

# ASINHRONA DEMODULACIJA

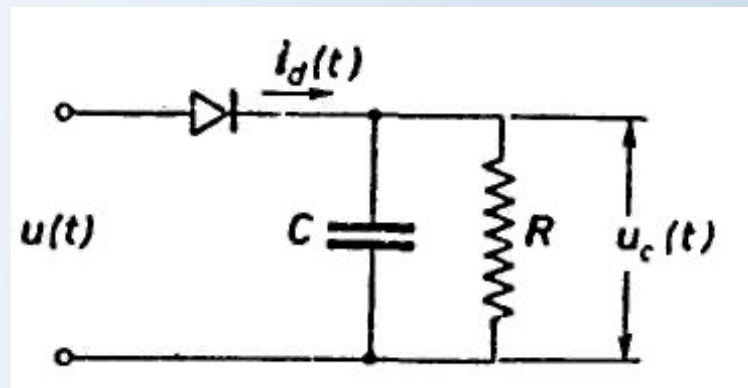
**Demodulacija** - operacija obrnuta modulaciji u kojoj se iz *produkata modulacije* rekonstruiše modulišući signal.

**Detekcija** - reprodukcija modulišućeg signala koja se ostvaruje pomoću asimetrično provodnog sklopa bez upotrebe lokalnog oscilatora.

Detektor anvelope je sklop koji bez upotrebe lokalnog oscilatora na svom izlazu daje signal identičan anvelopi ulaznog signala.

Koristi se za ekstrakciju modulišućeg signala iz KAM signala, za druge vrste AM signala ne može da se koristi.

Detektor anvelope je vrlo jednostavan, realizuje se pomoću diode i RC kola.



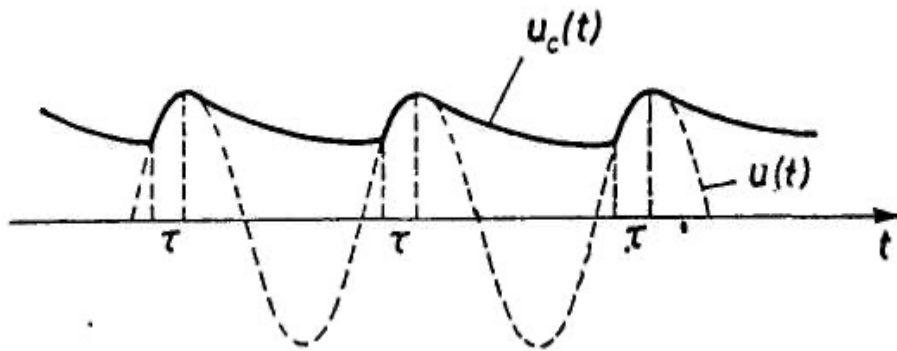
Slika: Detektor anvelope

## Princip rada:

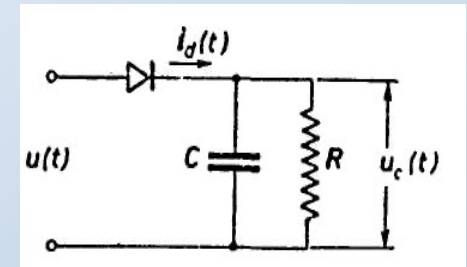
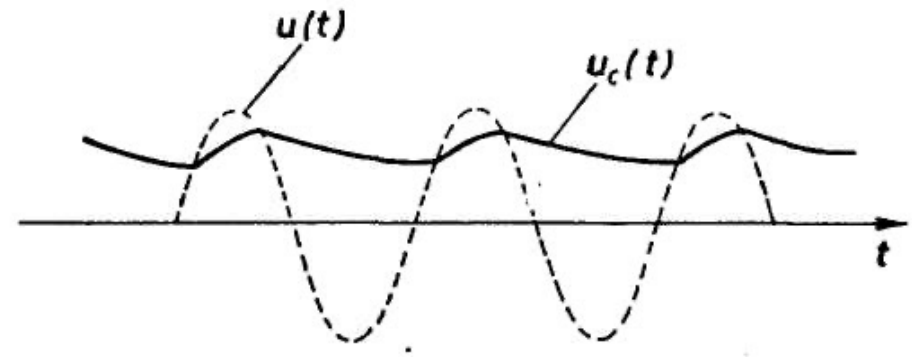
Neka na ulaz detektora anvelope dolazi nemodulisani nosilac i neka je dioda idealna (otpornost u smjeru propuštanja je nula, a u obrnutom smjeru je beskonačno velika). Kada dioda provodi, kondenzator  $C$  se vrlo brzo napuni i napon na njegovim krajevima dostiže maksimalnu vrijednost ulaznog sinusoidalnog napona. Kada dioda ne provodi, kondenzator  $C$  se prazni preko otpornika  $R$ .

Struja diode  $i_d(t)$  postoji samo u vremenskim intervalima  $\tau$ . Talasni oblik napona  $u_c(t)$  zavisi od vremenske konstante  $RC$ . Što je ona veća, to je  $u_c(t)$  bliži maksimalnoj vrijednosti  $U_0$  napona  $u(t)=U_0\cos\omega_0 t$ . Zato se ovaj sklop još naziva i **vršni detektor**.

a)

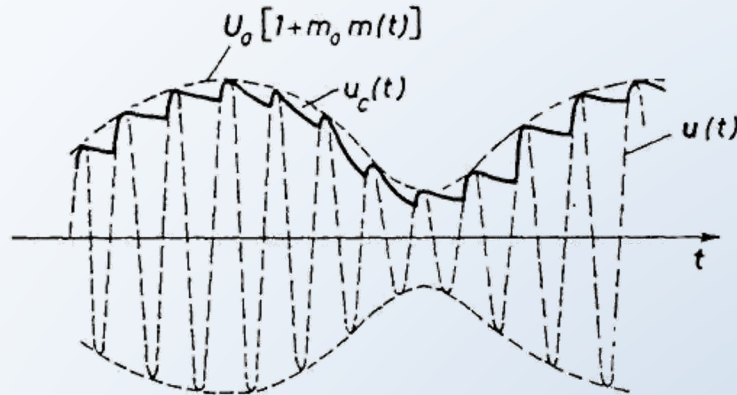


b)



