

1. Introducere

In figura 1 redam schema bloc a unui receptor de radio sau de televiziune:

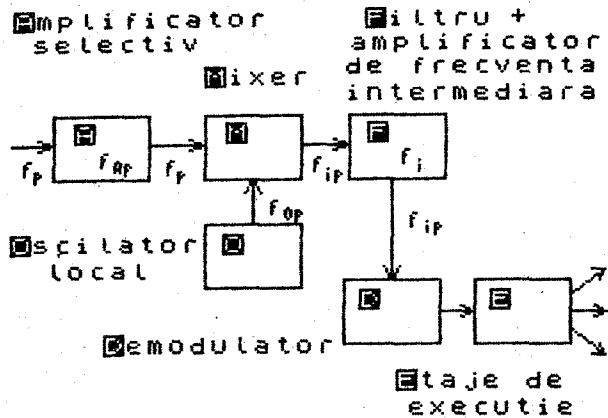


Fig. 1

Citeva comentarii:

Fiecare post este transmis prin modulare pe o purtatoare de inalta frecventa. Aceasta impune existenta unui demodulator in receptor, cu ajutorul caruia se reface semnalul util transmis (audio, video sau codat pe o a doua purtatoare intermediara). Acesta este rolul blocului D din figura, care livreaza semnal diverselor blocuri de executie E (exemplu: etaje video, audio, de sincronizare, decodoare, etc.).

Pentru a realiza o operatie de calitate, demodulatorul lucreaza pe o frecventa fixa numita frecventa intermediara (de exemplu: 10,7 MHz - UUS, 38 MHz - TV AN, 38,9 MHz - Telecolor).

Utilizatorul trebuie insa sa aleaga o anumita emisiune, transmisa pe o anumita frecventa din multitudinea de semnale pe care le intercepteaza antena receptorului sau. In figura 2 este redata o situatie posibila.

In figura sint prezentate citeva semnale, simultan prezente la intrarea receptorului, din care

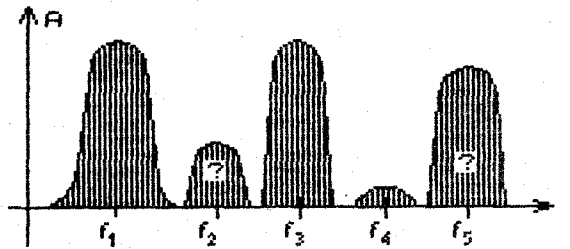


Fig. 2

utilizatorul doreste sa selecteze pe 2, si apoi pe 5. Evident ca pentru a fi demodat corespunzator semnalul 2 (sosit pe frecventa f_2) trebuie :

- selectat dintre celelalte posturi. In acest scop este folosit blocul A reglat astfel incit sa favorizeze trecerea frecventei f_2 (cu ajutorul unor filtre selective reglabile). Rezultatul acestei operatii (desigur idealizat, pentru ca presupune o selectivitate infinita) este reprezentat cu linie continua in figura 3.

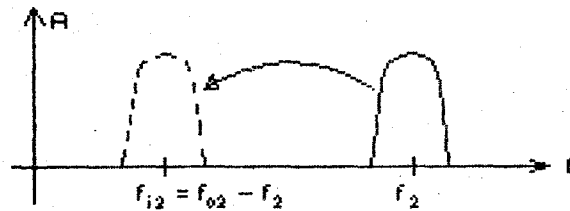


Fig. 3

- trecut pe frecventa intermediara (fixa). Pentru a face aceasta schimbare de frecventa se foloseste procedeul superheterodina, cu efectul sugerat cu linia punctata din figura 3. Etajul M (mixer) reuseste sa execute translarea de frecventa prin prelucrarea pe un element nelinier a doua semnale: cel receptionat - pe frecventa f_2 si cel livrat de oscilator (existent in receptor - blocul O din figura 1) - cu frecventa f_{o2} .

