

Funcțiunile circuitelor electronice

Exemple de prelucrări

- Filtrare pentru eliminarea zgomotului
- Transmitere la distanță
- Extragerea semnalului util din transmisiunea radio
- Separarea a două surse de informație, compresia și criptarea transmisiunilor
- Afișarea și măsurare poziției obstacolelor cu sonar, radar, ecograf (image)
- Recunoașterea obiectelor din imagine
- Măsurare directă sau prin model

Funcțiunile circuitelor electronice

- Semnal analogic: prelucrat de circuite analogice
- Semnal numeric: prelucrat de circuite numerice

Funcțiunile circuitelor electronice

- Amplificare
- Oscilație
- Redresare
- Stabilizare
- Filtrare (regim dinamic)
- Modulare, demodulare
- Conversie A/N, N/A
- Funcțiuni aritmetice (calcul numeric)

Funcțiunile circuitelor electronice

Redresoare

- Circuit care furnizează tensiune (sau curent) de un singur semn
 - Folosit pentru alimentare
 - Folosit pentru extragerea informației
- Exemple
- Caracteristica tensiune-curent a diodei
- Diagramele de timp ale redresorului

Funcțiunile circuitelor electronice

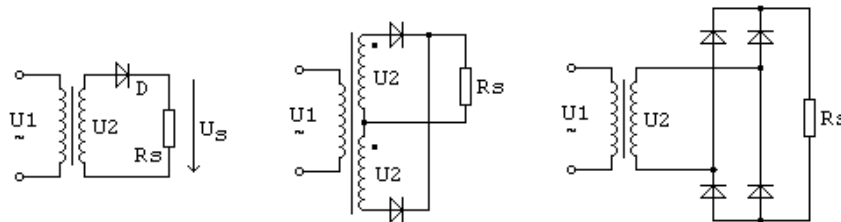
Redresor cu diode semiconductoare



model simplificat, diodă cu siliciu

Funcțiunile circuitelor electronice

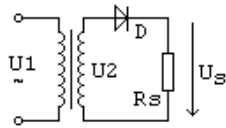
Redresor cu diode semiconductoare



Redresoare alimentate din rețeaua monofază

Funcțiunile circuitelor electronice

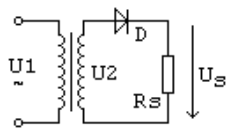
Redresor monoalternanță



$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor monoalternanță

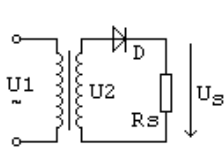


$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

$$u_2(t) = u_D(t) + u_s(t)$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor monoalternanță



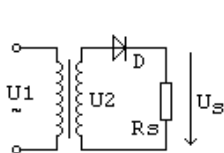
$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

$$u_2(t) = u_D(t) + u_s(t)$$

$$u_s(t) = i_D(t) \cdot R_s$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor monoalternanță



$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

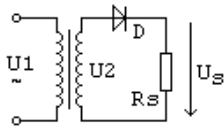
$$u_2(t) = u_D(t) + u_s(t)$$

$$u_s(t) = i_D(t) \cdot R_s$$

$$i_D = i_D(u_D)$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor monoalternanță

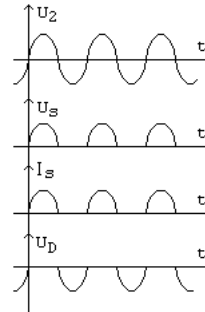


$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

$$u_2(t) = u_D(t) + u_S(t)$$

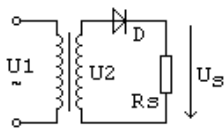
$$u_S(t) = i_D(t) \cdot R_S$$

$$i_D = i_D(u_D)$$



Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor monoalternanță

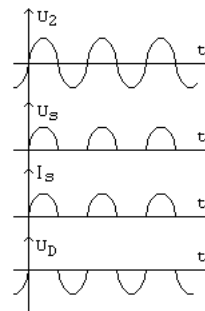


$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

$$U_{S-\max} = U_2 \sqrt{2}$$

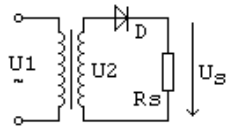
$$U_{D-\min} = -U_2 \sqrt{2}$$

$$I_{S-\max} = I_{D-\max} = \frac{U_2 \sqrt{2}}{R_S}$$

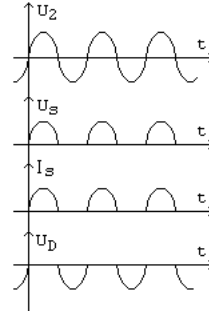


Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor monoalternanță



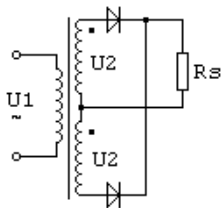
$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$



$$U_{s_med} \cong \frac{1}{T} \int_0^{T/2} U_2 \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \cdot dt = \frac{U_2 \sqrt{2}}{\omega T} \int_0^{\pi} \sin \alpha \cdot d\alpha = \frac{U_2 \sqrt{2}}{\pi}$$

Funcțiunile circuitelor electronice

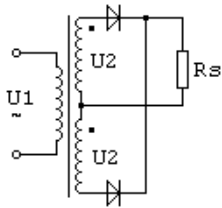
Redresor bialternanță



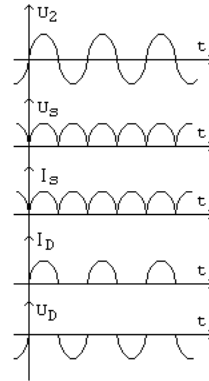
$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor bialternanță

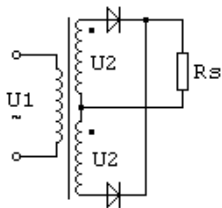


$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

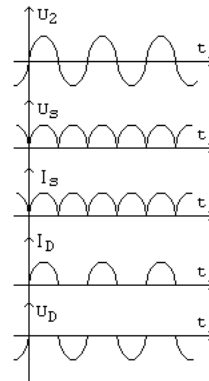


Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor bialternanță



$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$



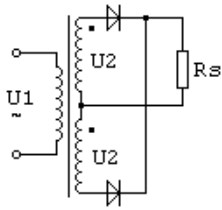
$$U_{s-\max} = U_2 \sqrt{2}$$

$$U_{D-\min} = -2U_2 \sqrt{2}$$

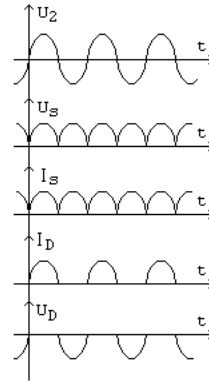
$$I_{s-\max} = I_{D-\max} = \frac{U_2 \sqrt{2}}{R_s}$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor bialternanță



