



PRINCIPI MODERNIH TELEKOMUNIKACIJA (SI2PMT)

*Elektrotehnički fakultet
Katedra za telekomunikacije
Beograd, 2012/2013.*



-V-

Analogne modulacije

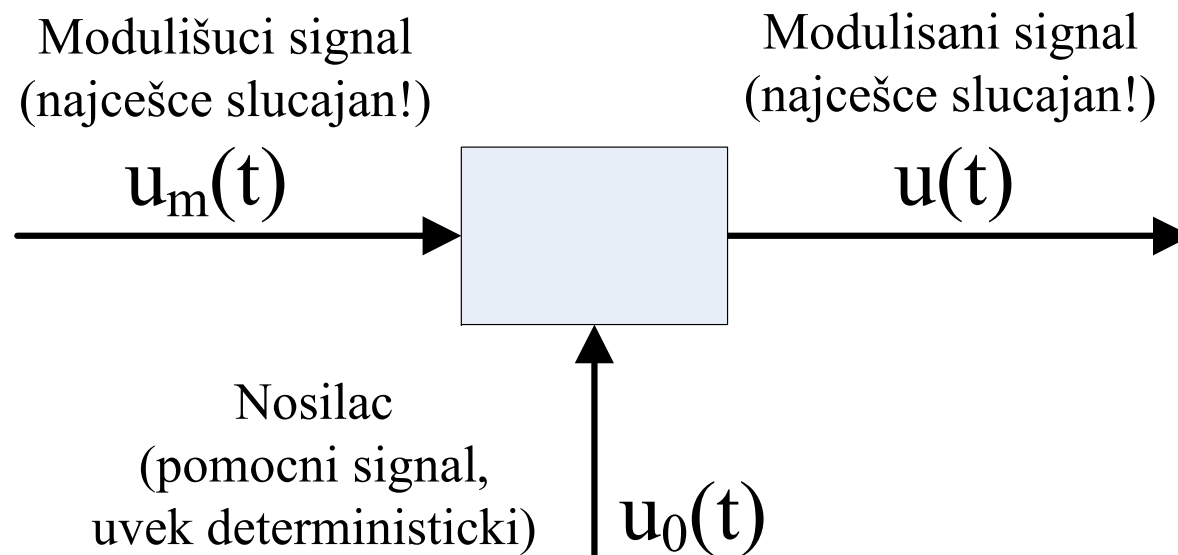
Zašto se obavlja modulacija signala?

- * **Umesto prenosa u osnovnom opsegu učestanosti (OOU), signal se često prenosi u transponovanom opsegu učestanosti (TOU)**
 - **Kako bi se što uspešnije iskoristile mogućnosti linije veze** – opseg učestanosti u kome linija veze ima ravnu amplitudsku i linearnu faznu karakteristiku ne mora se poklopiti sa opsegom učestanosti u kome se nalazi spektar signala.
 - U slučaju radio prenosa, **dimenzije antene su direktno srazmerne talasnoj dužini**, odnosno obrnuto srazmerne učestanosti signala na kojoj se signal prenosi. Dovoljno male dimenzije antena mogu se postići samo za velike učestanosti signala.
 - **Cilj je da se isti medijum prenosa iskoristi za prenos više signala**, koje emituju nezavisni izvori (multipleksiranje). Ovo je naročito bitno u slučaju radio prenosa – ako ne bi bilo multipleksiranja, na jednoj teritoriji mogao bi se prenositi samo jedan signal.

Pojam modulacije

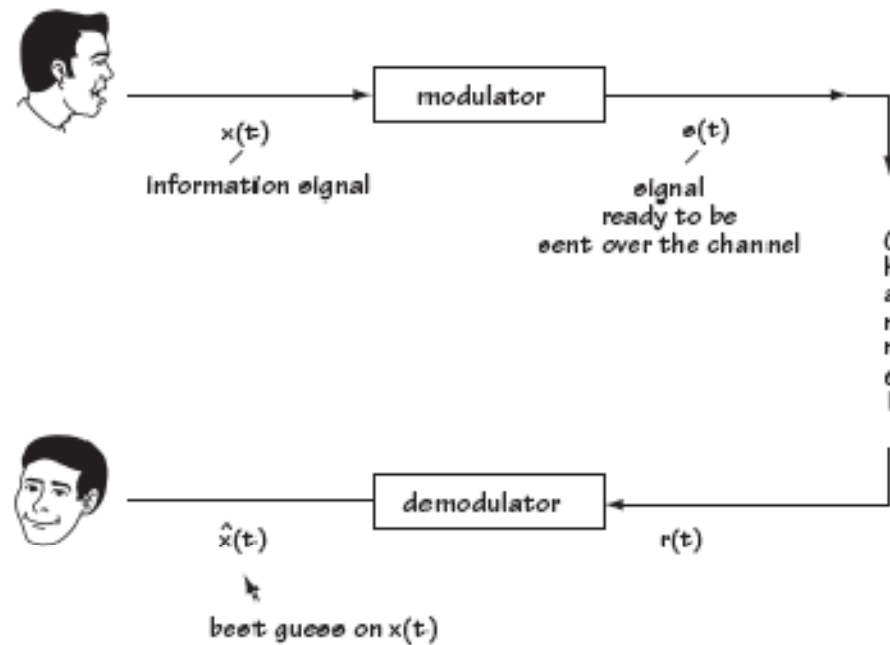
* **Modulacija:** postupak modifikovanja parametra jednog periodičnog signala u funkciji karakterističnih parametara drugog (proizvoljnog) signala

- Originalni nosilac poruke – modulišući signal
- Pomoćni periodični signal – nosilac
- Nosilac modifikovan modulišućim signalom – modulisani signal



Demodulacija, modem

- * **Demodulacija:** Postupak obrade modulisanog signala za dobijanje originalnog signala poruke.
- * **Sklop:**
 - za modulaciju: **MODULATOR**,
 - za demodulaciju: **DEMODULATOR**,
 - koji obavlja obe funkcije: **MODEM**.



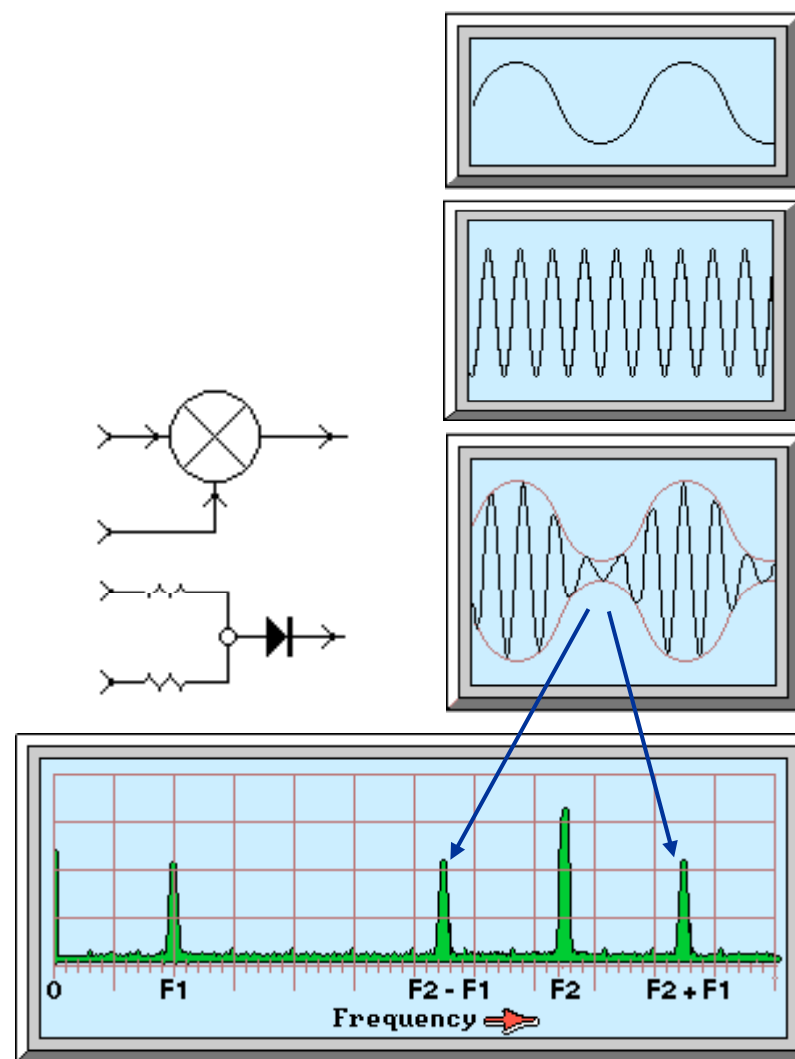
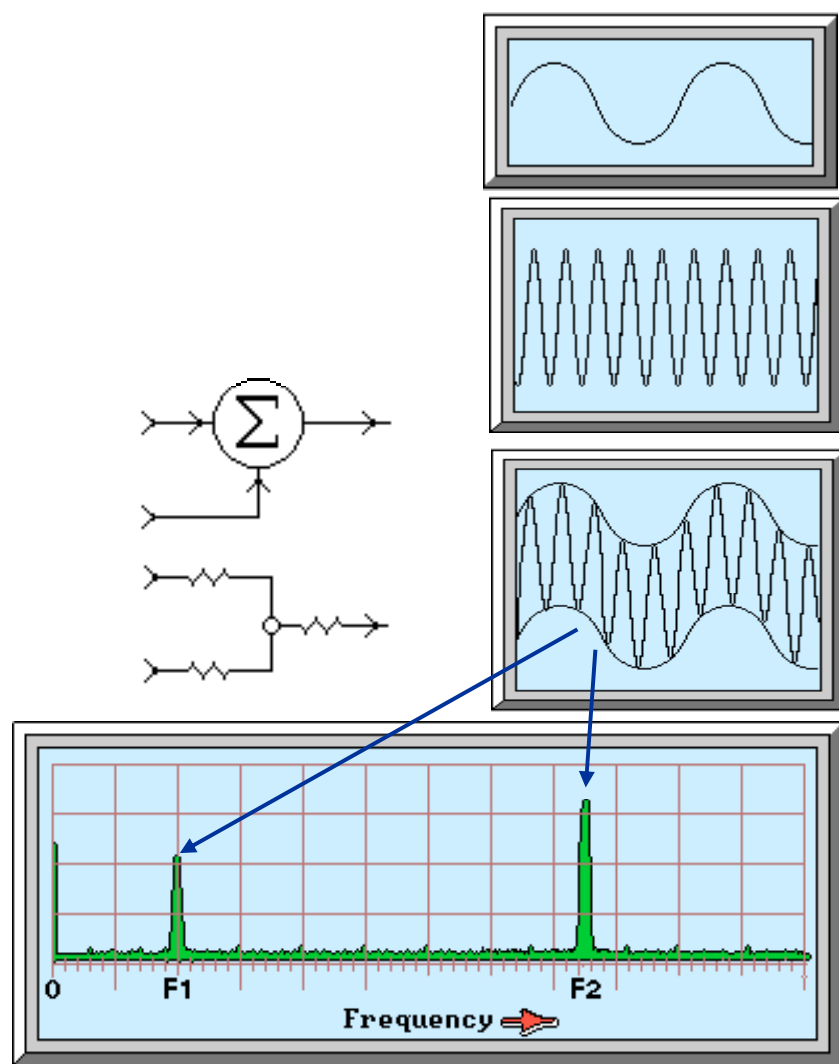
Analogne modulacije

- * Uvek kada je modulišući signal analogan (nije digitalan, tj. broj njegovih amplitudskih nivoa nije konačan).

- * **Amplitudska modulacija:**
 - Konvencionalna amplitudska modulacija (KAM)
 - Amplitudska modulacija sa dva bočna opsega (AM-2BO)
 - Amplitudska modulacija sa jednim bočnim opsegom (AM-1BO)
 - Amplitudska modulacija sa nesimetričnim bočnim opsezima (AM-NBO)

- * **Ugaona modulacija**
 - Fazna (PM ili ΦM)
 - Frekvencijska (FM)

Spektar zbira i proizvoda dva prostoperiodična signala

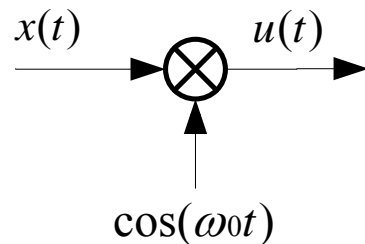


Spektar zbira i proizvoda dva prostoperiodična signala

- * Zbirom dva prostoperiodična signala sa učestanostima f_1 i $f_2 > f_1$, dobija se periodičan signal sa
 - dve komponente u spektru (na učestanostima f_1 i f_2)
 - osnovnom učestanošću $f_0 = \text{NZD}(f_1, f_2)$, tj. periodom $T = 1/f_0$
- * Proizvod dva prostoperiodična signala sa učestanostima f_1 i f_2 jeste periodičan signal sa:
 - anvelopom koja odgovara prvom prostoperiodičnom signalu, učestanosti f_1
 - u unutrašnjosti anvelope sadržan je signal učestanosti f_2
 - dve komponente u spektru (na učestanostima $f_2 - f_1$ i $f_2 + f_1$)
- * Množač nije linearan sistem za prenos signala
 - Signal na njegovom izlazu ima komponente u spektru na učestanostima na kojima nisu postojale komponente pobudnih signala.
 - U praksi se množenje signala obavlja pomoću produktnog modulatora.

Produktni modulator

- * Na jednom ulazu uvek prostoperiodičan signala sa učestanosti f_0 .
- * Na drugom ulazu proizvoljan signal $x(t)$ koji ima dvostrani spektar $X(j\omega)$.
- * Signal na izlazu produktnog modulatora je:



$$u(t) = x(t) \cos(\omega_0 t) = x(t) \left[\frac{e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t}}{2} \right]$$
$$= \frac{1}{2} x(t) e^{j\omega_0 t} + \frac{1}{2} x(t) e^{-j\omega_0 t}$$

- * Spektar signala na izlazu produktnog modulatora je spektar $X(j\omega)$ transliran za kružnu učestanost $\omega_0 = 2\pi f_0$ ulevo i udesno
 - **Produktni modulator (množenjem prostoperiodičnim signalom) translira dvostrani spektar signala na ulazu!**

$$U(j\omega) = F \left[\frac{1}{2} x(t) e^{j\omega_0 t} + \frac{1}{2} x(t) e^{-j\omega_0 t} \right] = \frac{1}{2} \left[X(j(\omega - \omega_0)) + X(j(\omega + \omega_0)) \right]$$

Amplitudska modulacija

* Pretpostavke:

- Modulišući signal, analogni (deterministički ili slučajan) signal $u_m(t)$
 - Obično slučajan signal sa bitnim komponentama u spektru iz opsega $[0, f_m]$
 - Spektar modulišućeg signala: $U_m(j\omega)$, za $|\omega| \leq \omega_m$, $U_m(j\omega) = 0$, za $|\omega| > \omega_m$
- Nosilac je kontinualan, $u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \theta_0)$
 - Kod analognih modulacija nosilac je prostoperiodičan signal sa amplitudom U_0 , učestanošću f_0 i nultom početnom fazom ($\theta_0 = 0$, kosinusoida!).
 - Spektar nosioca ima jednu komponentu na učestanosti f_0 !
- Modulisan signal, $u(t) = U(t) \cos(\omega_0 t + \theta_0)$, $U(t) = F(u_m(t))$
 - Modulisani signal se dobija množenjem modulišućeg signala i nosioca.
 - Samo je amplituda vremenski promenljiva (učestanost i faza su konstante)!
 - Množenju u vremenskom domenu odgovara konvolucija u spektralnom domenu.
 - Oblik spektra modulisanog signala jednak je dvostranom spektru modulišućeg signala $u_m(t)$, transliranom za učestanost nosioca f_0 , pri čemu se transliranje vrši kako levo, tako i desno!