Daca oscilatorul este reglat astfel incit sa genereze un semnal cu frecventa $f_{o2} = f_2 + f_i$ (mai mare ca frecventa purtatoare a canalului dorit cu valoarea frecventei intermediare) atunci blocul M va livra, printre alte semnale si pe cel dorit (cu linie punctata in figura 3). De fapt mixerul produce diverse combinatii intre semnalele provenite de la A si de la O, dintre care este util semnalul cu diferenta frecventelor:

(1) $f_{i2} = f_{o2} - f_2 = (f_2 + f_i) - f_2 = f_i$

Pentru a evita ca celelalte semnale produse de mixer (sau alte semnale parazite insuficient rejectate) sa perturbe demodularea in bune conditii a semnalului util prezent pe purtatoarea intermediara se foloseste un filtru de frecventa intermediara (blocul F din fig. 1).

Acest bloc determina selectivitatea lantului, protectia la semnale perturbatoare si in cazul televiziunii face anumite operatii care pregatesc o demodulare corecta (filtrul de selectivitate concentrata).

Subliniem deosebirea dintre filtrele A si E. A are frecventa reglabila (pentru a corespunde canalului dorit), pe care o vom nota f_{a2} in timp ce E are frecventa centrata fixa f_i . De aici rezulta o problematica distincta:

- pentru A : trebuie asigurata o positionare cit mai corecta a filtrului pe frecventa postului f_p (asadar $f_{a2} = f_2$ pentru canalul 2, $f_{a5} = f_5$ pentru canalul 5, etc.). In plus, acest reglaj trebuie facut in tandem cu reglarea frecventei oscilatorului local astfel incit diferenta dintre frecvente sa aiba valoarea frecventei intermediare). Este o operatiune delicata (aliniera receptorului) care nu face obiectul acestui articol.

- pentru F : nu se pune problema unui acord pe post. Filtrul actioneaza corect numai daca semnalul care il ataca este positionat pe frecventa intermediara fixa - f_i (asadar $f_{i2} = f_i$ pentru

canalul 2, $f_{i5} = f_i$ pentru canalul 5, etc.).

Figura 4 sintetizeaza cele de mai sus.

(sint reprezentate spectrele semnalului pe frecventa postului si pe frecventa intermediara - curbele inalte si caracteristicile filtrelor de intrare si intermediar - curbele joase)

In timpul acordarii se deplaseaza in tandem spectrul postului pe frecventa intermediara si frecventa centrala a filtrului selectiv de intrare.

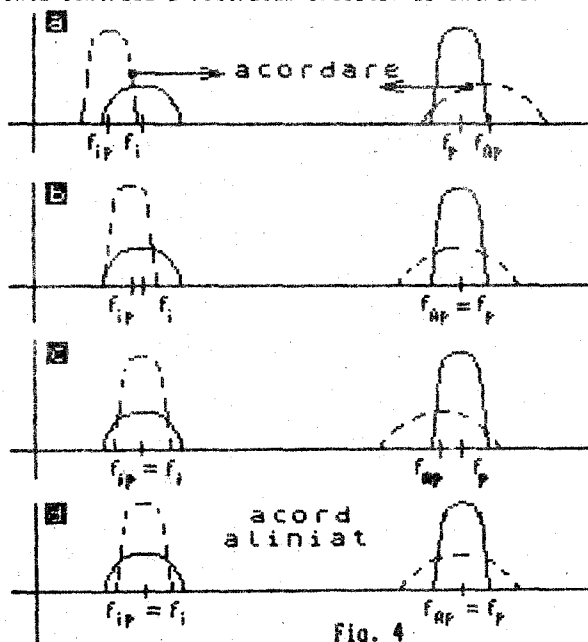


Fig. 4

Cum putem asigura conditia : $f_{ip} = f_i$? Reamintindu-ne relatia $f_{ip} = f_{op} - f_p$ si remarcind faptul ca f_p este fix (frecventa centrala a postului pe care il dorim), deducem ca variind frecventa oscilatorului local variem in aceeasi masura frecventa purtatoarei intermediare a postului (nu confundati purtatoarea intermediara a postului - f_{ip} cu purtatoarea intermediara pe care este reglat receptorul - f_i !).

Asadar pentru a suprapune frecventa purtatoarei intermediare f_{ip} peste frecventa filtrului intermediar f_i , vom regla in mod corespunzator oscilatorul local.

Va trebui sa dispunem de un element de reglaj al frecventei de oscilatie.

2. Stabilirea frecventelor

Oscilatorul local este compus dintr-un amplificator selectiv si o reactie pozitiva. Intrarea in oscilatie se realizeaza numai pe o anumita frecventa, stabilita de un filtru RLC care asigura selectivitatea amplificatorului.

