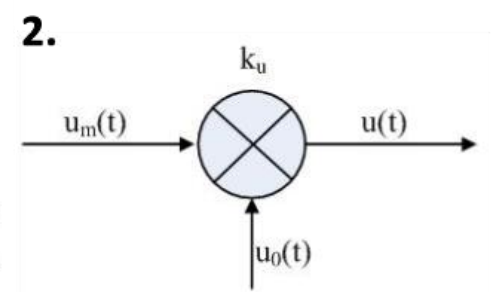
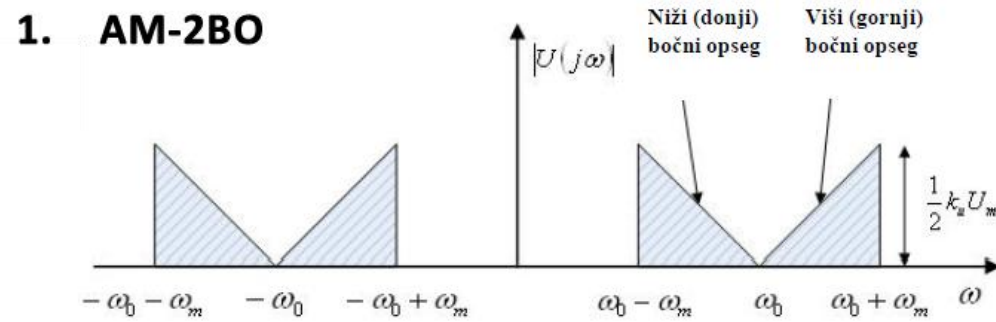
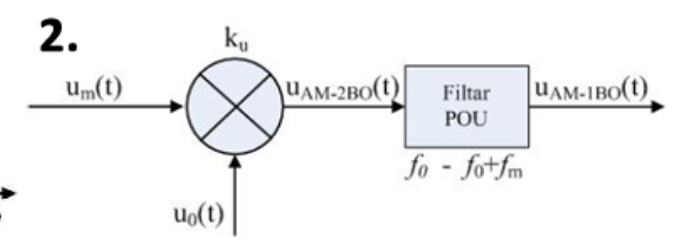
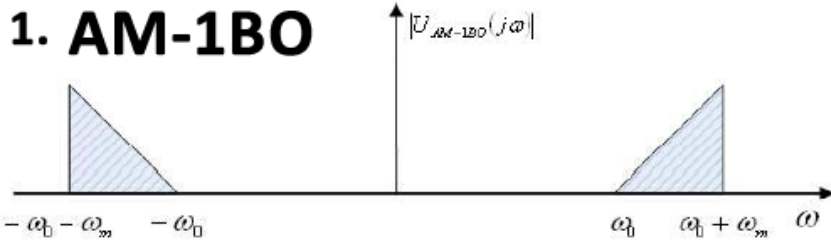
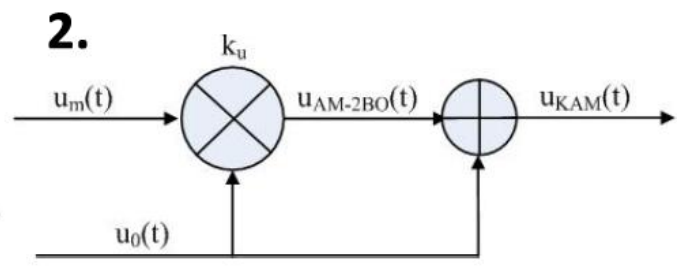
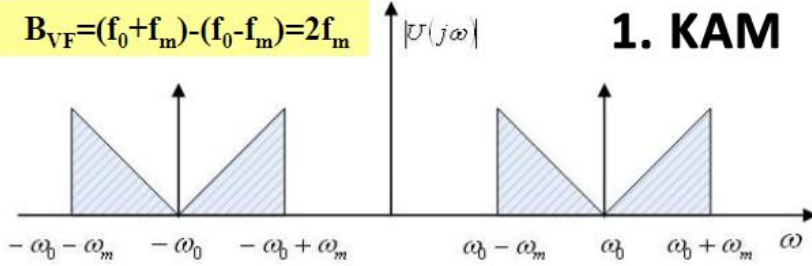


1. Modulirajući signal je prostoperiodičan, tj.  $u_m(t) = U_m \cos(2\pi f_m t)$ . Prikazati spektar KAM, AM-2BO i AM-1BO signala, kada je učestanost nosioca jednaka  $f_0$ .