Slika: Sinusoidalan napon  $u(t)$  na ulazu u detektor anvelope i napon  $u_c(t)$  na krajevima kondenzatora  $C$ , a) uz uslov da je dioda idealna, b) u slučaju kad dioda nije idealna

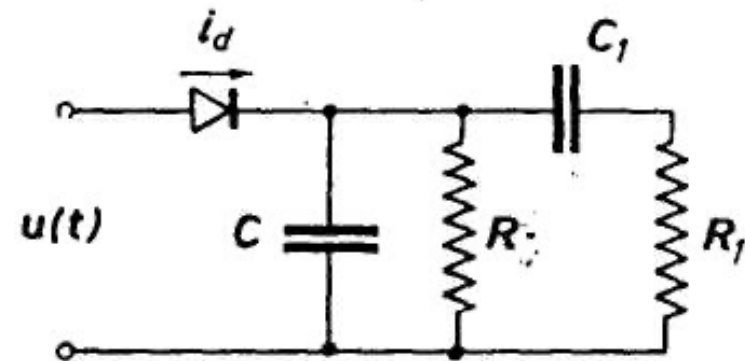
Kada na ulaz detektora dolazi amplitudski modulisan signal tipa KAM, odvijaće se isti proces, samo se sada mijenja amplituda ulaznog signala. Uz uslov da je vremenska konstanta  $RC$  povoljno izabrana, napon  $u_c(t)$  će se mijenjati tako da prati ove promjene.



*Slika: Amplitudski modulisan signal tipa KAM (isprekidano izvučena kriva) i detektovani napon  $u_c(t)$  (puno izvučena kriva)*

Izlazni napon prati anvelopu signala sa malim promjenama. Upotrebom jednostavnog  $RC$  filtra, nepoželjne komponente mogu da se odstrane, tako da se na krajevima otpornika  $R_1$  dobija željeni detektovani napon.

Uslov: učestanost nosioca  $\omega_0$  mora da bude mnogo veća od učestanosti  $\omega_M$  kojom je ograničen spektar modulišućeg signala.



*Slika: Detektor anvelope sa jednostavnim filtarskim kolom  $R_1C_1$*

## Analiza rada detektora anvelope:

Pretpostavimo da je  $\omega_0 \gg \omega_M$ . Tada se u prvoj aproksimaciji može smatrati da kroz otpornik  $R$  protiče korisna komponenta struje diode superponirana komponenti konstantnog intenziteta, a kroz kondenzator  $C$  sve one komponente koje imaju visoku učestanost.

Da bismo izveli željenu analizu posmatrajmo prvo slučaj kada se na ulaz detektora dovodi nemodulisani nosilac.

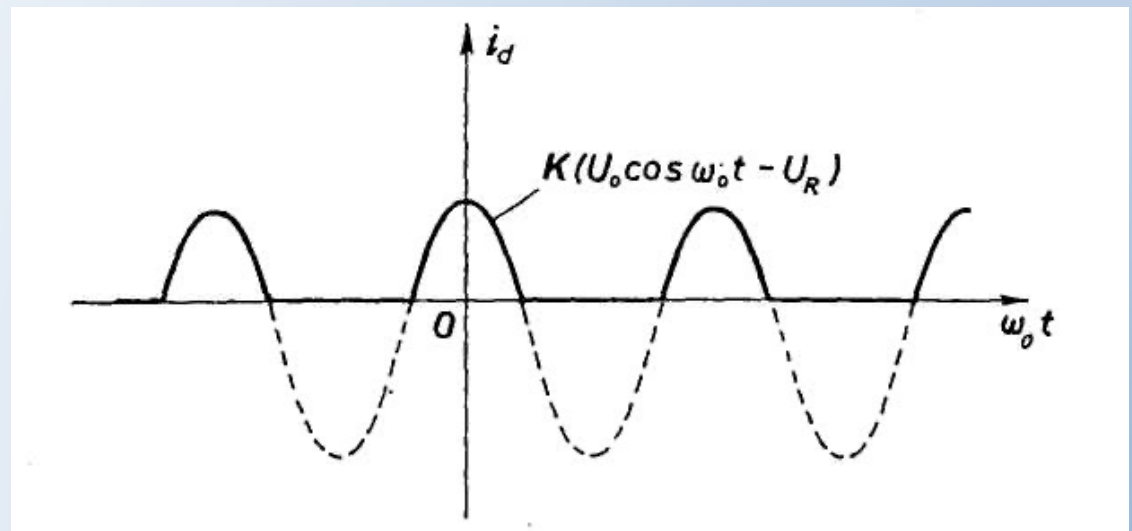
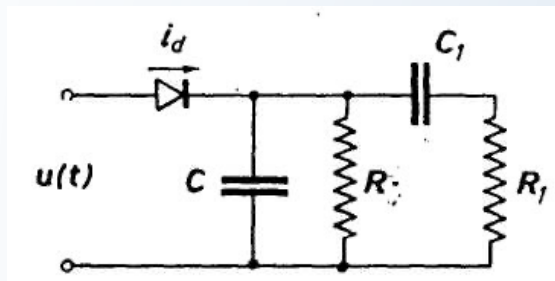
Za  $u_d(t) > 0$  dioda provodi, pa je struja kroz diodu  $i_d(t) = u_d(t)/R_d$ .

$$i_d(t) = \frac{1}{R_d} (U_0 \cos \omega_0 t - U_R)$$

Za  $u_d(t) < 0$  dioda ne provodi, pa je struja kroz diodu  $i_d(t) = 0$ .