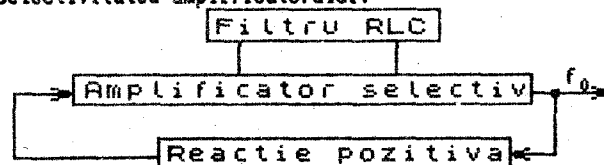


Fig. 5

In aparatura pe care o avem in vedere, filtru RLC are ca element reglabil un condensator (in fig. 6 este reprezentata schema de semnal a unui oscilator Colpitts)

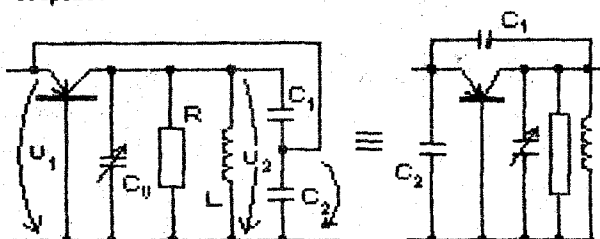


Fig. 6

Frecventa oscilatiei produse depinde de multi factori incit in formula orientativa:

$$(2) f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_t C_t}}$$

trebuie considerata contributia unor elemente diverse si uneori imprezibile (capacitati si inductante parazite, componente reactive ale tranzistorului etc.). Sa retinem urmatorul aspect calitativ: la cresterea capacitatii elementului variabil, creste capacitatea totala si scade frecventa oscilatiei; in sfirsit relatia $f_{ip} = f_{op} - f_p$ ne arata ca se produce in acelasi timp o scadere a frecventei purtatoarei intermediare.

In aparatura electronica moderna se folosesc drept capacitati variabile diodele varicap. Polarizate invers (deci practic blocate) ele se

prezinta la borne ca o capacitate. Variind marimea tensiunii inverse aplicate, putem modifica valoarea acestei capacitati. Fenomenul este comun tuturor diodelor, dar diodele varicap sint realizate special pentru a acoperi o plaja cit mai larga de variatie.

In fig.7 este prezentata caracteristica tensiune-capacitate pentru o dioda varicap; regula calitativa: la cresterea tensiunii inverse capacitatea scade.

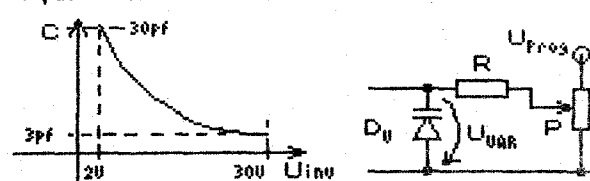


Fig. 7

Fig. 8

Pentru a polariza diodele varicap se folosesc montaje de genul celor din fig. 8. Comentariu: tensiunea de la programator este aplicata prin rezistenta R catodului diodei; anodul fiind pus la masa rezulta o polarizare inversa; cu ajutorul potentiometrului P se poate varia U_{var} si prin aceasta C_{var} .

Evidentiam punctele nevralgice ale schemei:

- sensibilitate foarte mare. Un mic dezacord al lui P (de exemplu reglaj imperfect al utilizatorului) poate produce o variatie importanta de frecventa. Fenomenul este inevitabil, deoarece plaja de variatie a frecventei pe care trebuie sa o acopere U_{var} este foarte mare fata de deriva de frecventa capabila sa produca efecte neplacute.

- o variatie parazita a lui U_{var} poate fi produsa si de o insuficienta stabilizare a lui U_{prog} (veti vedea in toate schemele ca se iau masuri deosebite pentru stabilizarea lui U_{prog})

- orice variatie parazita a valorii unui element (de exemplu modificarea valorilor componentelor produsa de variatii termice) poate avea efect violent asupra valorii frecventei oscilatorului.

Asadar surse diverse pot perturba frecventa oscilatorului local de la valoarea corecta $f_{op} = f_p + f_i$ la o valoare falsa $f_{op}' = f_{op} + df$ (df este

eroarea). Ca rezultat apare o modificare a frecvenței purtătoare intermediare $f_{ip}' = f_i + df$.

