

Amplificator de putere în clasa D

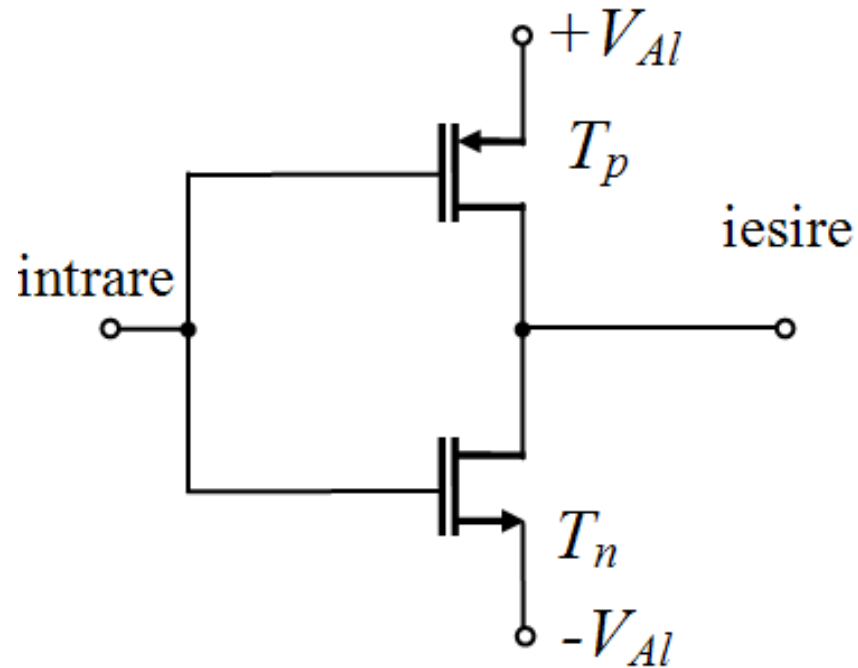
Amplificatoare de putere cu
randament mare 80% - 95%.

Amplificator de putere în clasa D

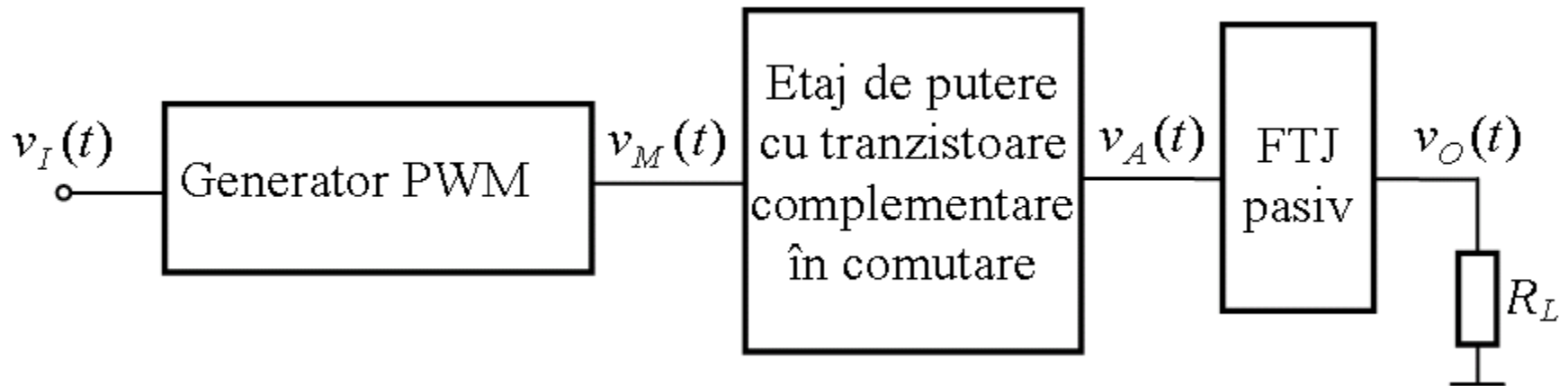
- Obținerea unui randament cât mai ridicat, 80% - 95%.
- Reducerea drastică a puterii pierdute pe tranzistoare se realizează prin **funcționarea în comutare a tranzistoarelor** amplificatoare.
- Creșterea randamentului și micșorarea dimensiunii radiatorului (reducând astfel spațiul ocupat de amplificator).
- Amplificatoarele în clasă D sunt utilizate în echipamente alimentate de la baterii, sisteme portabile, echipamente în care există constrângeri de spațiu, etc.

