

Eliminarea automată a dezacordului

Se consideră semnalul radio $s(t)$, cu formele sale reale echivalente. La emisie, mesajul a fost înglobat în componentele $i(t)$ și $q(t)$, într-un mod care în multe situații nu este apriori cunoscut de receptor, iar cu acestea a fost modulată în amplitudine și în cuadratură oscilația purtătoare de pulsație ω_0 , nici ea mereu cunoscută la punctul de recepție. În reprezentarea polară, semnalul are amplitudinea $A(t)$ și excesul de fază $\varphi(t)$.

$$\begin{aligned} s(t) &= i(t)\cos(\omega_0 t) - q(t)\sin(\omega_0 t) \\ &= A(t)\cos[\omega_0 t + \varphi(t)] \end{aligned} \quad (1)$$

$$A(t) = \sqrt{i^2(t) + q^2(t)}$$

$$\varphi(t) = \tan^{-1} \left[\frac{q(t)}{i(t)} \right] \in (-\pi, +\pi]$$

Partea de intrare a receptorului, modelată prin schema bloc din figura 1, conține atenuatoare, amplificatoare și filtre, toate presupuse a nu influența semnalul radio decât printr-o întârziere τ_{RF} . Tot în această întârziere se poate include și contribuția cablului de legătură între sistemul radiant și intrarea receptorului dar și întârzierea datorată canalului radioelectric

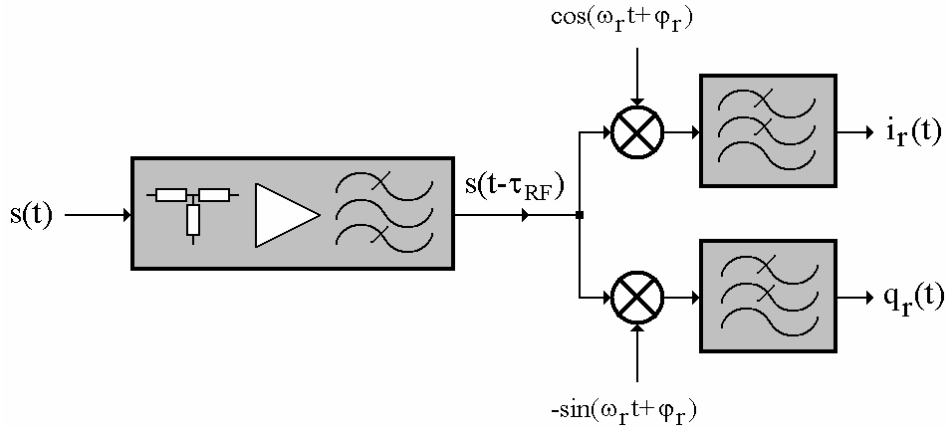


Figura 1

$$\begin{aligned} s(t - \tau_{RF}) &= [i(t - \tau_{RF})\cos(\omega_o \tau_{RF}) + q(t - \tau_{RF})\sin(\omega_o \tau_{RF})]\cos(\omega_o t) - \\ &\quad - [q(t - \tau_{RF})\cos(\omega_o \tau_{RF}) - i(t - \tau_{RF})\sin(\omega_o \tau_{RF})]\sin(\omega_o t) \end{aligned} \quad (2)$$

Următorul pas efectuat de receptor este aducerea semnalului radio în banda de bază, direct sau printr-un număr de schimbări de frecvență și filtrări. Întrucât pentru fiecare receptor practic în parte se poate echivala lanțul de schimbările de frecvență multiple cu o singură translație de spectru, se include în model numai acest caz. Oscilația locală echivalentă are pulsația ω_r și faza inițială φ_r . Mixarea și filtrarea trece-jos post

mixare introduc întârzieri (presupuse egale pe cele două canale) cu o valoare τ_{JF} , cu care se obține expresiile celor două componente din banda de bază care sînt preluate de blocul de extragere a mesajului și a celorlalte caracteristici de interes ale semnalului recepționat.