2. Dati definiciju AM-2BO/AM-1BO/KAM modulacije, nacrtati blok šemu kompletnog sistema prenosa i objasniti princip rada. Nacrtati spektre u karakterističnim tačkama.

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



3. U čemu je osnovna razlika između AM i FM postupaka modulacije – uporediti ih po pitanju oblika modulisanog signala, širine spektra signala, kvaliteta prenosa.

Fm modulacije postizu kvalitetniji prenos, ali dosta skuplji i mnogo vise zavise od sirine spektra.

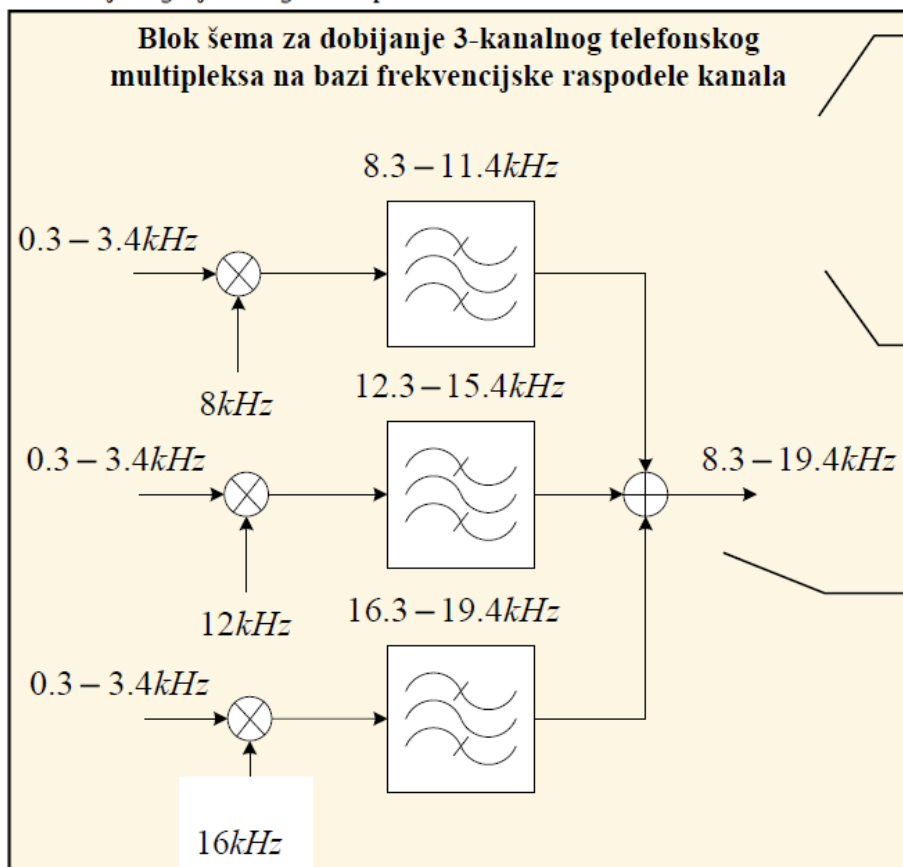
Tako da fm modulacije nije zgodna za prenos video signala, jer bi sirina spektra signala koja treba da se prenese bila prevelika. Ali zato je vrlo zgodna za prenos radio signala.

4. Objasniti princip formiranja multipleksa sa frekvencijskom raspodelom signala. Nacrtati blok šemu kompletnog sistema za prenos tri telefonska signala i izračunati minimalnu širinu opsega učestanosti multipleksnog signala.

