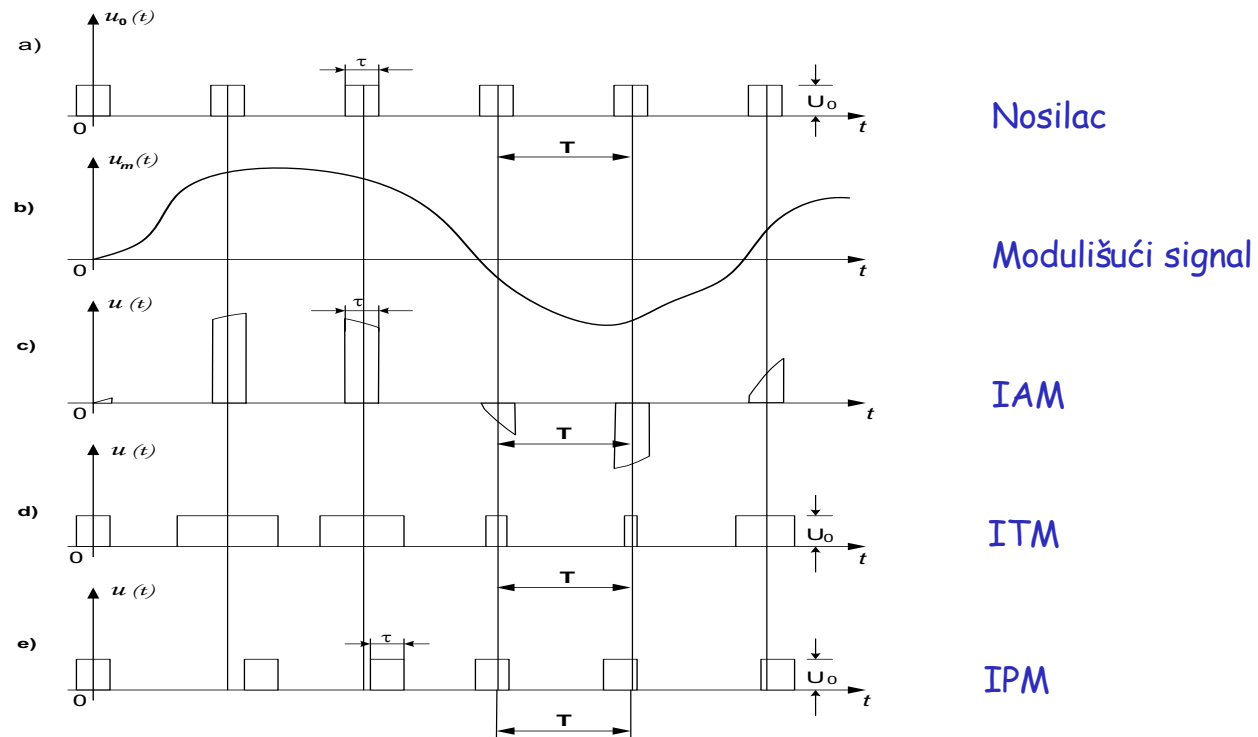


Impulsna modulacija

- Impulsna modulacija
- IAM
- ITM
- IPM

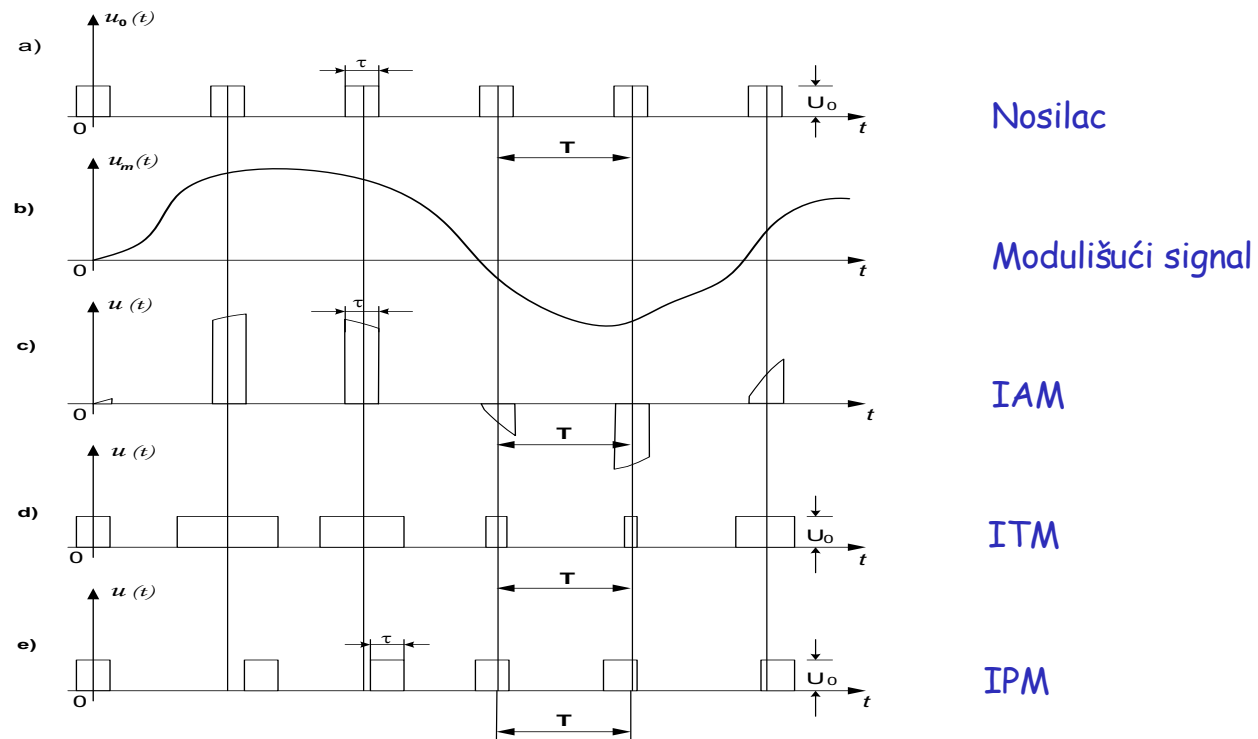
Impulsna modulacija

- ❑ Modulirani signal je diskretan
- ❑ Zasnovana na teoremi o odabiranju
