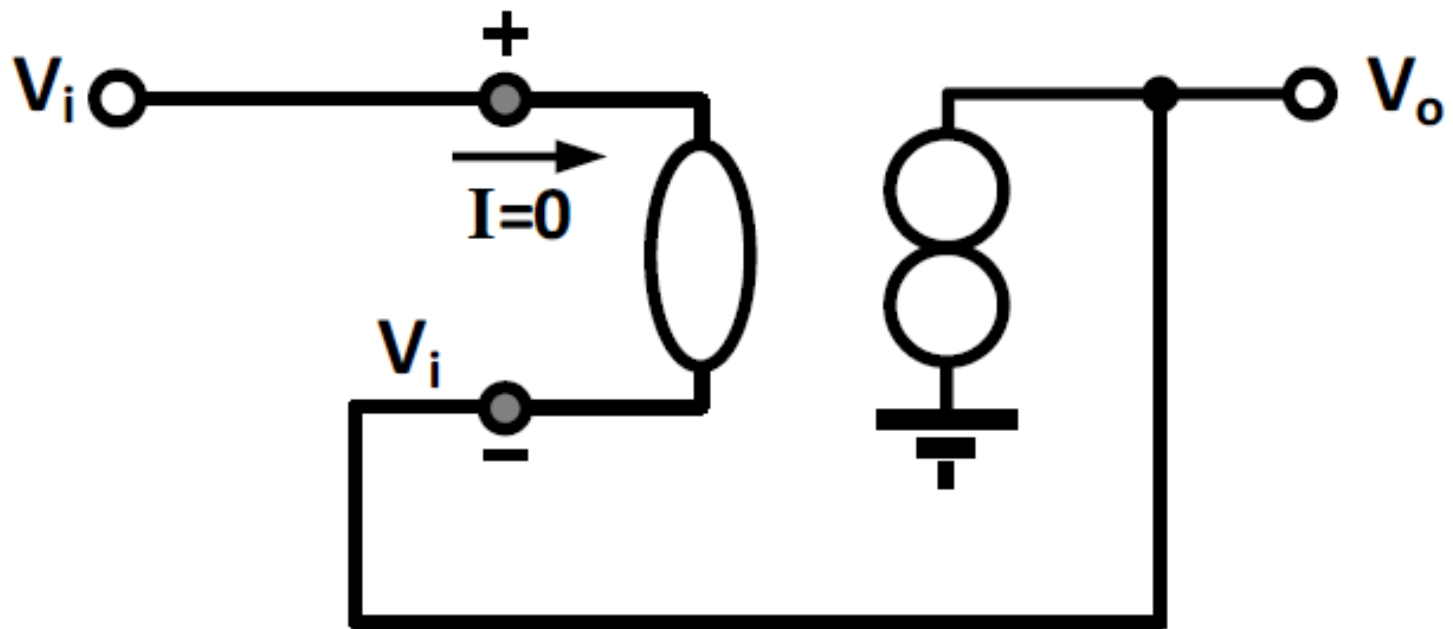
Απομονωτής (Buffer)