#### 4.

### 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



#### 5. Karsonov obrazac – formulacija i značaj.

Sirina spektra ugaono modulisanog signala - Karsonov obrazac

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

#### 6. Kako se definiše srednja vrednost, srednja kvadratna vrednost i varijansa nekog slučajnog procesa.

Srednja vrednost ( $E[x]$ ):

Usrednjavanje se može raditi i po jednoj realizaciji slučajnog procesa i tako se dobija vrednost po vremenu.

$$\langle x(t) \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt,$$

Srednja kvadratna vrednost odgovara srednjoj kvadratnoj vrednosti odgovarajućeg slučajnog procesa po ansamblu u nekom trenutku  $t_0$ ;

$$E[x^2]$$

Varijansa označava se sa  $\delta^2$ , određuje odstupanje od srednje vrednosti slučajnog procesa.

#### 7. Viner-Hinčinova teorema – formulacija i značaj.

Viner-Hincova teorema: autokorelacija i spektralna gustina srednje snage cine furijeov transformacioni par:

$$S_X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_X(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau$$

$$R_X(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_X(f) e^{j2\pi f\tau} df$$

**8. Šta je termički šum, kako nastaje i od čega zavisi njegova spektralna gustina srednje snage (SGSS).**

Termicki sum je uvek prisutan u sistemima za prenos signala.

Predstavlja pojavu koja je svojstvena svim sistemima cija je apsolutna temperatura veca od 0K.

Elementarna raspoloziva srednja snaga termickog suma koju otpornik R moze da oda spoljnom kolu iznosi:

$$d\bar{P}_{rN} = \frac{hf}{e^{kT} - 1} df = p_N(f)df$$

**10. Formulirati teoremu o odabiranju. Objasniti značaj i oblasti primene.**

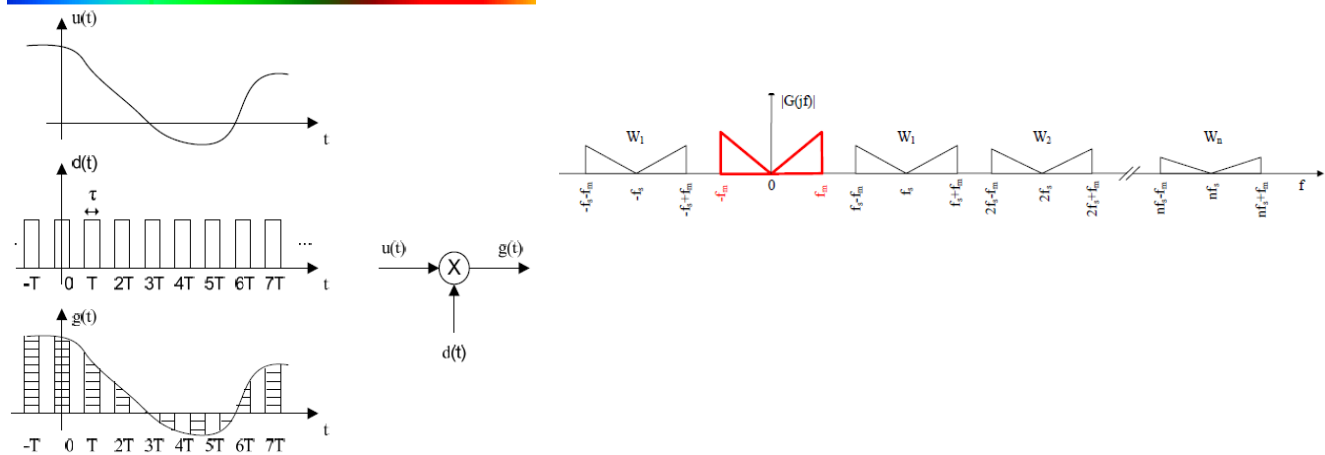
Ako kontinualni realni signal  $u(t)$  ima maksimalnu ucestanost u spektru  $f_m$ , onda je taj signal u potpunosti opusan svojim trenutnim vrednostima uzetim u ekvidistantnim trenucima trajanja  $T_s = 1/f_s < 1/(2f_m)$ . Ovi odbircim uzeti sa ucestanosti odabiranja  $f_s$  koja je bar dva puta veca od  $f_m$ , potpuno opisuju kontinualni signal  $u(t)$ ! Signal se iz svojih odbiraka rekonstruise propustanjem kroz idealni niskofrekvencijski filter granicne ucestanosti  $f_m$ . Samim tim se omogucava diskretizacija, au iz neke dodatne tehnike i digitalizacija signala.