Etajul de amplificarea

- Tranzistoarele amplificatoare lucreaza în comutare, în contratimp (inversor logic)
- Se realizeaza amplificarea în curent



Schema bloc. Principiul de funcționare

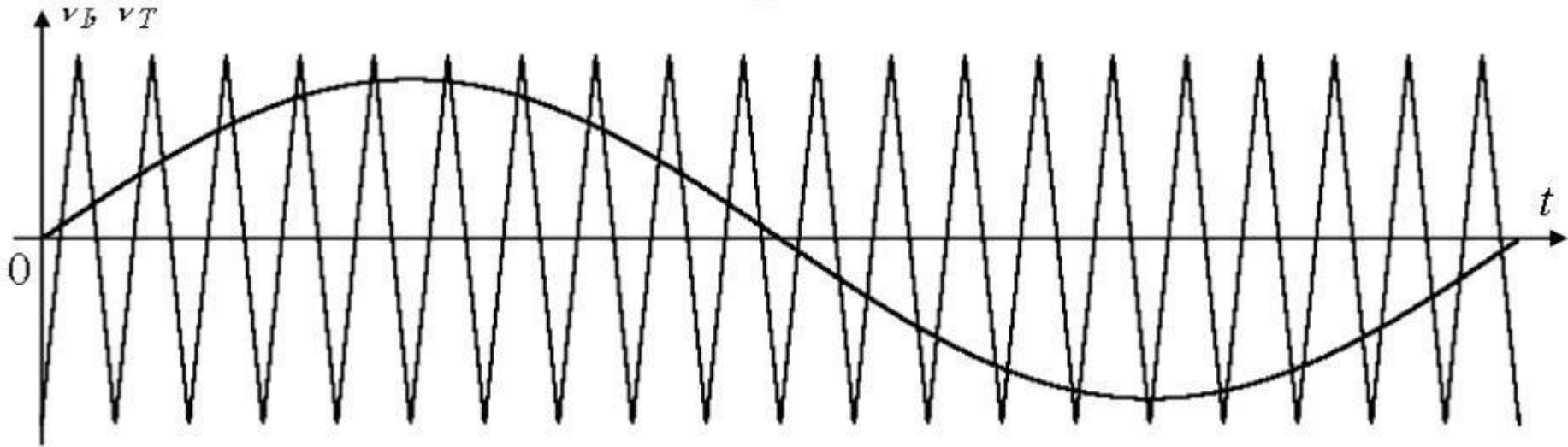
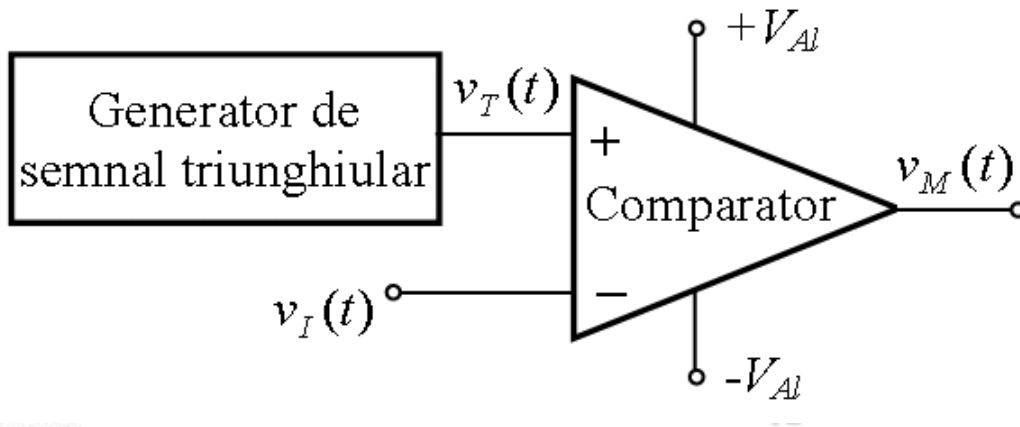


- Tensiunea de intrare $v_I(t)$ (de amplificat în putere) este convertită într-o tensiune dreptunghiulară $v_M(t)$ cu frecvență mult mai mare decât frecvența tensiunii de intrare
- Tensiunea dreptunghiulară $v_M(t)$ are perioada constantă dar factorul de umplere dependent (modulat) de valoarea instantanee a tensiunii de intrare: impulsuri modulate în durată - PWM (pulse-width-modulated)