- ❑ Ulogu nosioaca po pravilu igra periodična povorka pravougaonih impulsa.



Impulsna modulacija

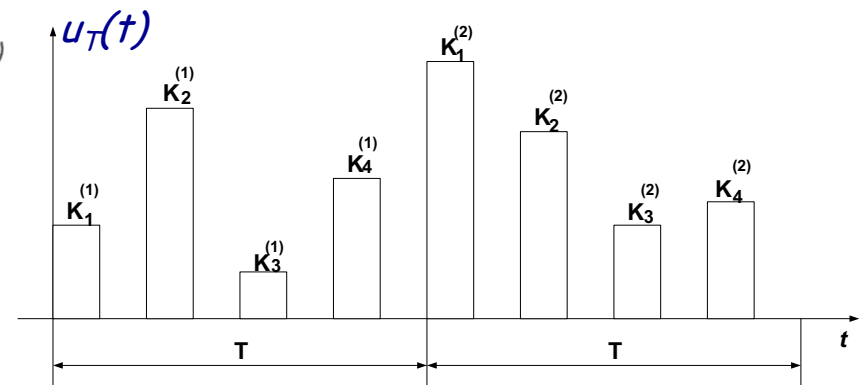
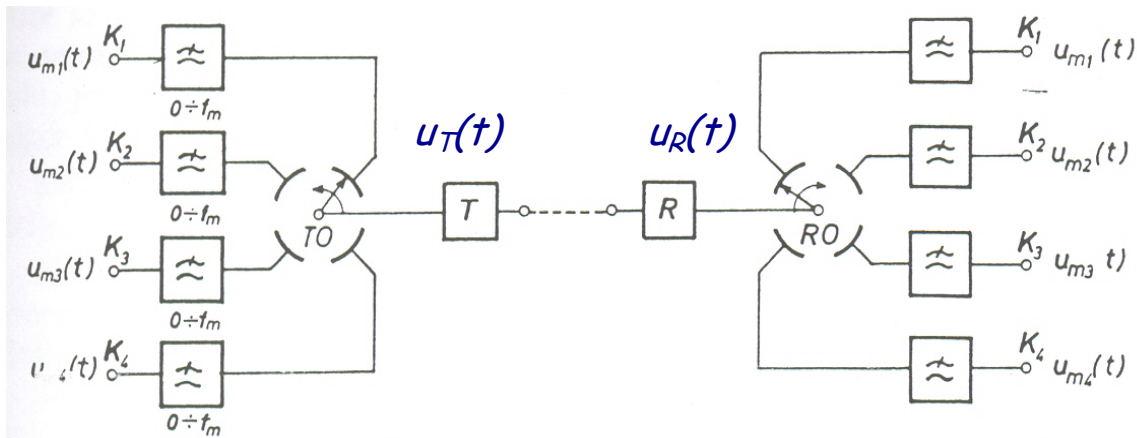
- ❑ Impulsno amplitudska modulacija (IAM)
- ❑ Impulsna modulacija po trajanju (ITM)
- ❑ Impulsno položajna modulacija (IPM)



