

Πίνακας 8.1 Βασικά κυκλώματα του τελεστικού ενισχυτή

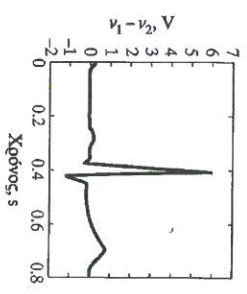
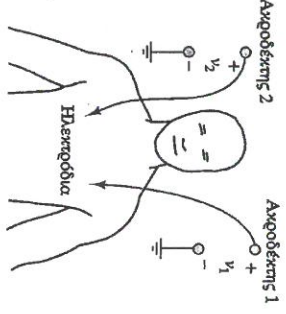
Όνομασία Συνδεσμολογίας	Κύκλωμα	Καθώς κλειστό βρόχο (ανά τις ιδιότητες προσαρμοστές της εξίσωσης 8.23)
Αναστρέφων ενισχυτής	Σχήμα 8.5	$v_{out} = -\frac{R_F}{R_S} v_S$
Αθροιστής	Σχήμα 8.7	$v_{out} = -\frac{R_F}{R_1} v_{S1} - \frac{R_F}{R_2} v_{S2} - \dots - \frac{R_F}{R_n} v_{Sn}$
Μη αναστρέφων ενισχυτής	Σχήμα 8.8	$v_{out} = \left(1 + \frac{R_F}{R_S}\right) v_S$
Ακροβόλος τάσης	Σχήμα 8.9	$v_{out} = v_S$
Διαφορικός ενισχυτής	Σχήμα 8.10	$v_{out} = \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1)$



Ενοχλητής Ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΕΚΓ)

Αυτό το παράδειγμα εστιάζει την αγωγή στην οποία βασίζεται ένας ηλεκτροκαρδιογράφος δύο ακροδεκτών. Η επιθυμητή καρδιακή κυματομορφή δίνεται από τη διαφορά μεταξύ των δυναμικών που μετράονται από δύο ηλεκτροδία κατάλληλα τοποθετημένα στο στήθος του ασθενούς, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.11. Μια καθαρή κυματομορφή υγιούς ατόμου, απαλλαγμένη από το θόρυβο, παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.12.

Αυστηρώς, η παρουσία των ηλεκτροικών συσκευών που προφοδοτούνται από το δικτύο ισχύος προκαλεί α-

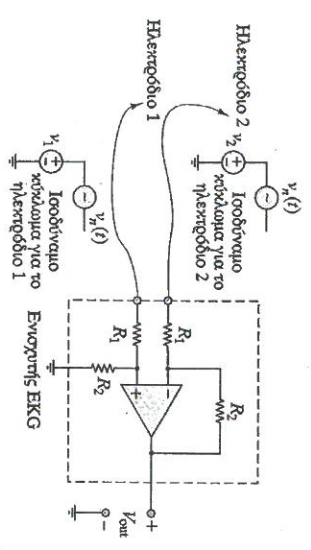


Σχήμα 8.11 Ηλεκτροκαρδιογράφος δύο ακροδεκτών

Σχήμα 8.12 Καρδιακή κυματομορφή (συνεχίζεται)

(συνεχίζεται)

νεπαθύμητη παρεμβολή στα ηλεκτροδία του καρδιολογράφου. Τα σήματα των ηλεκτροδίων ενεργούν σαν κεραίες που λαμβάνουν, εκτός από την επιθυμητή καρδιακή τάση και το σήμα των 50-Hz του δικτύου. Στην πραγματικότητα, οι τάσεις των σημείων v_1 και v_2 , που εμφανίζονται στα δύο ηλεκτροδία θα είναι (όπως φαίνεται με τη βοήθεια του Σχήματος 8.13).



Σχήμα 8.13 Ενοχλητής ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Ηλεκτροδίο 1:

$$v_1(t) + v_n(t) = v_1(t) + V_n \cos(2\pi 50t + \phi_n)$$

Ηλεκτροδίο 2:

$$v_2(t) + v_n(t) = v_2(t) + V_n \cos(2\pi 50t + \phi_n)$$

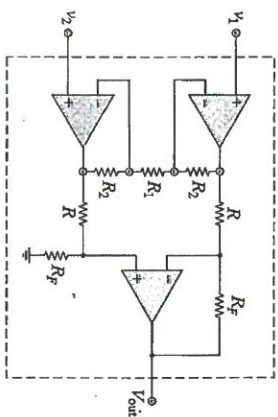
Το σήμα παρεμβολής $V_n \cos(2\pi 50t + \phi_n)$ είναι περίπου τα ίδια και στους δύο ακροδέκτες, επειδή τα ηλεκτροδία επιλέγονται έτσι ώστε να είναι ίδια (π.χ., έχουν τα ίδια μήκη) και είναι κοντά το ένα στο άλλο. Ειπωδόν, ο ρότος με τον οποίο δημιουργείται το σήμα παρεμβολής είναι ίδιος και για τους δύο ακροδέκτες, συνεπώς αυτό θα είναι ίδιο και στους δύο ακροδέκτες. Με βάση τη παραπάνω ανάλυση έχουμε:

$$v_{out} = \frac{R_2}{R_1} \{ [v_1 + v_n(t)] - [v_2 + v_n(t)] \}$$

$$v_{out} = \frac{R_2}{R_1} (v_1 - v_2)$$

Συνεπώς ο διαφορικός ενισχυτής μηδενίζει το σήμα της παρεμβολής, ενώ παράλληλα ενισχύει την επιθυμητή κυματομορφή του ΕΚΓ.

Η παραπάνω εφαρμογή εισάγει την έννοια του **κοινού σήματος (common-mode)** και του **διαφορικού σήματος (differential-mode signals)**. Το επιθυμητό διαφορικό σήμα του καθολογραφηματος ενισχύθηκε από τον τελεστικό ενισχυτή, ενώ η παρεμβολή, ως κοινό σήμα, αμεληθήκη. Συνεπώς, ο διαφορικός ενισχυτής παίζει τη δυνατότητα να απορριφθεί το τμήμα του σήματος που είναι κοινό (όπως ο θόρυβος ή τα ανεπιθύτητα DC offsets) ενισχύοντας το διαφορικό μέρος του σήματος. Αυτό είναι ένα πολύ επιθυμητό στα συστήματα τηλεμετρικών μετρήσεων. Στην πράξη, η απόρριψη του κοινού σήματος δεν είναι γεγονός αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να ορίσουμε ένα **συντελεστή ποιότητας του διαφορικού ενισχυτή που ονομάζεται λόγος απόρριψης κοινού σήματος (CMRR Common Mode Rejection Ratio)** και συζητείται στην Ενότητα 8.6.



Σχήμα 8.14 Ενισχυτής οργάνων

Συχνά, για την ατομώωση του σήματος εισόδου από το στάδιο ενίσχυσης του διαφορικού ενισχυτή, τα σήματα v_1 και v_2 ενισχύονται χωριστά. Αυτή η τεχνική αναδεικνύει τον **ενισχυτή οργάνων (IA Instrumentation Amplifier)**, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.14. Το Παράδειγμα 8.3 επεξηγεί τον υπολογισμό του κέρδους κλειστού βρόχου για έναν τυπικό ενισχυτή οργάνων.

ΣΕ2

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8.3 Ενισχυτής οργάνων