**11. Objasniti razliku između idealnog, prirodnog i regularnog odabiranja. Nacrtati odgovarajuće blok šeme modulatora, vremenske oblike i spektre modulisanih signala.**

Idealno odabiranje bi znacilo da mozemo ostvariti idealne delta impulse, stoje nemoguće i u stvarnosti idealno odabiranje nije moguće ostvariti. Sema regularnog ce da bude isto kao kod prirodnog sa time sto ce ovi pravogaonici biti zamenjeni linijama. A spektri ce biti kao kod prirodnog samo sto ce svaki par ovih trouglova da bude jednak ovom srednjem. kod prirodnog se smanjuju, a kod regularnog se izoblicuju i smanjuju. U stvarnosti se koristi regularno.

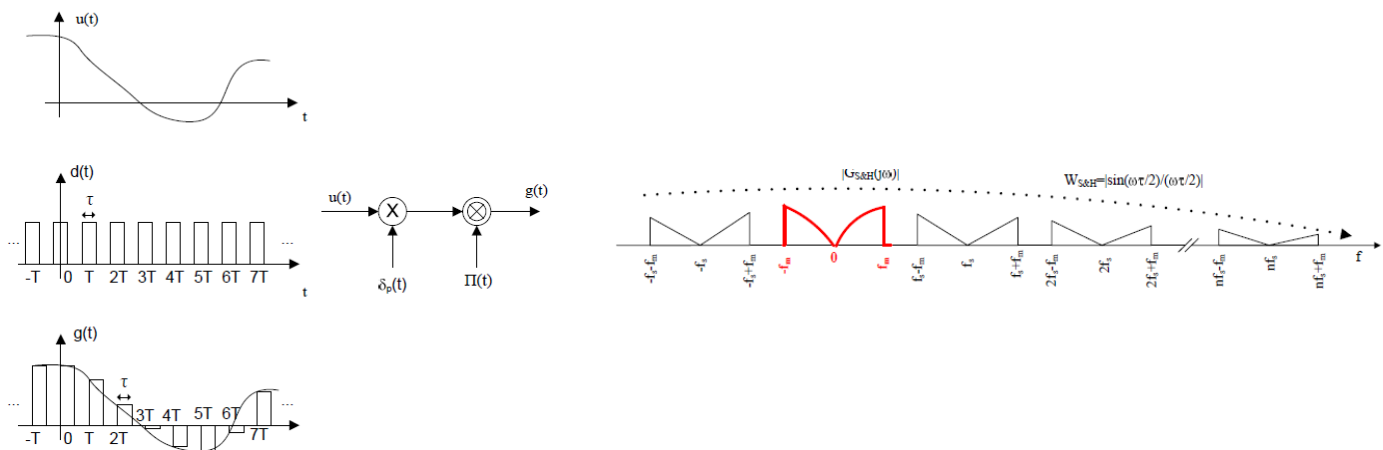
Prirodno odabiranje u generatoru impulsa koristi prekidac sa konacnom brzinom zatvaranja i otvaranja.

**Prirodno odabiranje signala**



Regularno odabiranje je slicno ko prirodno samo sto se vrh dobijenih impulsa u diskretizovanom signalu zaravni. Najbitnije ove slike.

