

## 7.5. MODULATII UTILIZATE IN COMUNICATII DE DATE

### 7.5.1. Generalitati despre modulatie

Modulatia este operatia de transmitere a semnalului modulator, generat de informatie, intr-un alt semnal, numit semnal modulat. Semnalul modulat contine intreaga informatie cuprinsa in semnalul modulator. Cu notatiile  $g(t)$  - semnal modulator si  $S_M(t)$  - semnal modulat se poate scrie:  $S_M(t) = M [g(t)]$  unde  $M [\bullet]$  este operatorul asociat modularii.

Prin modulare se realizeaza:

- adaptarea la conditiile particulare ale canalului de comunicatie. Exemplu: la o transmitere radio se urmareste translatarea spectrului de j.f. al semnalului modulator in jurul unei frecvente radio, astfel incat puterea radiata de antena sa fie suficienta;

- multiplexarea care permite utilizarea aceluiași mediu de transmisie pentru mai multe comunicatii, fara a se amesteca și perturba reciproc;

Modulatia se mai clasifica:

- modulatie analogica, care realizeaza modificarea parametrilor unui semnal numit purtatoare in ritmul valorilor instantanee ale semnalului modulator.

Semnalul modulator poate fi de natura analogica sau digitala iar purtatoarea poate fi o sinusoida sau un tren periodic de impulsuri;

- modulatia numerica (digitala) opereaza o conversie a semnalului analogic intr-un semnal digital utilizând eșantionarea și cuantizarea semnalului primar. Ca rezultat semnalul digital este reprezentabil printr-un cod și caracterizat prin debitul binar (bit/s).

### 7.5.2. Modulatia de amplitudine (ASK): definitie, clasificare

In functie de banda transmisa din spectrul semnalului modulat sunt mai multe variante ale ST cu M A:

- cu doua benzi laterale sau cu o banda laterala dubla (BLD);
- cu banda laterala unica (BLU);
- cu banda laterala reziduala (BLR);
- cu modulatie de amplitudine in cuadratura (MAQ).

Din punct de vedere al utilizarii eficiente a benzii de frecvente sistemele BLD sunt aproximativ echivalente cu sistemele MF. Daca se transmite și purtatorul, ponderea semnalului util (BL) din puterea totala transmisa se reduce și este posibila detectarea necoerenta. Echipamentul de receptie, in consecinta, este mai simplu, insa acest avantaj reduce protectia la zgomot.

Sistemele BLU asigura cea mai eficienta utilizare a benzii canalului dar, deoarece semnalul modulator are componente de frecventa joasa, este dificil de eliminat prin filtrare una din benzile laterale care rezulta dupa modulatie, fara a o afecta pe cealalta.

Sistemele BLR permit realizarea unui compromis intre eficienta utilizarii benzii de frecventa și posibilitatea eliminarii parțiale a unei benzi laterale.

In sistemele MAQ, semnalul transmis este obtinut prin insumarea a doi purtatori in cuadratura ce au aceeași frecventa inasa sunt modulatii de doua mesaje diferite.

Convertorul D/A transforma datele intr-un semnal binar sau multinivel in banda de baza. Semnalul este aplicat unui FTJ cu functia de transfer  $T(\omega)$  care are rolul de a limita spectrul de frecvente al mesajului la o frecventa mai mica decât cea a purtatorului precum și de formare in vederea reducerii interferentei simbolurilor.