Refacerea semnalului util

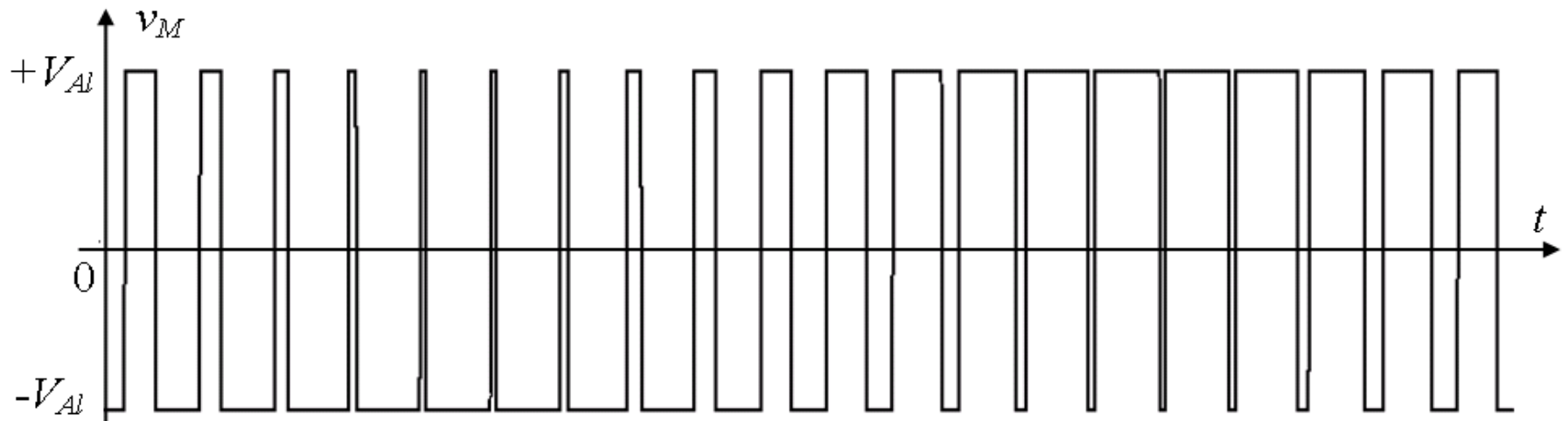
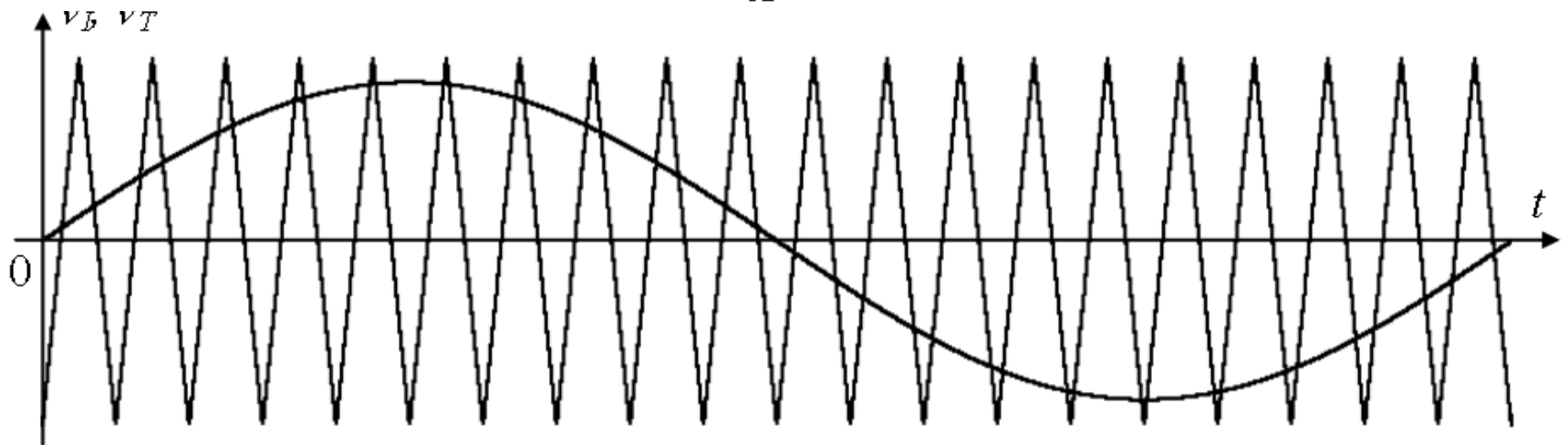
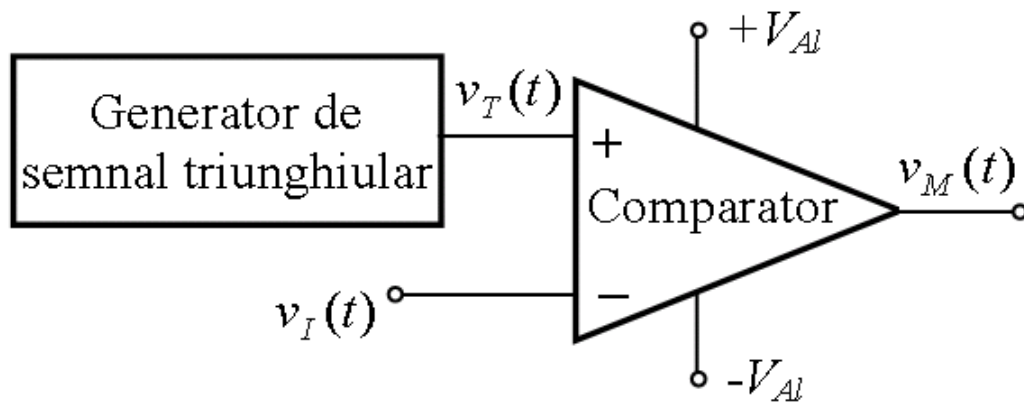
Filtrare tip FTJ: extrage din tensiunea PWM amplificată, $v_A(t)$, doar componenta spectrală cu frecvența semnalului de intrare, eliminând componentele cu frecvențe egale cu frecvența de comutare și alte frecvențe mai mari aparute în urma modulării. Rezultă astfel tensiunea de ieșire amplificată, $v_O(t)$.

