

ΨΣ014 – Ηλεκτρονική

11: Τελεστικός ενισχυτής

Γιάννης Λιαπέρδος

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Οικονομίας και Τεχνολογίας
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

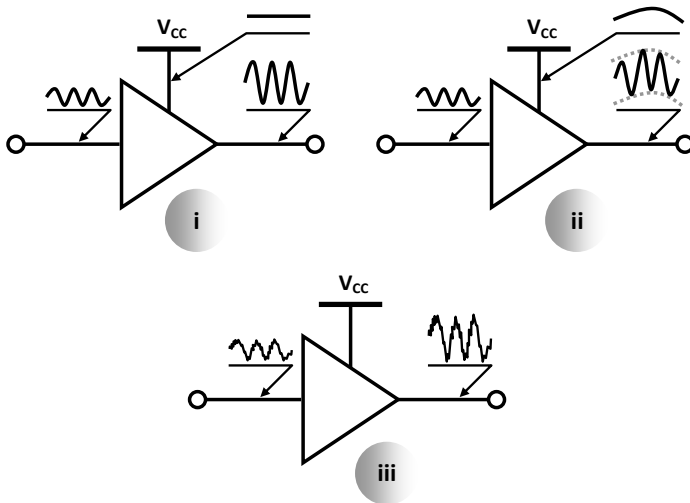


Περιεχόμενα

- 1 Γενικά
- 2 Διαφορικός ενισχυτής
- 3 Τελεστικός ενισχυτής
- 4 Ανάλυση κυκλωμάτων με τελεστικούς ενισχυτές