**Regularno odabiranje signala**

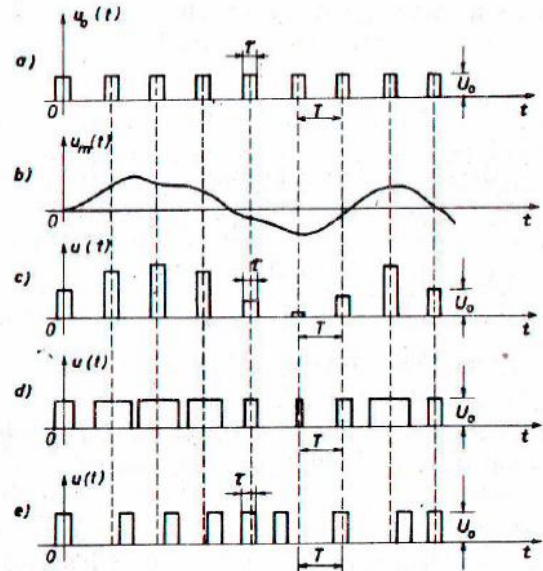


12. Navesti tipove impulsnih modulacija. Objasniti razliku između njih i nacrtati modulirane signale za proizvoljan modulišući signal.

Tipovi impulsnih modulacija

- a) Nosilac- povorka pravugaonih impulsa
- b) Modulirani - slučajni proces
- c) Impulsna amplitudska modulacija
- d) Impulsna širinska modulacija -
- e) Impulsna položajna modulacija

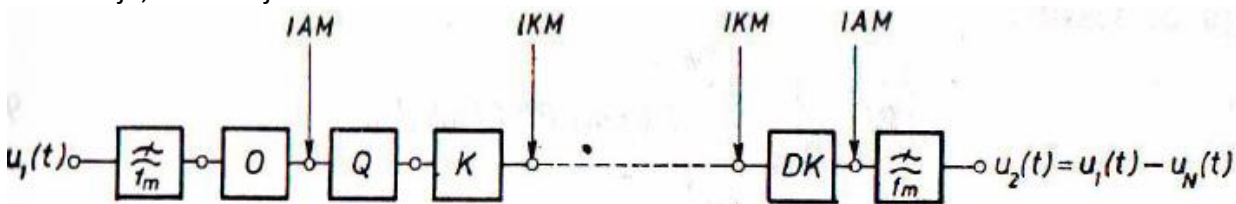
### Pregled impulsnih modulacija



13. Nacrtati blok-šemu sistema i objasniti postupak IKM.

IKM je digitalni signal modulacije :

- filtriranje NF filtera
- Odabiranje odnosno diskretizacija u vremenu
- Kvantizacija, rezultat je signal sa ograničenim brojem amplitudskih nivoa
- Kodiranje, rezultat je niz bita



14. Napisati izraz za odnos signal/šum kvantizacije kod IKM za slučaj ravnomerne kvantizacije. Koliko on iznosi u decibelima ako se kvantizacija radi sa  $q=512$  nivoa.

Odnos srednje snage signala  $P_s$ , odnosno kvantizovanog signala  $P_q$  i srednje kvadratne vrednosti greske usled kvantizacije:

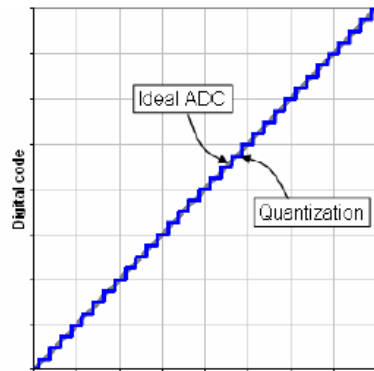
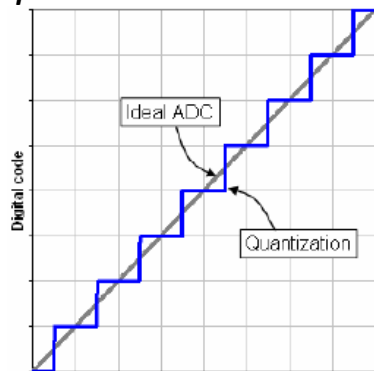
$$P_s/P_{nq} = q^2 \quad P_q/P_{nq} = q^2 - 1$$

za  $q=512$   $\log(512) = 9$  odnosno  $q$  se može predstaviti sa  $2^n$  gde je  $n=9$

$$10 \cdot \log(q^2) \text{ (sa osnovom 10)}$$

$$20 \log(q) = 20 \log(2^n) = 20n \log(2) = 180 \cdot \log(2) = 54.185 \text{ dB}$$

15. Nacrtati prenosnu karakteristiku kvantizera za slučaj kada je broj kvantizacionih nivoa  $q=3$  a zatim to isto ponoviti za  $q=4$ .