AM2BO - prostoperiodičan modulišući signal

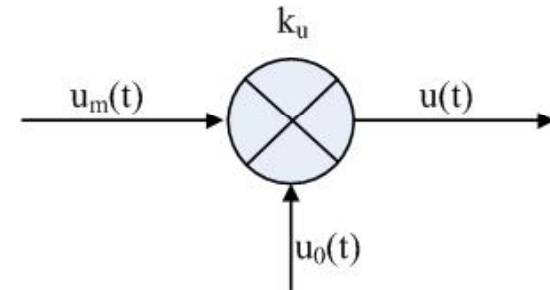
* Modulišući

* Vremenski oblik

$$u_m(t) = U_m \cos \omega_m t$$

* Dvostrani spektar

$$U_m(j\omega) = \frac{U_m}{2} [\delta(-\omega_m) + \delta(\omega_m)]$$



* Modulisani

$$u(t) = k_u U_m \cos(\omega_m t) U_0 \cos(\omega_0 t)$$

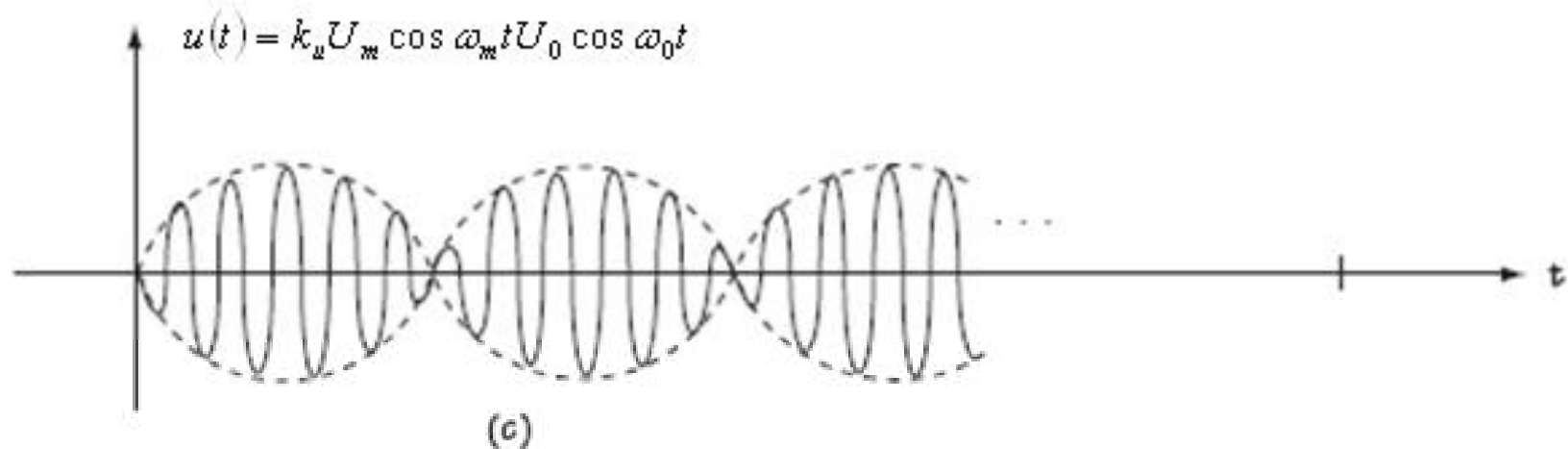
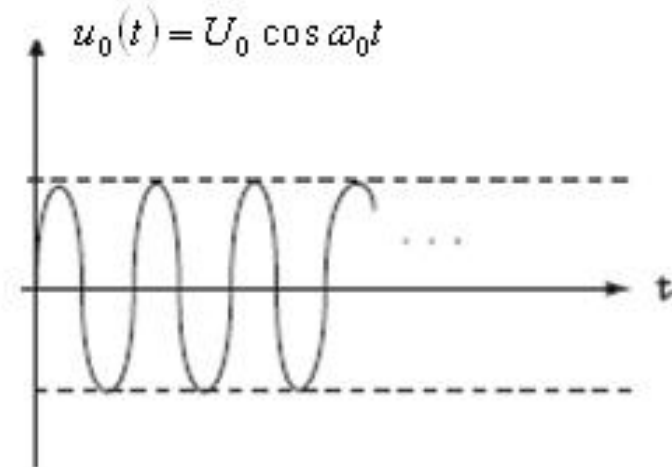
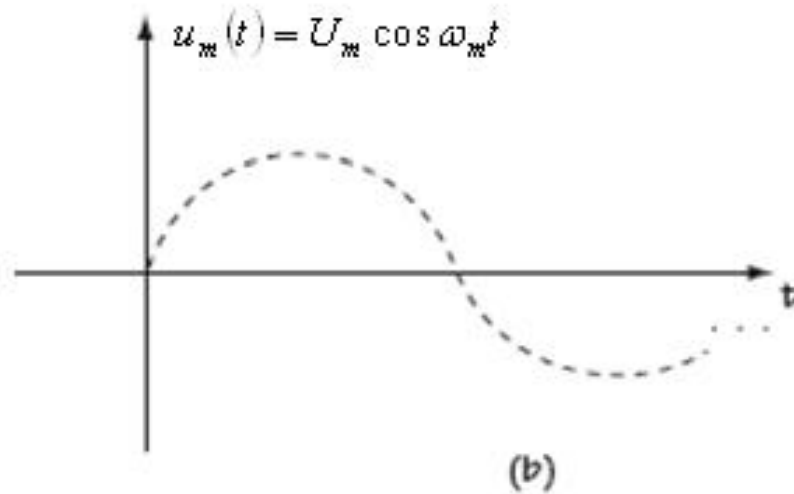
• Vremenski oblik

$$u(t) = \frac{k_u U_0 U_m}{2} \cos[(\omega_0 - \omega_m)t] + \frac{k_u U_0 U_m}{2} \cos[(\omega_0 + \omega_m)t]$$

• Dvostrani spektar

$$U(j\omega) = \frac{k_u U_0 U_m}{4} \left\{ [\delta(-\omega_0 + \omega_m) + \delta(\omega_0 - \omega_m)] + [\delta(-\omega_0 - \omega_m) + \delta(\omega_0 + \omega_m)] \right\}$$

Prostoperiodičan modulišući signal (AM2BO)



Slučajan modulišući signal (AM2BO)

- * Modulišući signal ima spektar nepoznatog oblika, sadržan u opsegu $(0, f_m)$ – širina spektra je f_m ! Ako se maksimalna apsolutna vrednost modulišućeg signala označi sa U_m , može se pisati:

- Vremenski oblik:

$$u_m(t) = U_m m(t), \quad |m(t)| \leq 1$$

- Dvostrani spektar:

$$U_m(j\omega) = U_m M(j\omega)$$

- * Modulisani signal

- * Vremenski oblik:

$$u(t) = k_u U_m U_0 m(t) \cos(\omega_0 t)$$

- * Dvostrani spektar:

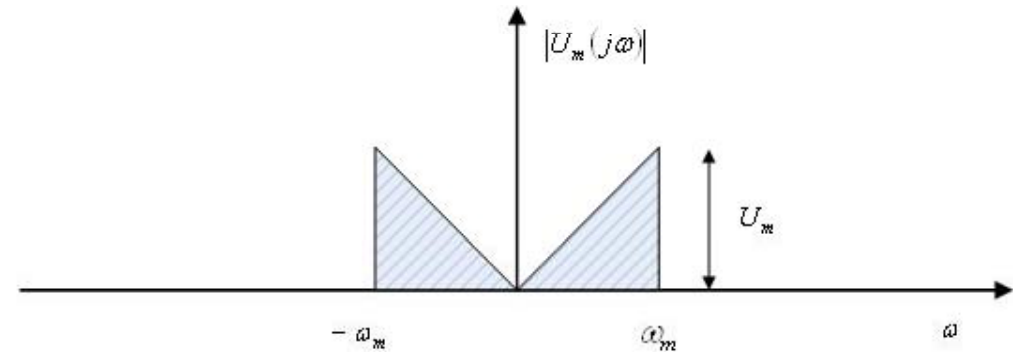
$$u(t) = \frac{k_u U_0 U_m}{2} \left[M(j(\omega - \omega_0)) + M(j(\omega + \omega_0)) \right]$$

Pomereno za ω_0 udesno

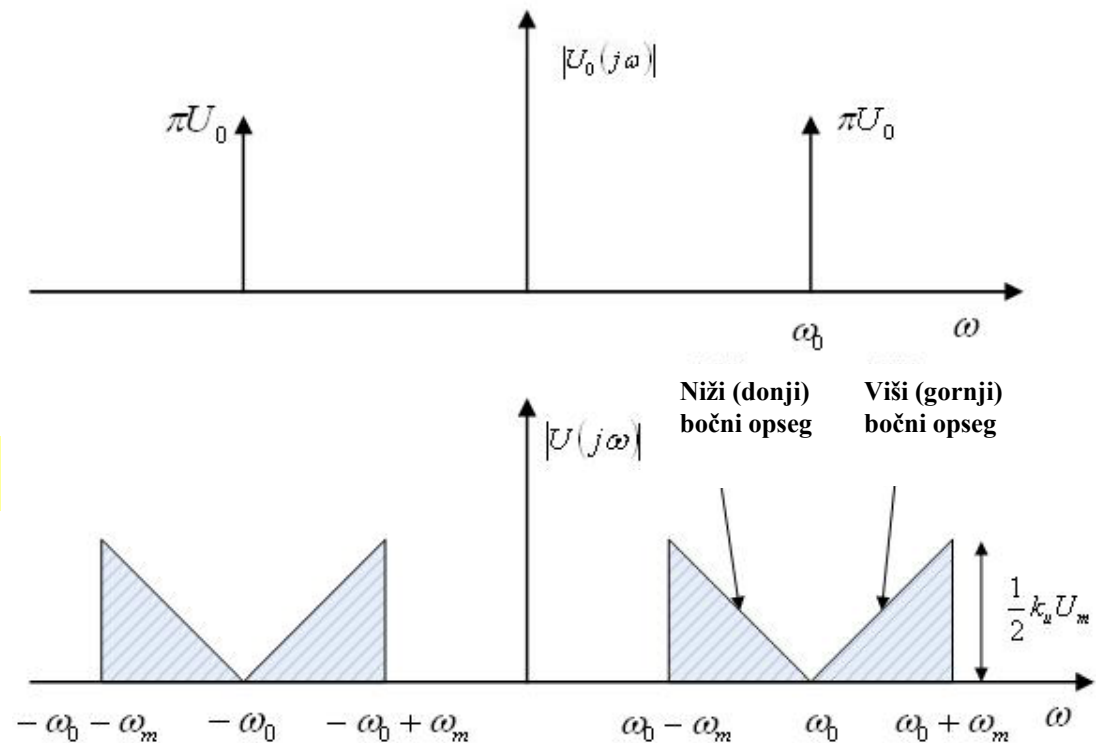
Pomereno za ω_0 ulevo

Amplitudska modulacija sa dva bočna opsega (AM2BO)

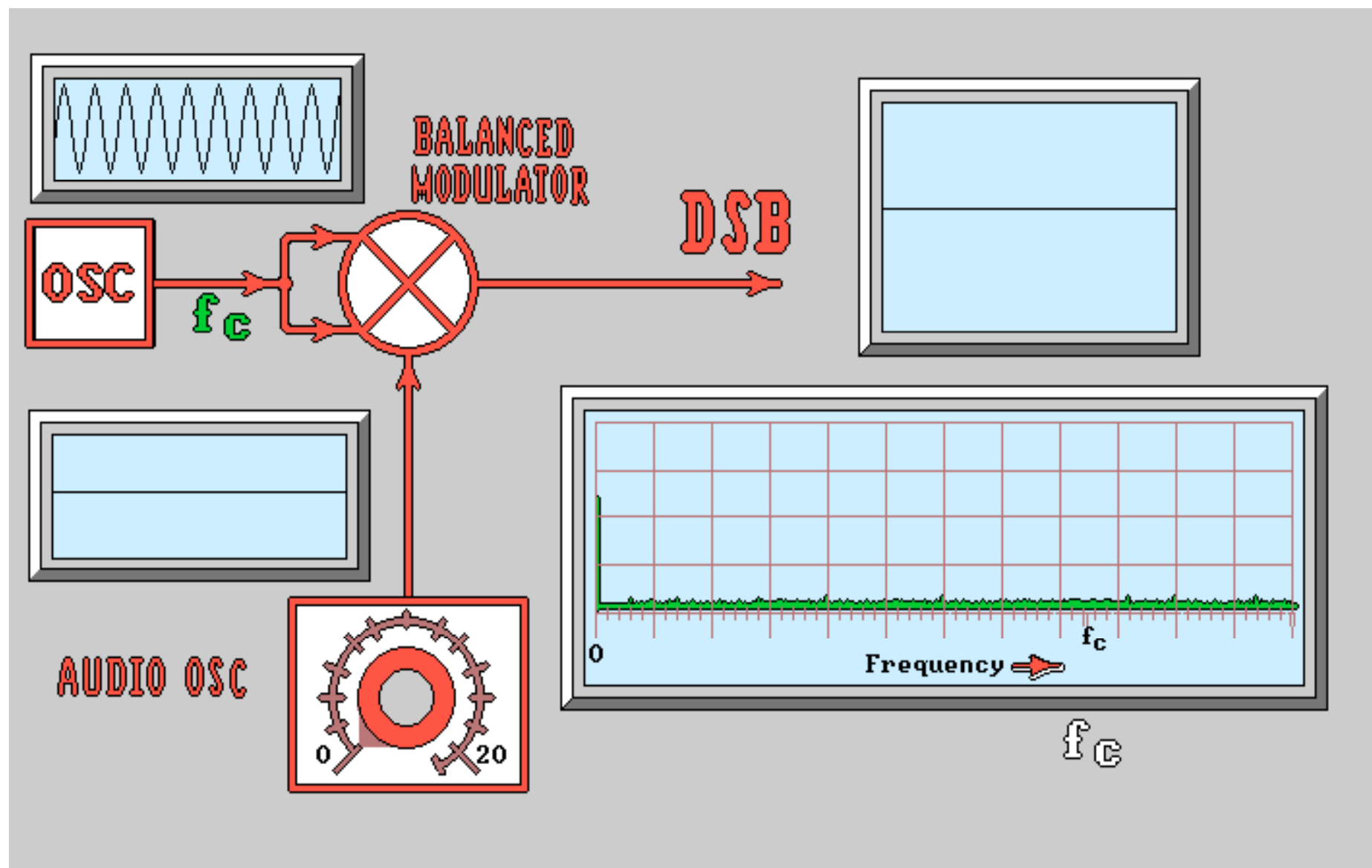
$$B_{NF} = f_m - 0 = f_m$$



$$B_{VF} = (f_0 + f_m) - (f_0 - f_m) = 2f_m$$



AM2BO modulator – animacija (*DSB - Double Side Band*)



Demodulacija AM2BO signala – analitički izrazi

* Veoma jednostavna realizacija - produktni modulator i NF filter!