Struja  $i_d(t)$  je prikazana puno izvučenom linijom na slici. Postoji kada je ispunjen uslov:

$$\cos \omega_0 t > \frac{U_R}{U_0}$$



Pošto je struja kroz diodu periodična, može se predstaviti u obliku Fourier-ovog reda:

$$i_d = i_d(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(n\omega_0 t + \theta_n)$$

$a_0/2 = I_0$  predstavlja konstantnu (jednosmjernu komponentu) struju diode:

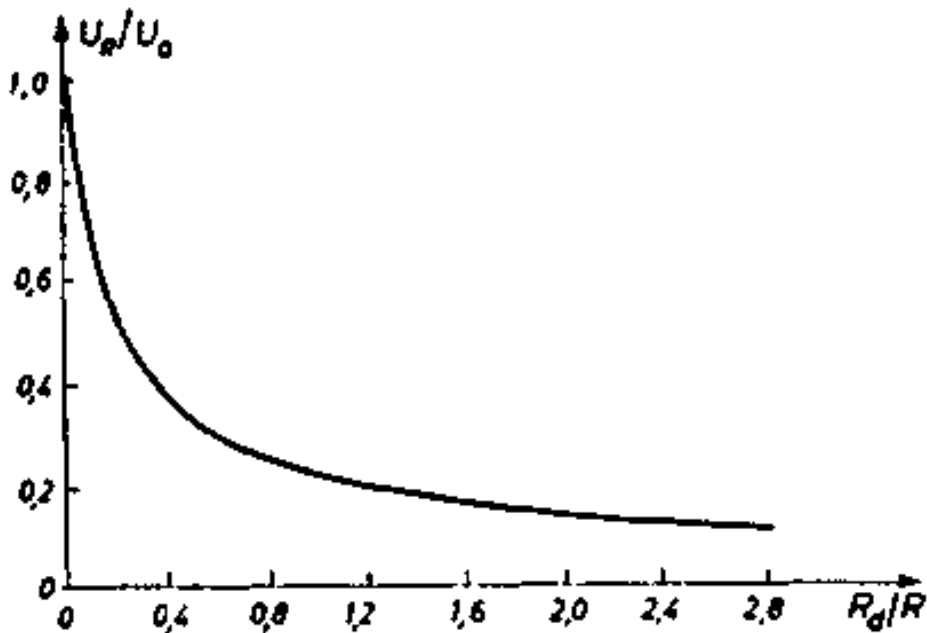
$$\begin{aligned} I_0 = \frac{a_0}{2} &= \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} i_d(t) dt = \frac{K}{\pi} \int_0^{\arccos U_R/U_0} (U_0 \cos \omega_0 t - U_R) d\omega_0 t = \\ &= \frac{K}{\pi} \left[ (U_0^2 - U_R^2)^{\frac{1}{2}} - U_R \arccos \frac{U_R}{U_0} \right] \end{aligned}$$

Pošto je  $U_R = RI_0$ , biće:

$$U_R = \frac{KR}{\pi} \left[ (U_0^2 - U_R^2)^{\frac{1}{2}} - U_R \arccos \frac{U_R}{U_0} \right], \quad K=1/R_d$$

Odnosno:

$$\frac{\pi R_d}{R} = \sqrt{\left(\frac{U_0}{U_R}\right)^2 - 1} - \arccos \frac{U_R}{U_0}$$



*Slika: Izlazni napon detektora anvelope u funkciji odnosa otpornosti diode u smjeru propuštanja  $R_d$  i otpornosti opterećenja  $R$*

$U_R/U_0 \rightarrow 1$  kada  $R_d/R \rightarrow 0$ , tj. kada je otpornost diode u smjeru propuštanja veoma mala u odnosu na otpornost opterećenja. U tom režimu je dakle napon na ovom otporniku  $R$  vrlo približno jednak naponu  $U_0$ .

Ako se govori o KAM signalu, u izrazu za anvelopu umjesto  $U_0$  figuriše izraz  $U_0 + U_0 m_0 m(t)$ , pa će se na otporniku  $R$  dobiti napon čije su promjene vrlo približno jednake modulišućem signalu  $U_0 m_0 m(t)$ .

Uloga nosioca je jasna. Konstanta  $U_0$  u izrazu za amplitudu KAM signala obezbjeđuje da anvelopa modulisanog signala nikad ne mijenja znak. Taj uslov omogućuje da se na otporniku  $R$  dobije napon identičan anvelopi modulisanog signala.

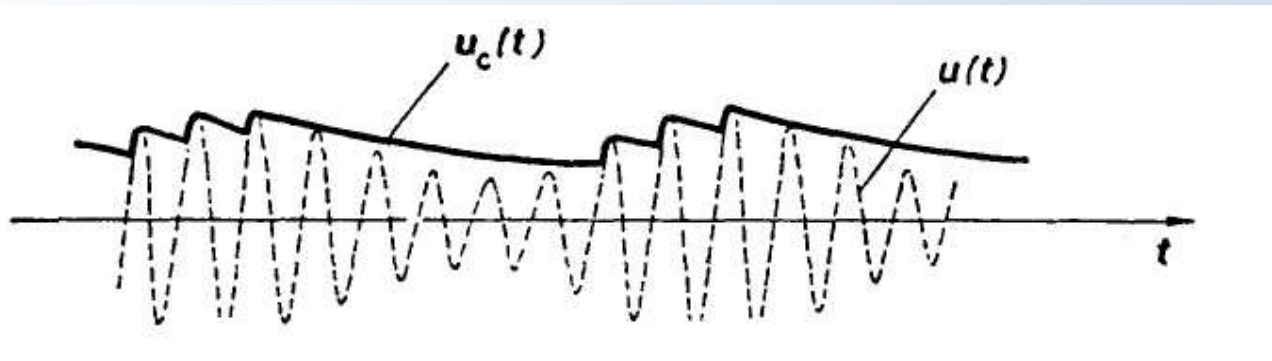


Odstupanja od idealnog slučaja:

1. Dijagonalno odsijecanje
2. Odsijecanje negativnih vrhova

1. Javlja se u slučaju kada RC konstanta nije dobro izabrana. Ako je vrijednost ove konstante suviše velika, kondenzator ne može dovoljno brzo da se isprazni kroz otpornik R, pa napon na njemu ne slijedi tok anvelope ulaznog modulisanog signala, tj. izlazni detektovani signal postaje izobličen.