Generatorul PWM

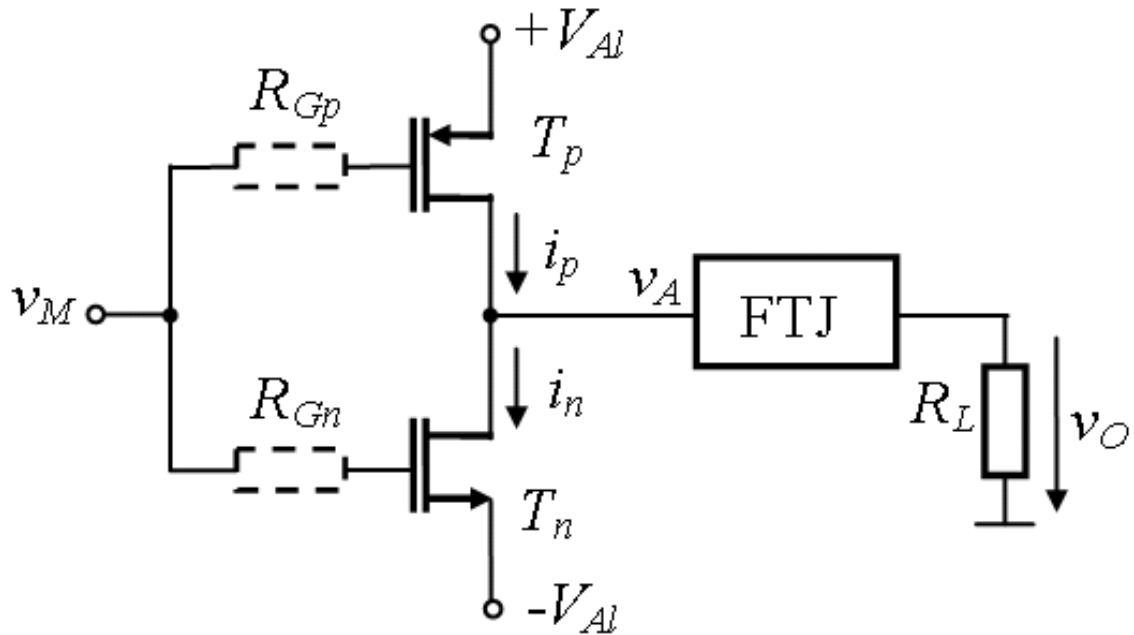


$$v_M(t) = ?$$

Generatorul PWM



Etajul amplificator (de putere)



Tranzistoarele nu sunt ideale, comutarea se realizează în timp finit. Pe durata comutărilor, există o oarecare disipare de putere pe tranzistoare.