- Κύκλωμα απομονωτή με τελεστικό ενισχυτή



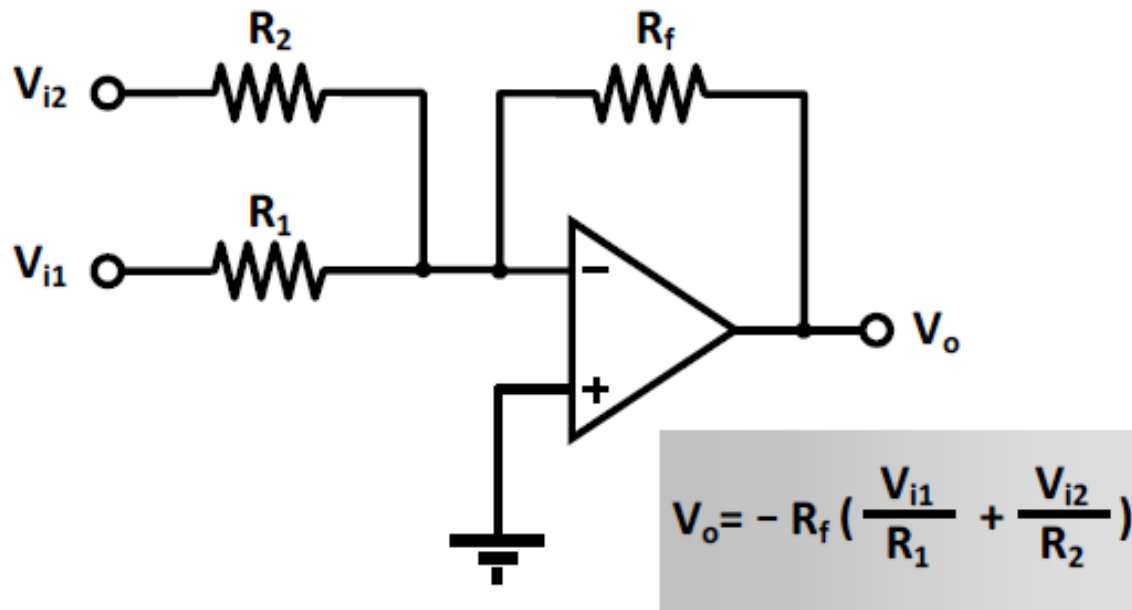
Απομονωτής (Buffer)

- Ισοδύναμο κύκλωμα απομονωτή με τελεστικό ενισχυτή



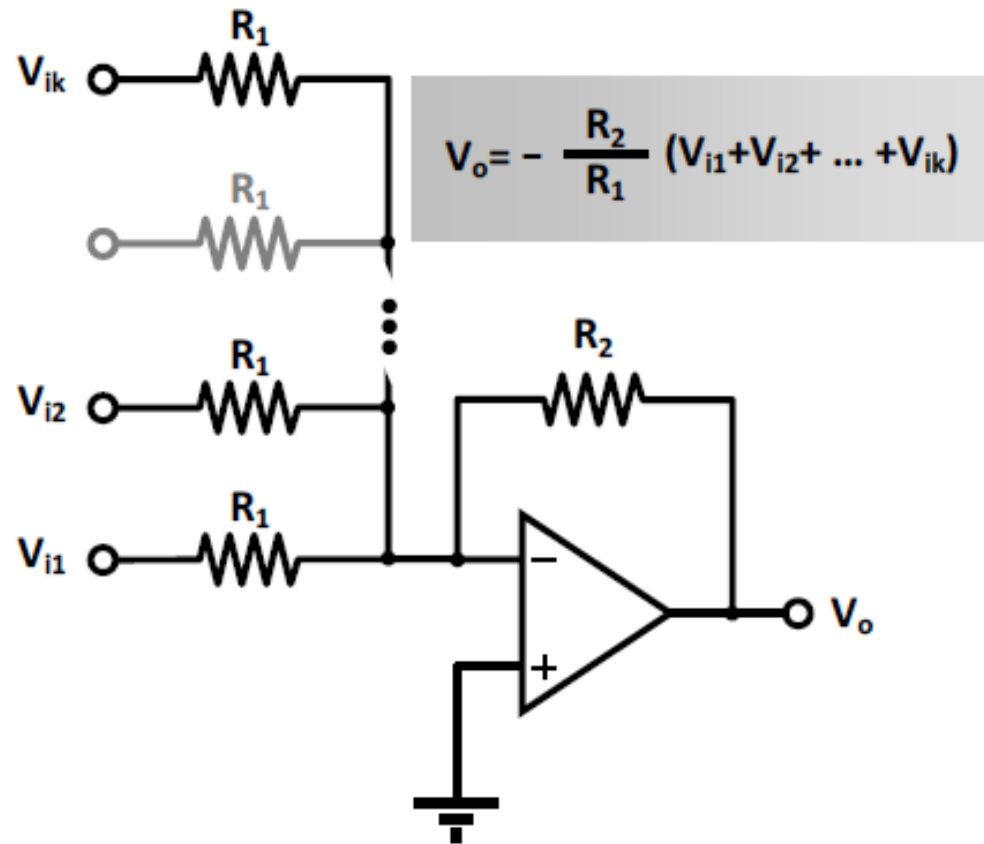
Ενισχυτής – Αθροιστής τάσεων (Summing Amplifier)