Ova pojava se naziva **dijagonalno odsijecanje**.

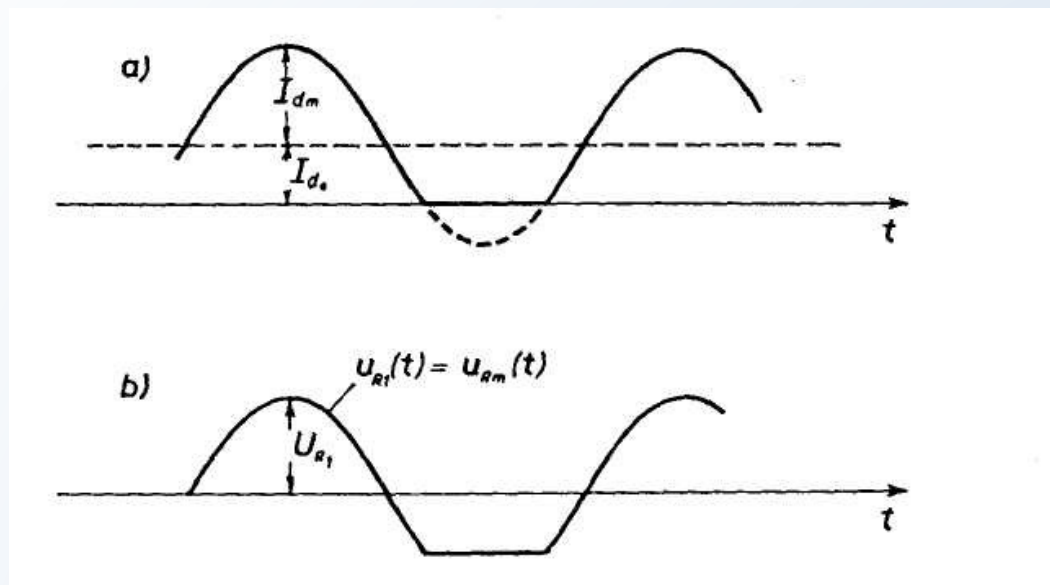


*Slika: Talasni oblik detektovanog signala sa dijagonalnim odsijecanjem izazvanim suviše velikom RC konstantom u kolu detektora anvelope*

Da bi se izbjegla ova neželjena pojava, RC treba izabrati tako da je:

$$RC \leq \frac{1}{\omega_m} \sqrt{\frac{1}{m_0^2} - 1}$$

2. Druga vrsta izobličenja do koje može da dođe u detektoru anvelope je ***odsijecanje negativnih vrhova***.



Da ne bi došlo do ove vrste izobličenja, mora da se zadovolji uslov da je:

$$m_0 \leq \frac{|Z|}{R}$$

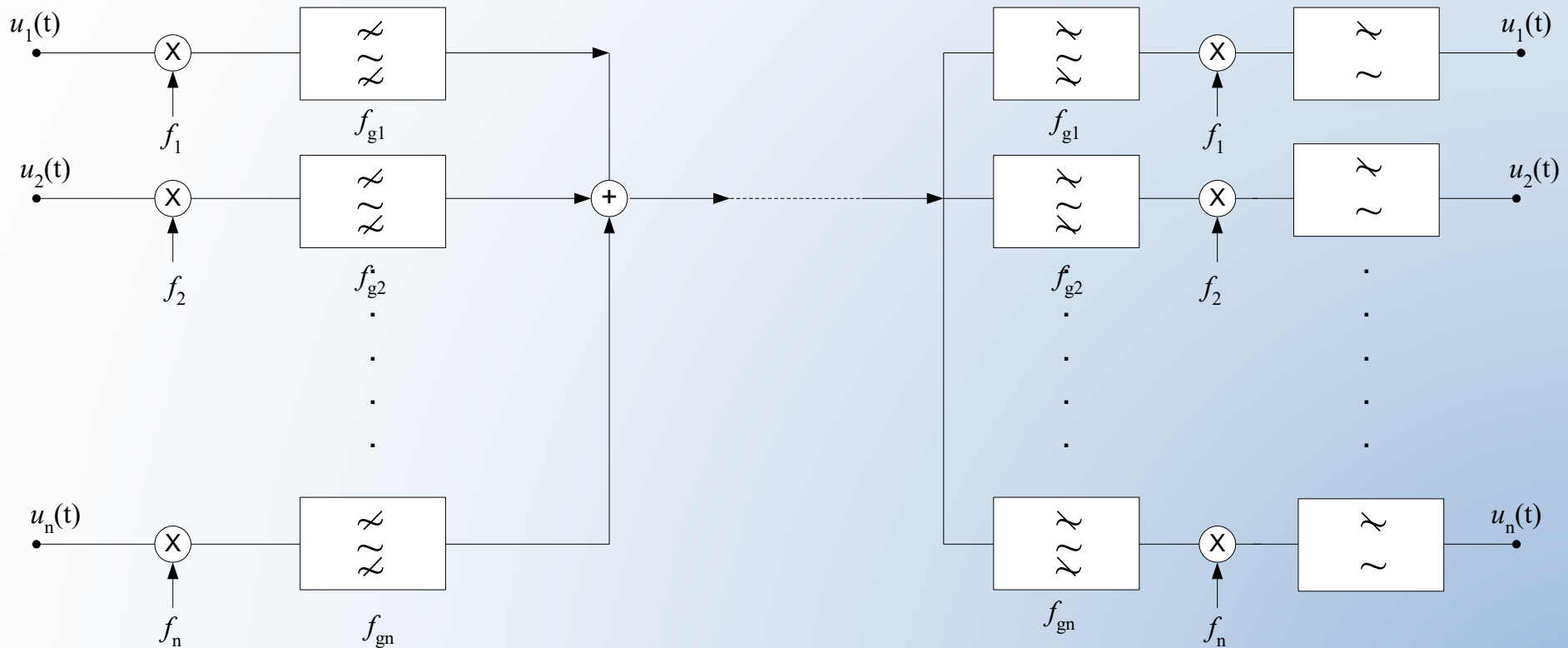


## ✓ Zaključak:

- Za AM-2BO signale, modulatori su balansni, realizuju se pomoću nelinearnih ili prekidačkih sklopova
- Za AM-1BO signale koriste se:
  - odgovarajući modulatori koji na svom izlazu daju samo jedan bočni opseg
  - modulatori AM-2BO signala u kombinaciji sa filtrom
- Za AM-NBO modulatori su:
  - produktni modulator i filter
  - odgovarajuća šema modulatora koji na svom izlazu daje signal sa nejednakim bočnim opsezima
- Za KAM signale, modulator je produktni
- Demodulacija AM signala može biti:
  - sinhrona – važi za sve tipove AM signala, kombinacija kvocijentnog modulatora i filtra
  - asinhrona – sa detektorom anvelope, i može se primijeniti za modulirane signale koji u sebi sadrže nosilac.

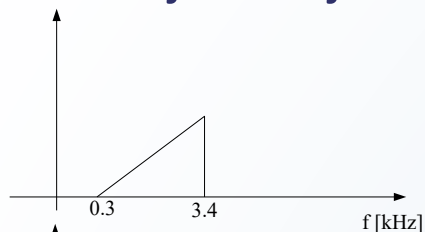
# PRENOS MULTIPLEKSNIH SIGNALA

Multipleks – sistem prenosa kojim se vrši istovremeni prenos više različitih poruka. Postoji više vrsta multipleksnog prenosa, jedan od njih je **multipleks sa frekvencijskom raspodjelom kanala**.

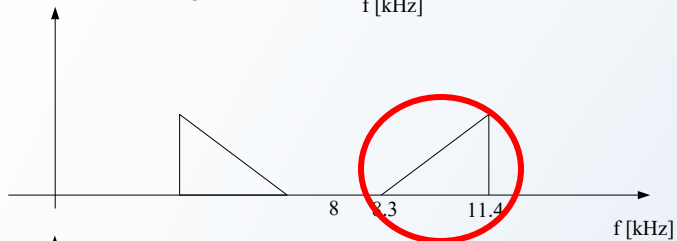


Slika: Principna šema multipleksa sa  $n$  kanala

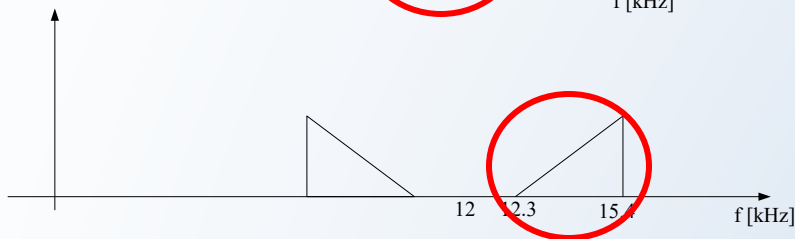
Na svaki od  $n$  kanala se dovodi signal koji se moduliše modulacijom tipa AM-1BO. Spektar svakog od ovih signala se translira u odgovarajući položaj, tako da na mjestu njihovog sabiranja ne dolazi do preklapanja spektara.



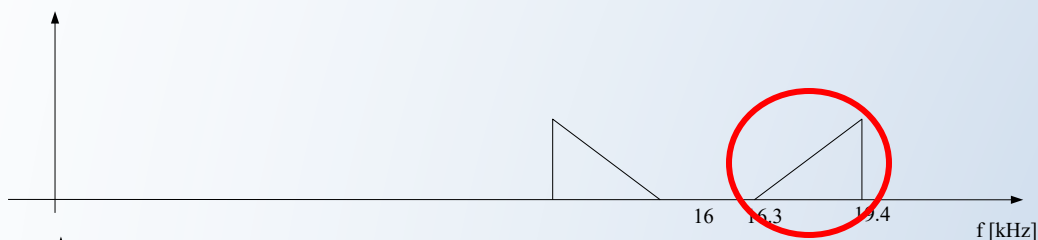
Signal  $u(t)$  u osnovnom opsegu ( $u(t)$ )



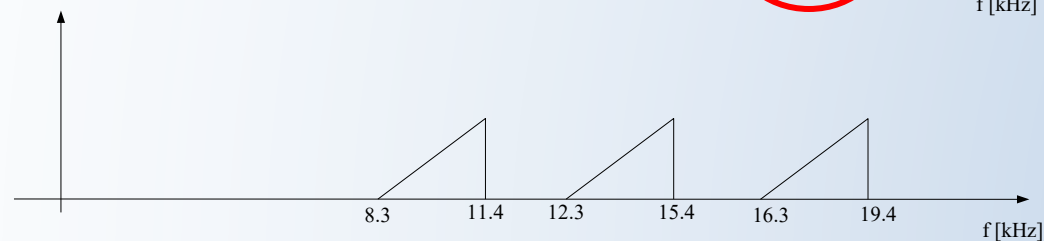
Signal  $u(t)$  pomjeren za  $f_1 = 8$  kHz