Tranzistorul în conducție disipă o oarecare putere datorită rezistenței echivalente R_{on} diferite de zero

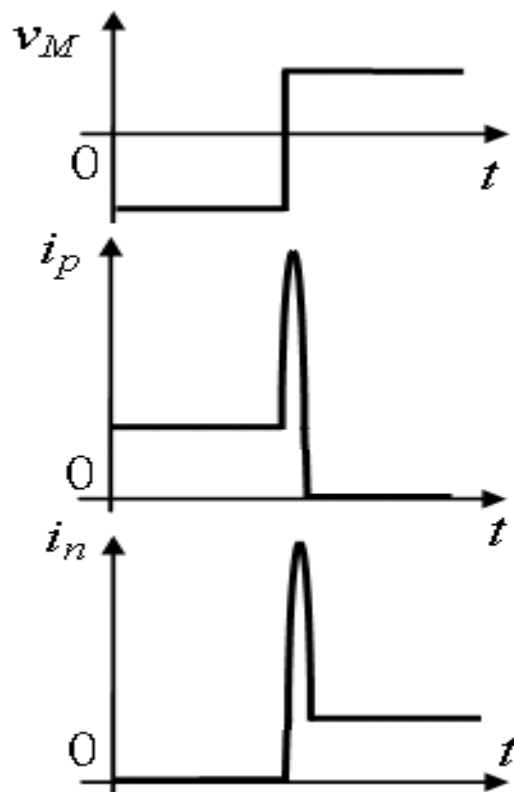
$$v_M = -V_{Al} \quad T_p \text{ (c)}, T_n \text{ (b)} \quad v_A = +V_{Al}$$

$$v_M = +V_{Al} \quad T_p \text{ (b)}, T_n \text{ (c)} \quad v_A = -V_{Al}$$

Amplificator inversor

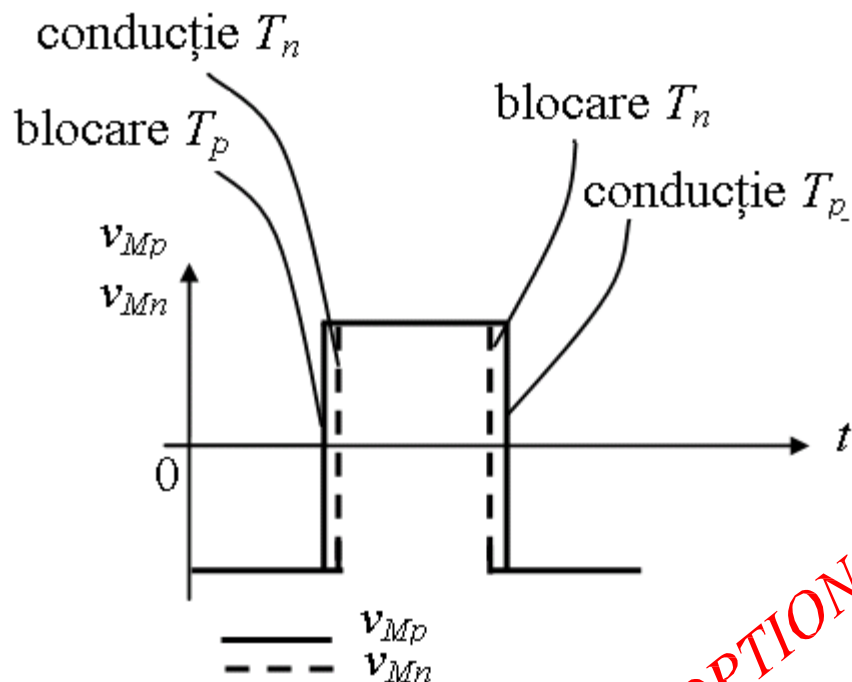
La frecvența semnalului de intrare, impedanța echivalentă a FTJ trebuie să tindă la zero.

- Tranzistorul în conducție la curent foarte mare nu se poate bloca instantaneu
- Există un interval de timp în care ambele tranzistoare vor fi în conducție și un impuls mare de curent trece prin ambele tranzistoare, între sursele de alimentare.
- Acest impuls de curent poate fi distructiv pentru tranzistoare



Comutarea curenților când T_p comută din conducție în blocare și T_n din blocare în conducție

Soluție: comanda de intrare în conducție a unui tranzistor întârziată față de comanda de blocare a celuilalt tranzistor