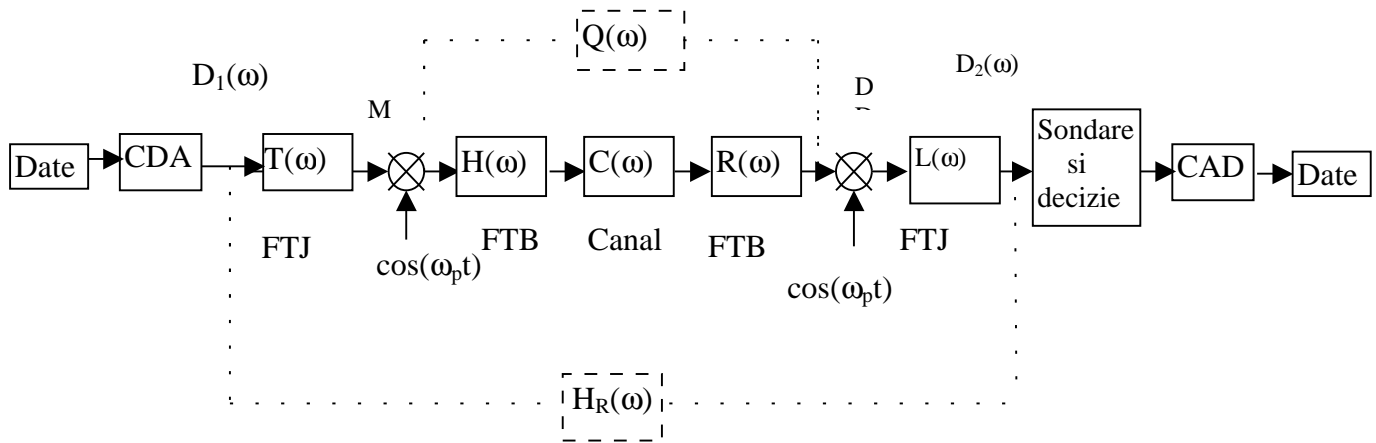


Fig.7.8. Schema bloc generala a unui sistem MA

Modulatorul realizeaza o inmultire a componentelor spectrale a semnalului format de FTJ cu un purtator sinusoidal, fiind un modulator de produs. FTB cu functia de transfer  $H(\omega)$  limiteaza spectrul de frecventa al semnalului modulat, eliminând fie partial, fie complet, una din benzile laterale.

Canalul de comunicatie intervine prin caracteristica sa de transfer  $C(\omega)$ . La receptie un filtru cu functia de transfer  $R(\omega)$  elimina componentele zgomotului aflate in afara benzii semnalului util. Dupa detector, un FTJ cu functia  $L(\omega)$  elimina componentele rezultate in procesul de detectie, situate in jurul armonicii a doua a purtatorului.

Deoarece MA translateaza spectrul de frecventa din BB in BLS și BLI iar detectia coerenta translateaza fiecare BL in pozitia din BB, criteriile Nyquist pentru eliminarea interferentei simbolurilor pot fi aplicate fiecarei BL.

Deoarece componentele ce rezulta dupa detectie de la cele doua BL se aduna, se pot efectua modificari complementare arbitrare in caracteristica de transmisie trece banda. Caracteristica de transfer a sistemului echivalent in BB este  $H_R(\omega)$  definita de relatia:

$$H_R(\omega) = \frac{D_2(\omega)}{D_1(\omega)},$$

$D_1(\omega)$  si  $D_2(\omega)$  fiind transformatele Fourier ale semnalelor in BB de la emisie, inainte de formare și de la receptie dupa FTJ.