- Κύκλωμα ενισχυτή – αθροιστή δύο τάσεων με τελεστικό ενισχυτή



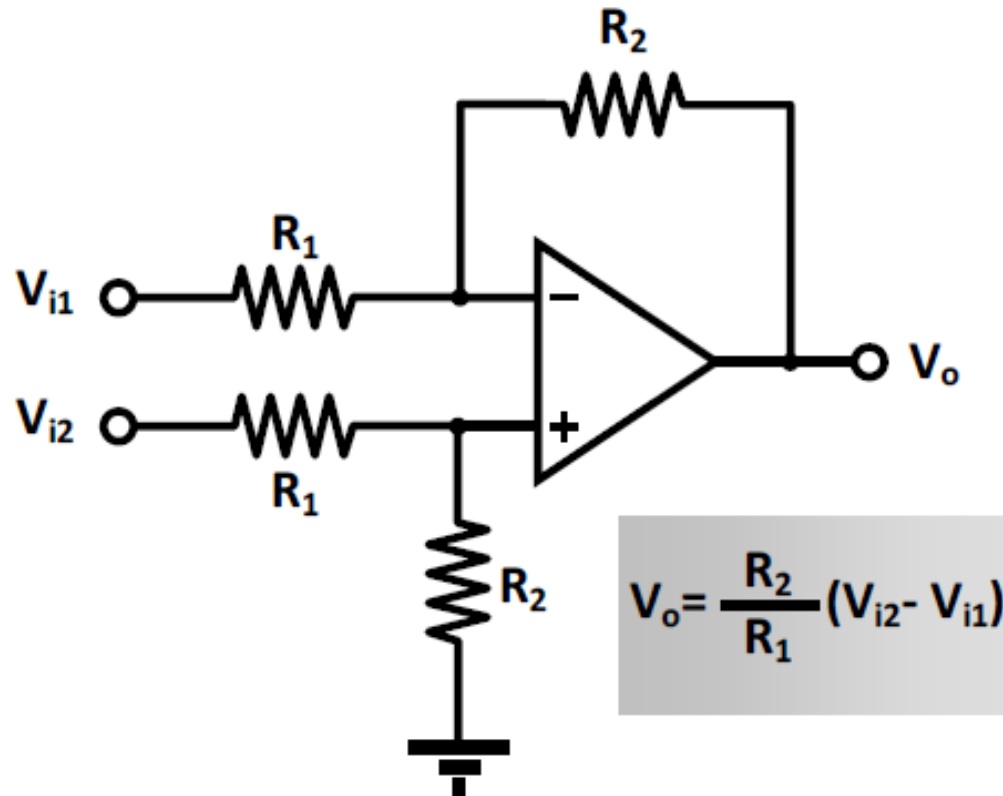
Ενισχυτής – Αθροιστής τάσεων

- Κύκλωμα ενισχυτή – αθροιστή δύο τάσεων με τελεστικό ενισχυτή (γενική περίπτωση)