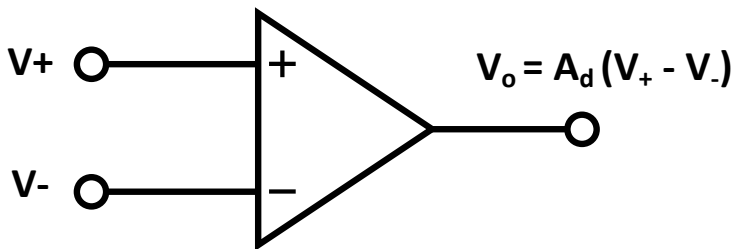


Αδυναμίες των ενισχυτών απλής εισόδου



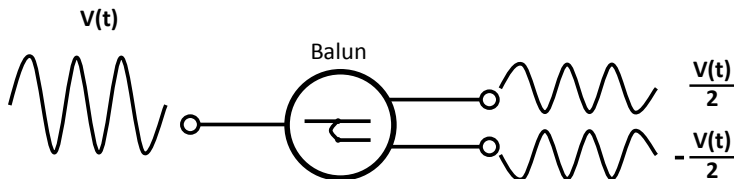
Διαφορικός ενισχυτής

- Κυκλωματικό σύμβολο και λειτουργία διαφορικού ενισχυτή



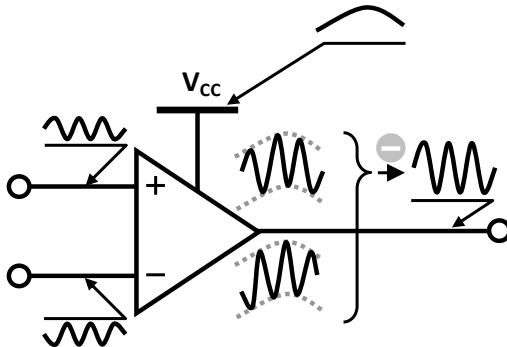
Διαφορικός ενισχυτής

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



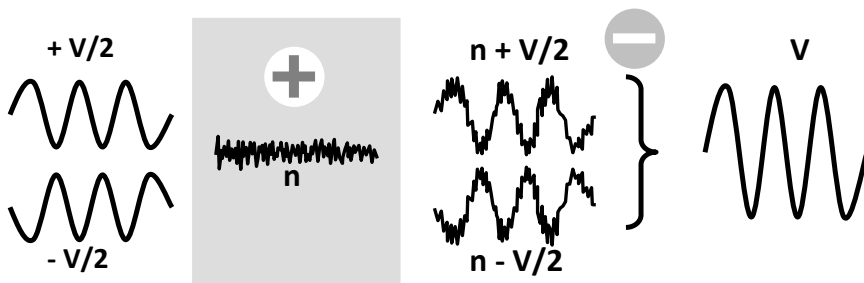
Διαφορικός ενισχυτής

- Εξουδετέρωση της επίδρασης των διακυμάνσεων της τροφοδοσίας σε διαφορικό ενισχυτή



Διαφορικός ενισχυτής

- Εξουδετέρωση της επίδρασης του θορύβου σε διαφορικό σήμα



Περιεχόμενα

1 Γενικά

2 Διαφορικός ενισχυτής

3 Τελεστικός ενισχυτής

4 Ανάλυση κυκλωμάτων με τελεστικούς ενισχυτές



Χαρακτηριστικές παράμετροι διαφορικού ενισχυτή

- Σήμα κοινού τρόπου

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



Χαρακτηριστικές παράμετροι διαφορικού ενισχυτή

- Απολαβή κοινού τρόπου

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



Χαρακτηριστικές παράμετροι διαφορικού ενισχυτή

- Συνολική τάση εξόδου

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



Χαρακτηριστικές παράμετροι διαφορικού ενισχυτή

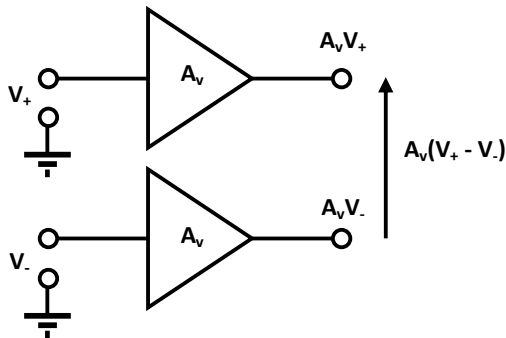
- Λόγος απόρριψης κοινού τρόπου (Common Mode Rejection Ratio – CMRR)

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



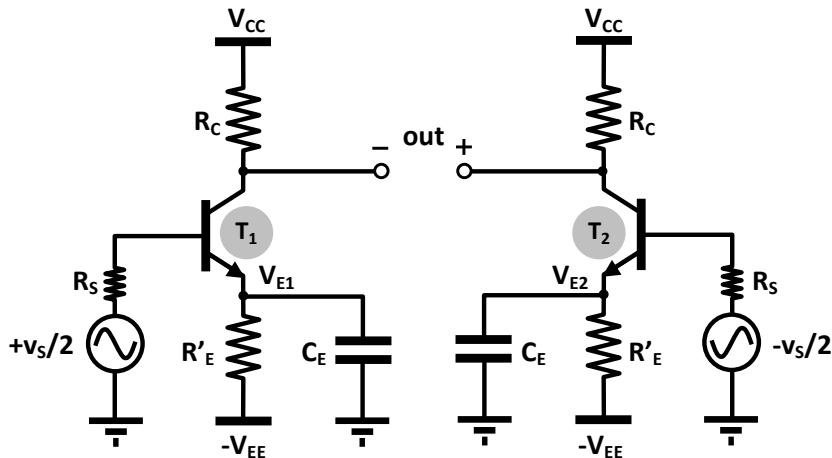
Υλοποίηση διαφορικού ενισχυτή με διπολικά τρανζίστορ