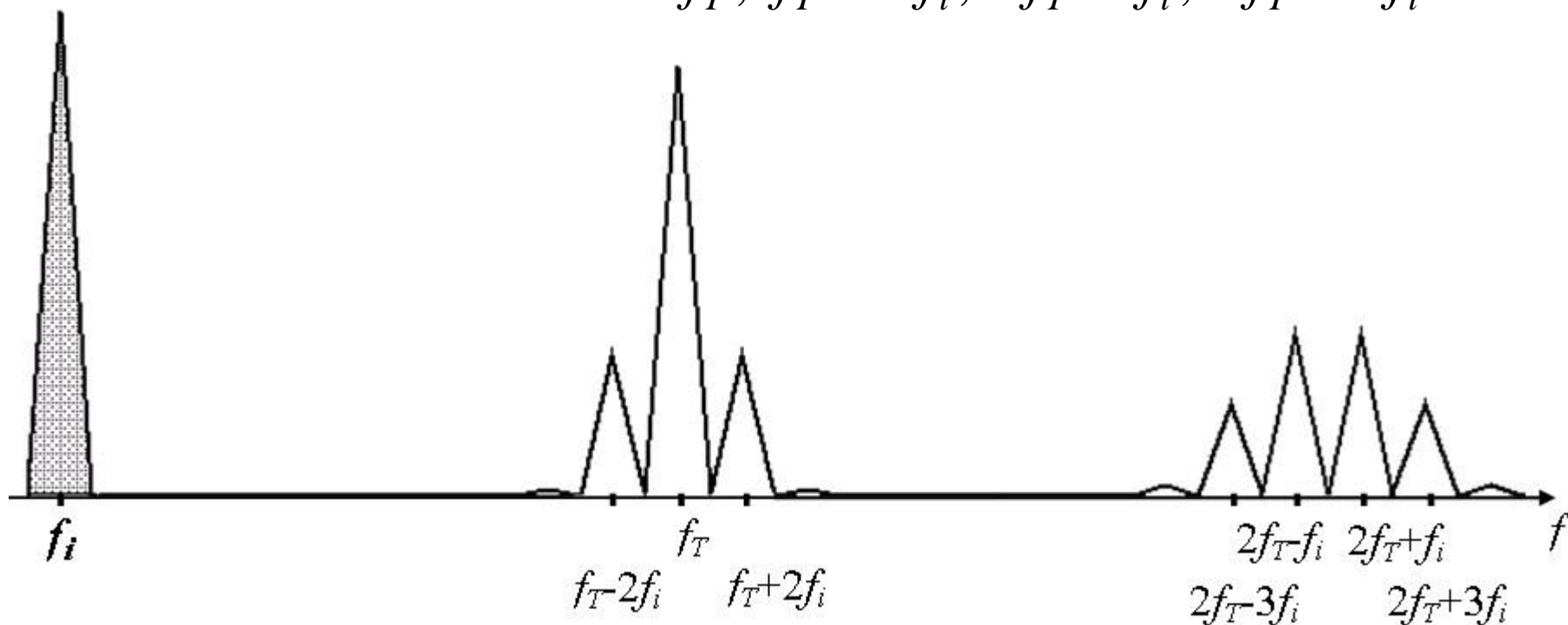
Comanda tranzistoarelor utilizând tensiuni diferite

OPTIONAL

Spectrul de frecvență

Semnalul modulată în durată conține pe lângă fundamentală, cu frecvența f_i și componente cu frecvențe superioare (f_T – frecvența semnalului triunghiular):

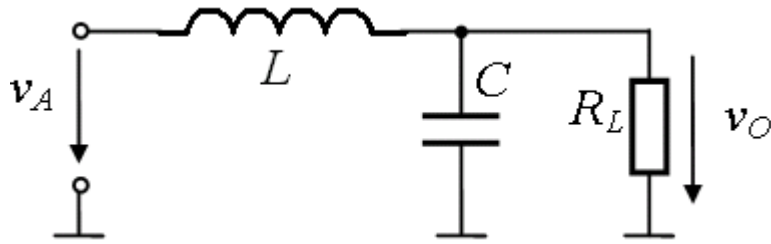
$$f_T, f_T \pm 2f_i, 2f_T \pm f_i, 2f_T \pm 3f_i$$



Pentru reconstituirea semnalului amplificat trebuie utilizat un FTJ care să elimine frecvența de comutare și armonicile superioare datorate modularii