$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

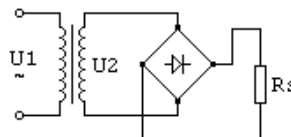
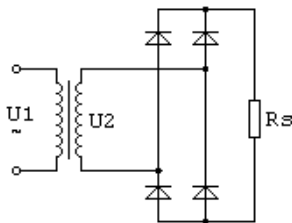


$$U_{s_med} \cong \frac{2U_2 \sqrt{2}}{\pi}$$

Funcțiunile circuitelor electronice

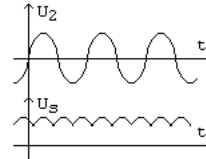
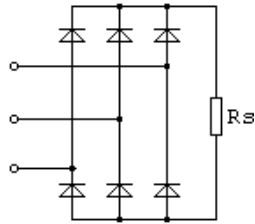
Redresor în punte, monofazat

$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$



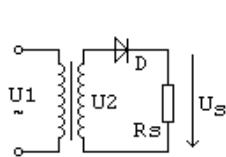
Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor în punte, trifazat

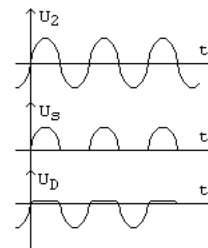
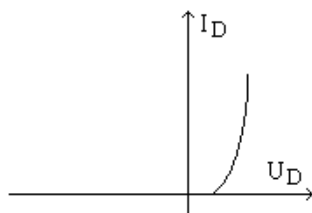


Funcțiunile circuitelor electronice

Model mai realist al diodei

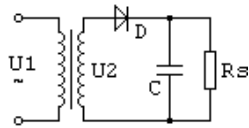


$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

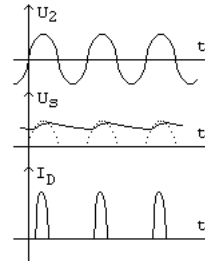


Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor cu filtru

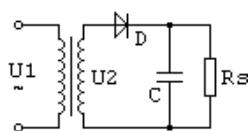


$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

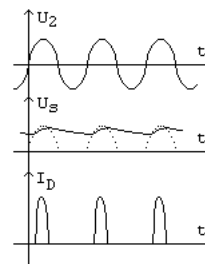


Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor cu filtru



$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$



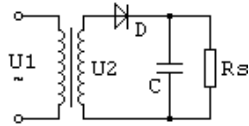
$$\Delta Q = C \cdot \Delta U$$

$$\Delta Q = I_s \cdot t$$

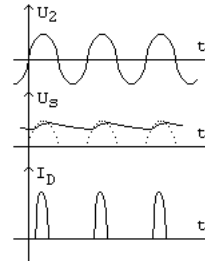
$$\Delta U \cong \frac{I_s \cdot t}{C}$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor cu filtru



$$u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$



$$\Delta Q = C \cdot \Delta U$$

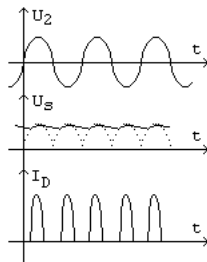
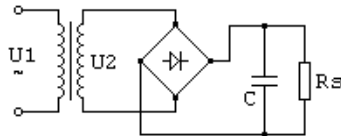
$$\Delta Q = I_s \cdot t$$

$$\Delta U \cong \frac{I_s \cdot t}{C}$$

Perioada pulsurilor!

Funcțiunile circuitelor electronice

Redresor cu filtru



$$\Delta U \cong \frac{I_s \cdot t}{C}$$

Funcțiunile circuitelor electronice

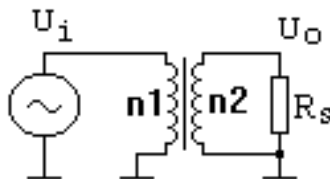
Amplificatoare

- Circuit care mărește puterea semnalului
- De obicei, păstrează forma semnalului (anvelopa)
- Are nevoie de alimentare (puterea semnalului este mărită, pe seama puterii de la sursă)
- Configurații diferite, în funcție de:
 - Puterea de ieșire
 - Nivelul de la intrare
 - Domeniul frecvențelor de lucru
- Exemple

Introducere în IETC, 2008

25

Funcțiunile circuitelor electronice



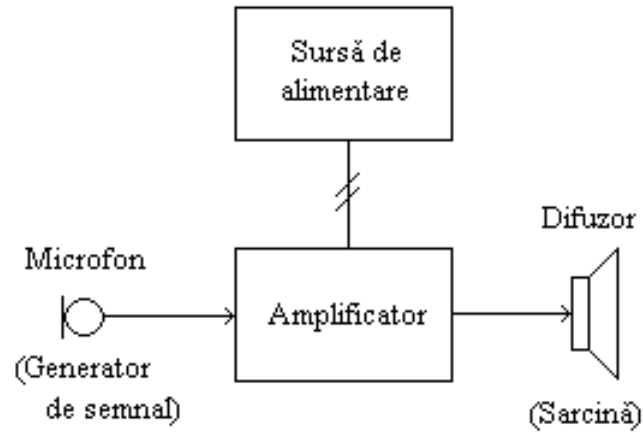
Contraexemplu: transformatorul (nu este amplificator!)

Introducere în IETC, 2008

26

Funcțiunile circuitelor electronice

Exemplu de utilizare a unui amplificator (schemă bloc)

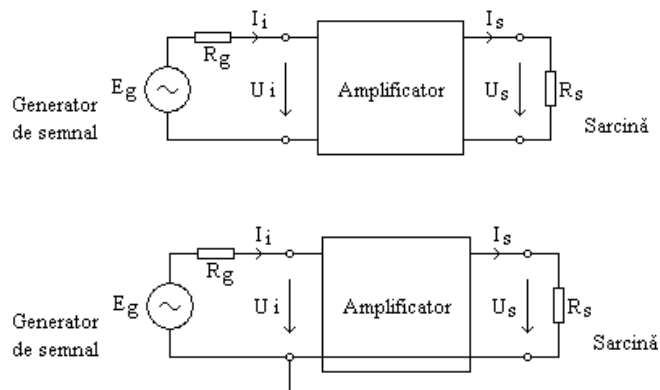


Introducere în IETC, 2008

27

Funcțiunile circuitelor electronice

Exemplu de utilizare a unui amplificator



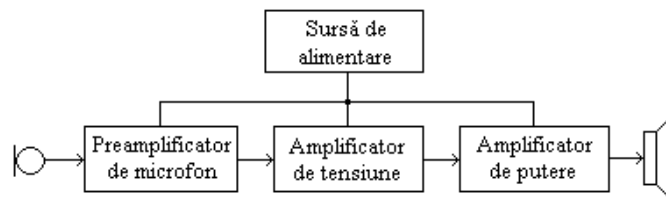
Introducere în IETC, 2008

28

Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare

- Amplificator de putere mică (probleme de fidelitate și evitarea zgomotului)
- Amplificator de putere mare (probleme de randament și disiparea căldurii)



Introducere în IETC, 2008

29

Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificator integrat, putere mică

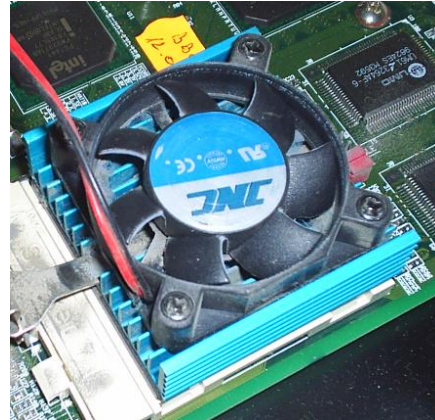


Introducere în IETC, 2008

30

Funcțiunile circuitelor electronice

Disiparea căldurii



Introducere în IETC, 2008

31

Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare

- Amplificator de audiofrecvență
- Amplificator de radiofrecvență
- Amplificator de videofrecvență
- Amplificator de microunde

- Amplificator de c.c.
- Amplificator de c.a.