- Pretpostavka $k_u=1$, $U_0=1$:

$$u_{AM2BO}(t) = u_m(t) \cos(\omega_0 t)$$

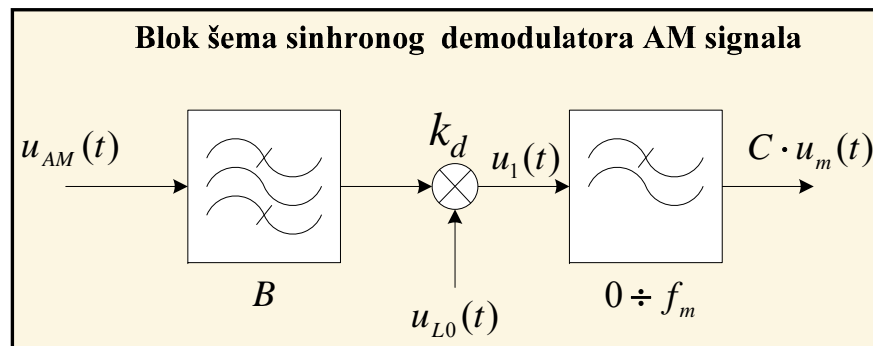
$$u_{LO}(t) = U_{LO} \cos(\omega_0 t + \theta_l)$$

- * Ponovno transliranje signala u osnovni opseg (množenje signalom lokalnog oscilatora, generisanom u prijemniku, nezavisno od predajnika)

$$u_d(t) = k_d u_m(t) \cos(\omega_0 t) U_{LO} \cos(\omega_0 t + \theta_l)$$

$$u_d(t) = \frac{k_d U_{LO}}{2} u_m(t) \cos \theta_l + \frac{k_d U_{LO}}{2} u_m(t) \cos(2\omega_0 t + \theta_l)$$

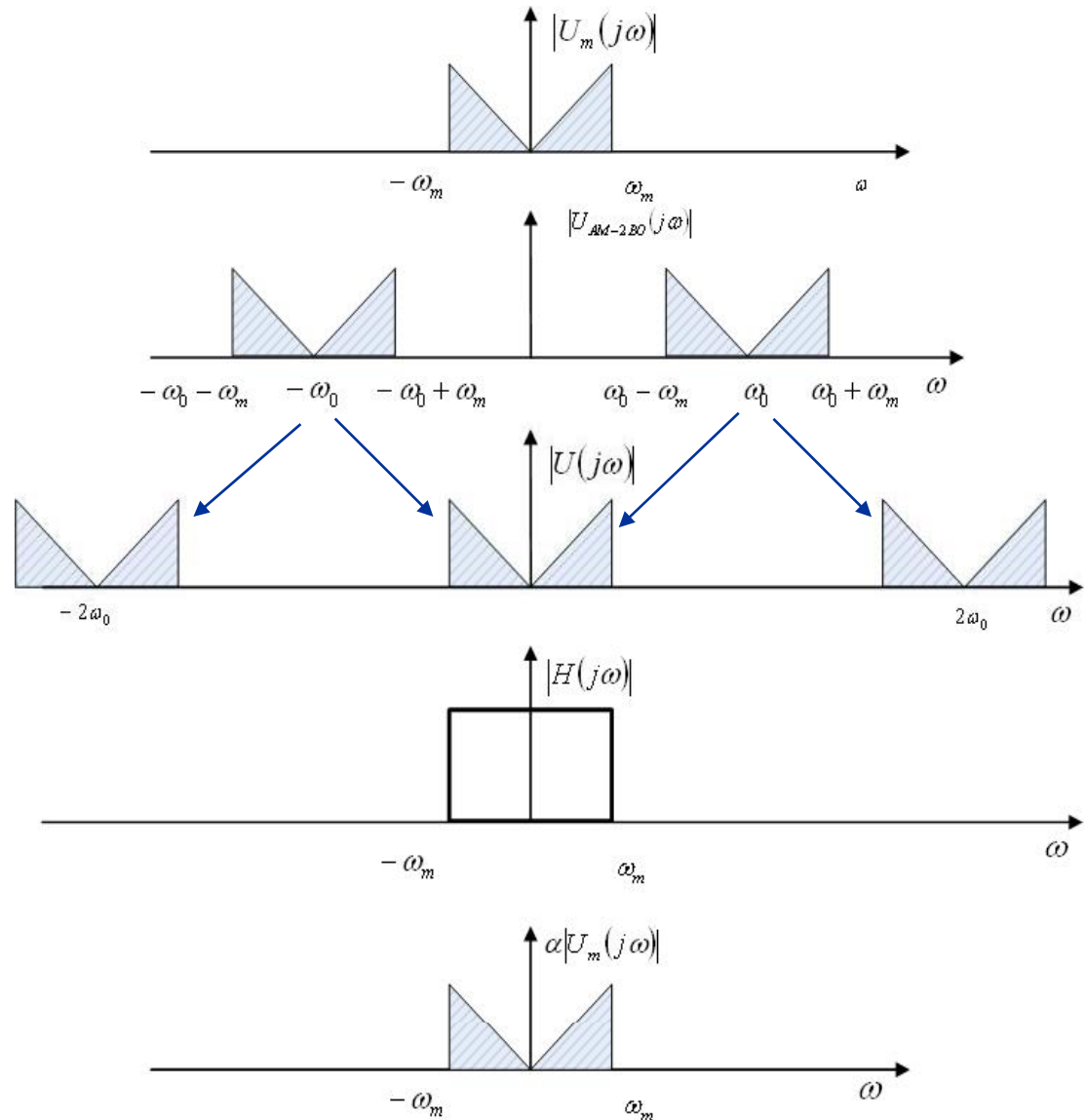
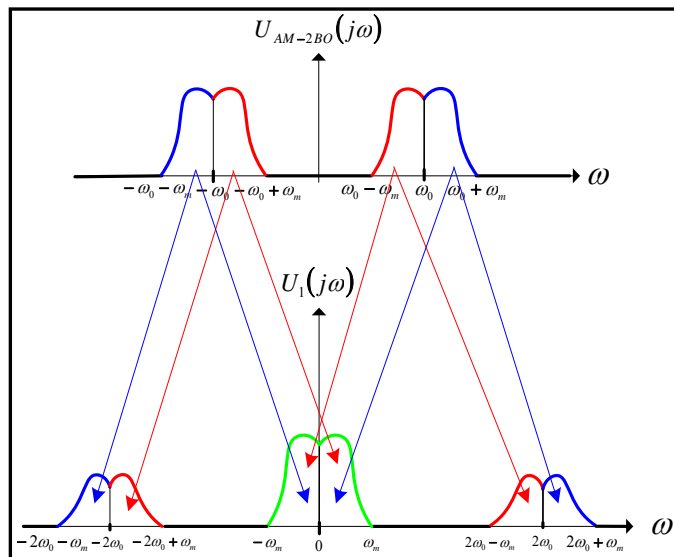
$$u_i(t) = \frac{k_d U_{LO}}{2} \cos \theta_l u_m(t) = C u_m(t)$$



*Optimalno je da
oscilatori modulatora i
demodulatora budu
fazno usklađeni ($\theta_l=0$)!*

Demodulacija AM2BO signala - spektri

- * Množenje lokalno generisanim nosiocem.
- * Rezultat spektar koji sadrži komponente na niskim učestanostima i komponente oko $2f_m$.
- * NF filtrom izdvoji se samo deo na niskim učestanostima.



Konvencionalna amplitudska modulacija (KAM)

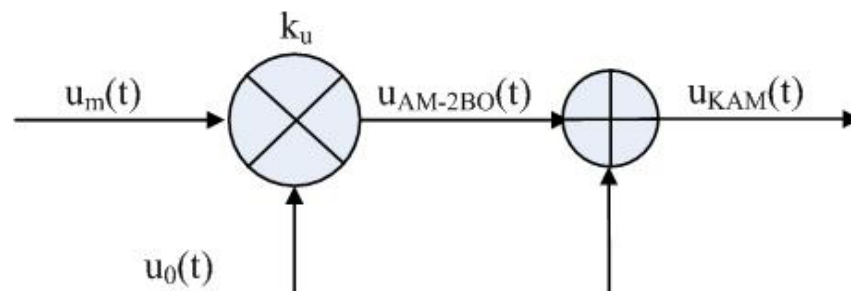
- * **Modulišući signal analogni $u_m(t)$**

- Spektar signala $U_m(j\omega)$, za $|\omega| \leq \omega_m$, $U_m(j\omega) = 0$, za $|\omega| > \omega_m$

- * **Nosilac**

$$u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \theta_0)$$

- * **Modulišući signal**



$$u(t) = [U_0 + k_u u_m(t)] \cos \omega_0 t = U_0 \left[1 + \frac{k_u U_m}{U_0} m(t) \right] \cos \omega_0 t$$

$$u(t) = U(t) \cos(\omega_0 t), \quad U(t) = U_0 + \delta u(t), \quad \delta u(t) = k_u u_m(t)$$

Promena amplitude

KAM – vremenski oblik i spektar modulisanog signala

- * Ako se indeks modulacije definiše izrazom

$$m_0 = k_u \frac{U_m}{U_0}$$

- * Tada je:

- Vremenski oblik modulisanog signala

$$u(t) = U_0 [1 + m_0 m(t)] \cos \omega_0 t$$

- Jednostrani spektar modulisanog signala:

$$U(j\omega) = U_o \delta(j(\omega - \omega_0)) + U_o m_0 X(j(\omega - \omega_0))$$

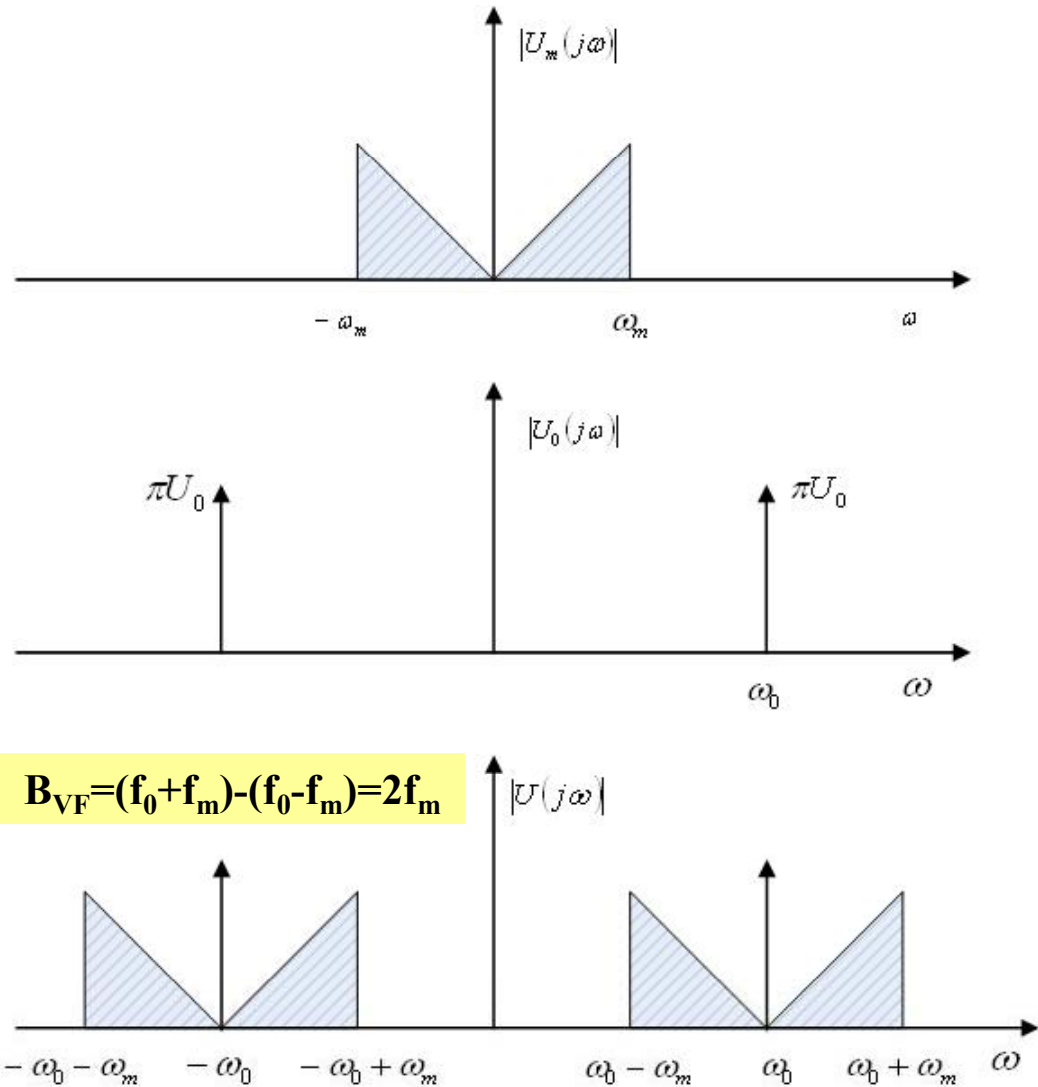
- Dvostrani spektar modulisanog signala:

$$U(j\omega) = \frac{U_o}{2} [\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)] + \frac{U_o m_0}{2} [M(j(\omega - \omega_0)) + M(j(\omega + \omega_0))]$$

Spektar KAM signala

* Spektar KAM signala sadrži:

- Gornji bočni opseg (GBO)
 - + uč.: $(\omega_0 \dots \omega_0 + \omega_m)$
 - uč.: $(-\omega_0 - \omega_m \dots -\omega_0)$
- Donji bočni opseg (DBO)
 - + uč.: $(\omega_0 - \omega_m \dots \omega_0)$
 - uč.: $(-\omega_0 \dots -\omega_0 + \omega_m)$
- Nosilac
 - + uč.: ω_0
 - uč.: $-\omega_0$



Prostoperiodičan modulišući signal (KAM)

- **Modulišući**

$$u_m(t) = U_m \cos \omega_m t$$

- **Nosilac**

$$u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \theta_0)$$

- **Modulisani**

$$u(t) = U_0 \cos \omega_0 t + \frac{1}{2} m_0 U_0 \cos(\omega_0 - \omega_m)t + \frac{1}{2} m_0 U_0 \cos(\omega_0 + \omega_m)t$$

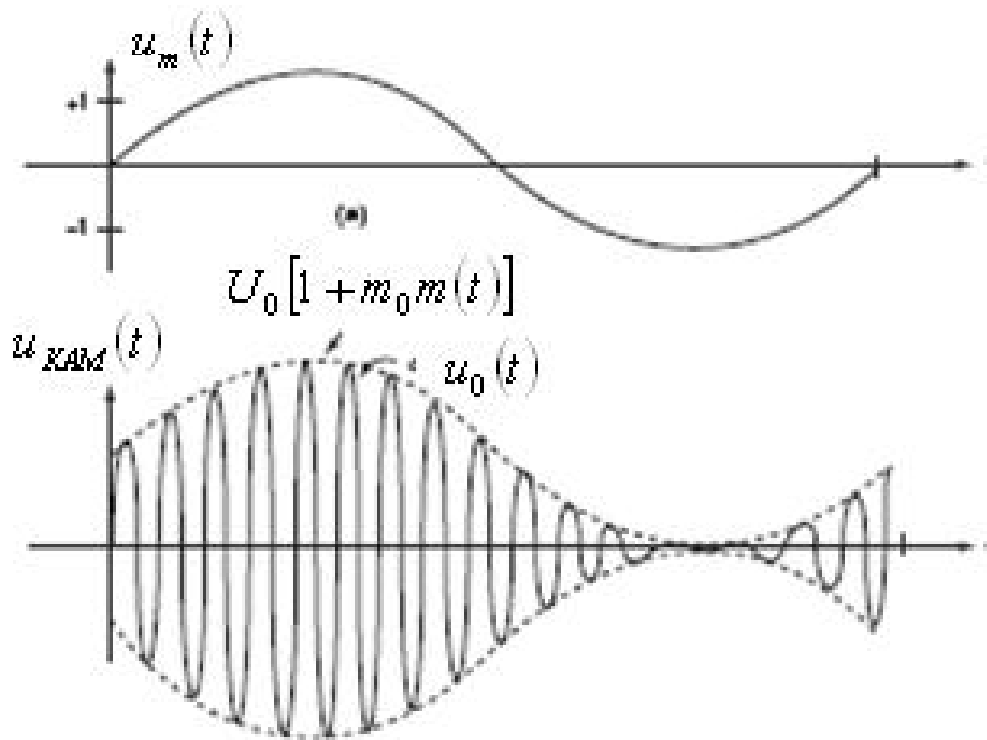
- **Ako je P_0 snaga nosioca, snaga modulisanog signala je**

$$P = \frac{U_0^2}{2R} \left[1 + \left(\frac{m_0}{2} \right)^2 + \left(\frac{m_0}{2} \right)^2 \right] = \frac{U_0^2}{2R} \left(1 + \frac{m_0^2}{2} \right) = P_0 \left(1 + \frac{m_0^2}{2} \right)$$

- **Sva informacija sadržana je u jednom (bilo kom) bočnom opsegu, a mi prenosimo oba bočna opsega + nosilac!**

Prostoperiodičan modulišući signal (KAM)

- * **Modulišući signal** određuje anvelopu modulisanog signala, čija je centralna učestanost jednaka učestanosti nosioca.
- * KAM signal sadrži i eksplicitne informacije o nosiocu – ako imamo filter propusnih opsega podešen na f_0 sa dovoljno uskim propusnim opsegom, iz KAM signala se na prijemu može rekonstruisati nosilac!
- * KAM signal je energetski neefikasan!