Signal  $u(t)$  pomjeren za  $f_2 = 12$  kHz



Signal  $u(t)$  pomjeren za  $f_3 = 16$  kHz



Multipleksni signal

Postoje dva načina multipleksiranja:

1. Direktna modulacija
2. Predgrupna modulacija

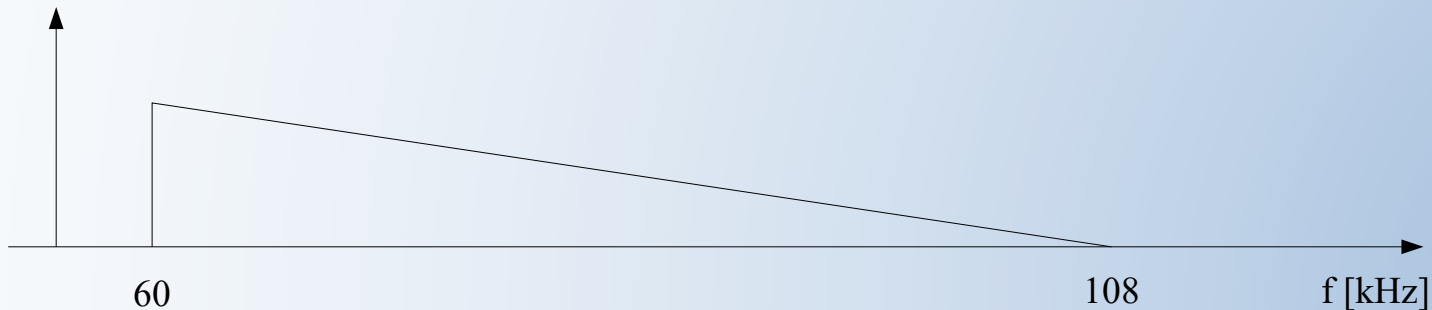
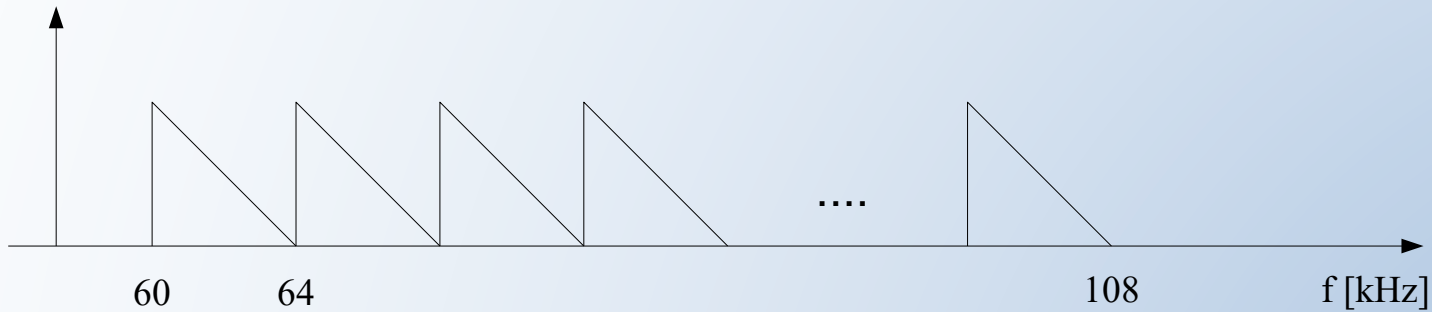
### 1. Direktna modulacija

Multipleks se sastoji od 12 kanala. Signali u svakom od kanala se posebno modulišu i za svaki kanal je potreban poseban filter koji izdvaja donji bočni opseg, kao i nosilac na različitoj učestanosti.

Učestanosti za koje se vrši translacija su:  $f_1=64\text{kHz}$ , ...  $f_n=108\text{kHz}$ .