Introducere în IETC, 2008

32

Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare

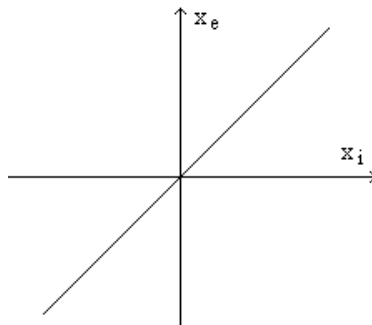
- Cel mai simplu model matematic (circuit liniar):

$$x_e(t) = a \cdot x_i(t)$$

- Mărimile de intrare și ieșire pot fi tensiune sau curent, în orice combinație
- Anticiparea ieșirii

Funcțiunile circuitelor electronice

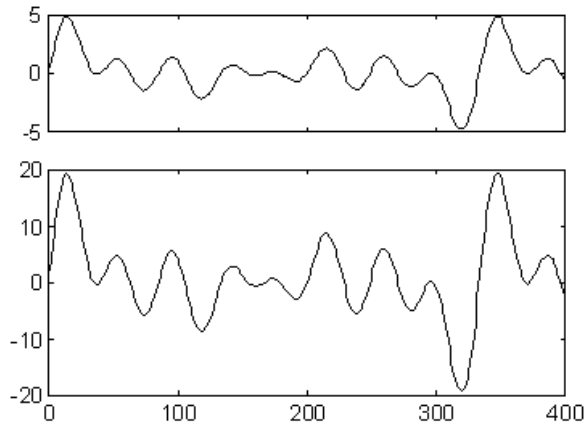
Amplificatoare



$$x_e(t) = a \cdot x_i(t)$$

Funcțiunile circuitelor electronice

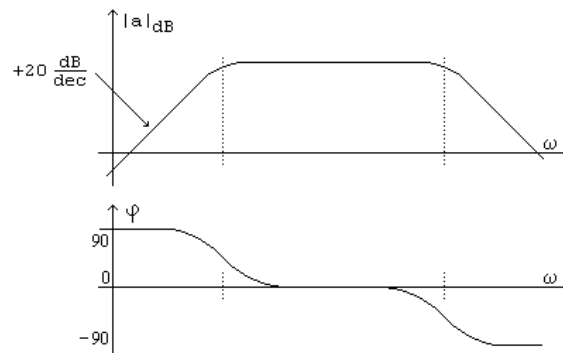
Amplificatoare



$$x_e(t) = a \cdot x_i(t)$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: Caracteristici de frecvență



Funcțiunile circuitelor electronice

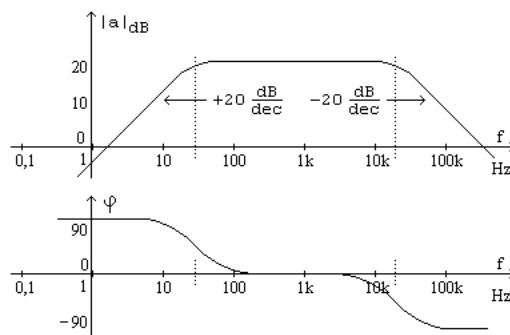
Amplificatoare

- Un model mai apropiat de realitate (tot circuit liniar):

$$X_e(j\omega) = a(j\omega) \cdot X_i(j\omega)$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: Caracteristici de frecvență



$$|a|_{dB} = 20 \log |a|$$

$$X_e(j\omega) = a(j\omega) \cdot X_i(j\omega)$$

Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: semnificațiile mărimilor

- Modulul lui a : raportul amplitudinilor

- Faza

- Dacă: $x_i(t) = U_i \sin(\omega t + \varphi_i)$

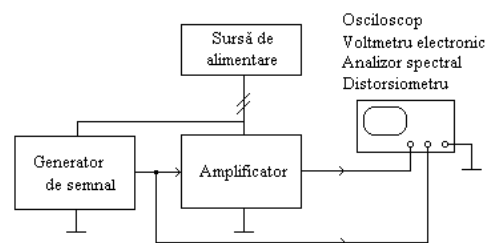
$$x_e(t) = U_e \sin(\omega t + \varphi_e)$$

- Atunci: $|a| = \frac{U_e}{U_i}$

$$\varphi = \arg(a) = \varphi_e - \varphi_i$$

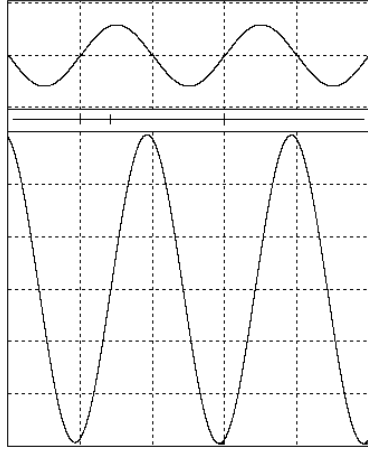
Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: analiza experimentală



Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: analiza experimentală



$$|a| = \frac{U_e}{U_i}$$

$$\varphi = \arg(a) = \varphi_e - \varphi_i$$

$$\varphi = \frac{\Delta t}{T} \cdot 2\pi$$

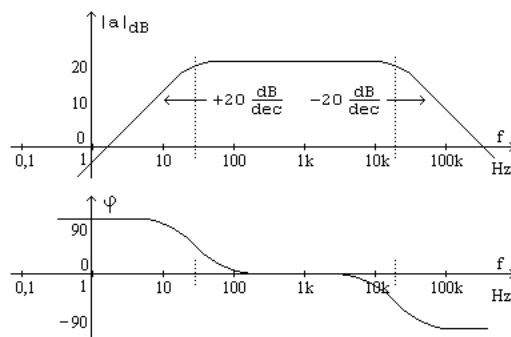
(cu semn!)