Od ovde ima nacrtano kako bi izgledalo sa  $q=9$  levo i  $q=33$  desno. znaci koliko je 1 toliko ima ovih stepenica. i samo to primenite za primer koji se dobije.

16. Kada je uniformna kvantizacija optimalna a kada ne? Objasniti pojam kompresora i ekspandora.

Ravnomerna kvantizacija je optimalna samo u slučaju kada je funkcija gustine raspodele (PDF) analognog signala  $u(t)$  na ulazu kvantizera uniformna. tj. kada su sve amplitude signala na ulazu kvantizera jednako verovatne.

Kompresor na strani predaje menja funkciju gustine raspodele u uniformnu, pa se tada iza njega može postaviti ravnomerni kvantizer.

Ekspander u prijemniku obavlja inverznu operaciju.

**17. Navesti prednosti i mane digitalnog prenosa signala u odnosu na analogni prenos signala.**

U prenosu digitalnog signala u prijemniku nije bitno prepoznati tacan oblik signala. vec samo otkriti da li je dobijeni signal 1 ili 0. Posto su signali koji predstvljaju 1 i 0 medjusobno dosta razliciti, moguće je da signal na ulazu u prijemnik bude dosta izoblicen (relativno mali SNR), a da se ipak izvrsi tacno odlucivanje.

Ako broj kvantizacionih nivoa nije dovoljno veliki, rekonstruisani signal nije veran originalnom.

Greske pri prenosu razlicitih bita ne uticu jednako na degradaciju signala. Za prenos signala u digitalnom obliku obicno je potreban mnogo veci opseg ucestanosti.

**18. Izračunati protok binarnog signala na izlazu IKM signala ako signal na njegovom ulazu ima spektar širine 5kHz, odabiranje je idealno a kvantizacija se radi sa  $q=1024$  nivoa.  $f_s = 5\text{kHz}$   $q=1024$**

$$n = \log_2(q) = 10$$

$$f_m = 2 * f_s = 10\text{kHz}$$

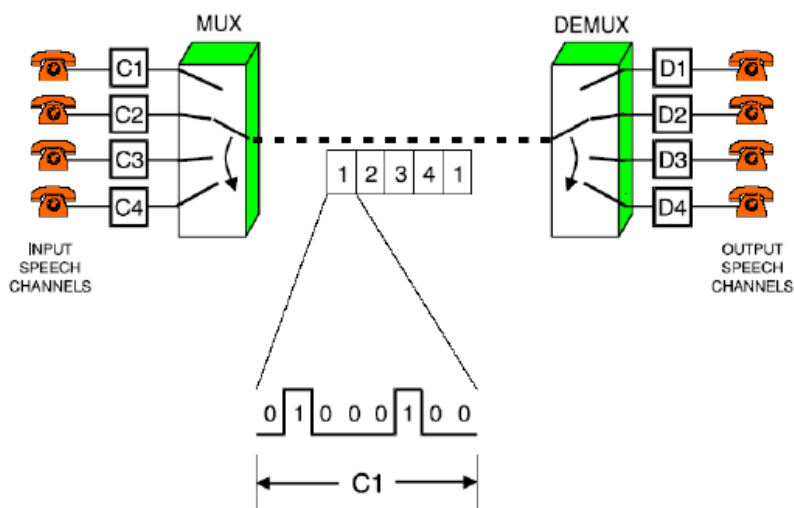
$$V_b = f_m * n = 100 \text{ bita /sek}$$

**19. Objasniti princip multipleksiranja po vremenu (TDM).**

Primer za N=4 telefonska kanala

Multipleksiranje se ovde obavlja odbirak po odbirak.