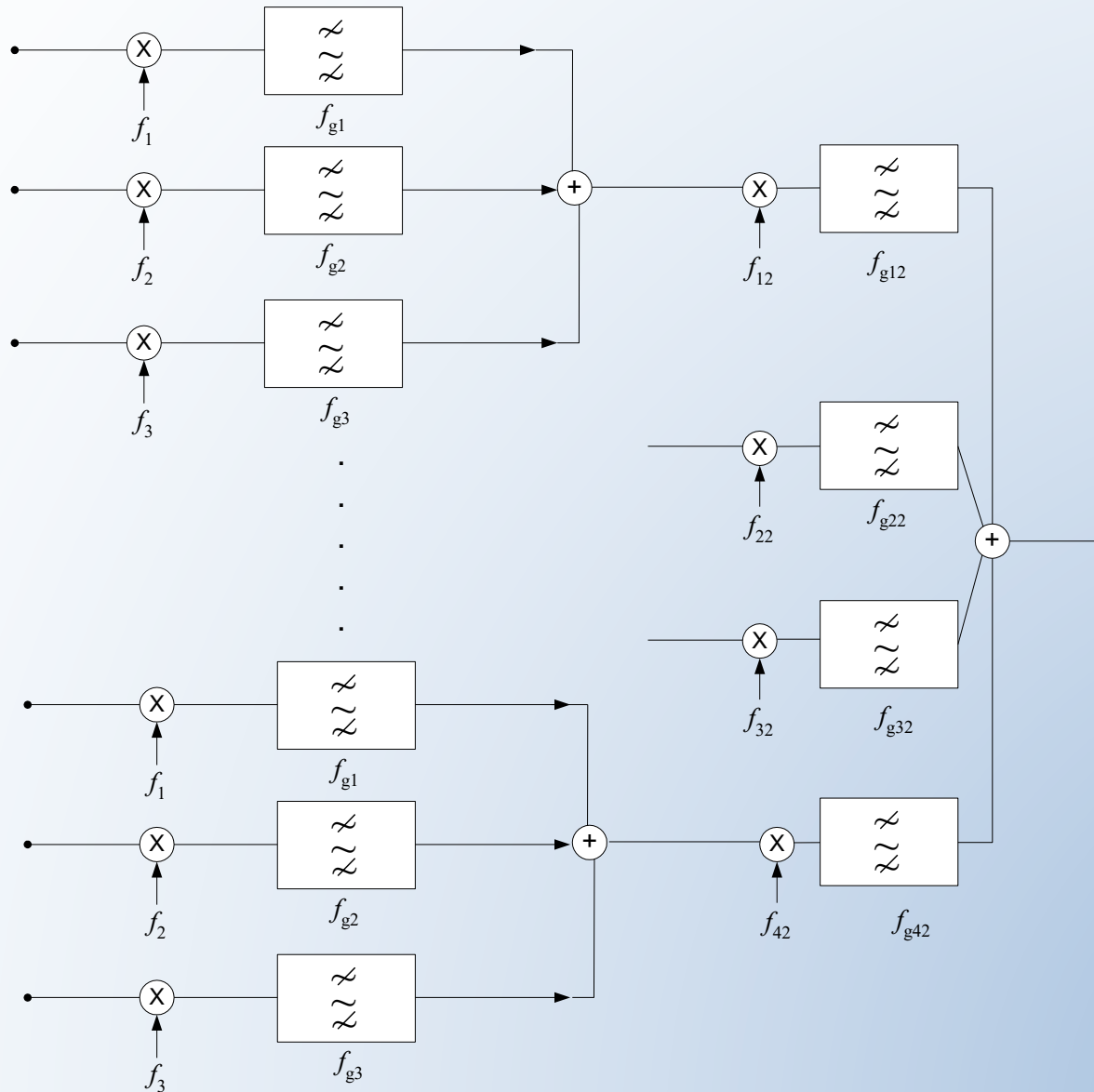
Riječ je o govornom (telefonskom) signalu, a nosioci su pomjereni za po 4kHz.

Opseg koji zauzima ovakav multipleksni signal je  $f=(60, 108)\text{ kHz}$ .



## 2. Predgrupna modulacija

Podrazumijeva modulisanje predgrupa.



Vrši se grupisanje po tri kanala, koji se modulišu kao jedna predgrupa. U drugom koraku imamo translacije ovih grupa na različite nosioce.

Sistem sa 12 kanala u ovom slučaju koristi 7 različitih nosilaca i 7 različitih filtara. Filtri vrše izdvajanje gornjeg ili donjeg bočnog opsega.

Učestanosti su:

$$f_1=12\text{kHz}, f_2=16\text{kHz}, f_3=20\text{kHz}$$

$$f_{12}=84\text{kHz}, f_{22}=96\text{kHz}, f_{32}=108\text{kHz}, f_{42}=120\text{kHz}$$

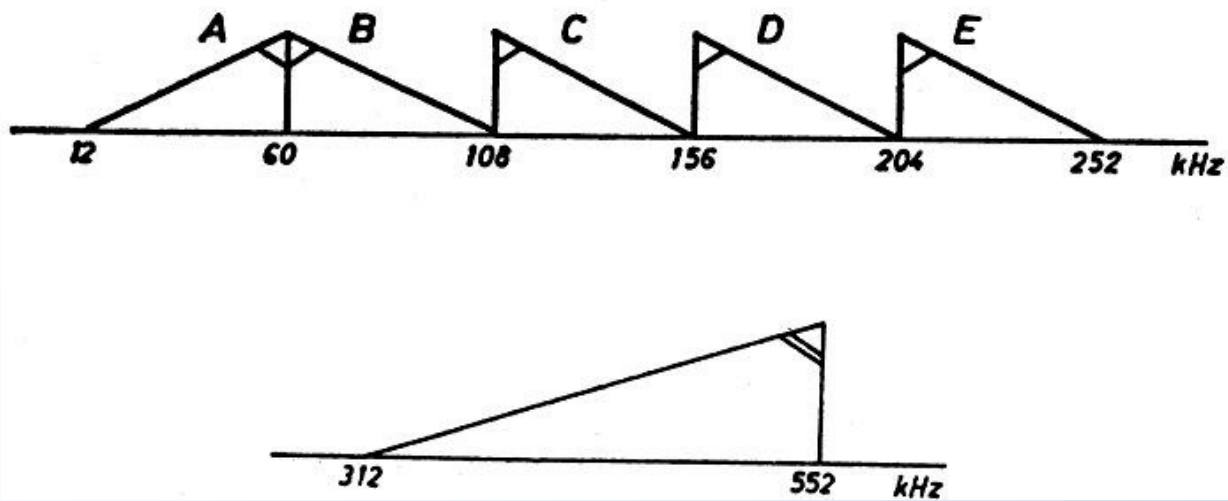
$$f_{g1}=(12.3-15.4)\text{kHz}, f_{g2}=(16.3-19.4)\text{kHz}, f_{g3}=(20.3-23.4)\text{kHz}$$

$$f_{g12}=(60-72)\text{kHz}, f_{g22}=(72-84)\text{kHz}, f_{g32}=(84-96)\text{kHz}, f_{g42}=(96-108)\text{kHz}$$