Introducere în IETC, 2008

41

Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: analiza experimentală

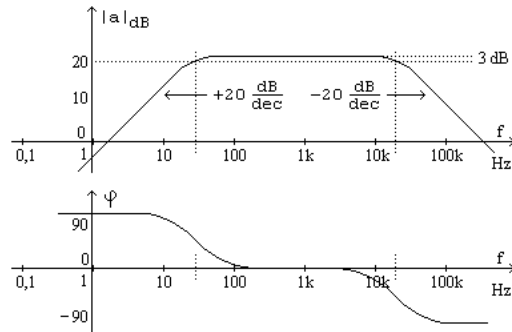


Introducere în IETC, 2008

42

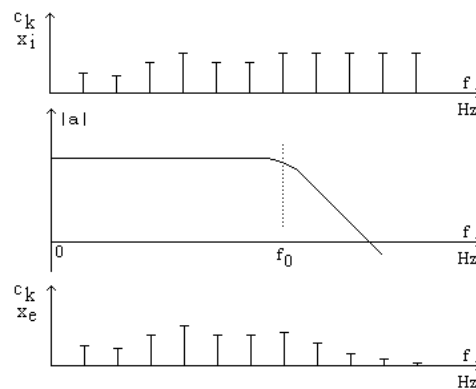
Funcțiunile circuitelor electronice

Temă de casă: determinarea benzii la -3dB



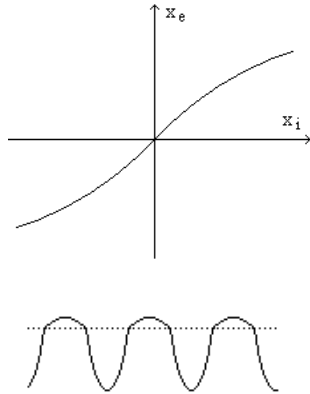
Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: anticiparea ieșirii



Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: distorsiuni neliniare

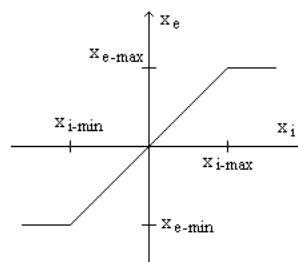


Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: distorsiuni neliniare

$$x_{e-\max} = a \cdot x_{i-\max}$$

$$x_{e-\min} = a \cdot x_{i-\min}$$



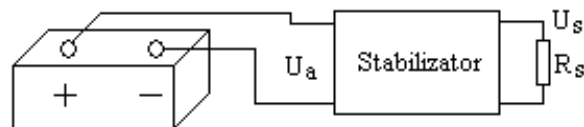
Funcțiunile circuitelor electronice

Amplificatoare: noțiuni caracteristice

- Amplificare
- Impedanțe de intrare și de ieșire
- Impedanța generatorului și impedanța sarcinii
- Putere maximă de ieșire
- Domeniul frecvențelor de lucru (banda)
- Liniaritate, distorsiuni
- Zgomot

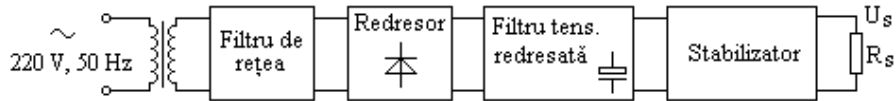
Funcțiunile circuitelor electronice

Exemplu de stabilizator



Funcțiunile circuitelor electronice

Exemplu de stabilizator



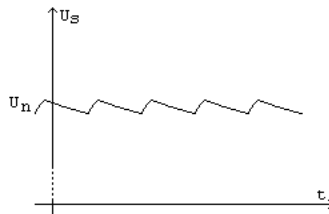
Funcțiunile circuitelor electronice

Stabilizatoare

- Circuit care păstrează constantă valoarea unei mărimi (indiferent de perturbații)
- Cel mai frecvent, utilizare în scop de alimentare stabilizată
- Perturbații uzuale:
 - sarcina
 - alimentarea
 - temperatura

Funcțiunile circuitelor electronice

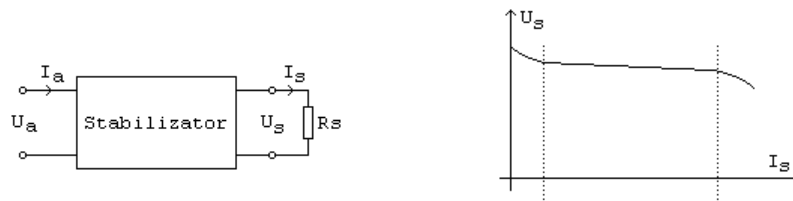
Stabilizator de tensiune



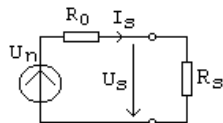
Riplul

Funcțiunile circuitelor electronice

Stabilizator de tensiune



Caracteristica de sarcină



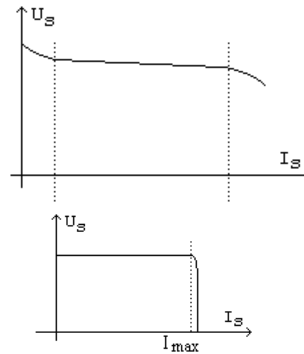
Circuitul echivalent

$$R_o = - \left. \frac{dU_s}{dI_s} \right|_{U_a = \text{const}}$$

Rezistența internă

Funcțiunile circuitelor electronice

Stabilizator de tensiune



Protecție prin limitarea curentului

Introducere în IETC, 2008

53

Funcțiunile circuitelor electronice

Stabilizator de tensiune: Noțiuni caracteristice

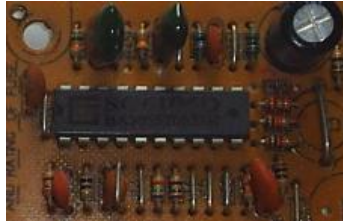
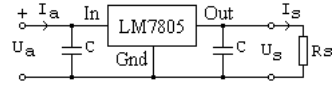
- Domeniul admisibil al tensiunilor de intrare
- Tensiunea nominală de ieșire (pe sarcină)
- Curent maxim de sarcină
- Tensiune de zgomot (ondulație) pe sarcină
- Sensibilitățile la perturbații