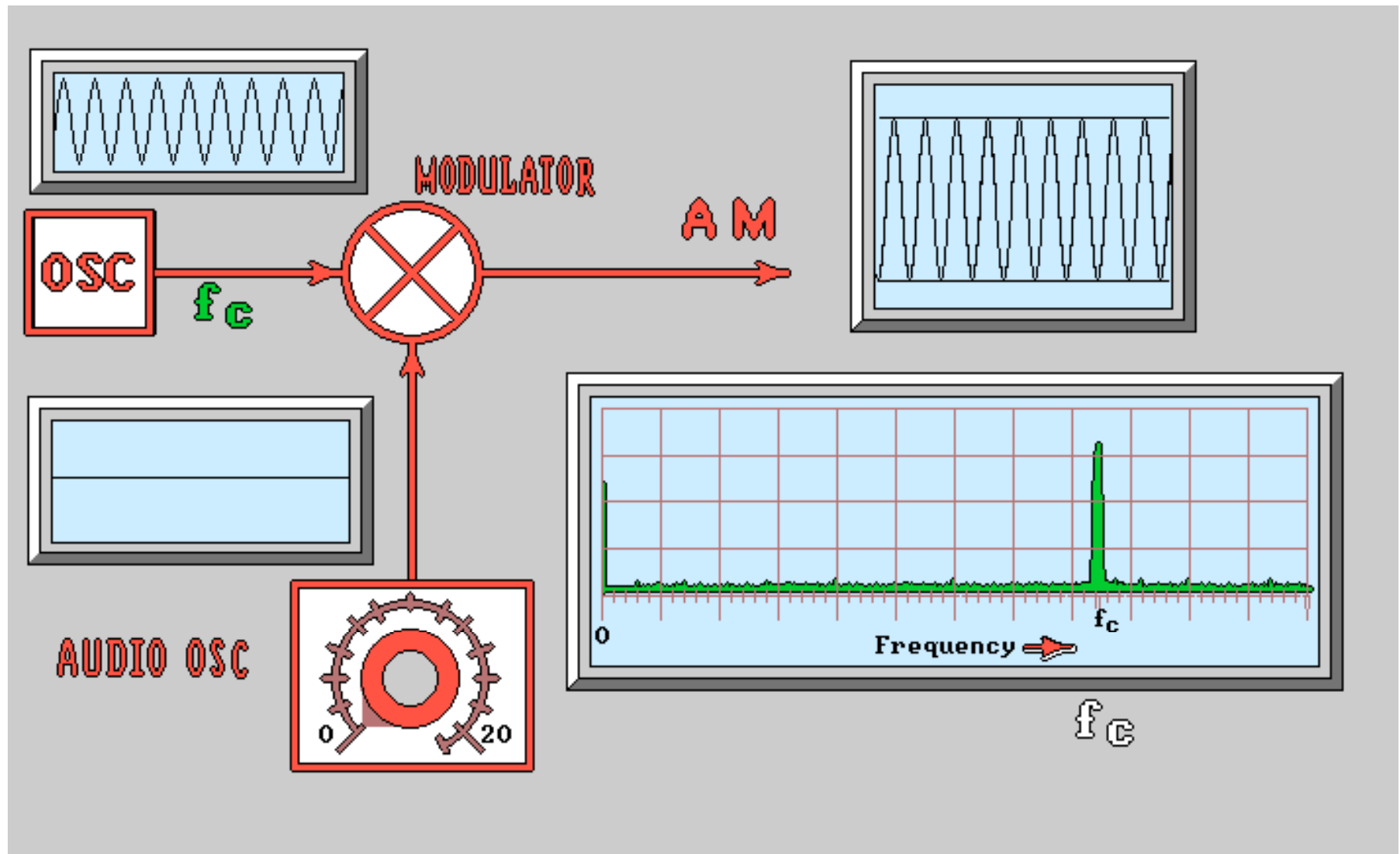


- **Stepen iskorišćenja:**

$$\eta = \frac{P_{AM1BO}}{P_{KAM}} = \frac{1}{2} \frac{m_0^2}{2 + m_0^2}$$

- Za $m_0=1$, iskorišćenje je maksimalno i iznosi 1/6 ili 16.67%.

KAM modulator - animacija



Demodulacija KAM signala

- * **KAM signal:**

$$u_{KAM}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t) + m_0 U_0 m(t) \cos(\omega_0 t)$$

- * **Nosilac generisan lokalnim oscilatorom:**

$$u_{LO}(t) = U_{LO} \cos(\omega_0 t + \theta_l)$$

- * **Blok šema demodulatora ista kao kod AM2BO (ako se nosilac generiše na stani prijema) ili se nosilac može izdvojiti iz primljenog signala – sve isto samo tada $\theta_l=0$!**

- * **Demodulisan signal:**

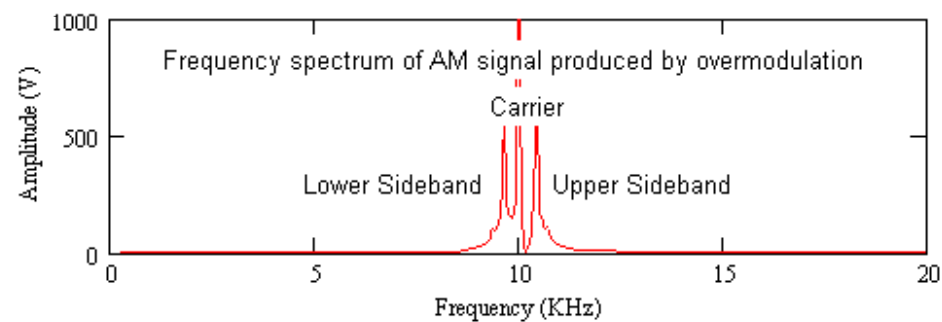
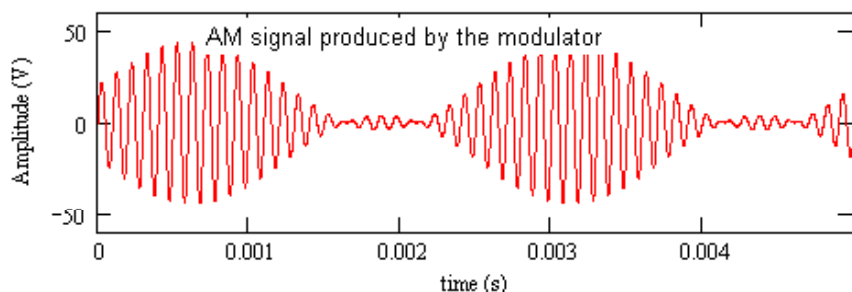
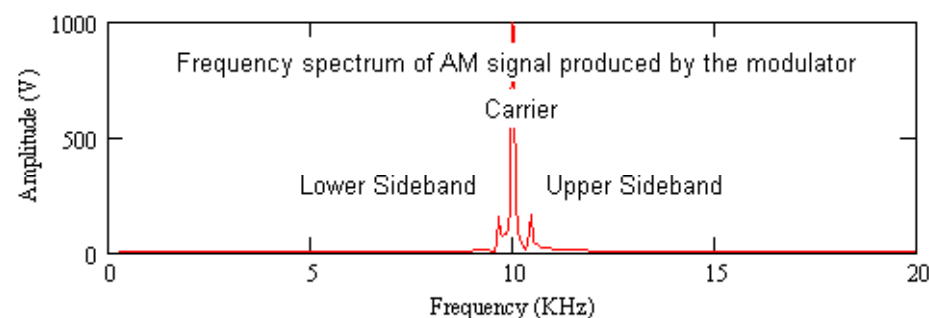
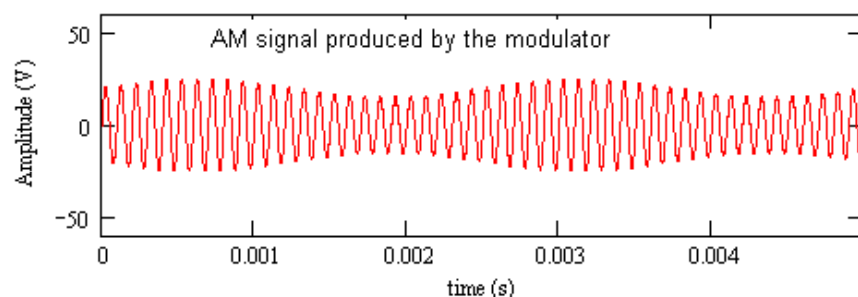
$$u_d(t) = \frac{1}{2} U_0 U_{LO} \cos(\theta_l) + \frac{1}{2} U_0 U_{LO} \cos(2\omega_0 t + \theta_l) + \left(\frac{1}{2} m_0 U_0 U_{LO} \cos(\theta_l) \right) m(t) + \left(\frac{1}{2} m_0 U_0 U_{LO} m(t) \right) \cos(2\omega_0 t + \theta_l)$$

- * **NF filter + eliminacija jednosmerne komponente daju izlaz:**

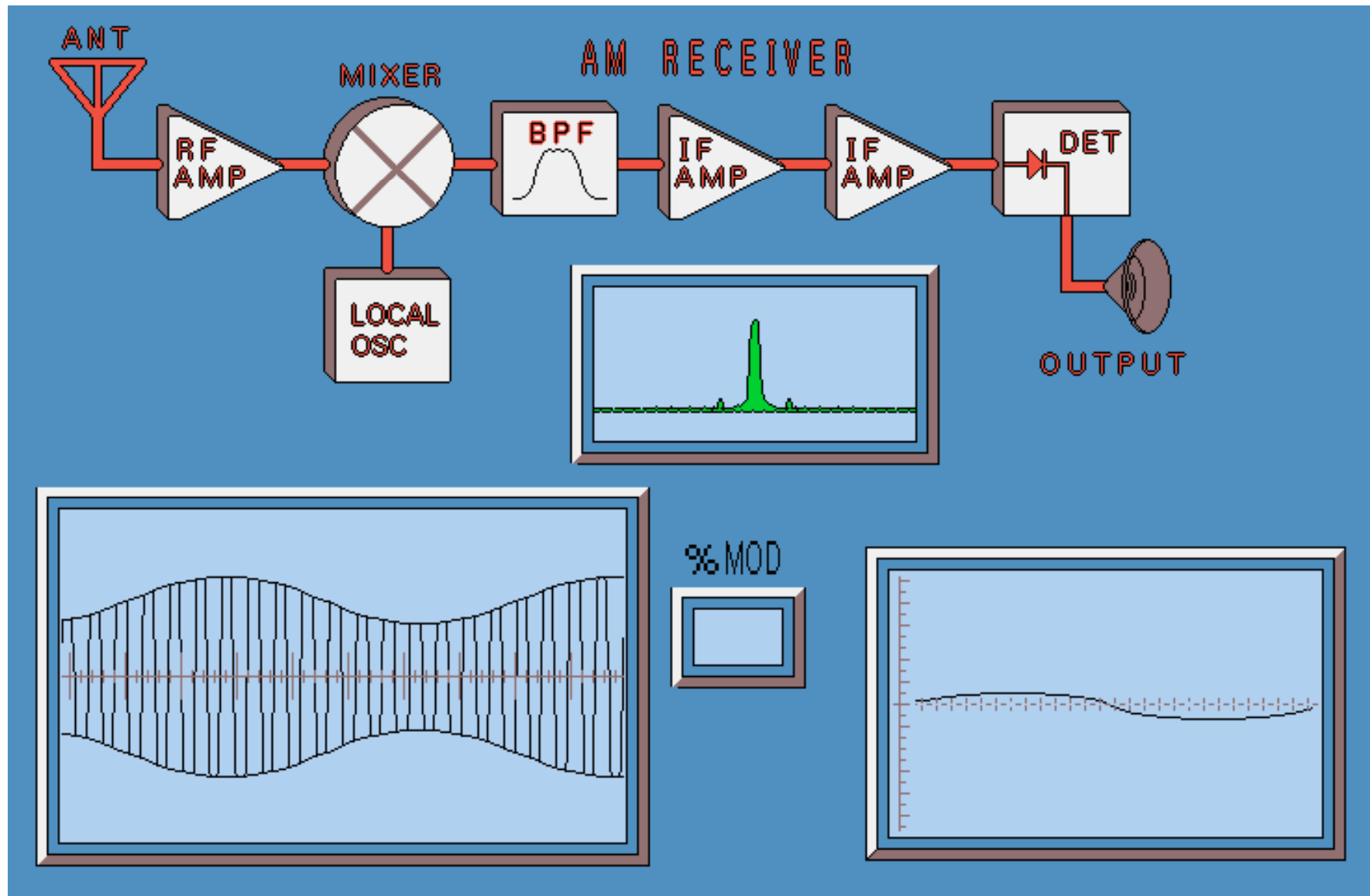
$$u_F(t) = \left(\frac{1}{2} m_0 U_0 U_{LO} \cos(\theta_l) \right) m(t)$$

Efekat premodulacije kod KAM

- * Ako indeks modulacije postane preveliki, modulisani signal postaje negativan (menja se njegova faza).
- * Treba izbeći slučaj $m_0 > 1$ jer se tada signal izobliči a u spektru se pojavljuju dodatne komponente!



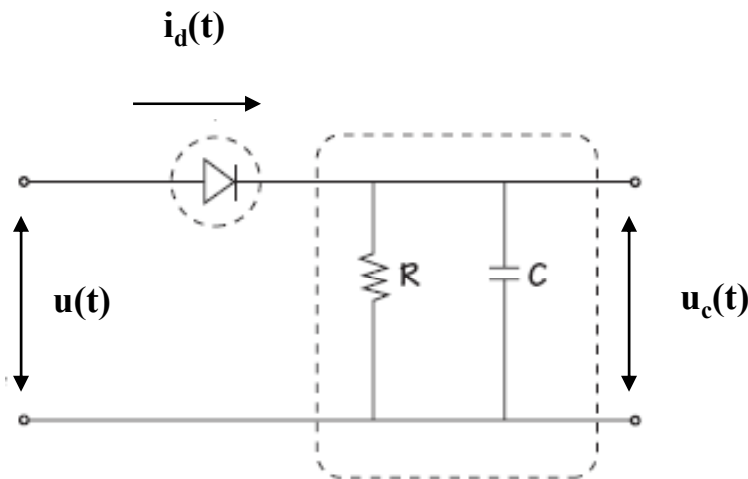
Premodulacija - animacija



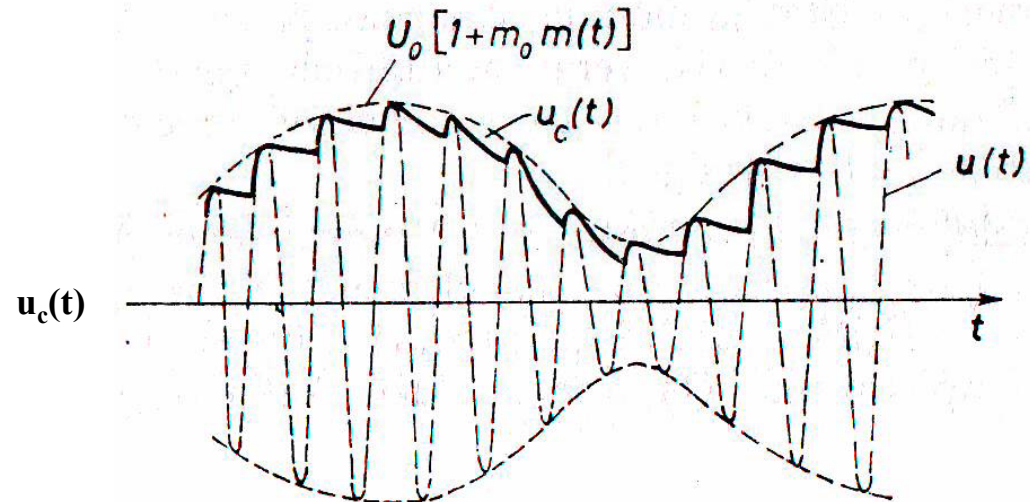
Detektor anvelope

- * Demodulacija amplitudski modulisanog signala bez potrebe za generisanjem lokalnog nosioca.
- * U prijemnicima KAM signala koji se prenose u AM opsegu učestanosti, 535-1605MHz, namenjenom radio difuziji govornog signala, standardno se koriste DA.
- * Ovo je *nekoherentna detekcija*!