Reprezentarea grafica a modulatiei ASK este realizata in fig. 7.10

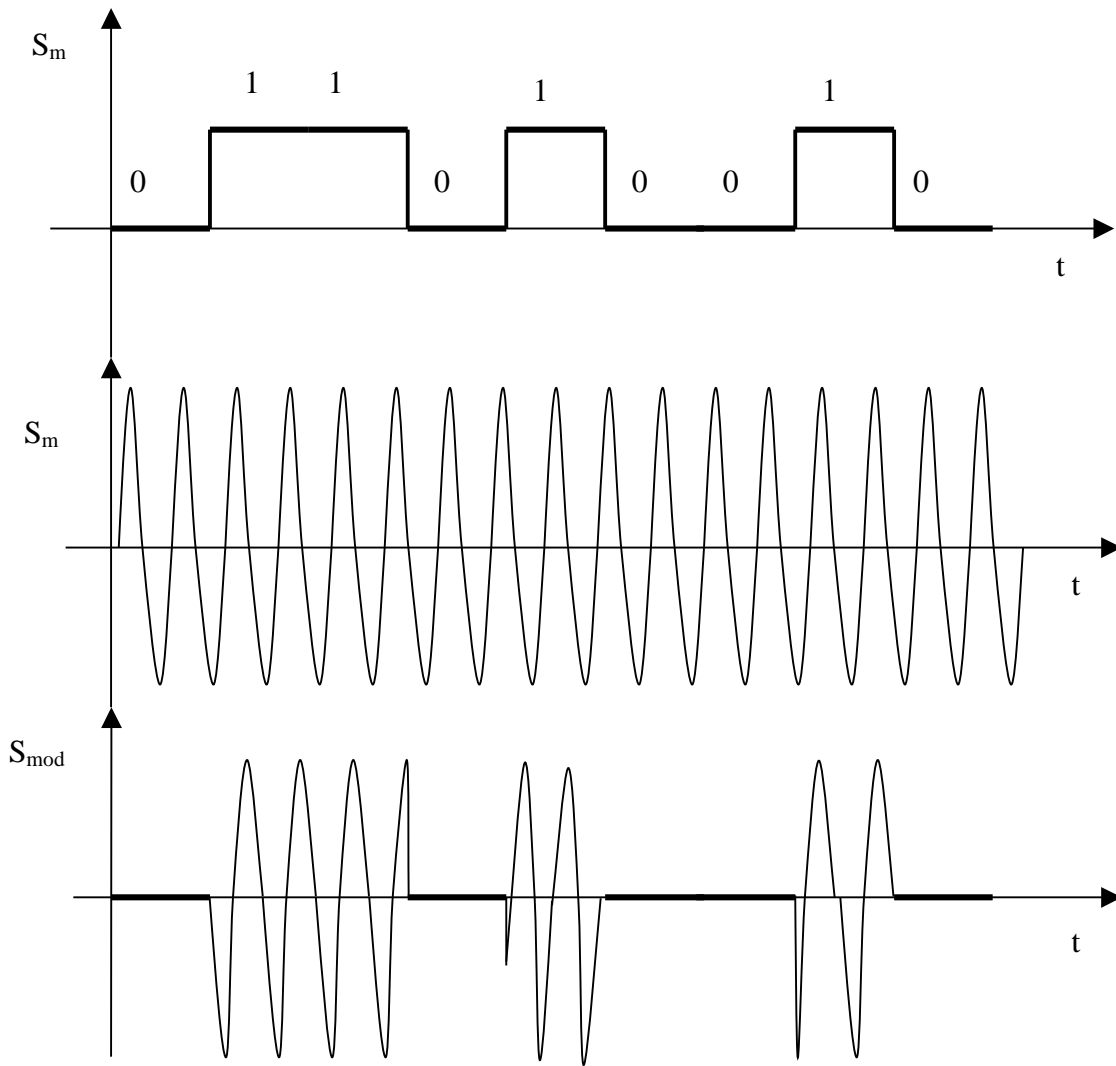


Fig. 7.10 Reprezentarea grafica a semnalelor MA

Semnalul MA poate fi obtinut prin inmultirea mesajului  $g(t)$  cu purtatorul sinusoidal și trecând rezultatul printr-un filtru cu functia de pondere  $h(t)$  (fig. 7.11).

FTB poate fi folosit și pentru formarea semnalului insa se va considera ca semnalul modulator (in BB) este format, rolul filtrului fiind acela de a obtine timpul de modulare dorit (BLD, BLU, BLR).