Introducere în IETC, 2008

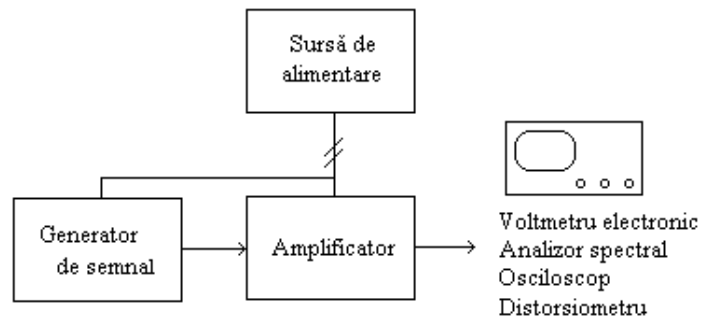
54

Funcțiunile circuitelor electronice

Stabilizator de tensiune



Funcțiunile circuitelor electronice



Exemplu de utilizare a aparatelor de laborator

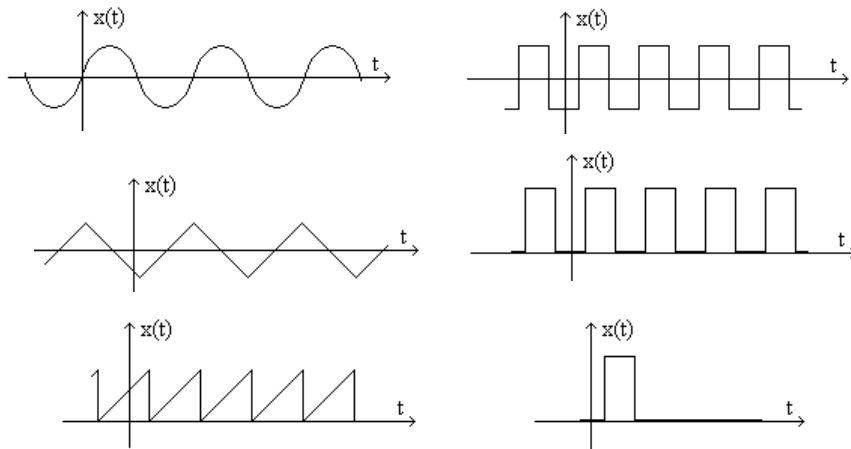
Funcțiunile circuitelor electronice

Oscilatoare

- Generează un semnal de forma dorită, fără a primi un alt semnal din exterior
- Forme uzuale: sinus, triunghi, dreptunghi, dinte de fierăstrău (semnale periodice)
- Există și generatoare de impulsuri singulare
- Multe aparate folosesc combinații de semnale

Funcțiunile circuitelor electronice

Oscilatoare: forme uzuale



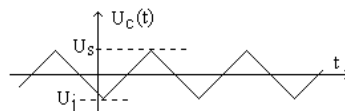
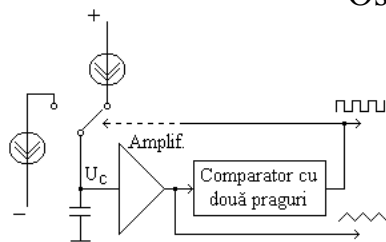
Funcțiunile circuitelor electronice

Oscilatoare

- oscilatoare de foarte joasă frecvență (sub 10Hz);
- oscilatoare de audiofrecvență (10Hz-1MHz);
- oscilatoare de radiofrecvență (sute de kHz – sute de MHz);
- oscilatoare de microunde (sute de MHz – 20GHz).

Funcțiunile circuitelor electronice

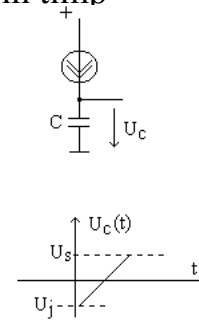
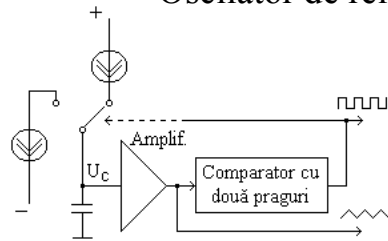
Oscilatoare



Metodă simplă de generare

Funcțiunile circuitelor electronice

Oscilator de relaxare: analiza în timp



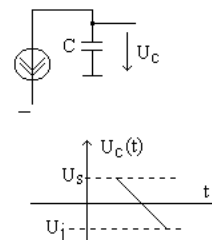
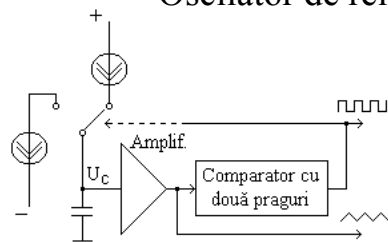
Circuit echivalent, în timpul creșterii tensiunii

Introducere în IETC, 2008

61

Funcțiunile circuitelor electronice

Oscilator de relaxare: analiza în timp



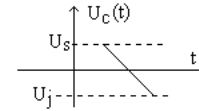
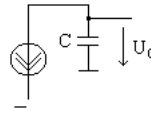
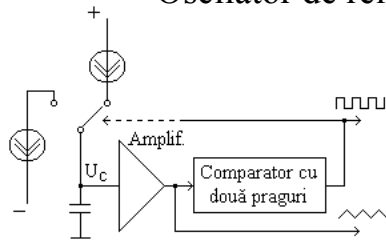
Circuit echivalent, în timpul descreșterii tensiunii

Introducere în IETC, 2008

62

Funcțiunile circuitelor electronice

Oscilator de relaxare: analiza în timp



$$\Delta U = U_s - U_j = \frac{1}{C} I \cdot t_1$$

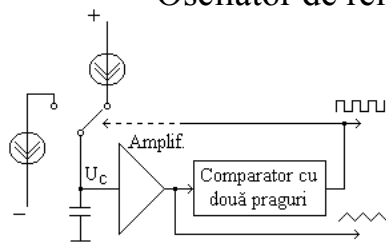
Determinarea perioadei

Introducere în IETC, 2008

63

Funcțiunile circuitelor electronice

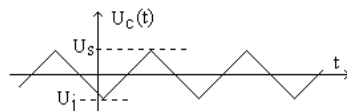
Oscilator de relaxare: analiza în timp



$$\Delta U = U_s - U_j = \frac{1}{C} I \cdot t_1$$

$$t_1 = C \cdot \frac{U_s - U_j}{I}$$

$$T = 2t_1 = 2C \cdot \frac{U_s - U_j}{I}$$



Determinarea perioadei

Introducere în IETC, 2008

64

Funcțiunile circuitelor electronice

Oscilator armonic: analiza în frecvență

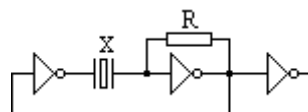
Semestrul 4

Introducere în IETC, 2008

65

Funcțiunile circuitelor electronice

Oscilatoare



Rezonator piezoelectric

Introducere în IETC, 2008

66

Funcțiunile circuitelor electronice

Oscilatoare: Noțiuni caracteristice

- Forma generată
- Stabilitatea amplitudinii și a frecvenței (sensibilitatea în raport cu perturbațiile)
- Domeniul de frecvențe și de tensiuni (dacă sînt variabile)
- Impedanța de ieșire
- Distorsiunea (pentru sinusoidă)

Funcțiunile circuitelor electronice

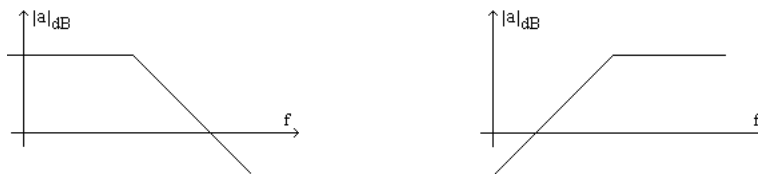
Filtre

- Modifică componenta spectrală a semnalului (scop de prelucrare a informației)
- “Netezește” tensiunea de ieșire a redresorului (scop energetic, alimentare stabilizată)
- Importantă: analiza în frecvență
- Descriere prin caracteristicile de frecvență

Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre

- FTJ – redresor, zgomot de frecvență mare
- FTS – eliminarea componentei medii, rejecția perturbațiilor de joasă frecvență