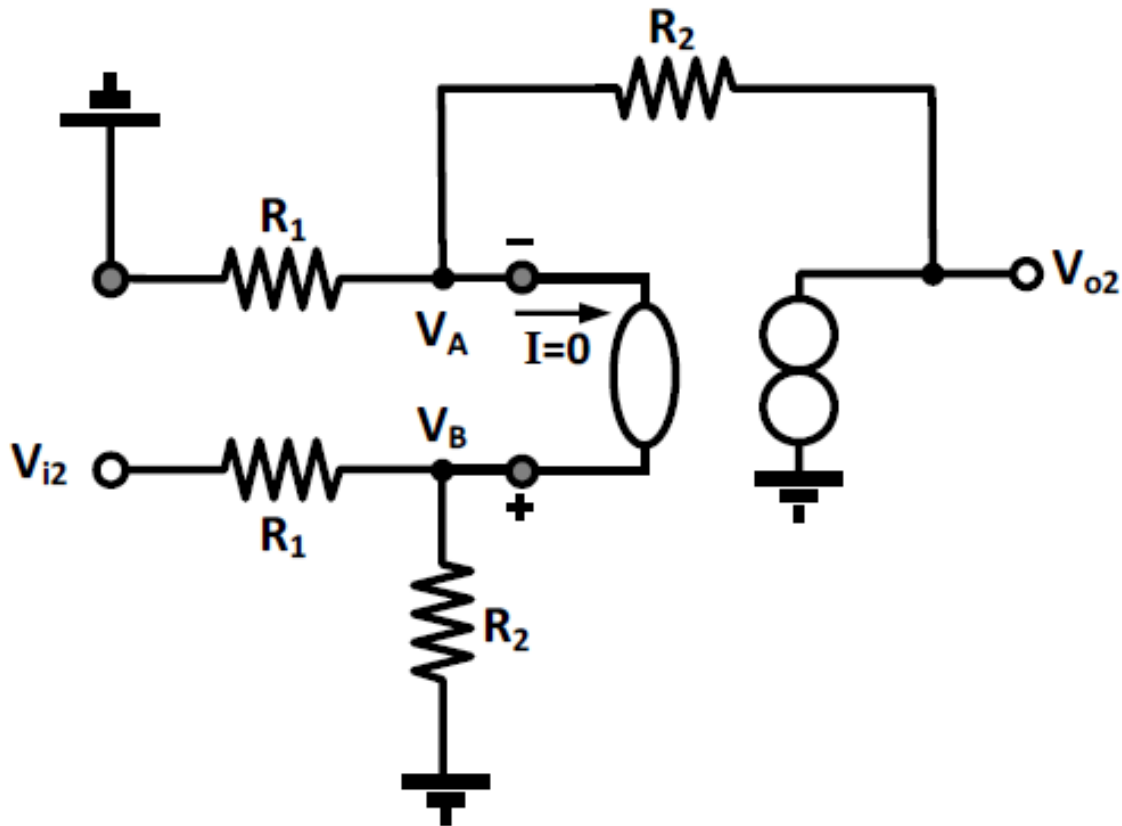
Ενισχυτής διαφοράς τάσεων (Difference Amplifier)