Realizacija detektora:

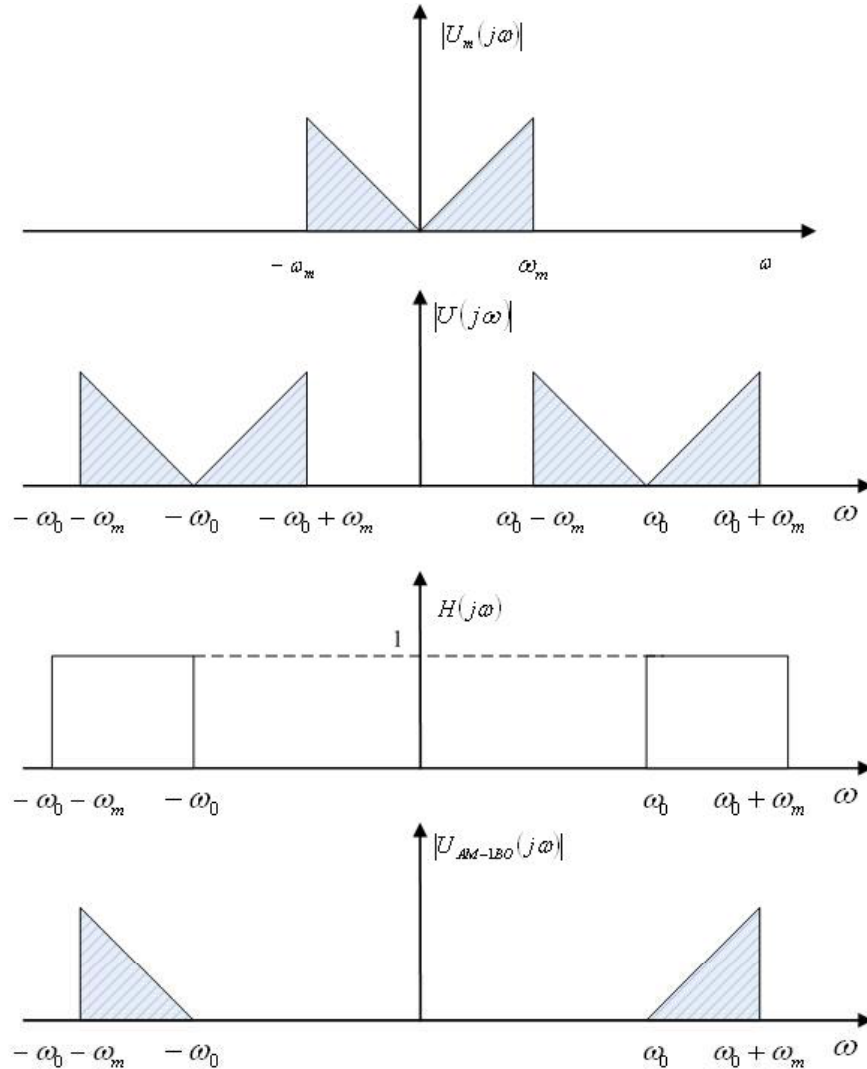


Detekcija KAM signala

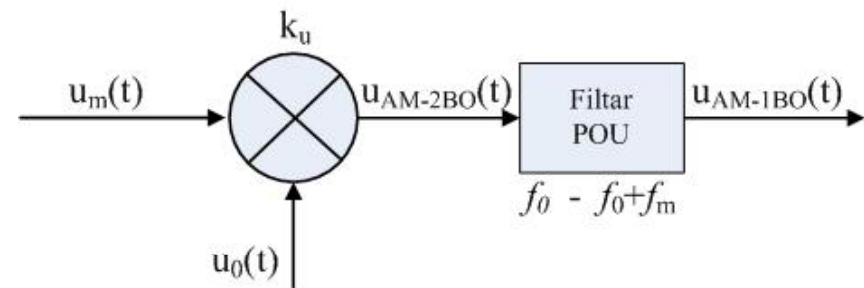


Amplitudska modulacija sa jednim bočnim opsegom (AM1BO)

* Autokorelacija određena graničnom učestanošću NF filtra f_g :



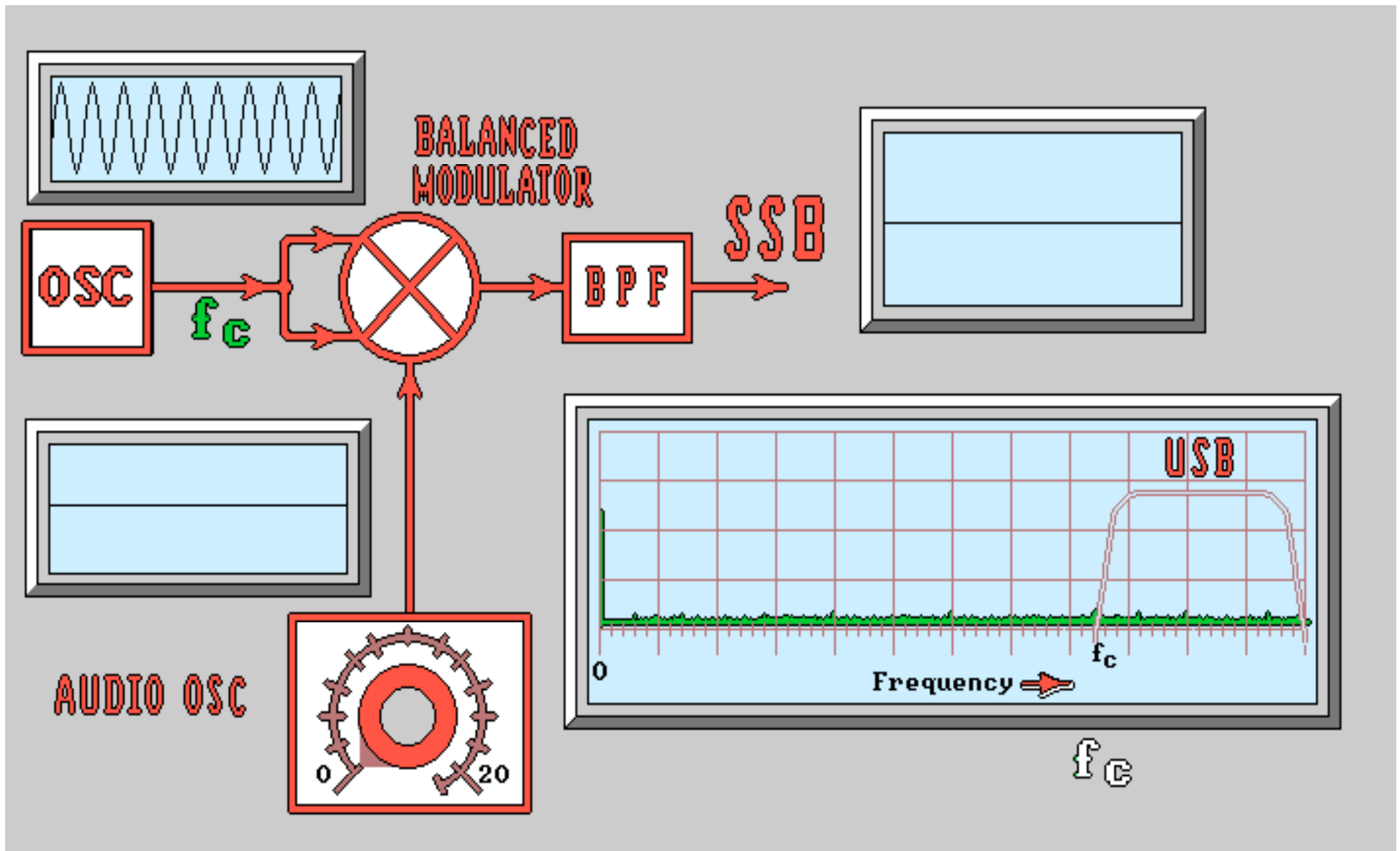
- Dobija se od AM2BO signala filtriranjem samo jednog bočnog opsega



- Srednja snaga AM1BO signala :

$$P_{AM1BO} = \frac{1}{2R} \left(\frac{m_0 U_0}{2} \right)^2 = \frac{m_0^2}{4} P_0$$

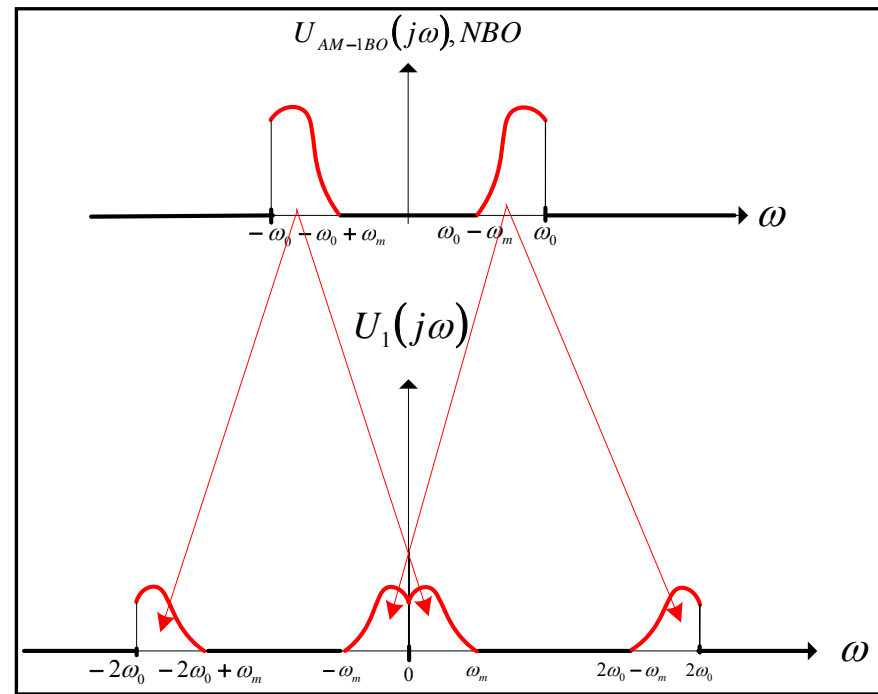
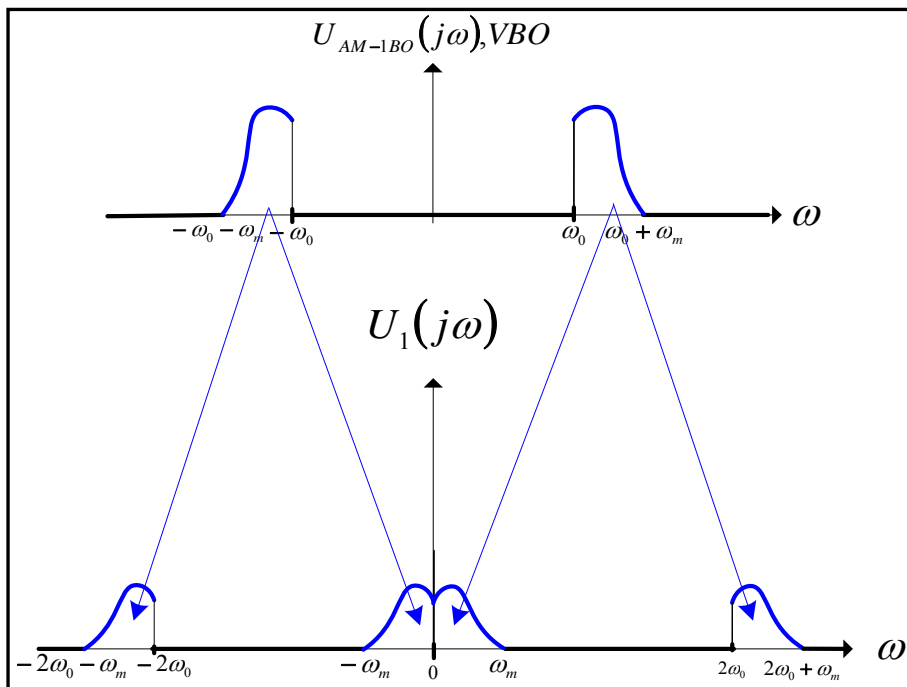
AM1BO – animacija (SSB - Single Side Band)



Demodulacija AM1BO signala

- Signal na izlazu predstavlja linearnu kombinaciju normalizovanog modulišućeg signala $m(t)$ i njegove Hilbertove transformacije, a ne originalan signal $m(t)$.
- Za razliku od demodulacije KAM i AM-2BO signala neophodna je sinhronizacija faze nosioca demodulisanog signala i lokalno generisanog nosioca.

$$u_F(t) = \frac{1}{2} U U_{LO} m(t)$$



AM1BO - značaj

* Osnova prenosa telefonskog saobraćaja na velikim rastojanjima do 1980.

- Grupa telefonskih razgovora je modulisana, tj. translirana u opseg oko neke učestanosti nosioca.
- Ovo je dugo bio jedini pouzdan a efikasan oblik komunikacije između strategijskih bombardera i zemaljske komande.