Impulsna modulacija

Primjena

- Vremenski multiplekseri
- Sistemi za višestruki pristup baziranih na vremenskom multipleksu



Impulsna modulacija

Prednosti vremenskog multipleksa u odnosu na frekvencijski multipleks

- ❑ Pitanje linearnosti karakteristike ulaz-izlaz za pojedine sklopove nije ni izdaleka tako kritično kao u sistemu sa FRK
- ❑ Sva kola i sklopovi u sistemima sa vremenskim multipleksom su jednostavniji.
- ❑ Degradacija kvaliteta izazvana šumom znatno je manja za određene vrste sistema sa impulsnom modulacijom nego što je to u sistemima sa frekvencijskim multipleksom.

Impulsna modulacija

Nedostaci vremenskog multipleksa u odnosu na frekvencijski multipleks

- ❑ potreba za relativno vrlo širokim propusnim opsegom učestanosti koji mora da ima sistem za prijenos
- ❑ potrebno da linearna amplitudska i fazna izobličenja u sistemima sa vremenskim multipleksom budu mala.
- ❑ predajnik i prijemnik moraju biti sinhronizovani

Impulsno amplitudska modulacija

Spektar

- Nosilac je dat relacijom

$$u_0(t) = U_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} s(t - nT)$$

Pri čemu je

$$s(t - nT) = \begin{cases} 1 & , \text{ za } nT - \tau/2 < t < nT + \tau/2 \\ 0 & , \text{ za ostale vrijednosti} \end{cases}$$

Impulsno amplitudska modulacija

Spektar

- Funkcija nosioca se može razviti u Fourierov red:

$$u_o(t) = U_0 \frac{\tau}{T} \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\omega_0\tau}{2}}{\frac{n\omega_0\tau}{2}} \cos n\omega_0 t \right] = U_0 \frac{\tau}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\omega_0\tau}{2}}{\frac{n\omega_0\tau}{2}} e^{jn\omega_0 t}$$

Prema tome IAM signal koji se dobija množenjem modulišućeg signala i nosioca je:

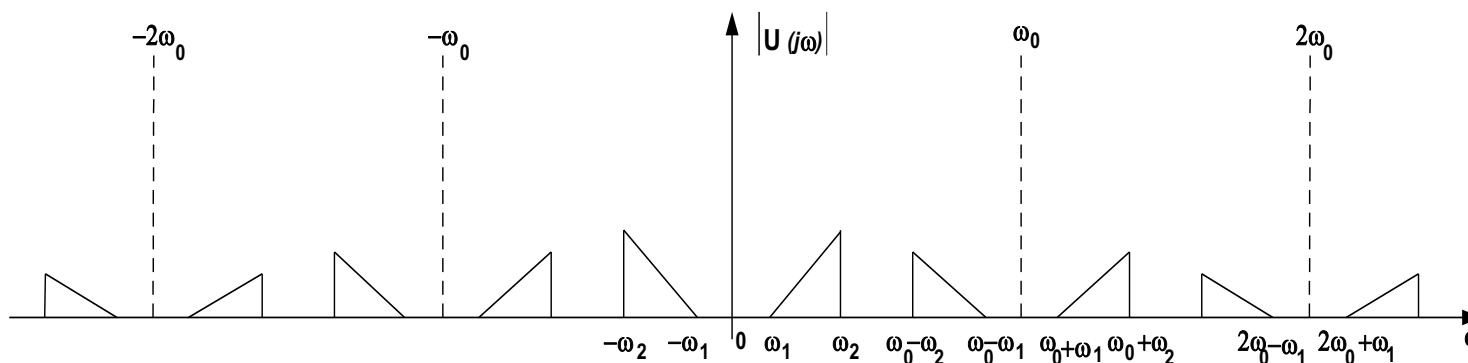
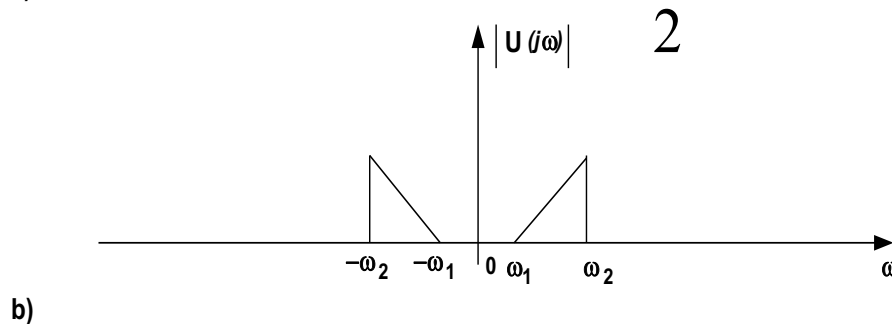
$$u(t) = k_A u_m(t) u_o(t) = k_A U_0 \frac{\tau}{T} u_m(t) \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\omega_0\tau}{2}}{\frac{n\omega_0\tau}{2}} \cos n\omega_0 t \right]$$

Impulsno amplitudska modulacija

Spektar

- Spektar IAM signala je dat relacijom:

$$U(j\omega) = k_A \frac{\tau}{T} U_0 U_m(j\omega) + k_A \frac{\tau}{T} U_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\omega_0 \tau}{2}}{n\omega_0 \tau} \times \{U_m[j(\omega - n\omega_0)] + U_m[j(\omega + n\omega_0)]\}$$



Impulsno amplitudska modulacija

Spektar

- Očigledno je da se IAM signal može demodulisati pomoću idealnog pripusnika niskih učestanosti koji izdvaja modulišući signal $u_m(t)$
- Prethodno je moguće ako ne dođe do preklapanja gornjeg bočnog opsega modulišućeg signala i donjeg bočnog opsega AM-2BO signala na učestanosti ω_0 . Dakle, mora biti zadovoljen uslov:

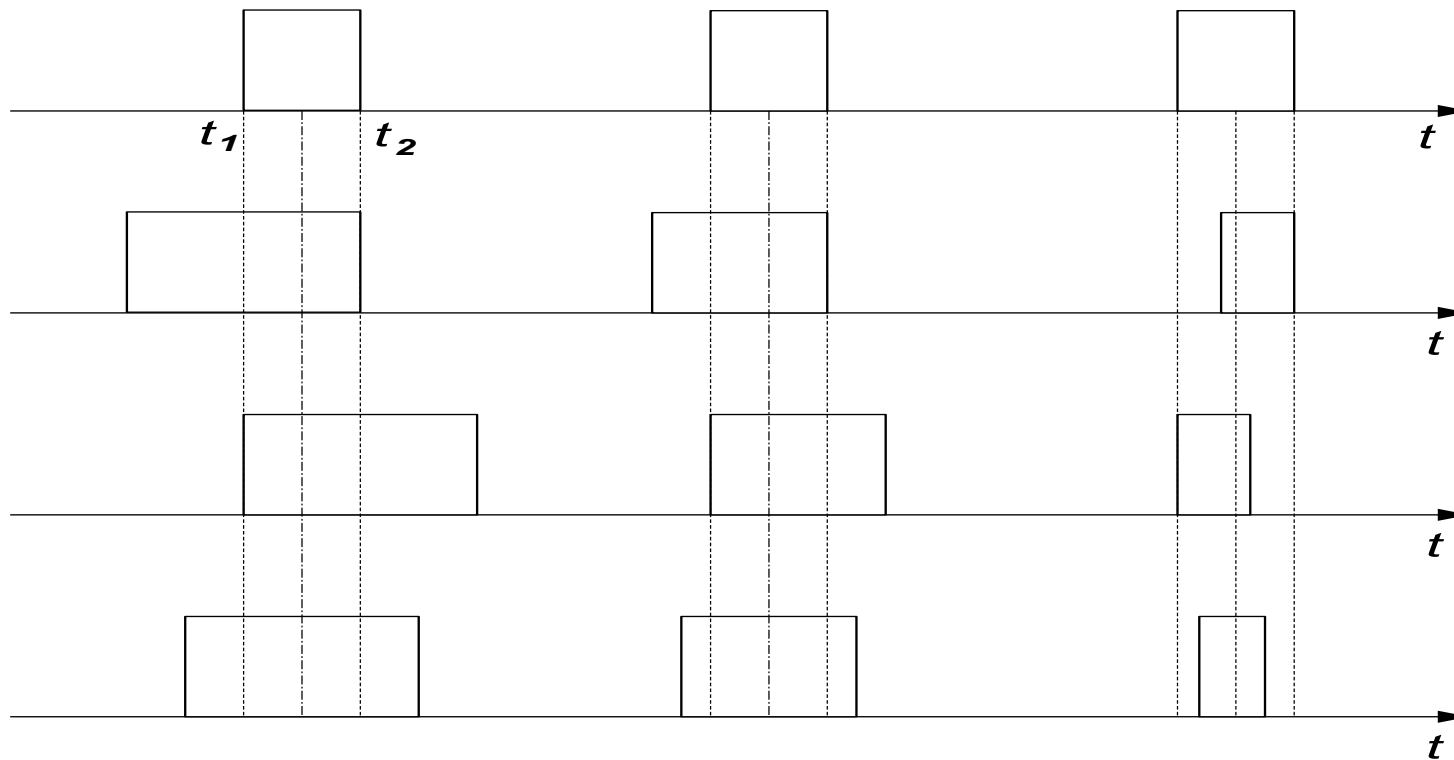
$$\omega_2 \leq \omega_0 - \omega_2$$

odnosno perioda odabiranja mora $T \leq \frac{1}{2f_2}$

Gdje je f_2 maksimalna učestanost u spektru modulišućeg signala.