Sosind pe această frecvență (după mixare) semnalul nu mai este corect prelucrat de filtrul de frecvență intermediară (reglat pe f_i). După demodulare se va obține un semnal distorsionat.

În aparatele de calitate acest fenomen trebuie evitat. "Jetul" semnalului nu curge exact în "gîtul sticlei" constituit din etajul de frecvență intermediară. Paragraful următor descrie modul în care putem corecta această eroare.

3. Bucla de CAF

Analogia sugerată anterior oferă două soluții: a) să corectăm poziția jetului, prin tatonări, pînă cînd nimerim exact gîtul sticlei. Acest reglaj "manual" este delicat și poate fi perturbat de modificările neprevăzute (mici derivate ale jetului). Este ceea ce trebuie să facă posesorul unui aparat în cazul în care vrea să-l acordeze pe post la început sau să îl reardoză la apariția unei deviații. b) să folosim o pilnie! Cum să traducem însă această soluție în cazul schemei electrice a unui receptor? Va trebui să concepem un circuit, capabil să sesizeze variația de frecvență (abaterea de la valoarea corectă) și să o corecteze automat. Schema de principiu din fig. 9 relevă caracteristicile fundamentale ale circuitului de control automat al frecvenței (CAF):

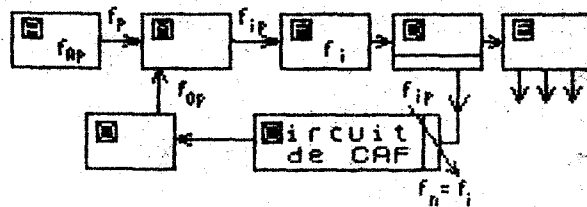


Fig. 9

- sesizează deriva lui f_{ip} față de f_i
- modifică f_{op} astfel încît să corecteze această deriva.

ATENȚIE: CAF-ul sesizează deriva față de f_i dar corectează f_o . Acest fapt poate deruta dacă nu va reamintiți că singurul element pe care-l putem

modifica este f_{op} , f_{ip} rezultînd din transformarea $f_{ip} = f_{op} - f_p$, f_p fiind fix, f_{op} și f_{ip} variază în același ritm, deci corecțiile aduse lui f_{op} se vor transpune identic pe f_{ip} .

O schemă mai detaliată (fig. 10)

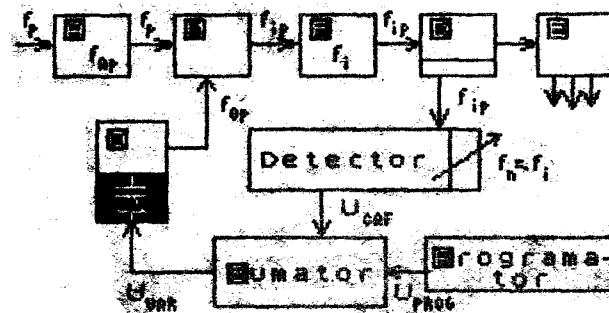


Fig. 10

prezintă modul în care se obține tensiunea de acord a diodelor varicap (U_{var}) la un astfel de receptor:

$$(3) U_{var} = U_{prog} + U_{CAF}, \text{ unde}$$

U_{prog} - tensiunea programată cu ajutorul potențometrului de acord

U_{CAF} - tensiunea de corectură, obținută cu ajutorul unui etaj, care sesizează deriva purtătoare intermediare f_{ip} față de f_i (detector de frecvență, formator de tensiune de eroare)

4. Rationamente

Pentru a înțelege funcționarea circuitului de CAF să luăm exemplul unui receptor TV care lucrează cu $f_i = 38 \text{ MHz}$.

Situația a: acordul este corect (oscilatorul este deci plasat cu 38 MHz deasupra frecvenței canalului selectat). Semnalul este trecut (de mixer) pe frecvența de 38 MHz, fiind prelucrat corespunzător de filtrul de frecvență intermediară și demodulat fără distorsiuni.

Sesizînd lipsa erorii ($f_{ip} = f_i = f_n = 38 \text{ MHz}$) detectorul de frecvență va livra $U_{CAF} = 0$. Așadar $U_{var} = U_{prog}$ (vezi relația 3) ceea ce înseamnă că tensiunea programată nu este modificată prin intervenția CAF-ului. Apăsînd butonul de CAF al receptorului nu trebuie să sesizați nici o eroare.