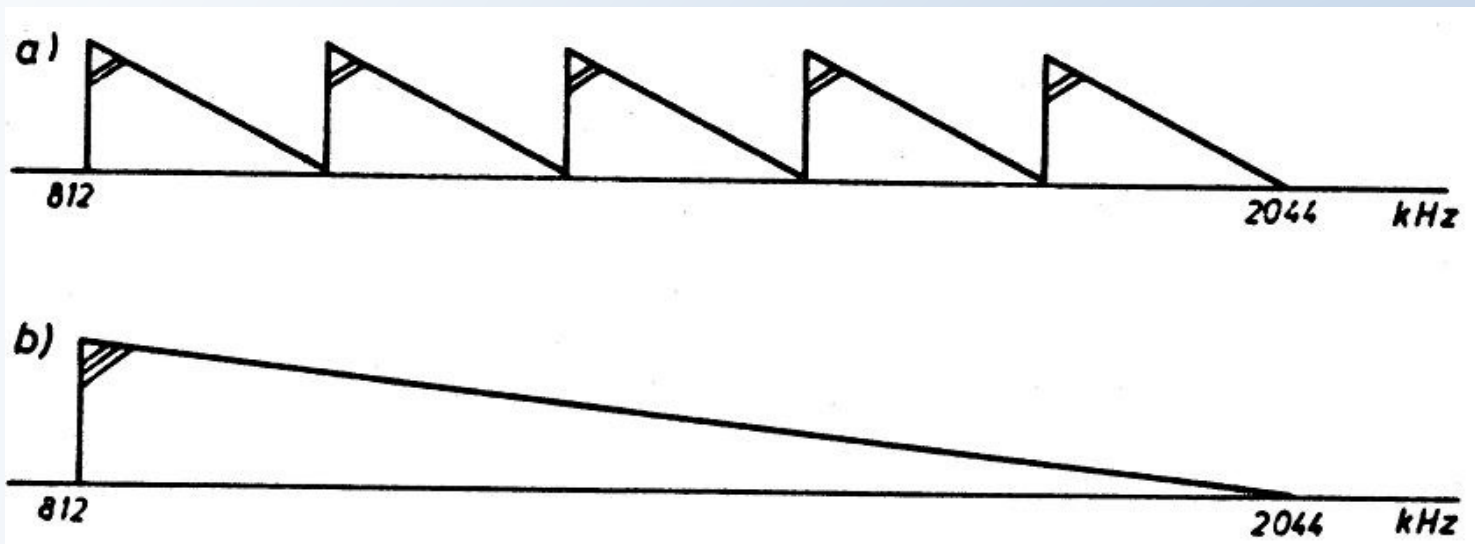
Jasno je da je i ovdje opseg izlaznog (multipleksnog) signala (60-108)kHz.

- U analognoj telefoniji ovakav multipleksni signal se naziva primarna grupa B.
- Pet primarnih grupa čine sekundarnu sa  $5 \cdot 12 = 60$  kanala u opsegu (12-252)kHz
- Pet sekundarnih grupa čine tercijarnu  $5 \cdot 60 = 300$  kanala u opsegu (812-2044)kHz
- Tri ovakve tercijarne grupe čine kvaternarnu  $3 \cdot 300 = 900$  kanala u opsegu (8156-12388)kHz

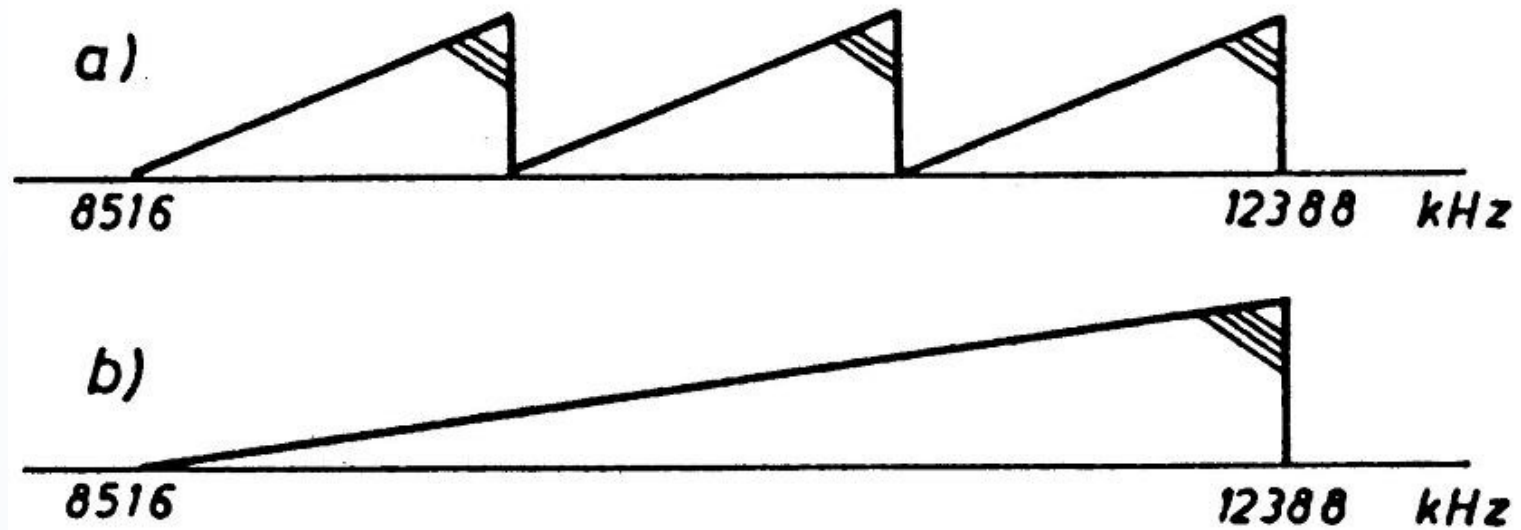




*Slika: Osnovna sekundarna grupa od 60 kanala*



*Slika: Pet sekundarnih grupa a) obrazuju terciarnu b) od 300 kanala*



*Slika: Tri tercijarne grupe a) obrazuju kvaternarnu grupu b) koja ima 900 kanala*