Svaki cetvrti osmobicni slot odgovara prvom govorniku, tj u svakom cetvrtom slotu se prenosi osam bita koji odgovaraju kvantizovanom odbirku koji potice od njega.



**20. Izračunati minimalnu širinu propusnog opsega sistema za prenos u osnovnom opsegu učestanosti 12 telefonskih**

**signala postupkom vremenskog multipleksiranja i IKM.**

Kod telefonskog signala obavlja se odabiranje sa ucestanoscju od 8000 hz.

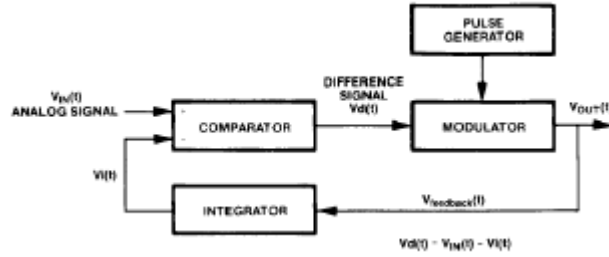
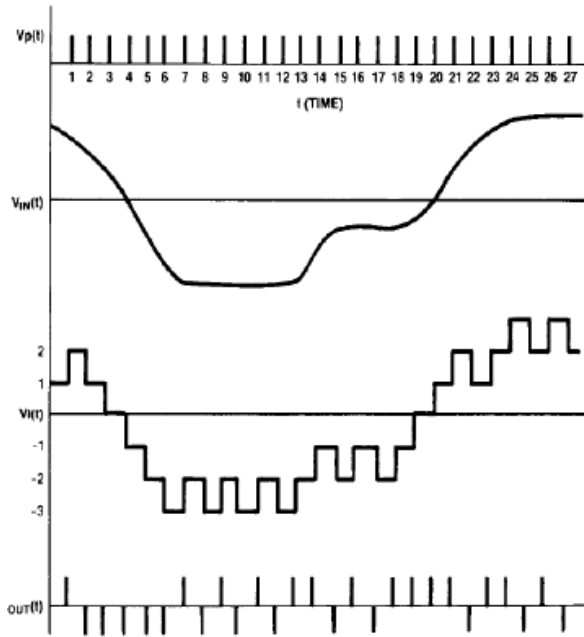
Kvantizacija sa 256 nivoa.

Sa time se dobija da protok u multiplekseru sa 12 signala mora biti

$$V_{b.mux} = N * n * f = N * f_s * \log_2(q) = 12 * 8\text{kHz} * 8 = 768 \text{ kb/s}$$

**21. Nacrtați blok-šemu sistema i objasniti postupak delta modulacije. U čemu je razlika u odnosu na IKM?**

Primenom Delta modulacije za razliku od IKM se uzima u obzir vremenska korelisanost.



Od ulaznog kontinualnog signala se oduzima njegova aproksimacija.

Tako dobijen signal se diskretizuje. Diskretizovan signal greske se kvantizuje na svega dva nivoa.

Propustanje kroz integrator, dobija se stemenasta kriva koja odgovara aproksimaciji kontinualnog signala. Ovim postupkom se implicitno koduje (jednim bitom) razlika signala u odnosu na vrednost u prethodnom trenutku.

**22. Nacrtați blok-šemu sistema i objasniti postupak DIKM. Uporediti postupke DIKM i IKM.**

DIKM predstavlja kompromis između delta modulacije i ikm. Slično delta modulaciji ne kvantizuje se odbrak već razlika dva susedna odbirka. Kvantizacija se radi na veći broj nivoa nego kod delta modulacije ali znatno manji nego kod IKM. Učestanost odabiranja se ne mora povećati u odnosu na IKM, pa ukupni binarni protok pada. Postupak je veoma efikasan ako se signal sporo menja.

Ako se ne prenosi vrednost amplitude za svaki odbirak, već razlika amplitude uzastopnih odbiraka, prenosi se samo informacija o promeni signala.