$$\begin{aligned}
 i_r(t) &= \frac{1}{2} \left[i(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \cos(\omega_o \tau_{RF}) + \right. \\
 &\quad \left. + q(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \sin(\omega_o \tau_{RF}) \right] \cos[(\omega_o - \omega_r)t - (\omega_o - \omega_r)\tau_{JF} - \varphi_r] - \\
 &\quad - \frac{1}{2} \left[q(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \cos(\omega_o \tau_{RF}) - \right. \\
 &\quad \left. - i(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \sin(\omega_o \tau_{RF}) \right] \sin[(\omega_o - \omega_r)t - (\omega_o - \omega_r)\tau_{JF} - \varphi_r] \\
 &\quad (3) \\
 q_r(t) &= \frac{1}{2} \left[i(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \cos(\omega_o \tau_{RF}) + \right. \\
 &\quad \left. + q(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \sin(\omega_o \tau_{RF}) \right] \sin[(\omega_o - \omega_r)t - (\omega_o - \omega_r)\tau_{JF} - \varphi_r] + \\
 &\quad + \frac{1}{2} \left[q(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \cos(\omega_o \tau_{RF}) - \right. \\
 &\quad \left. - i(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \sin(\omega_o \tau_{RF}) \right] \cos[(\omega_o - \omega_r)t - (\omega_o - \omega_r)\tau_{JF} - \varphi_r]
 \end{aligned}$$

Modulul de prelucrări în banda de bază trebuie să estimeze dezacordul $(\omega_o - \omega_r)$ și să acționeze în sensul eliminării lui. Întârzierile trebuie determinate și compensate în algoritmi de demodulare și extragere a caracteristicilor semnalului, dacă schema de tehnică de demodulare/decodare o cere..

O metodă de estimare a dezacordului $(\omega_o - \omega_r)$ este extragerea componentei continue a pulsației instantanee Ω a semnalului adus în banda de bază.

$$\begin{aligned}
 \Omega(t) &= \frac{d}{dt} \left\{ \arctg \left[\frac{q_r(t)}{i_r(t)} \right] \right\} = \\
 &= \omega_0 - \omega_r + \\
 &\quad + \frac{i(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \frac{d}{dt} q(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) - q(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) \frac{d}{dt} i(t - \tau_{RF} - \tau_{JF})}{i^2(t - \tau_{RF} - \tau_{JF}) + q^2(t - \tau_{RF} - \tau_{JF})} \\
 &\quad (4)
 \end{aligned}$$

Se observă că pulsația instantanee Ω are două părți distincte, una dată de dezacord, - ω_r , iar cealaltă fiind o replică întârziată a pulsației instantanee a semnalului de la intrarea receptorului, $\omega(t)$. Întârzierea este egală cu suma celor două întârzieri parțiale (cea datorată blocurilor de radiofrecvență și cea datorată translatării semnalului în banda de bază).

Valoarea dezacordului $(\omega_0 - \omega_r)$ se poate estima prin filtrarea trece-jos a pulsației Ω , dacă partea variabilă în timp a pulsației (partea corespunzătoare fracției) nu are componente spectrale în jurul frecvenței 0Hz. Notînd cu $h_{FTJ}(t)$ funcția pondere a filtrului trece-jos, dezacordul se poate estima ca:

$$\omega_o - \omega_r \approx \frac{d}{dt} \left\{ \arctg \left[\frac{q_r(t)}{i_r(t)} \right] \right\} * h_{FTJ}(t) \quad (5)$$

În schema bloc completă echivalentă a receptorului din figura 2 se poate include întârzierea introdusă de blocul de calcul în τ_{JF} , dar rezultînd valori numerice diferite pentru fiecare cale (parametru de ieșire: amplitudine, fază sau frecvență) în parte (din cauza diferenței de complexitate a prelucrărilor).