- Αρχή λειτουργίας διαφορικού ενισχυτή



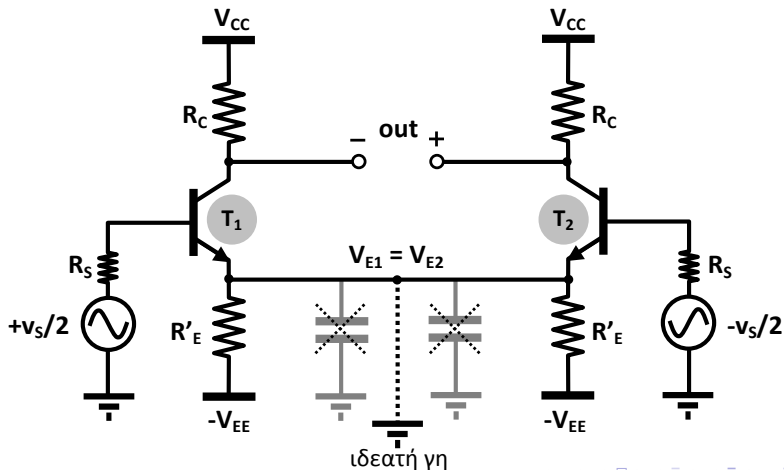
Υλοποίηση διαφορικού ενισχυτή με διπολικά τρανζίστορ

- Κύκλωμα διαφορικού ενισχυτή



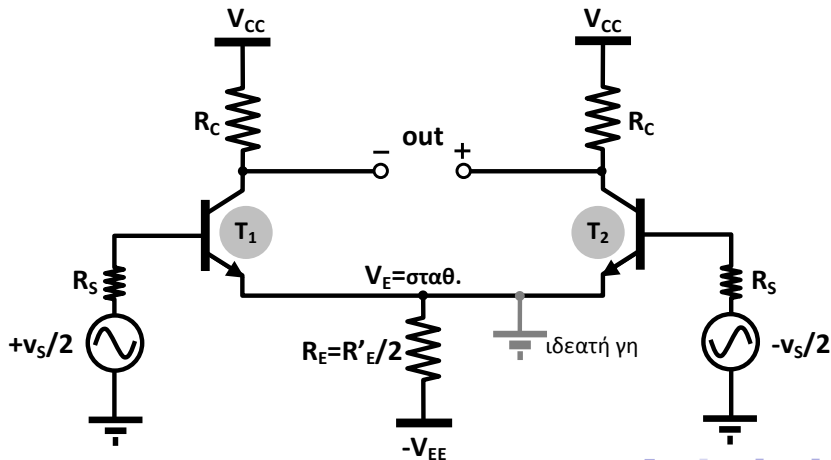
Υλοποίηση διαφορικού ενισχυτή με διπολικά τρανζίστορ

- Κύκλωμα διαφορικού ενισχυτή



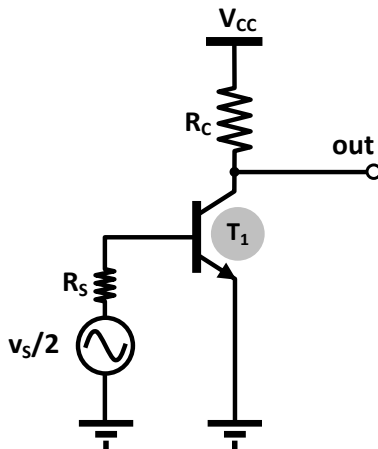
Υλοποίηση διαφορικού ενισχυτή με διπολικά τρανζίστορ

- Κύκλωμα διαφορικού ενισχυτή



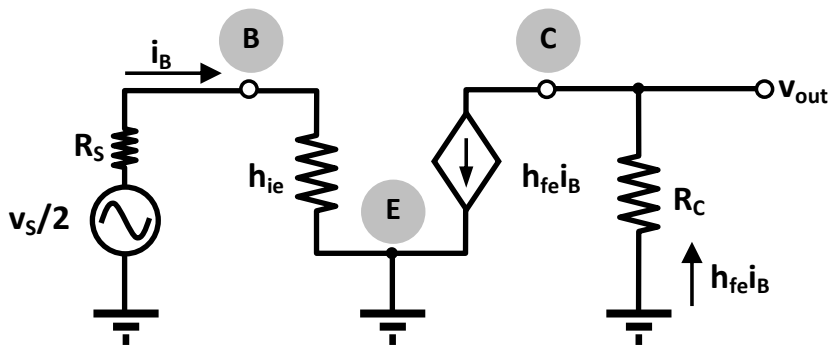
Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- 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