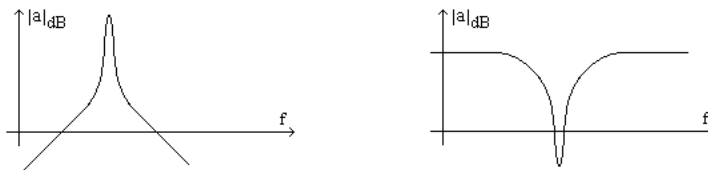
Introducere în IETC, 2008

69

Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre

- FTB – transmiterea selectivă a unei benzi, radiorecepție, telefonie
- FOB – eliminarea (rejecția) perturbației de frecvență fixă – “notch”



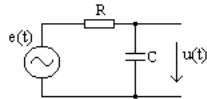
Introducere în IETC, 2008

70

Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza fazorilor

- Regim sinusoidal

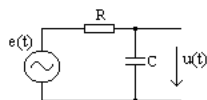


$$e(t) = E \cdot \sin(\omega t)$$

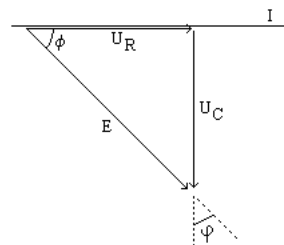
Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza fazorilor

- Regim sinusoidal



$$e(t) = E \cdot \sin(\omega t)$$

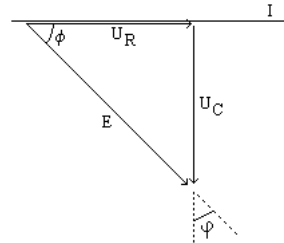


Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza fazorilor

$$U_R = RI$$

$$U_C = I \cdot X_C = \frac{I}{\omega C}$$



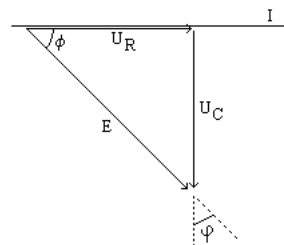
Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza fazorilor

$$U_R = RI$$

$$U_C = I \cdot X_C = \frac{I}{\omega C}$$

$$E = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = I \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$



Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza fazorilor

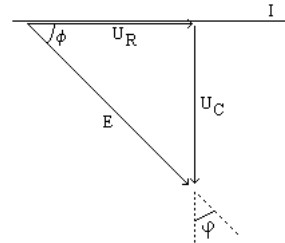
$$U_R = RI$$

$$U_C = I \cdot X_C = \frac{I}{\omega C}$$

$$E = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = I \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

$$\phi = \arctg\left(\frac{U_C}{U_R}\right) = \arctg\left(\frac{1}{\omega RC}\right) = \pi/2 - \arctg(\omega RC)$$

$$\varphi = -(\pi/2 - \phi) = -\arctg(\omega RC)$$



Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza fazorilor

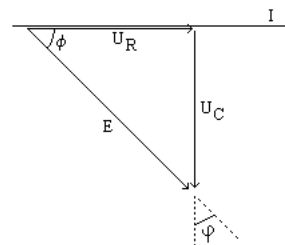
$$U_R = RI$$

$$U_C = I \cdot X_C = \frac{I}{\omega C}$$

$$E = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = I \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

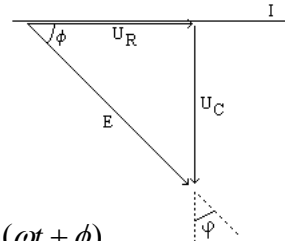
$$\phi = \arctg\left(\frac{U_C}{U_R}\right) = \arctg\left(\frac{1}{\omega RC}\right) = \pi/2 - \arctg(\omega RC)$$

$$\varphi = -(\pi/2 - \phi) = -\arctg(\omega RC)$$



Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza fazorilor



$$i(t) = \frac{E}{|Z|} \cdot \sin(\omega t + \phi) = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

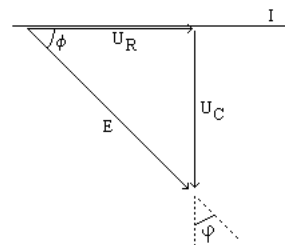
$$u(t) = \frac{E}{|Z|} \cdot \frac{1}{\omega C} \cdot \sin(\omega t + \phi - \pi/2) = \frac{E}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

Introducere în IETC, 2008

77

Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza în frecvență



$$u(t) = \frac{E}{|Z|} \cdot \frac{1}{\omega C} \cdot \sin(\omega t + \phi - \pi/2) = \frac{E}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

Introducere în IETC, 2008

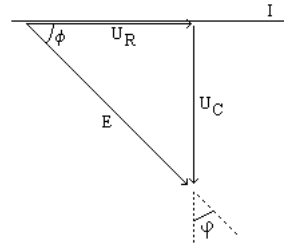
78

Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza în frecvență

$$|a(\omega)| = \frac{U_C}{E} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}$$

$$\varphi(\omega) = (\omega t + \phi - \pi/2) - \omega t = -\arctg(\omega RC)$$



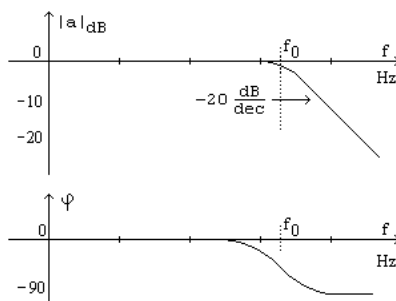
$$u(t) = \frac{E}{|Z|} \cdot \frac{1}{\omega C} \cdot \sin(\omega t + \phi - \pi/2) = \frac{E}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

Introducere în IETC, 2008

79

Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza în frecvență



$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$|a(\omega)| = \frac{U_C}{E} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}$$

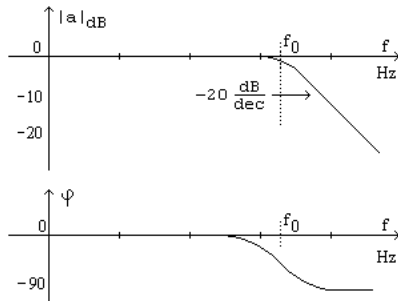
$$\varphi(\omega) = -\arctg(\omega RC)$$

Introducere în IETC, 2008

80

Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: analiza în frecvență



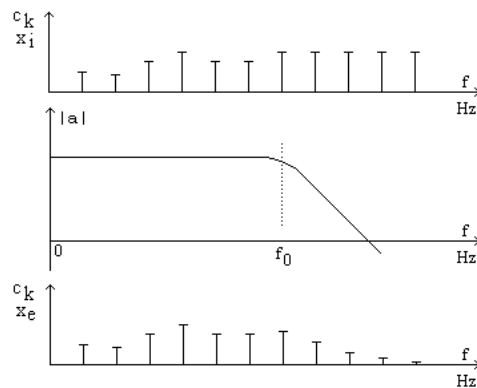
$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Analiza în frecvență: foarte importantă pentru electroniști!