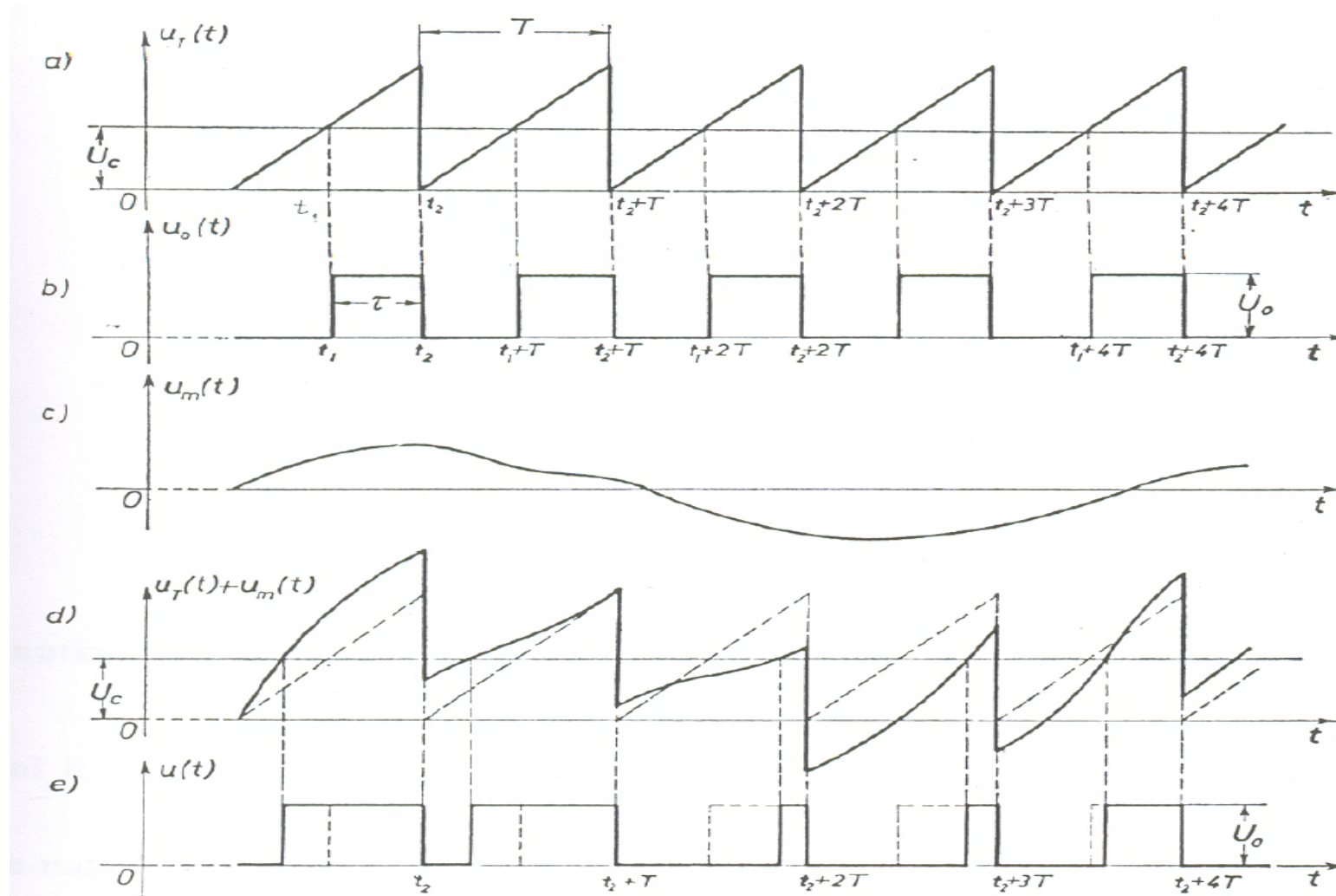
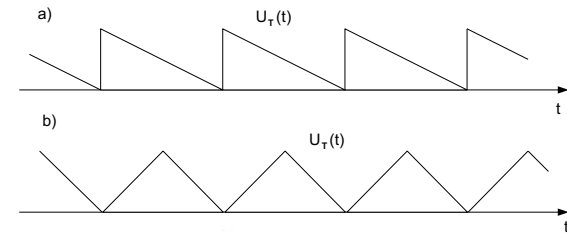
Impulsna modulacija po trajanju

U postupku ITM trajanje impulsa nosioca postaje direktno proporcionalno modulišućem signalu $u_m(t)$.