Filtrul trece jos

Filtru pasiv LC de ordinul 2



$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q = \omega_0 R_L C$$

$$F(j\omega) = \frac{v_O(j\omega)}{v_I(j\omega)} = \frac{1}{1 + j\omega LC \frac{1}{R_L C} + (j\omega)^2 LC}$$

$$F(j\omega) = \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0} \frac{1}{Q} + \left(j \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

mai mare decât frecvența f_i a semnalului pentru a evita atenuarea acesteia

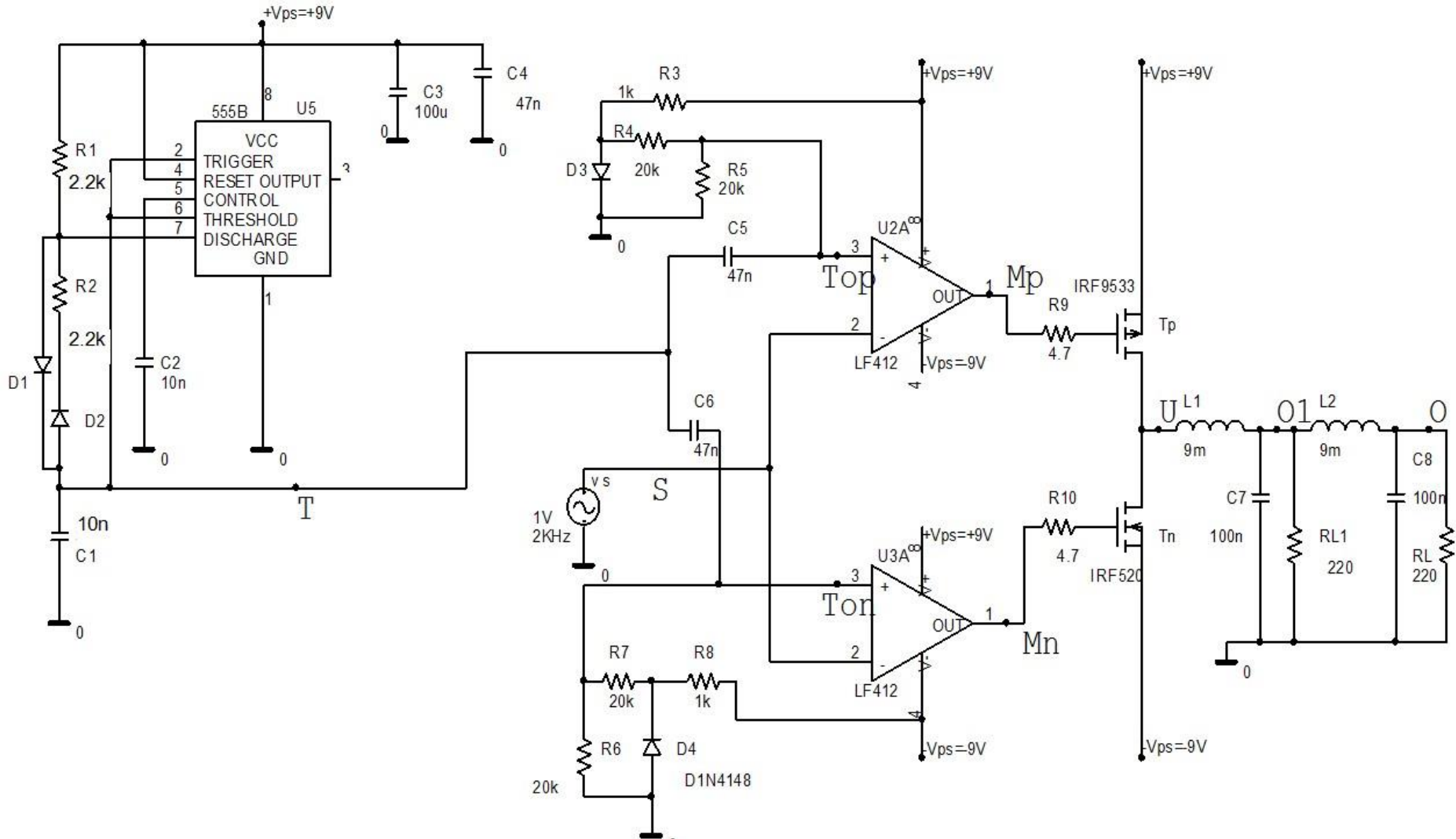
- filtrul trebuie să introducă o atenuare puternică la f_T