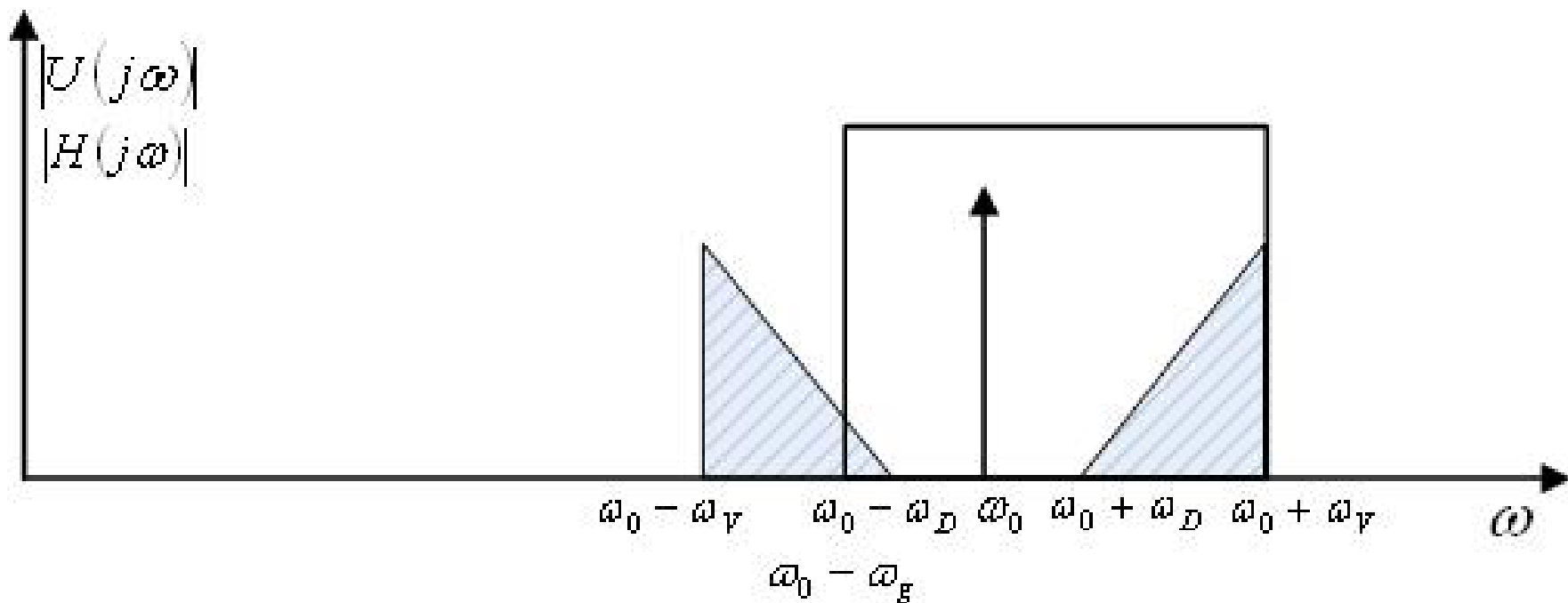
* Razlozi

- Nosilac se ne prenosi – ušteda snage od bar 50% (-3dB).
- Umesto oba bočna opsega, prenosi se samo jedan – ušteda snage od dodatnih 50% (-3dB-3dB=-6dB).
- Umesto oba bočna opsega, prenosi se samo jedan – potreban propusni opseg je duplo manji što odgovara uštedi snage od još 50% (-3dB-3dB-3dB=-9dB).
- **Praktično se prenosi signal osam puta manje snage nego kod KAM a informacija je prenetu u oba slučaja!**

Amplitudska modulacija sa nesimetričnim bočnim opsegom (AMNBO)

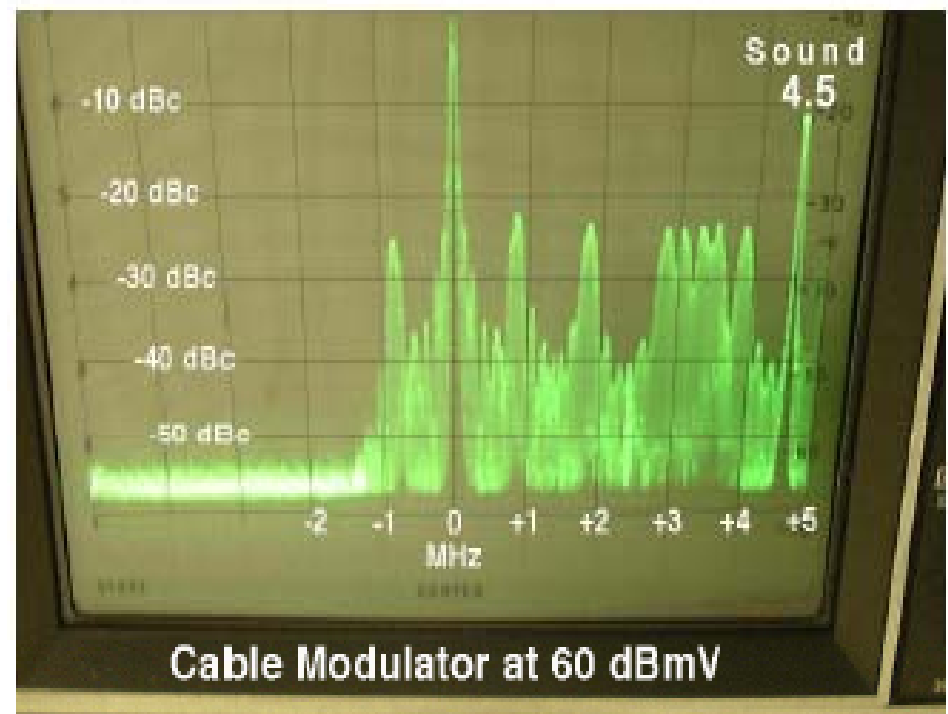
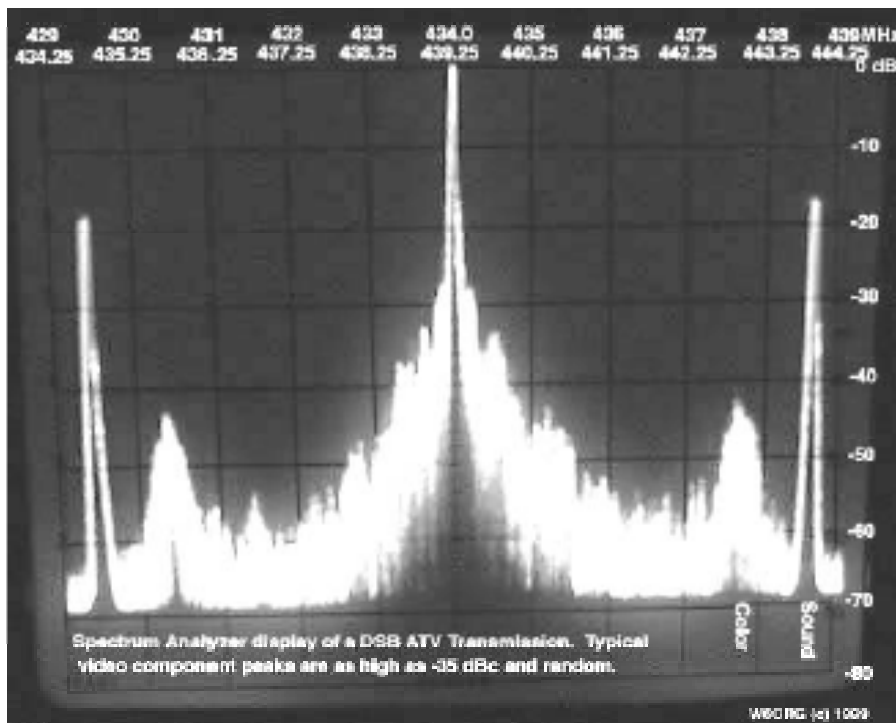
- * Zahvata se samo deo drugog bočnog opsega i nosilac.
- * TV signal: 10Hz do 5MHz

$$\omega_g \approx \frac{1}{4} \omega_V \quad B \approx 1.25 f_V$$



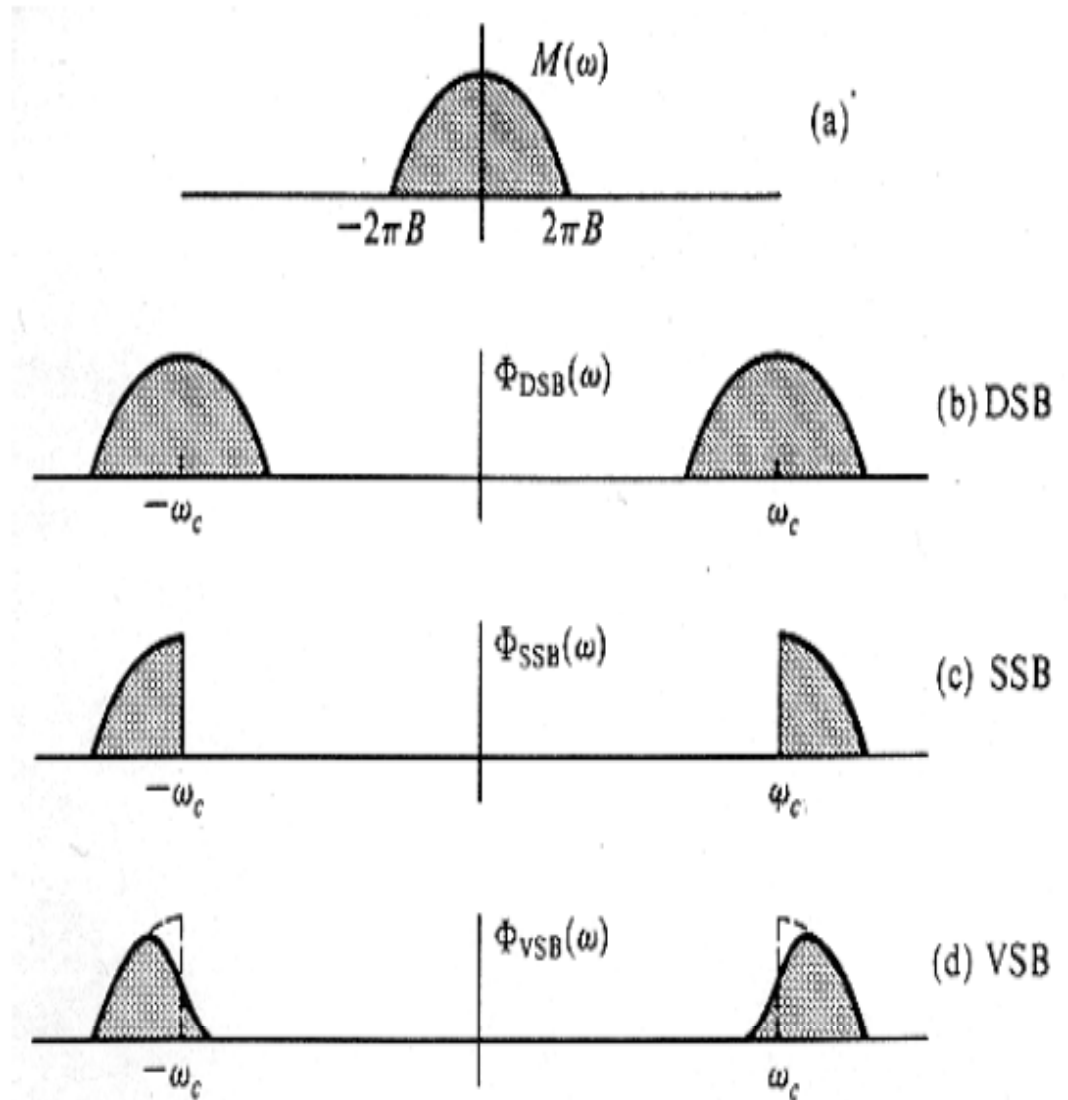
Spektar AMNBO signala (*VSB - Vestigial Side Band*)

- * AM2BO (DSB) – po 4.5MHz sa svake strane nosioca;
- * AMNBO (VSB) – čitav desni bočni opseg (4.5MHz) i 1.25MHz levog bočnog opsega.



Komparacija AM postupaka

- * AM2BO (DSB)
 - jednostavna realizacija modulatora;
 - prostije komponente.
- * KAM (CAM)
 - jednostavna realizacija demodulatora;
 - jednostavna sinhronizacija;
 - Mogućnost nekoherentne detekcije.
- * AM1BO (SSB)
 - Velika energetska efikasnost
 - Malo zauzeće propusnog opsega.
- * AMNBO (VSB)
 - užu propusni opseg, manja snaga signala;
 - najbitnije komponente signala prenose se u oba bočna opsega (važan je deo na niskim učestanostima).



Ugaone modulacije

* Modulišući $u_m(t)$

$$u_m(t) = U_m m(t) \quad U_m(j\omega) = \begin{cases} U_m(j\omega), & |\omega| \leq \omega_m \\ 0, & |\omega| > \omega_m \end{cases}$$

* Modulisani

• Fazno (ΦM):

$$u_{\Phi M}(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + \varphi(t)) = U_0 \cos[2\pi f_0 t + k_\varphi u_m(t)] = U_0 \cos[2\pi f_0 t + \Delta\phi_0 m(t)]$$

• Frekvencijski (FM):

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos[2\pi(f_0 + f(t))t] = U_0 \cos[2\pi(f_0 + k_f u_m(t))t] = U_0 \cos[2\pi(f_0 + f\omega_0 m(t))t]$$

* Pojmovi:

- $\varphi(t)$ – trenutna devijacija faze
- $\Delta\phi_0$ – maksimalna devijacija faze
- k_φ – konstanta faznog modulatora
- $f(t)$ – trenutna devijacija kružne učestanosti
- Δf_0 – maksimalna devijacija kružne učestanosti
- k_f – konstanta frekvencijskog modulatora

ΦM i FM - modulišući signal prostoperiodičan

- * **Nosilac**

$$u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t)$$

- * **Modulišući**

$$u_m(t) = U_m \cos(\omega_m t)$$

- * **Modulisani**

$$u(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi(t))$$

- * **Fazna modulacija**

$$\varphi(t) = k_\varphi u_m(t) = k_\varphi U_m \cos(\omega_m t) = \Delta\phi_0 \cos(\omega_m t)$$

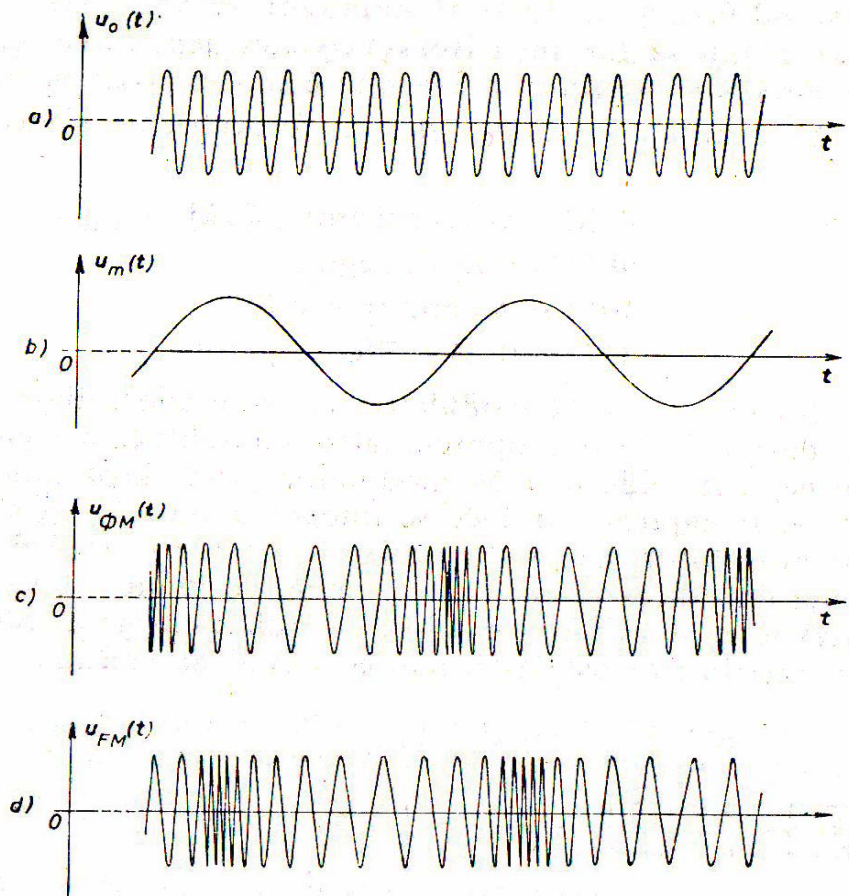
$$u_{\Phi M}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \Delta\phi_0 \cos(\omega_m t))$$