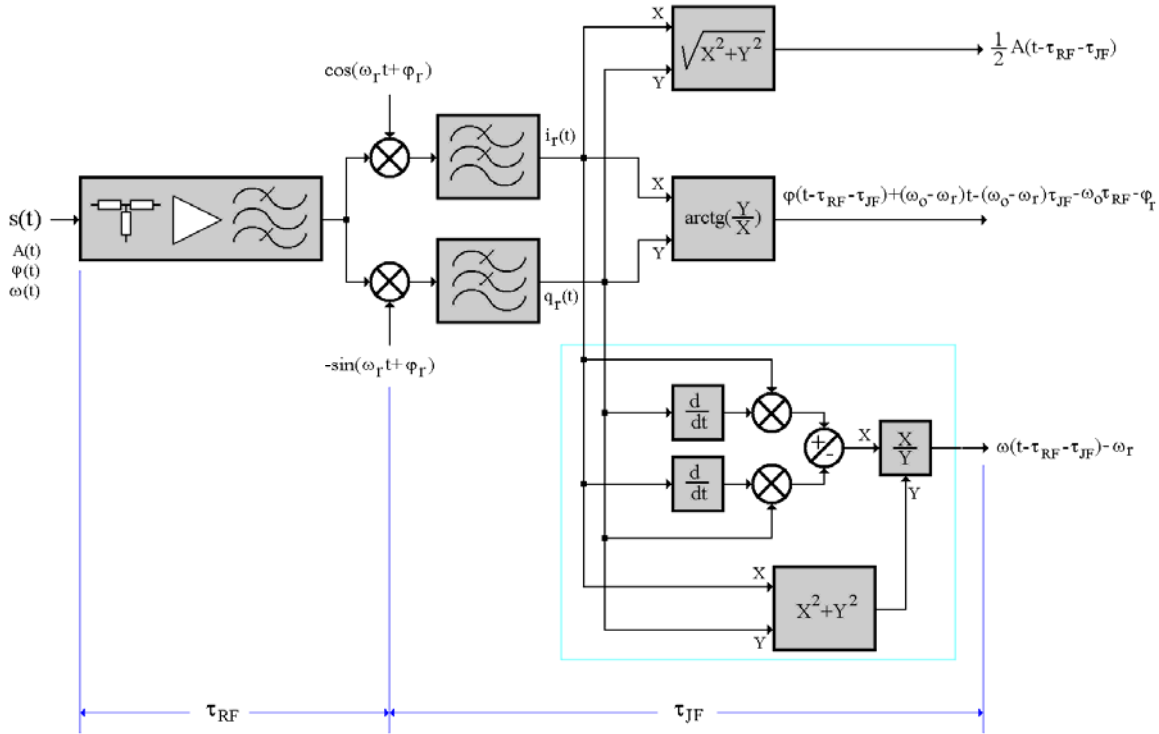


Figura 2

Parametrul semnalului $s(t)$ cel mai afectat de dezacord este excesul de fază $\phi(t)$. În cazul în care pulsația semnalului $s(t)$ nu are componente de foarte joasă frecvență, valoarea dezacordului se poate extrage prin filtrare trece-jos și utiliza pentru compensare “înapoi” într-o buclă de control automat al frecvenței, CAF, care să includă oscilatorul local dar cu potențiale instabilități, sau pentru o compensare “înainte” de calculul defazajului dintre componentele $i_r(t)$ și $q_r(t)$.

În cazul receptoarelor definite prin program sau virtuale, în care componentele $i_r(t)$ și $q_r(t)$ sînt eșantionate (prin conversia analog-numerică directă a semnalului recepționat, ori prin conversia analog-numerică a celor două produse de mixare), este mai ușor să se genereze o oscilație în cuadratură cu frecvența egală cu dezacordul, și o fază inițială (oarecare) ϕ_c , cu care să se translateze spectrul semnalului recepționat în vederea eliminării dezacordului printr-o structură cu schema bloc din figura 3.