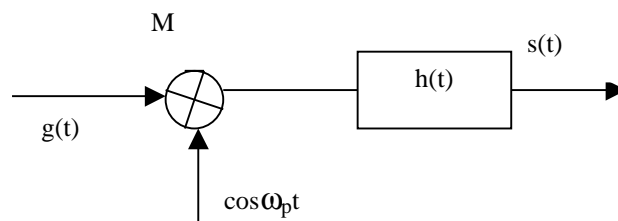


Fig.7.11 Schema bloc a unui modulator

Expresia semnalului generat este:

$$s(t) = [g(t) * h_1(t)] \cos\omega_p t + [g(t) * h_2(t)] \sin\omega_p t.$$

Daca functia de pondere  $h(t)$  a FTB o socotim echivalenta cu functiile de pondere  $h_1(t)$  și  $h_2(t)$  ale unui FTJ iar  $g(t)*h_2(t)$  pot fi interpretate drept componenta in faza a semnalului

modulat respectiv componenta in cuadratura, se poate sugera schema de generare a semnalului modulat in care sunt folosite doua filtre trece jos și doua modulatoare de produs (fig. 7.12).

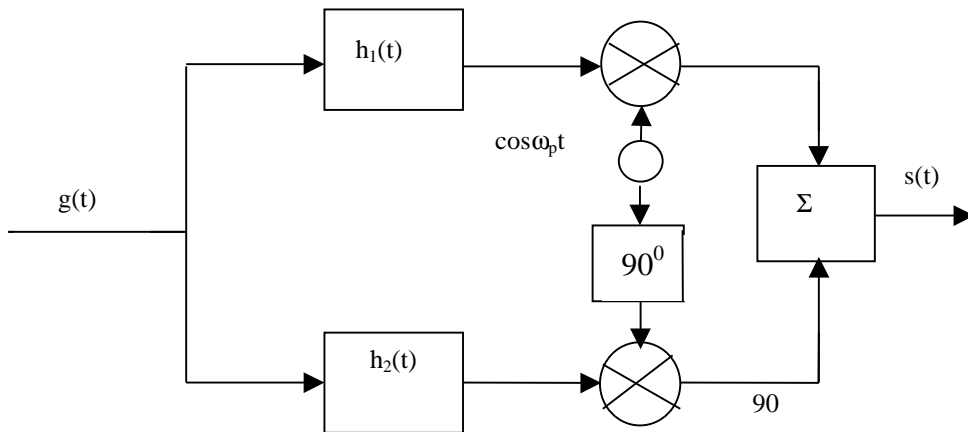


Fig.7.12 Schema bloc reprezentând un alt mod de generare a semnalului MA.

#### A Modulatia cu doua benzi laterale (BLD)

Pentru acest tip de modulatie filtrul  $h(t)$  poate fi un FTB având ca functie pondere functia  $\delta(t)$ .

Semnalul modulat are expresia:

$$s(t) = [g(t) \cos \omega_p t] * \delta(t) = g(t) \cos \omega_p t.$$

Daca semnalul modulator  $g(t)$  are o componenta de curent continuu:

$$g_0 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T g(t) dt \text{ in spectrul semnalului modulat } s(t) \text{ va aparea o limita}$$

spectruala de frecventa purtatorului. Daca  $g_0=0$ , in semnalul modulat purtatorul este suprimat.

Pentru transmiterea mesajului continut in semnalul modulat este suficient sa se transmita o singura BL, deci sistemul BLD este un sistem redundant, ce ocupa o banda de frecventa mult mai mare decât cea necesara.

#### B. Modulatia BLU

Un semnal MA cu BLU ocupa o banda de frecventa egala cu a semnalului modulator.

Schema de generare a semnalelor BLU.

Expresiile analitice ale celor doua benzi laterale sunt:

$$s_s(t) = \frac{1}{2} g(t) \cos \omega_p t - \frac{1}{2} \hat{g}(t) \sin \omega_p t \text{ și}$$

$$s_i(t) = \frac{1}{2} g(t) \cos \omega_p t + \frac{1}{2} \hat{g}(t) \sin \omega_p t.$$

Cele doua expresii corespunzatoare benzii laterale inferioare și benzii laterale superioare conduc la schema din figura 7.13.