- Κύκλωμα ενισχυτή διαφοράς δύο τάσεων με τελεστικό ενισχυτή



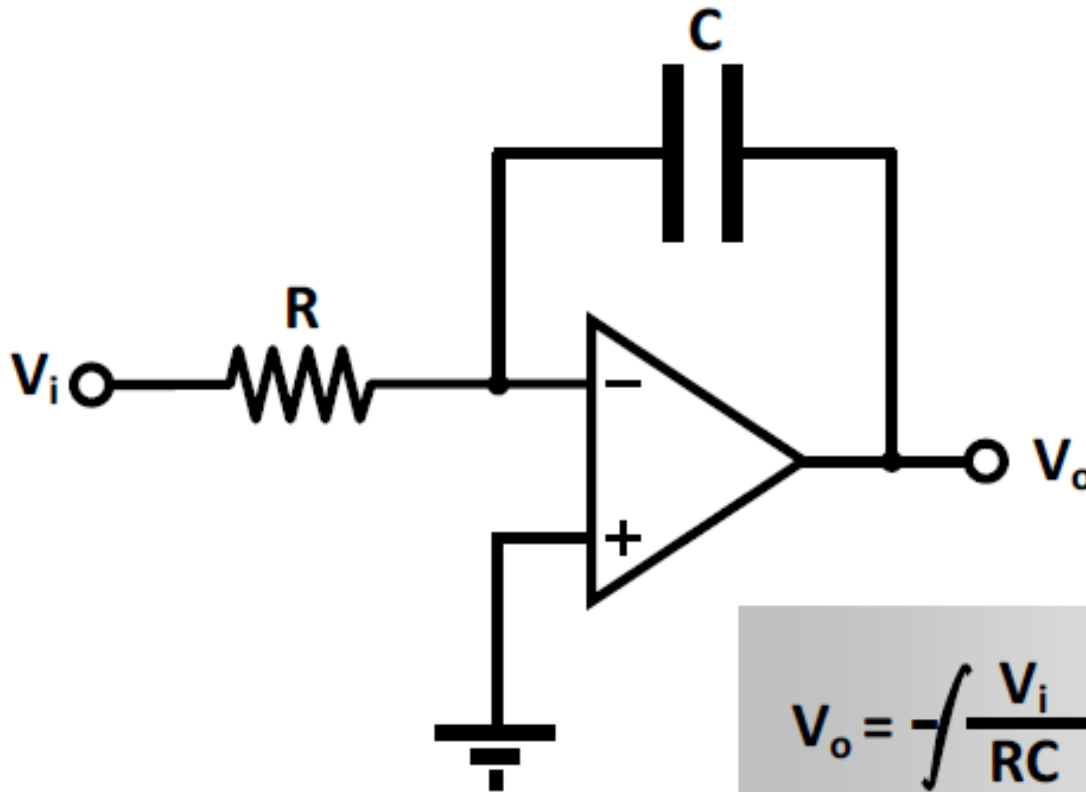
Ενισχυτής διαφοράς τάσεων

- Ισοδύναμο κύκλωμα ενισχυτή διαφοράς τάσεων με τελεστικό ενισχυτή



Ολοκληρωτής (Integrator)

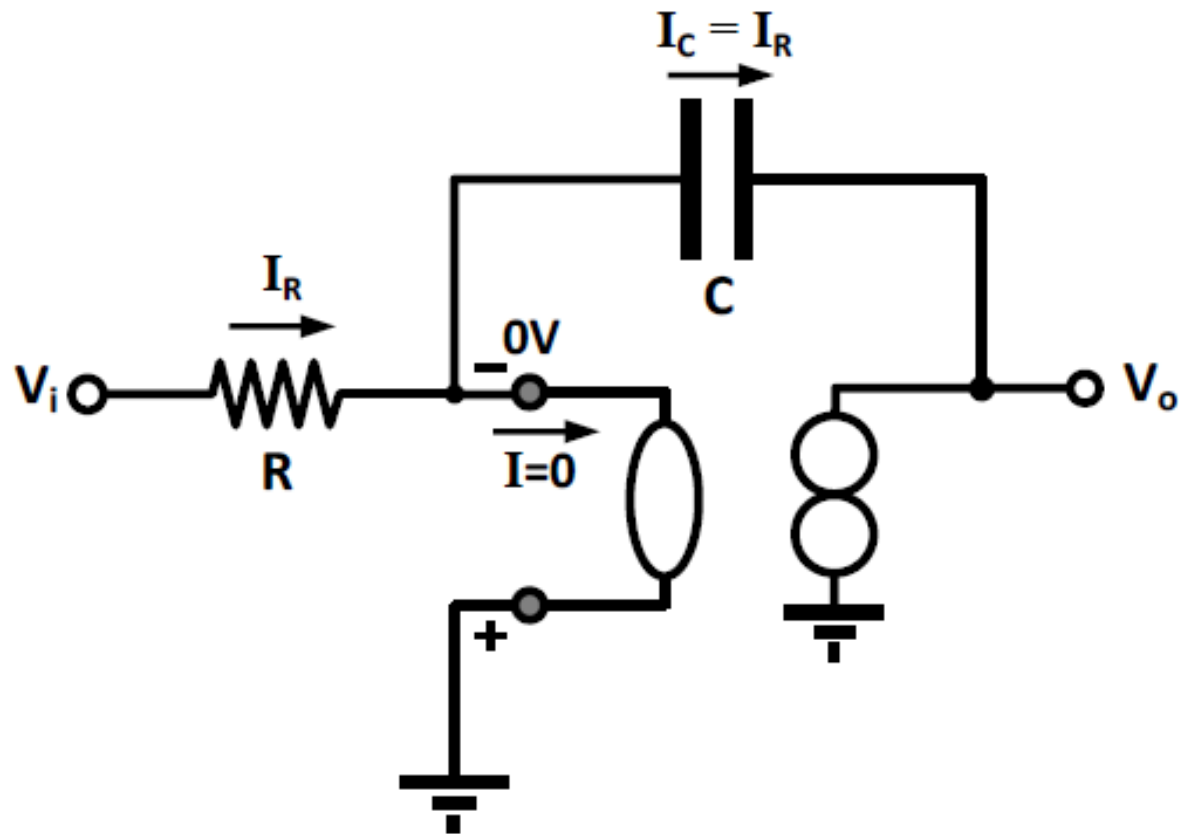
- Κύκλωμα ολοκληρωτή με τελεστικό ενισχυτή