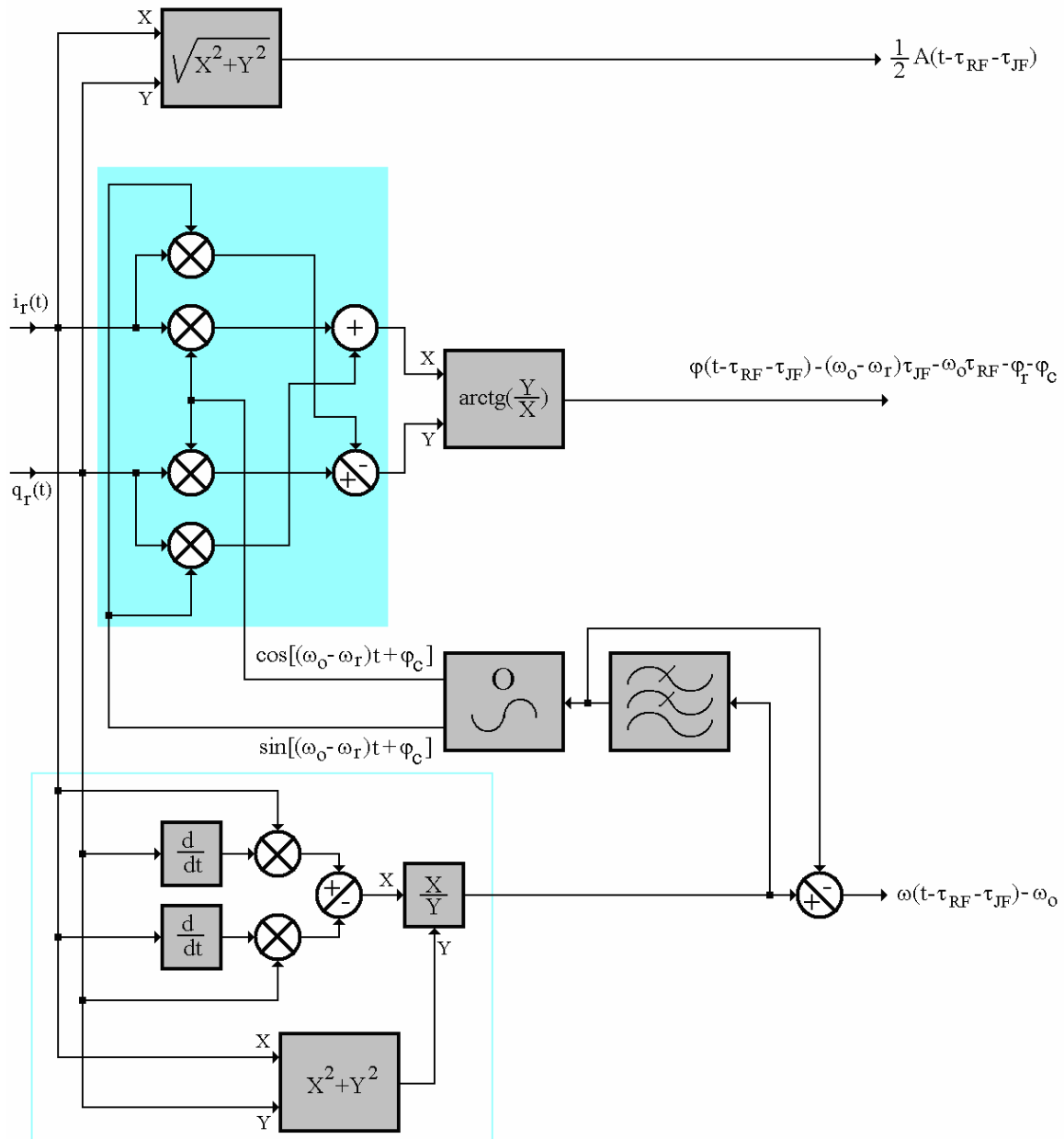


Figura 3