$$m = \Delta\phi_0$$

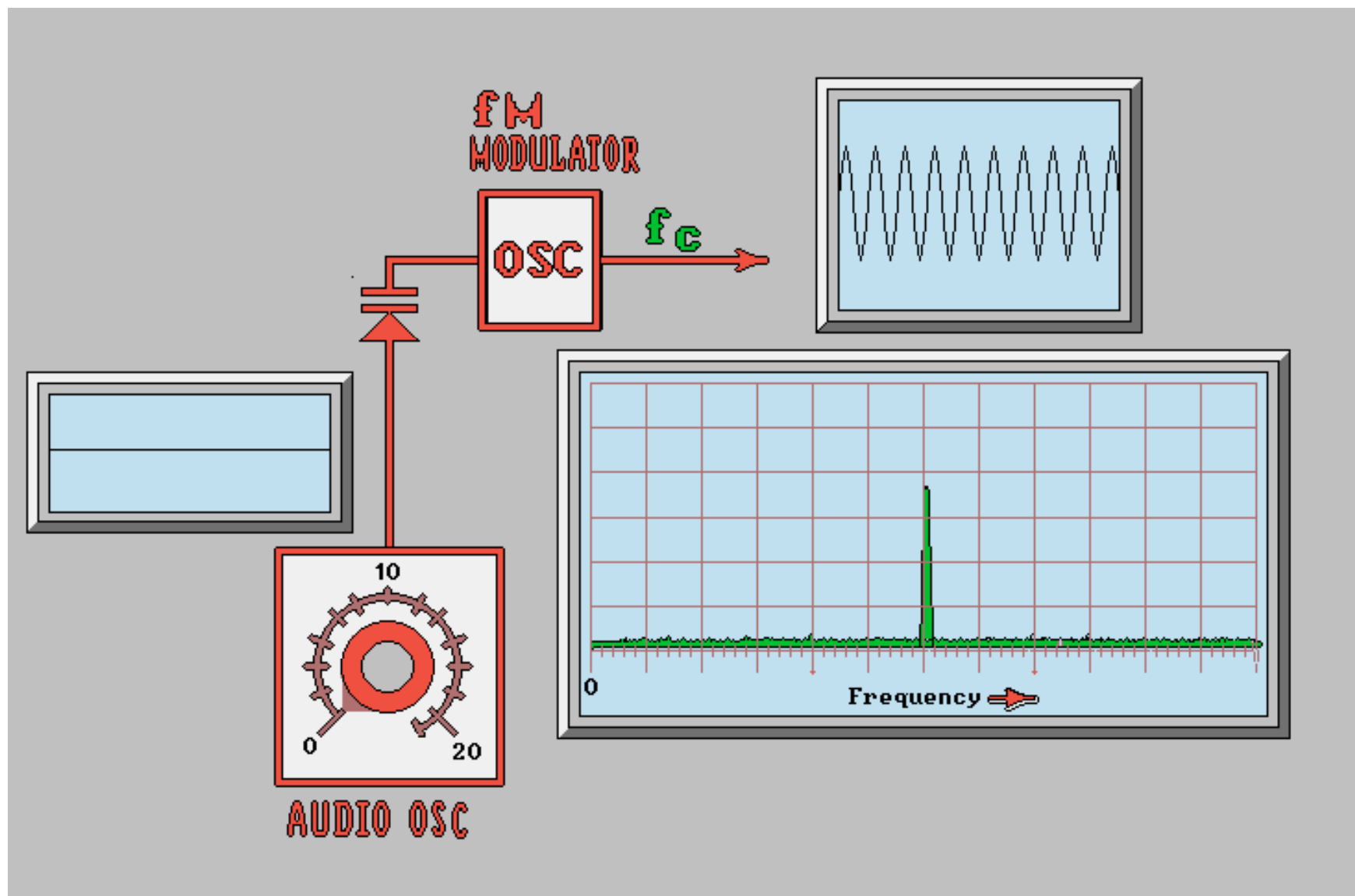
- * **Frekvencijska modulacija**

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos(2\pi[f_0 + \Delta f_0 \cos(2\pi f_m t)]t)$$

$$m = \Delta f_0 / f_m$$



FM modulacija prostoperiodičnog signala



Spektri ΦM i FM signala

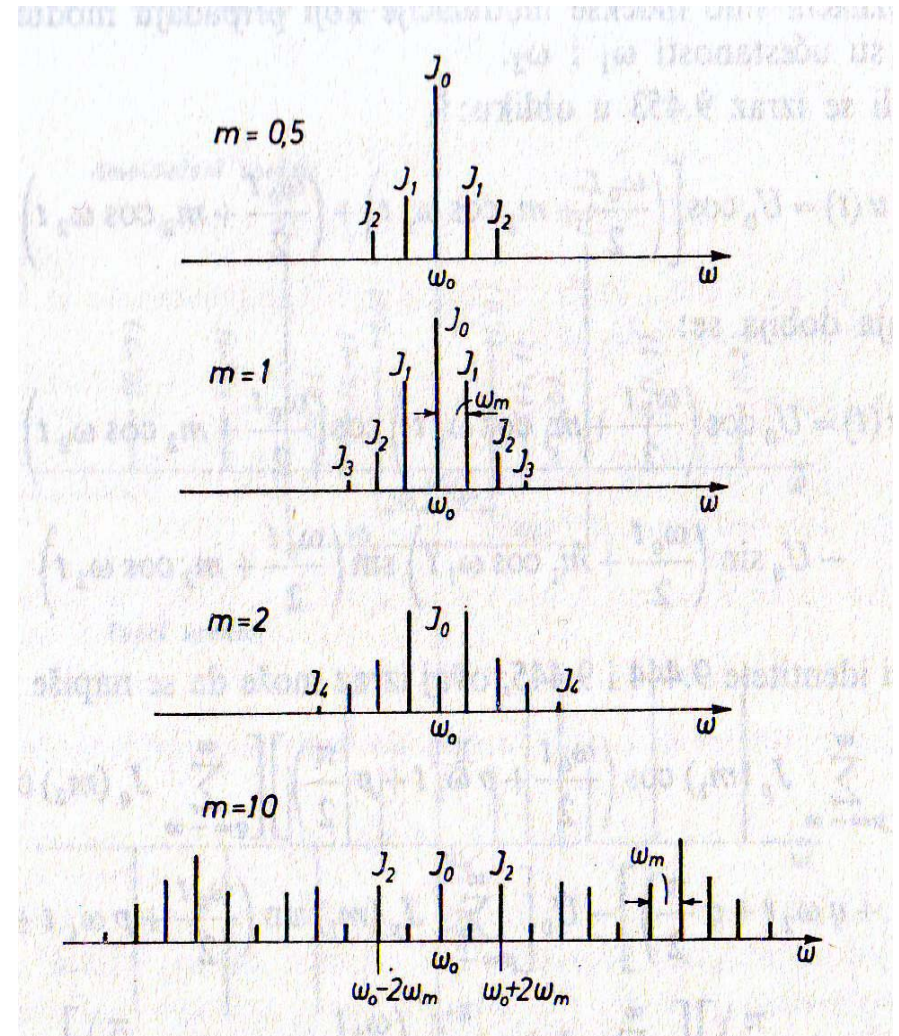
- * Čak i za prostoperiodičan modulišući signal, spektar modulisanog je beskonačno širok i utoliko širi što je faktor modulacije veći.
- * Snaga je koncentrisana oko nosioca
 - Zadržavamo komponente koje nose više od 1% snage nemodulisanog nosioca – značajne komponente
- * Širina spektra ugaono modulisanog signala – **Karsonov obrazac**

$$B = 2(m + 1)f_m$$

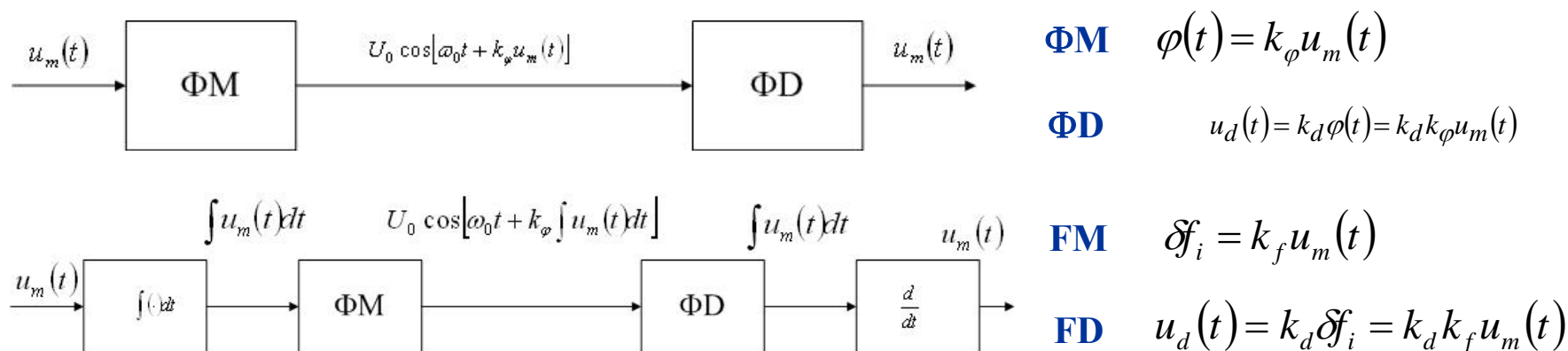
- * Dva tipa modulacije:

$$B_{\Phi M} = 2(\Delta\phi_0 + 1)f_m = 2(k_\phi U_m + 1)f_m$$

$$B_{FM} = 2(\Delta f_0 / f_m + 1)f_m = 2(\Delta f_0 + f_m) \\ = 2(k_f U_m + f_m)$$



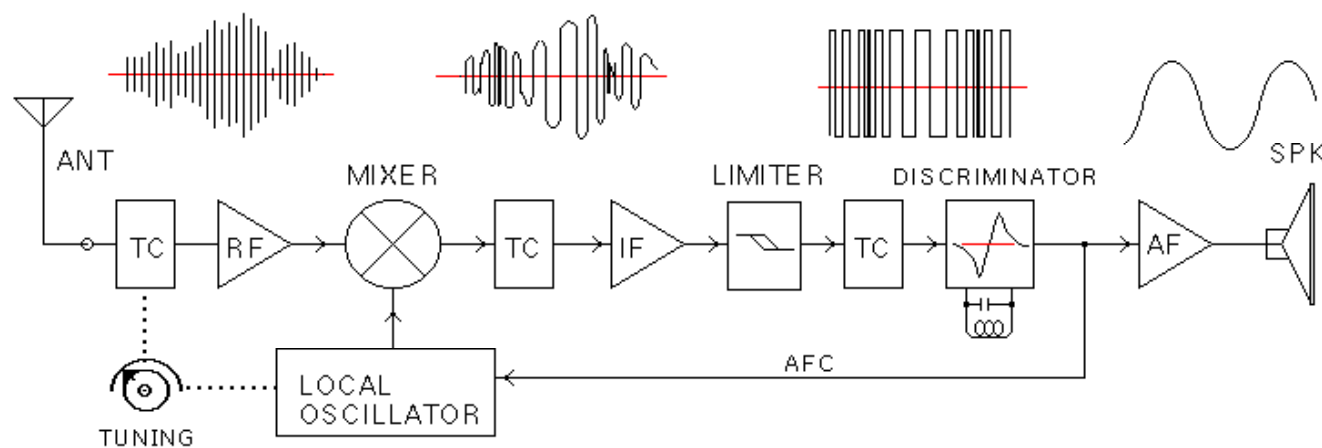
Demodulacija ugaono modulisanih



FM=integrator+ ΦM

FD= ΦD+diferencijator

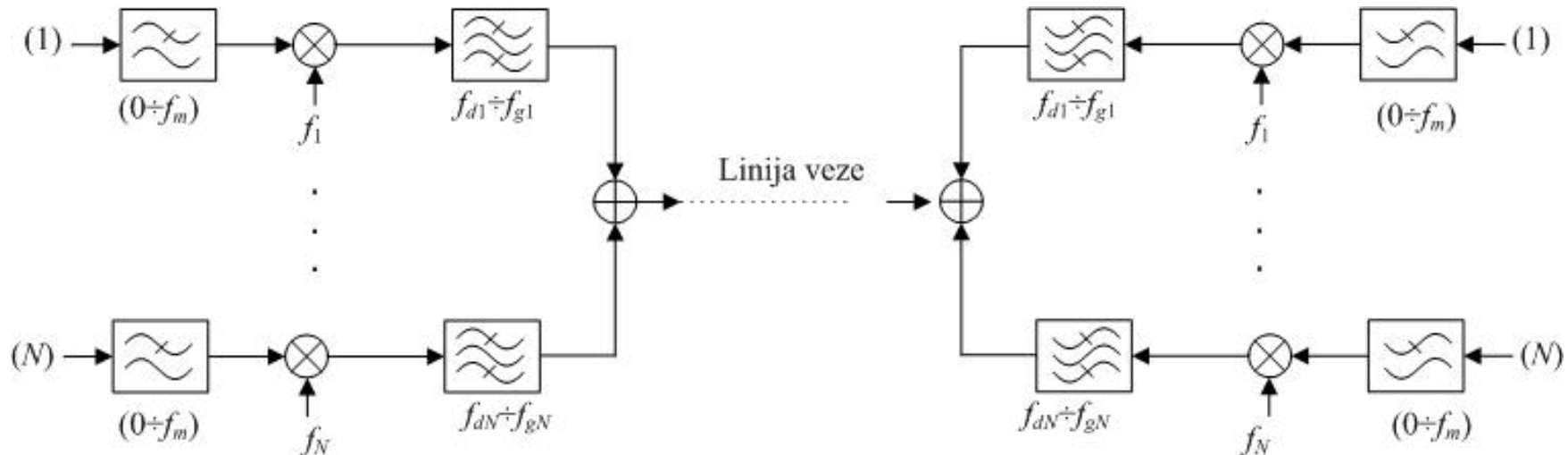
* FM demodulator:



Frekvencijski multipleks

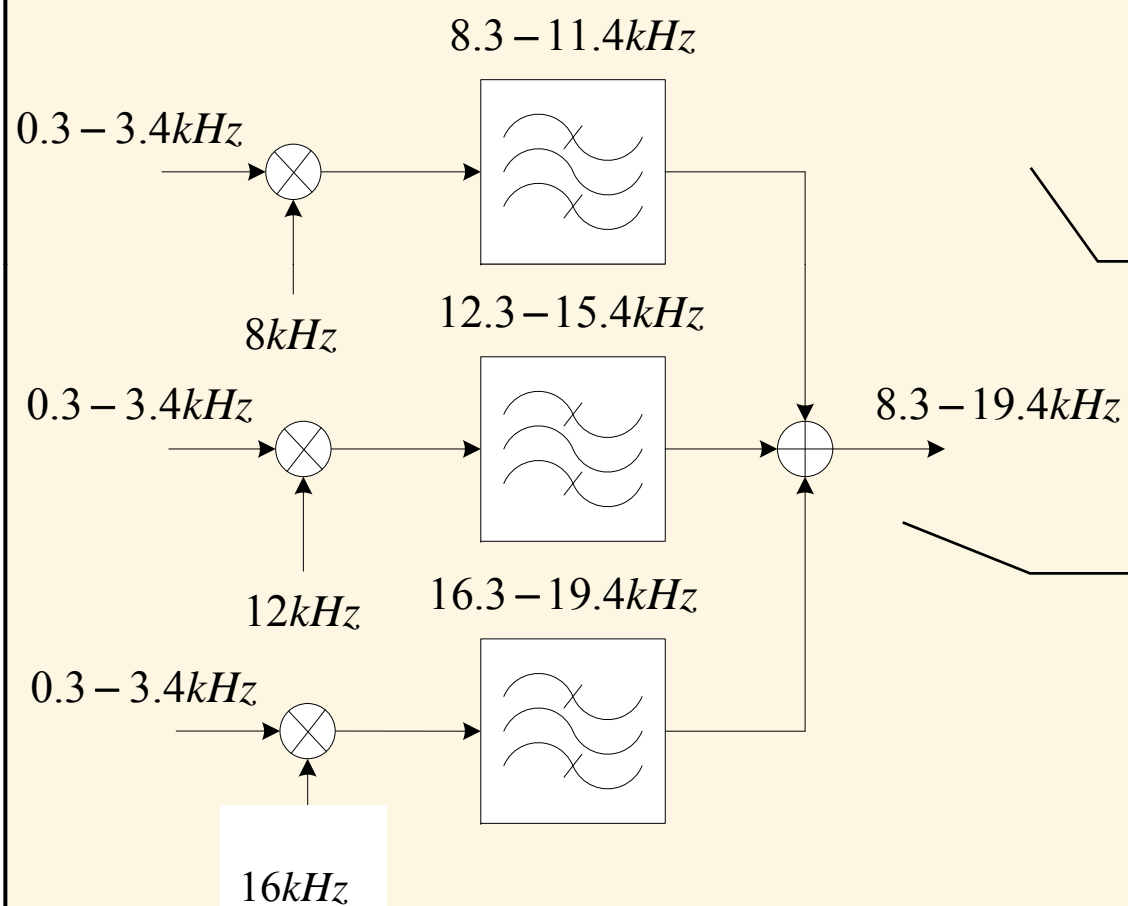
* **Frekvencijski multipleks (FDM, Frequency Division Multiplexing)**, u kome se svakom korisniku, signalu koji se prenosi, dodeljuje deo propusnog opsega jednog zajedničkog sistema prenosa

- U svakom od kanala spektar jednog modulisanog signala.
- Tip modulacije može biti proizvoljan (AM2BO, AM1BO, KAM, Φ M ili FM)
- Ako je modulišući signal slučajan, spektar je kontinualan.
- Širina spektra modulisanog signala zavisi od tipa primenjene modulacije.
- Primer za AM:



Primer – Trokanalni telefonski multipleks

Blok šema za dobijanje 3-kanalnog telefonskog multipleksa na bazi frekvencijske raspodele kanala



Posmatra se prenos više govornih signala u sistemima fiksne telefonije – spektar signala ograničen na opseg 0.3-3.4kHz.