Funcțiunile circuitelor electronice

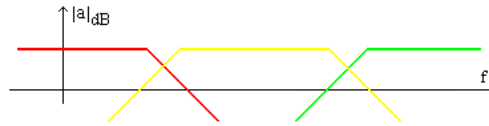
Filtre: analiza în frecvență



Comportarea FTJ în regim periodic, anticiparea ieșirii

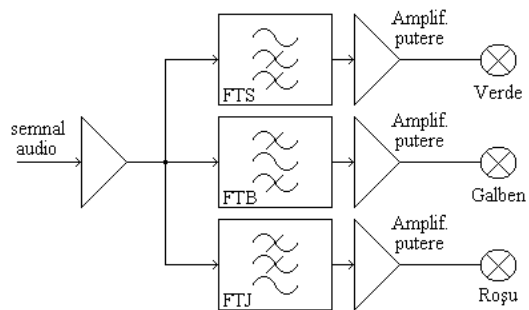
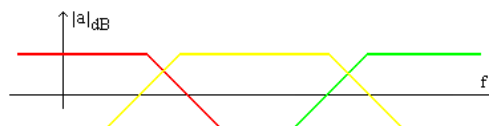
Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: orga de lumini



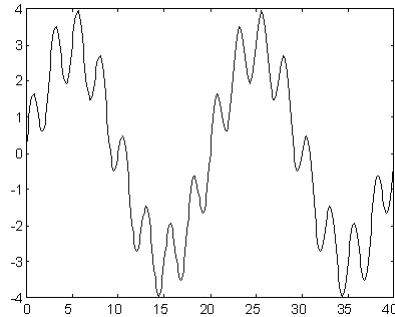
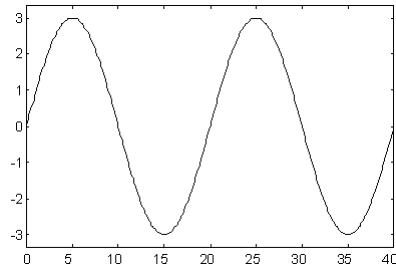
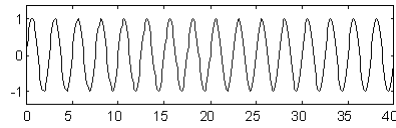
Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: orga de lumini



Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: rejecția perturbațiilor

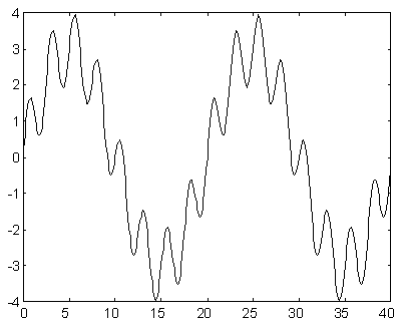


Introducere în IETC, 2008

85

Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: rejecția perturbațiilor

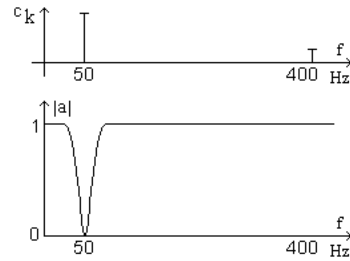
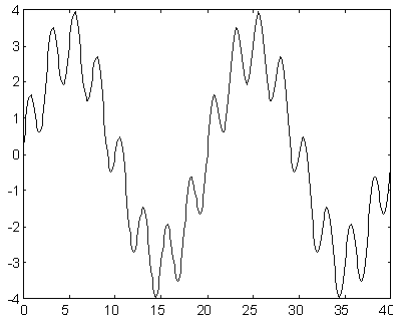


Introducere în IETC, 2008

86

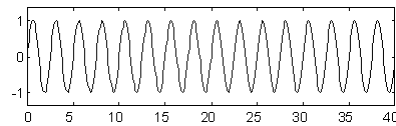
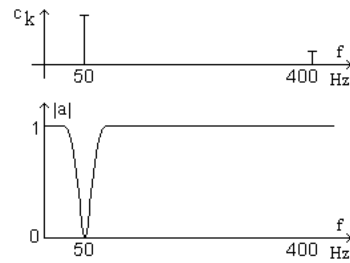
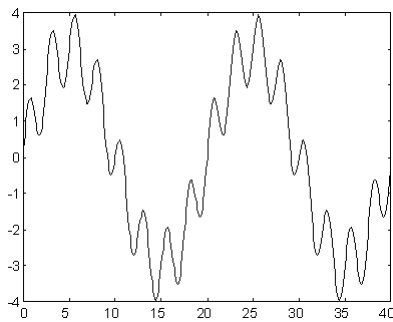
Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: rejecția perturbațiilor



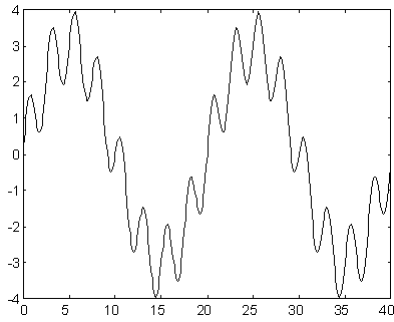
Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: rejecția perturbațiilor

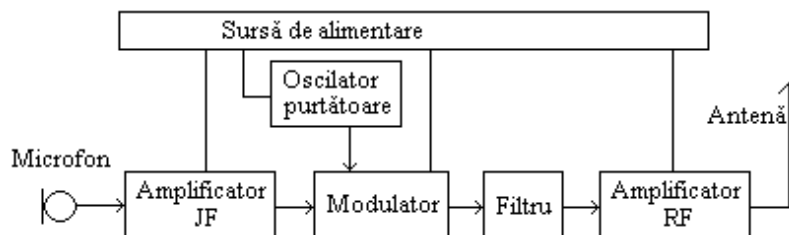


Funcțiunile circuitelor electronice

Filtre: rejectia perturbațiilor

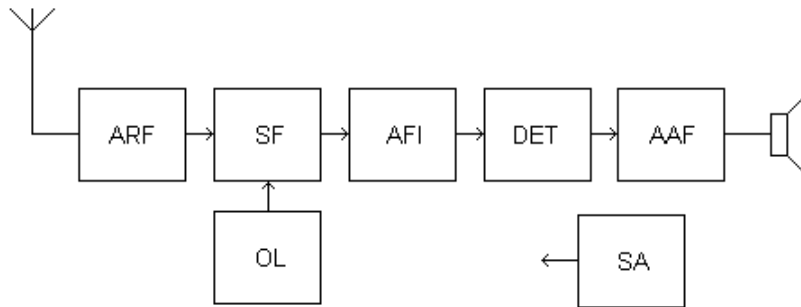


Funcțiunile circuitelor electronice



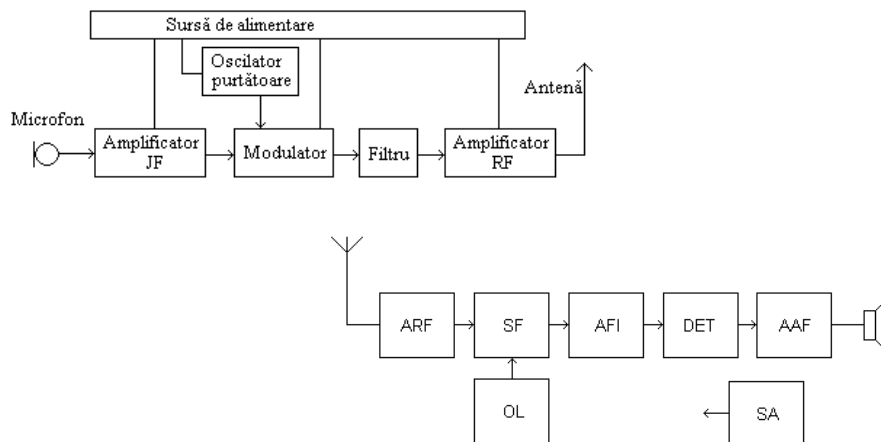
Exemplu de emițător radio, semnalul modulat