Situația b: programatorul nu este reglat perfect.

De exemplu, presupunem U_{prog} mai mic decît valoarea optimă. Rezultă de aici o capacitate mai mare a diodei varicap (vezi fig. 7) și implicit o frecvență mai mică decît cea normală pentru oscilatorul local f_{op}' (vezi relația 2).

Relația 1 (superheterodina) relevă o scădere a frecvenței purtătoare intermediare sub cea optimă $f_{ip}' < f_i$.

Într-aci în funcțiune detectorul de frecvență producînd o tensiune de eroare $U_{CAF} > 0$ după relația aproximativă:

$$(4) U_{CAF} = k (f_i - f_{ip})$$

Adăugarea acestei tensiuni peste cea programată va produce o creștere a tensiunii de acord U_{var} și prin aceasta o corectare a deviației de frecvență.

Situația c: deși tensiunea programată inițial este corectă, o deriva termică face ca oscilatorul să producă un semnal cu frecvență mai mare decît cea optimă. Rezultă o creștere a frecvenței purtătoare intermediare $f_{ip} > f_i$.

Detectorul livrează acum (vezi relația 4) o tensiune negativă care micșorează tensiunea de acord (vezi relația 3). Aplicînd o tensiune mai mică diodei varicap, îi va crește capacitatea (vezi figura 7). Implicit (vezi rel. 2) va scăde frecvența oscilatorului local, echilibrînd tendința de creștere nedorită.

5. Completări

Schemele practice de CAF folosesc principiul din fig. 10 deosebirile manifestîndu-se:

- în modul de realizare a detectorului de
- în modul de realizare a însumării $U_{prog} + U_{CAF}$
- prin valoarea frecvenței intermediare (pentru precizări vezi articolele de la cap. 3, 4)

Reglarea frecvenței este un proces complicat (se desfasoară în buclă) o analiză mai atentă relevă cîteva aspecte delicate:

- corecția nu se face instantaneu, ci din mai mulți pași existînd un regim intermediar în cursul căruia bucla conduce la noua situație de echilibru (asemenea unui pendul care ajunge la echilibru după mai multe oscilații). Acest regim are însă o durată

scurta si il vom presupune incheiat atunci cind analizam situatia rezultata dupa interventia CAF-ului.

- exista o anumita "inertie" a buclei care face ca deviatiile accidentale, de foarte scurta durata, sa nu angreneze procesul de corectura care ar fi in acest caz mai mult jenant decit util. (daca jetul are un salt brusc lateral si apoi revine la normal, veti produce efecte nedorite incercind sa urmariti saltul cu gitul sticlei)

- corectura facuta prin interventia buclei (dupa stabilizarea in noua pozitie) nu poate fi perfecta ! Intr-adevar, anulind complet eroarea, anulam tensiunea de eroare ($U_{caf} = 0$) si nu mai putem justifica mecanismul corecturii. Trebuie deci sa vedem interventia CAF-ului ca o micșorare a erorii (frina a derivei) si nu ca o anulare a ei. Desigur un circuit CAF va fi cu atit mai bun cu cit deriva finala va fi mai mica decit cea initiala. Raportul lor se numeste eficacitate (asupra acestor aspecte vezi articolul din cap. 6)

- eventuala reglare incorecta a detectorului de frecventa produce efecte daunatoare (imaginati-va ca pilnia nu este asezata bine in gitul sticlei). Bucla de CAF va avea tendinta de a aduce fip la valoarea de nul a detectorului de frecventa care o echipeaza. Cu un nul prost reglat avem garantia unei receptii necorespunzatoare ! Vetii sesiza aceasta prin dereglarea pe care o produce apasarea butonului de CAF asupra unei emisiuni corect receptionate.