Širina opsega učestanosti kanala je 4kHz – ostavlja se 300Hz ispod i 600Hz iznad svakog kanala.

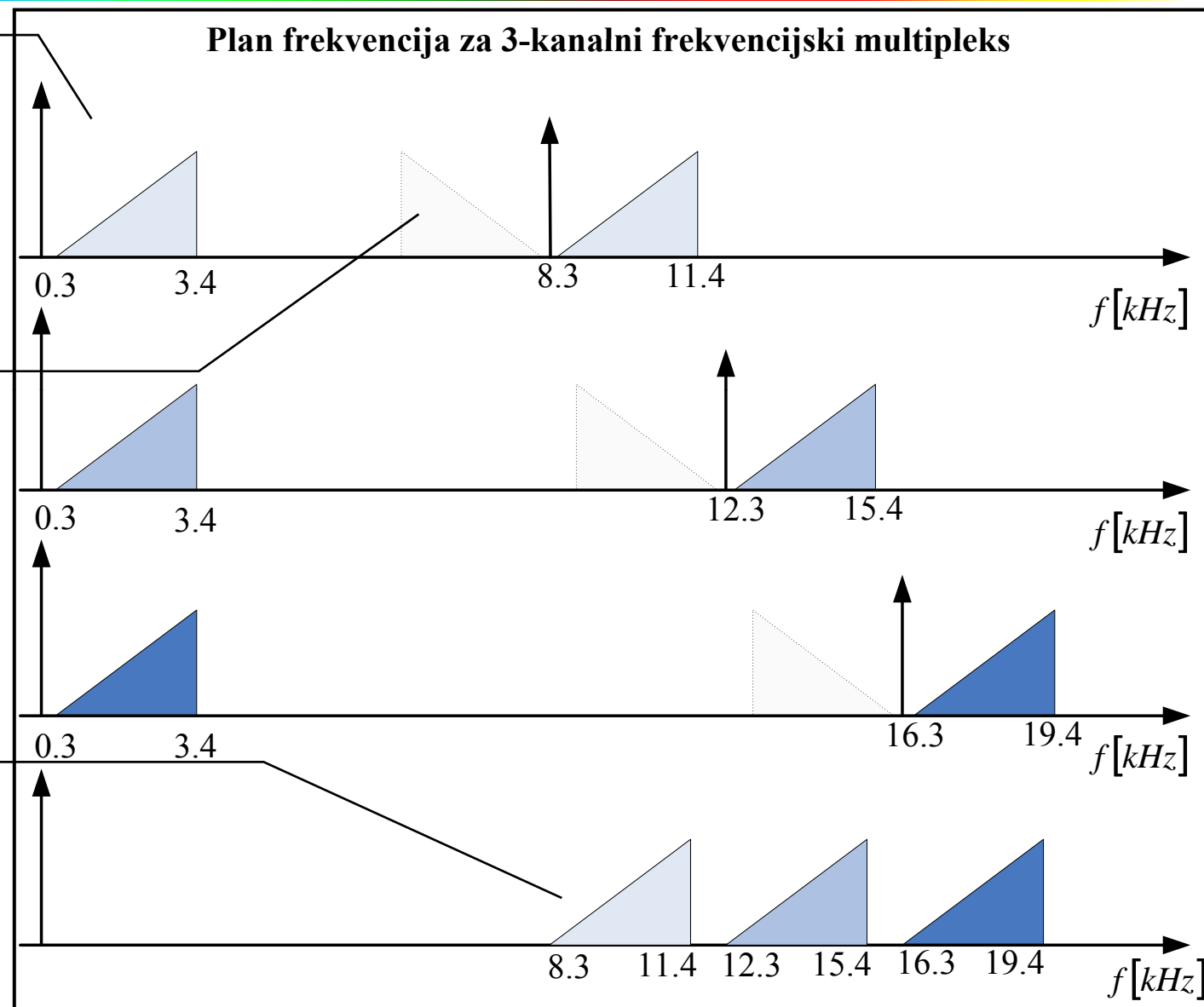
Kanali se prenose sa FDM – translacija spektra obavlja se putem AM-1BO u cilju povećavanja spektralne efikasnosti.

Primer – Trokanalni telefonski multipleks

Prikazan je
primer gde se
prenosi
direktan opseg
signala.

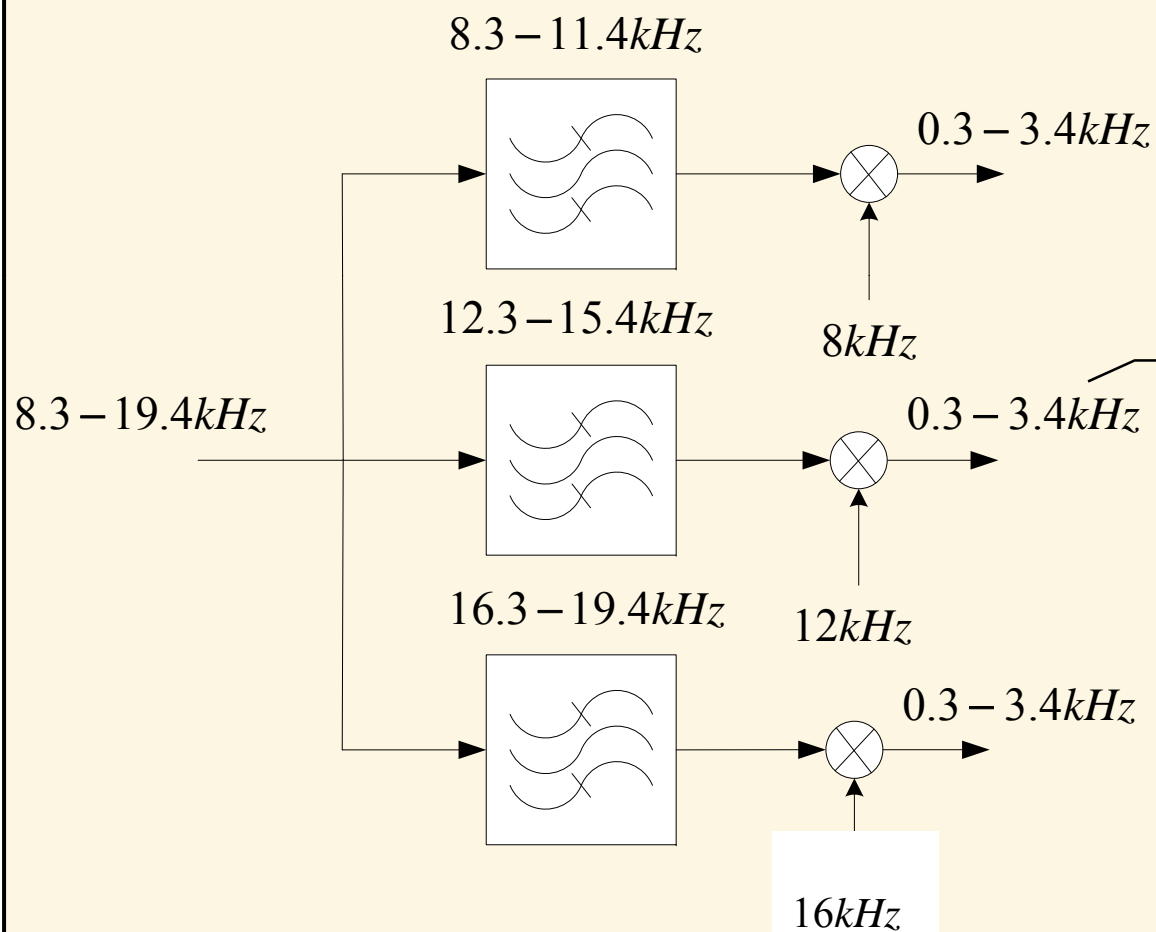
Inverzni opseg –
spektar slika u
ogledalu
prirodnog
oblika spektra
signala.

Spektar
multipleksnog
signala



Primer – Trokanalni telefonski multipleks

Blok šema za razdvajanje telefonskih kanala u prijemniku 3-kanalnog telefonskog multipleksa na bazi FRK

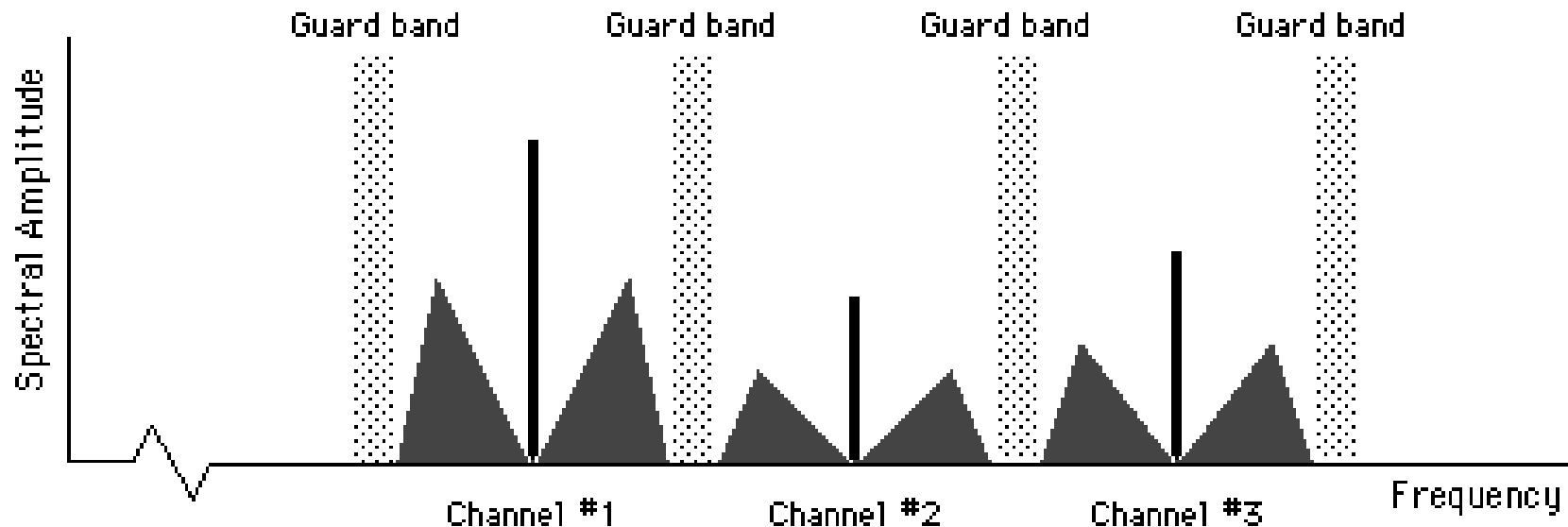


Multipleksni signala se na mestu prijema raspodeljuje se filtrima, tako da u svaki kanal na demodulator dolazi deo spektra koji odgovara datom kanalu.

Za realizaciju multipleksa koriste se dodatni elementi – filtri, generatori nosioca, modulatori, što povećava složenost sistema. Primena multipleksa opravdana je iz razloga višestrukog korišćenja linije prenosa – često najskupljeg resursa.

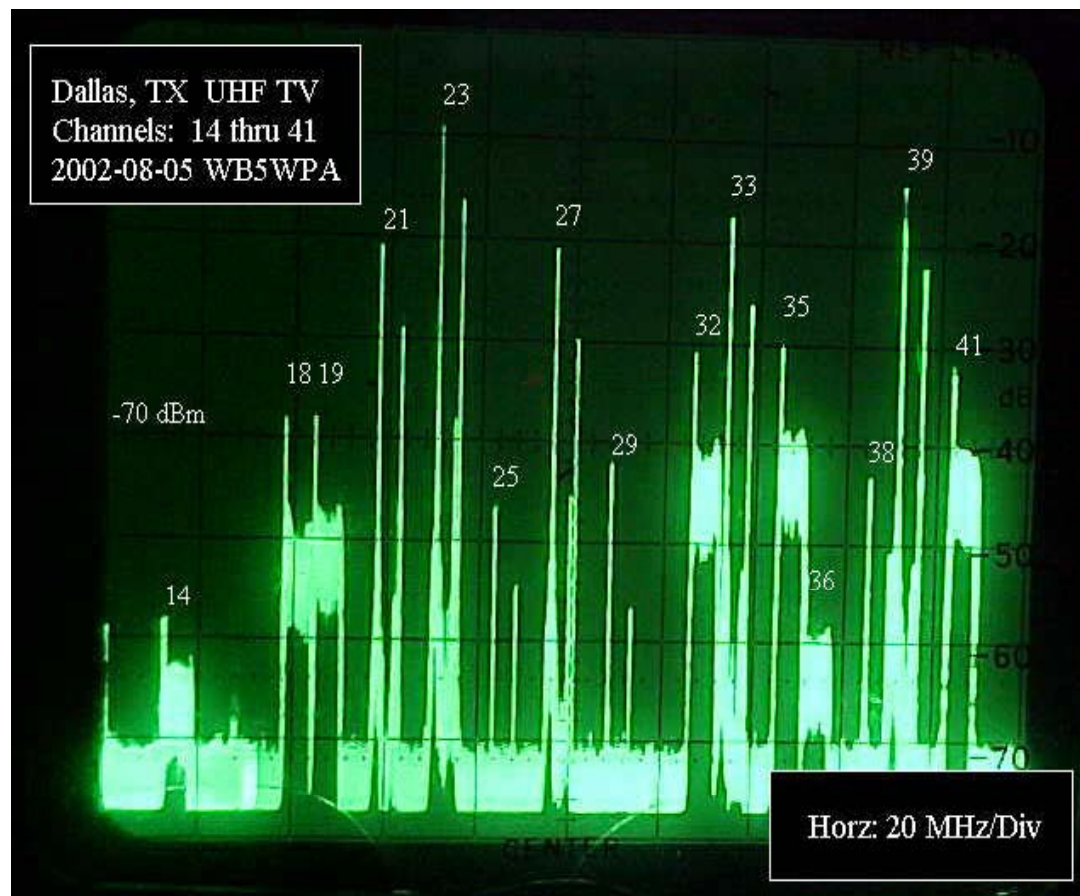
Frekvencijski multipleks

- * Svakom korisniku dodeli se jedan deo spektra (tzv. “frekvencijski kanal”) koji koristi samo on, tokom čitavog vremena.
- * Između često zaštitni opsezi (*guard bands*);
- * FDMA (Frequency Division Multiple Access) – kad se korisnik uključuje u sistem, koristi jedan od kanala. Dok on nije aktivan taj kanal se može dodeliti nekom drugom.



UHF spektar kao primer frekv. multipleksa

- * Svaki UHF-TV kanal ima približnu širinu od 6MHz (AM-NBO).
- * Svaki TV kanal se može izdvojiti propuštanjem kompletnog spektra kroz filter propusnik opsega učestanosti odgovarajućih graničnih učestanosti.
- * Ovu funkciju obavlja TV tuner.



VHF i FM spektar

- VHF TV channels, CH's 2 - 13.
- FM broadcast channels