Funcțiunile circuitelor electronice



Exemplu de receptor radio, demodularea

Funcțiunile circuitelor electronice



Exemplu de transmisiune radio

Funcțiunile circuitelor electronice

Circuite numerice programabile

- Telecomunicații
- Automatizări
- Divertisment
- Baze de date (comerț, bănci, administrație)
- Proiectarea asistată
- Educație

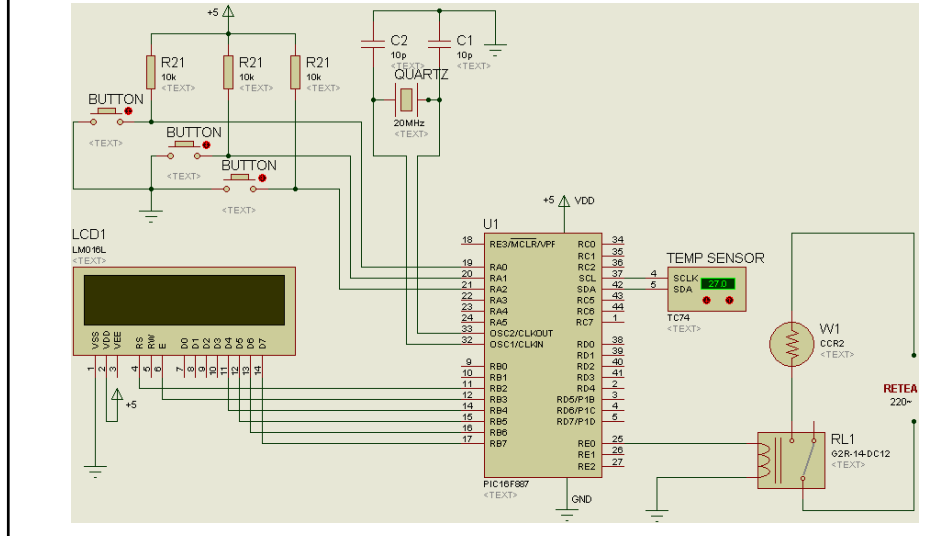
Funcțiunile circuitelor electronice

Circuite numerice programabile

- Calculatoare de proces, microcalculatoare pentru automatizări, automate programabile
- Calculatoare științifice, supercalculatoare
- Calculatoare personale
- Calculatoare de buzunar, jucării, ceasuri
- Echipamente de telecomunicații
- Unități de comandă pentru fax, imprimantă, telefon

Funcțiunile circuitelor electronice

Termostat cu microcontroler



Funcțiunile circuitelor electronice

Termostat cu microcontroler

- măsurarea periodică a temperaturii;
- citirea butoanelor prin care operatorul introduce planificarea încălzirii;
- algoritmul de reglare automată a temperaturii;
- afișarea mărimilor necesare operatorului;
- comanda circuitului de încălzire (închis/deschis);
- măsurarea timpului (pentru respectarea planificării)

Funcțiunile circuitelor electronice

Proiectarea circuitelor

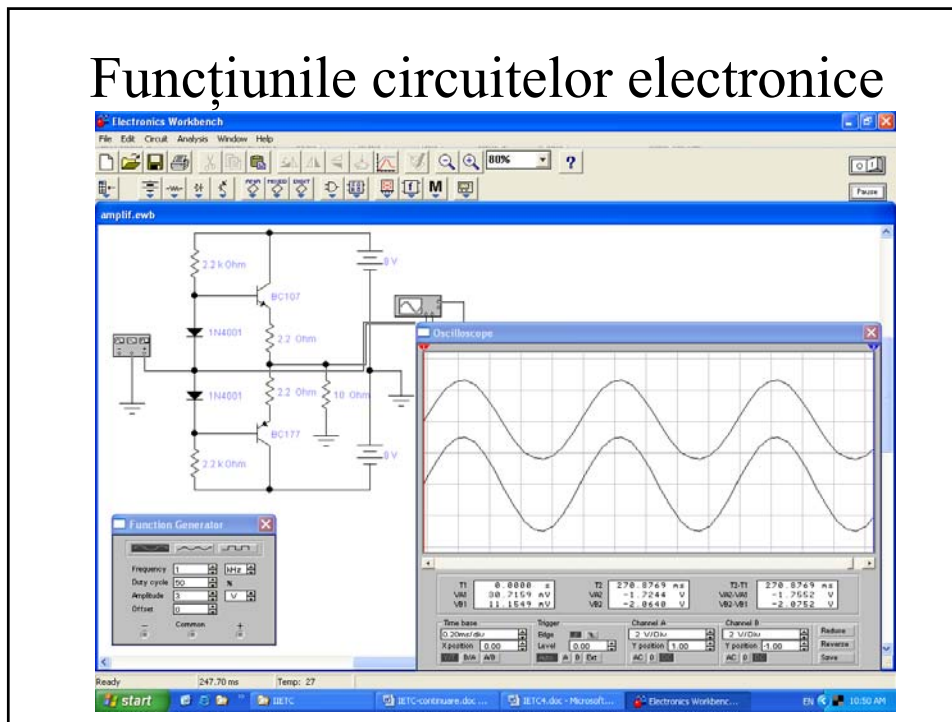
- analiza solicitării beneficiarului
- alegerea soluției, alegerea și dimensionarea componentelor hardware
- scrierea programului
- execuția prototipului
- proiectarea tehnologică (cablaj, lipirea componentelor, carcasă, ventilare)
- proiectarea producției de serie mare

Funcțiunile circuitelor electronice

Proiectarea asistată de calculator a circuitelor

- desenarea schemei electrice
- simularea funcționării circuitului
- proiectarea cablajului imprimat, într-unul sau mai multe straturi;
- pregătirea documentelor necesare producției (desenele tuturor straturilor cablajului, desenul de amplasare a componentelor, lista de materiale).

Funcțiunile circuitelor electronice



Funcțiunile circuitelor electronice

Proiectarea asistată de calculator a circuitelor

- Demonstrație practică