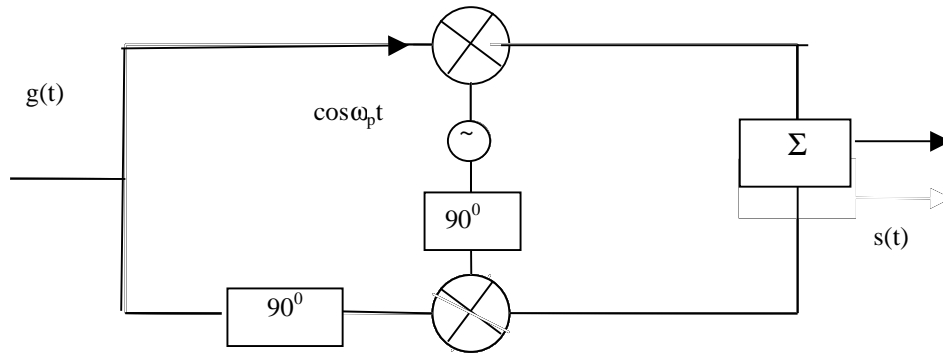


Fig. 7.13. Schema de generare a semnalelor BLU

C. Modulația de amplitudine în cuadratură.  
 Schema bloc este reprezentată în figura 7.14.

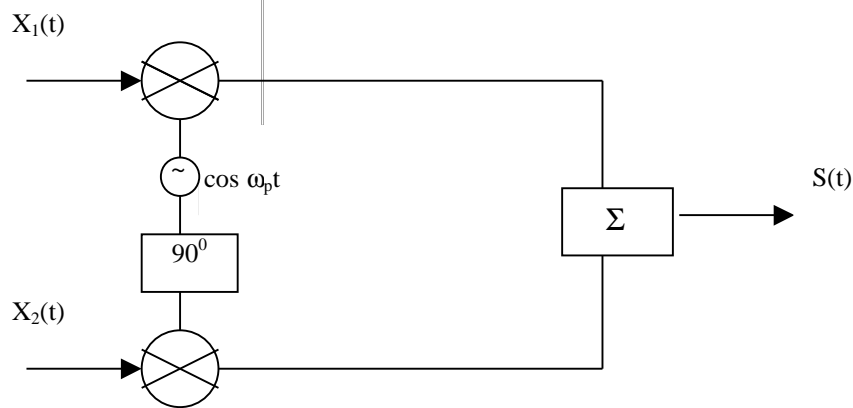


Fig. 7.14. Schema bloc a modulatorului MA în cuadratură

Semnalul MAQ poate fi exprimat:

$q(t) = x_1(t) \cos \omega_p t + x_2(t) \sin \omega_p t$ , unde  $x_1(t)$  și  $x_2(t)$  sunt semnalele în BB emise de două surse de date independente și care modulează fiecare câte un purtător, cei doi purtători având aceeași frecvență dar defazați între ei cu  $90^\circ$ .

D. Demodularea semnalelor M.A. ( fig. 7.15).

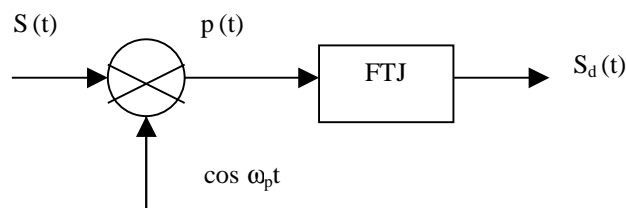


Fig. 7.15. Demodularea semnalelor modulate în amplitudine

Există două metode: detecția coerentă și detecția necoerentă.

Detecția coerentă presupune existența unui purtător local sincron și în fază cu purtătorul recepționat.

Detecția necoerentă (de înfașurătoare) este aplicată numai semnalelor BLD cu purtător, adică acelor semnale modulate a căror înfașurătoare reprezintă semnalul modulator și detecția coerentă.

Dacă purtătorul local are o eroare  $\theta$  față de purtătorul recepționat se va obține:

$$s_d(t) = \frac{1}{2} [x(t) \cos \theta + y(t) \sin \theta].$$

Pe lângă componenta ce conține mesajul și care depinde de eroarea  $\theta$ , apare o componentă care poate fi interpretată ca distorsiune introdusă prin detecție și care se manifestă ca interferență a simbolurilor. Eroarea  $\theta$  trebuie minimizată.