$$V_o = -\int \frac{V_i}{RC} dt$$

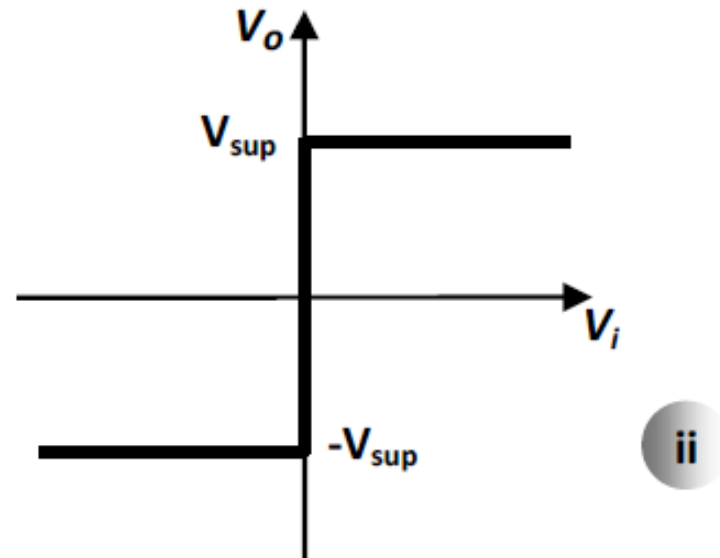
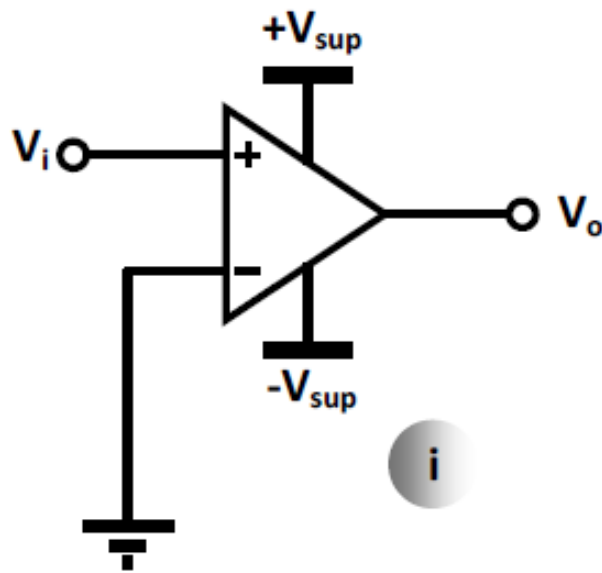
Ενισχυτής διαφοράς τάσεων