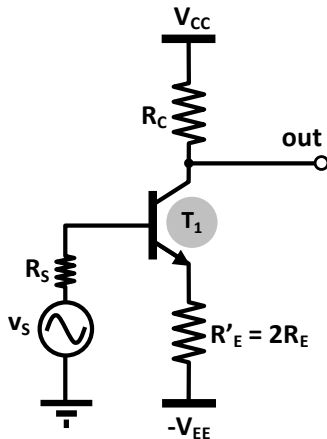
- Διαφορική απολαβή τάσης

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



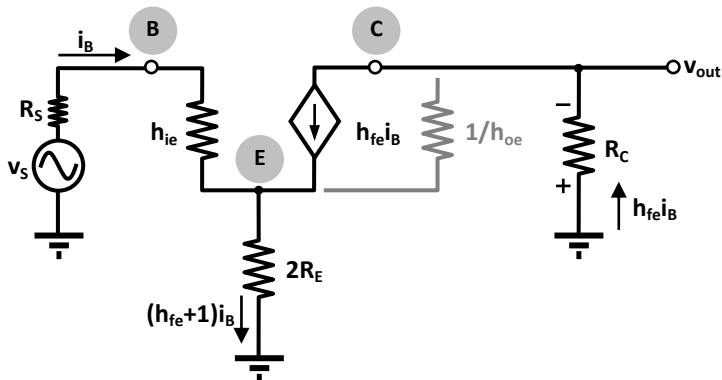
Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- 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

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



Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

- 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

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



Διαφορικός ενισχυτής με διπολικά τρανζίστορ

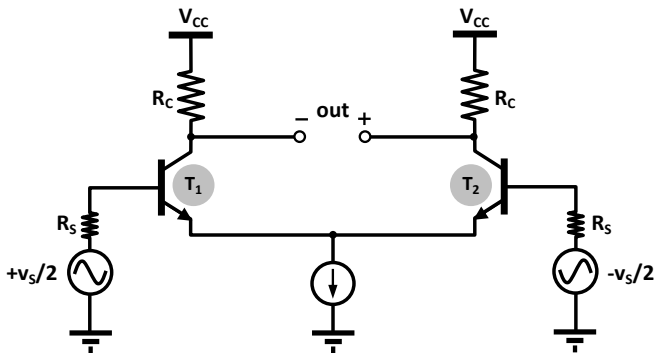
- Αντίσταση εξόδου

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



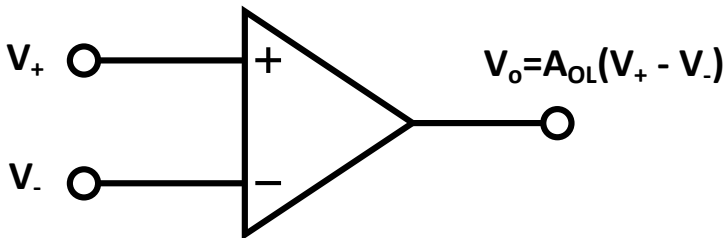
Περιεχόμενα

- 1 Γενικά
- 2 Διαφορικός ενισχυτής
- 3 Τελεστικός ενισχυτής
- 4 Ανάλυση κυκλωμάτων με τελεστικούς ενισχυτές