$f_0 < (1/10) f_T$ pentru a avea o atenuare de cel puțin 40dB la f_T

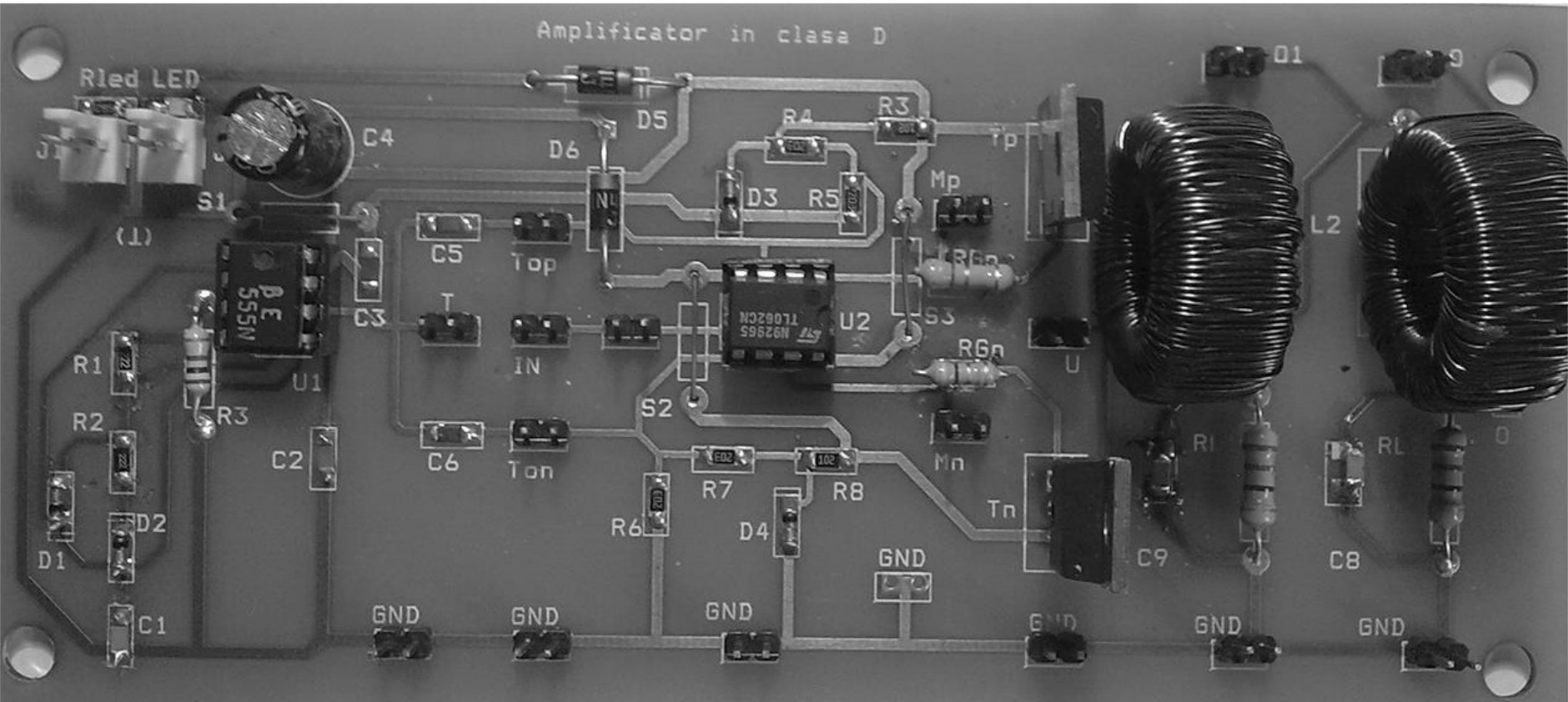
frecvența de comutare de cel puțin 10 ori mai mare decât frecvența maxima din spectrul semnalului util (de amplificat).

$Q=0,707$ asigură un răspuns în frecvență care la frecvența de frângere introduce o atenuare de -3dB

Amplificator de putere clasa D - exemplu



Amplificator in clasa D



Circuite integrate specializate

- **LX1721/1722** - controlere pentru amplificatoare audio în clasă D, stereo; conține toate componentele pentru comanda tranzistoarelor etajului de putere.
- **LX1725** - amplificator audio de putere în clasă D cu două canale. Poate fi utilizat atât ca amplificator stereo cât și ca amplificator mono în configurație punte. Puterea maximă este de 15Wx2 (configurația stereo) și 30W (punte), pe sarcină de 8Ω. Randamentul este de peste 90%. Etajul de putere (tranzistoare MOS) este integrat în circuit, în exterior se mai conectează doar filtrul LC și difuzoarele. Principale aplicații: televizoare, CD/DVD Combo Player, sisteme Home theater, sistem audio pentru calculatoare, etc.
- **LX1708** - amplificator audio CMOS în clasa D, 15Wx2 stereo ce nu necesită filtrare. Este optimizat pentru funcționare cu eficiență maximă la cost minim. Utilizează trei niveluri de modulare PWM, ceea ce permite eliminarea filtrului. Principale aplicații: televizoare, sisteme de navigare pentru automobile, sisteme audio pentru calculatoare, sisteme de sunet portabile, etc.