- In general aveti de ales dintre mai multe posturi. In analogia noastra, imaginati-va ca vreti sa colectati jetul unui anumit robinet, dintr-o multitudine de jeturi apropiate. Este evident ca pilnia va va deranja ! Va trebui sa o scoateti pentru a va putea pozitiona gitul sticlei in dreptul unui anumit jet si de abia dupa aceea sa puneti pilnia, pentru a-l pastra captiv. Analog, circuitul de CAF nu trebuie sa actioneze in timpul cautarii unui post. Proiectantii au prevazut pentru aceasta circuite de intrerupere a buclei de CAF (manuale si automate)

- o data prins un post (deci adus corect in zona frecventei intermediare), CAF-ul va avea tendinta de a-l mentine (efect de captura) impotriva-

parasirii lui. Uneori el poate introduce o tensiune care sa anuleze o mica crestere prin care programatorul incearca sa faca trecerea la un canal alaturat ! Un nou motiv de a scoate CAF-ul din functiune in timpul acordarii.

- functionarea corecta a buclei de CAF este garantata pentru o zona limitata a derivei care trebuie corectata. In acest sens un studiu mai aprofundat va va conduce la notiuni ca : domeniu de prindere, domeniu de mentinere etc. (vezi cap. 6)

Odata intelese cele de mai sus, pasul esential in cunoasterea CAF-ului a fost facut. Va recomandam rezolvarea exercitiilor din articolul "Verificati-va cunoastintele" pentru consolidare.

De asemenea ar fi util sa puteti preciza sensul exact al urmatoarelor marimi:

- f_p - frecventa postului (frecventa pe care este emis)

- f_{op} - frecventa pe care se afla oscilatorul local atunci cind se receptioneaza postul p

- f_i - frecventa pe care este reglat filtrul selectiv din etajul de frecventa intermediara

- f_{ip} - frecventa pe care soseste postul in etajul de frecventa intermediara

- f_n - frecventa de nul a detectorului care echipeaza bucla de CAF

- df - eroarea care trebuie corectata

- df_1 - corectura realizata de CAF

- df_2 - restul de eroare necorectat (care este de fapt motorul corecturii) legate prin relatiiile:

$f_{op} = f_p + f_i$ (pentru acord bun)

$f_{ip} = f_{op} - f_p$ (actiunea superheterodinei)

$f_{ip} = f_i$ (pentru acord bun)

$f_n = f_i$ (CAF cu nulul corect reglat)

$df = df_1 + df_2$ (corectura partiala)

$df/df_1 = \text{eficacitate}$

OBSERVATIE : Trebuie sa intelegem prin f_i frecventa efectiva pe care este reglat filtrul intermediar. Astfel daca de exemplu filtrul intermediar este reglat pe 37,9 MHz (si demodulatorul are acest punct de nul), aceasta trebuie sa fie frecventa catre care sa lucreze CAF-ul: $f_n = f_i = 37,9$ MHz si pe care trebuie deplasat postul in frecventa intermediara.

* * *

VERIFICATI-VA CUHOSTINTELE !

CAF - CHESTIUNI DE PRINCIPIU

ING. ROSCA IOAN

Intrebarile care urmeaza, esalonate in ordinea crescatoare a dificultatii va permit verificarea cunoasterii principiilor de functionare a buclei de CAF. Sint propuse cite trei raspunsuri dintre care trebuie sa il alegeti pe cel mai bun. Daca, verificindu-va rezultatele (aflata la ultima pagina a acestui numar) veti obtine mai putin de zece raspunsuri corecte, va recomandam sa mai studiatii (vezi de exemplu articolele pe aceasta tema din acest numar)

1) Care este rolul modului de CAF al unui receptor ?

a-sa permita acordul fin pe post

b-sa mentina acordul pe post

c-sa memoreze frecventa postului.

2) Cum trebuie folosit butonul de CAF de pe panoul frontal al receptorului ?

a-se apasa atunci cind se pierde acordul postului

b-se apasa inainte de a trece la acordarea receptorului pe post

c-se apasa dupa ce acordul a fost facut, raminand apasat in timpul functionarii

3) Cum intervine bucla de CAF intr-un receptor ?

a-sesizeaza nivelul mic al semnalului la iesire, dind comanda de reaccordare pe post

b-sesizeaza dezacordul frecventei purtatoarei intermediare, intervenind pentru reaccordare

c-sesizeaza deplasarea frecventelor din semnalul video, corectind-o prin reaccordarea receptorului

4) Care este efectul unui reglaj incorect al punctului de nul al demodulatorului de pe bucla de CAF ?

a-CAF-ul este mai putin eficient

b-CAF-ul este ineficient

c-CAF-ul deregleaza acordul