- Ισοδύναμο κύκλωμα ολοκληρωτή με τελεστικό ενισχυτή



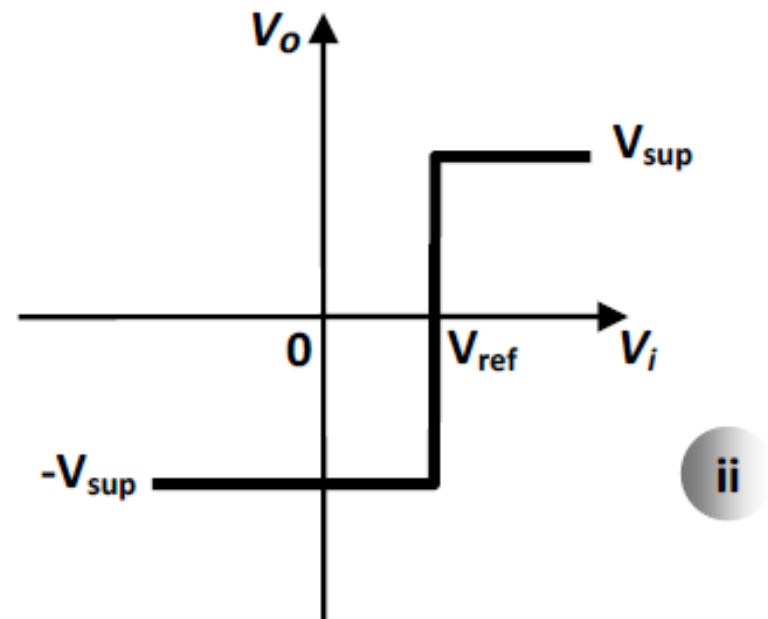
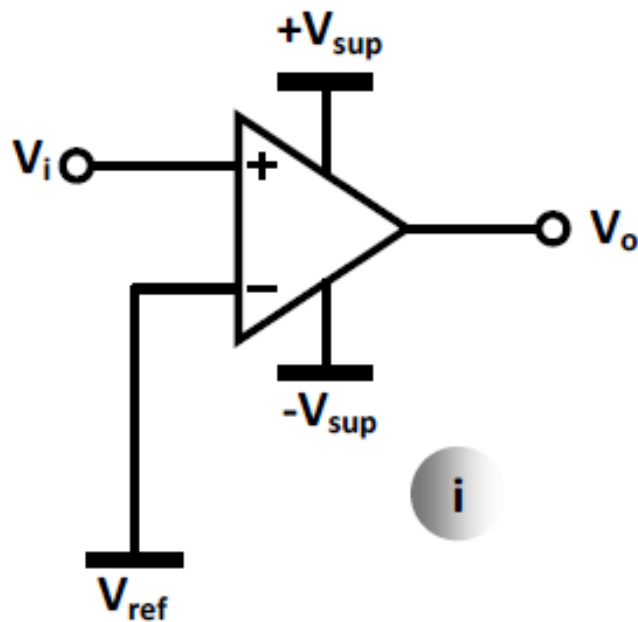
Συγκριτές (Comparators)

- Συγκριτής ως προς το μηδέν και χαρακτηριστική μεταφοράς του



Συγκριτές (Comparators)

- Συγκριτής ως προς στάθμη αναφοράς και χαρακτηριστική μεταφοράς του



Βιβλιογραφία

ΓΙΑΝΝΗΣ ΛΙΑΠΕΡΔΟΣ, “**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΙΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ**, Θεωρία και Εργαστηριακές Ασκήσεις”, ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