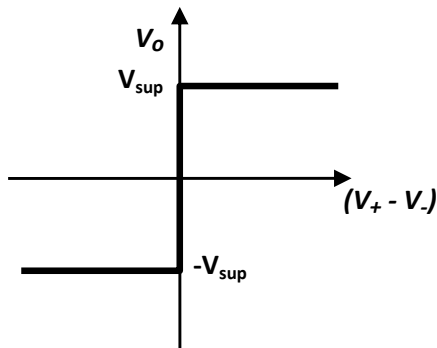
Τελεστικός ενισχυτής

- Κυκλωματικό σύμβολο και λειτουργία τελεστικού ενισχυτή



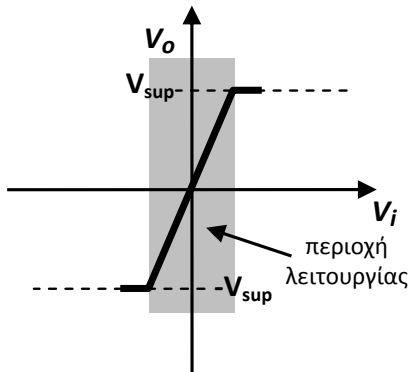
Χαρακτηριστική μεταφοράς

- Χαρακτηριστική μεταφοράς ιδανικού τελεστικού ενισχυτή



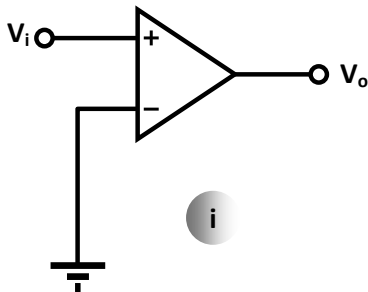
Χαρακτηριστική μεταφοράς

- Χαρακτηριστική μεταφοράς ιδανικά γραμμικού ενισχυτή

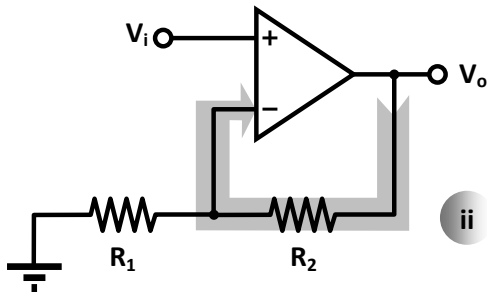


Περιορισμός της απολαβής

- Περιορισμός της απολαβής τελεστικού ενισχυτή με αρνητική ανάδραση



$$A_{OL} \rightarrow \infty$$



$$A_{CL} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Περιεχόμενα

- 1 Γενικά
- 2 Διαφορικός ενισχυτής
- 3 Τελεστικός ενισχυτής
- 4 **Ανάλυση κυκλωμάτων με τελεστικούς ενισχυτές**



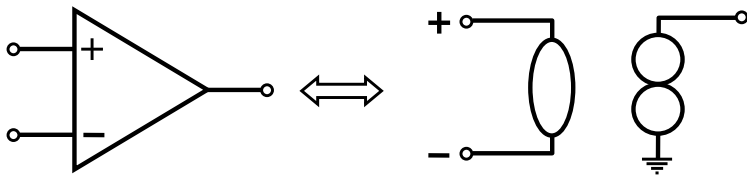
Χαρακτηριστικά ιδανικού τελεστικού ενισχυτή

- 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.



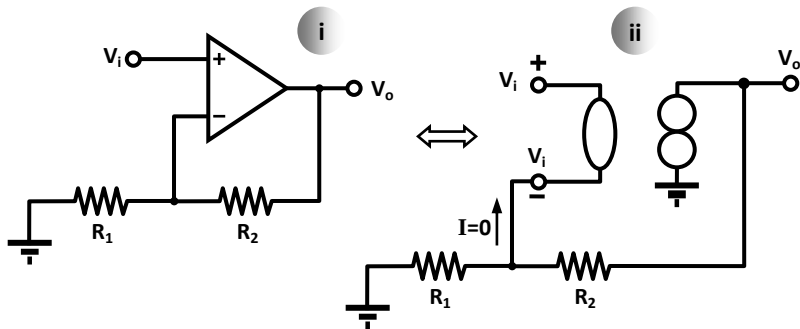
Ανάλυση κυκλωμάτων με τελεστικούς ενισχυτές

- 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