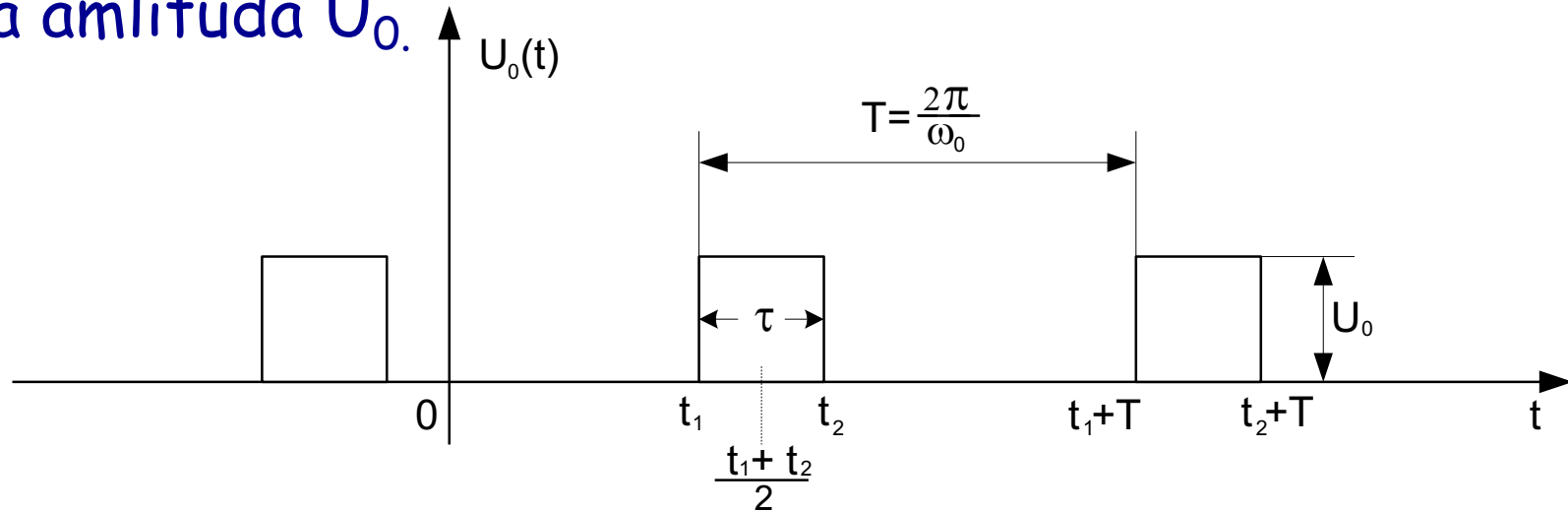
Impulsna modulacija po trajanju

Princip realizacije ITM



Impulsna modulacija po trajanju

Na slici je prikazan nemodulisani nosilac. Trajanje svakog impulsa iznosi $\tau = t_2 - t_1$, perioda ponavljanja $T = 2\pi/\omega_0$, a amplituda U_0 .



Odgovarajuća funkcija $u_0(t)$ koja predstavlja ovu povorku definisana je na sledeći način:

$$u_0(t) = \begin{cases} U_0 & , \text{ za } t_1 + pT \leq t \leq t_2 + pT; p = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \\ 0 & , \text{ izvan ovih intervala} \end{cases}$$

Impulsna modulacija po trajanju

Funkcija $u_0(t)$ se može predstaviti u obliku Fourierovog reda:

$$u_0(t) = U_0 \frac{t_2 - t_1}{T} + 2U_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{t_2 - t_1}{T} \frac{\sin n\omega_0 \frac{t_2 - t_1}{2}}{n\omega_0 \frac{t_2 - t_1}{2}} \cos n\omega_0 \left(t - \frac{t_1 + t_2}{2} \right)$$

$$u_0(t) = U_0 \left[\frac{t_2 - t_1}{T} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\pi} \sin n\omega_0 \frac{t_2 - t_1}{2} \cos n\omega_0 \left(t - \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \right]$$

$$u_0(t) = U_0 \left\{ \frac{t_2 - t_1}{T} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\pi} \left[\sin n\omega_0 (t - t_1) - \sin n\omega_0 (t - t_2) \right] \right\}$$

Impulsna modulacija po trajanju

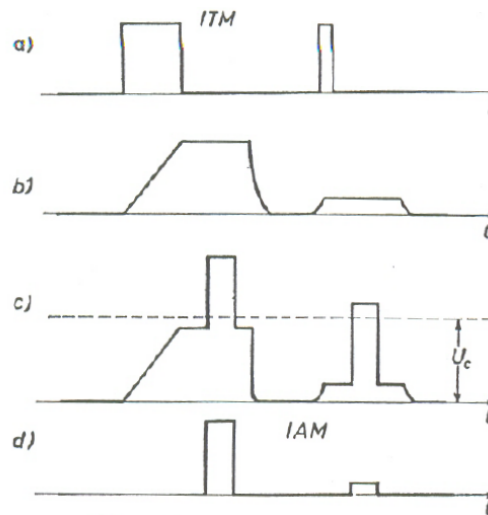
Da bi dobili izraz za impulsno modulisan signal po trajanju kome se mijenja položaj samo prednje ivice, potrebno je u prethodnom izrazu ostaviti da t_2 bude konstantno, a umjesto t_1 staviti $t_1 - k_T u_m(t)$. Poslije izvršene modulacije će biti $t_2 - t_1$ se mijenja sa $t_2 - t_1 + k_T u_m(t)$, pa se može napisati analitički izraz za ITM signal:

$$u(t) = U_0 \left[\frac{\tau}{T} + \frac{k_T u_m(t)}{T} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\pi} \left[\sin n\omega_0(t - t_1 + k_T u_m(t)) - \sin n\omega_0(t - t_2) \right] \right]$$

Impulsna modulacija po trajanju

Demodulacija ITM signala može da se obavi na dva načina:

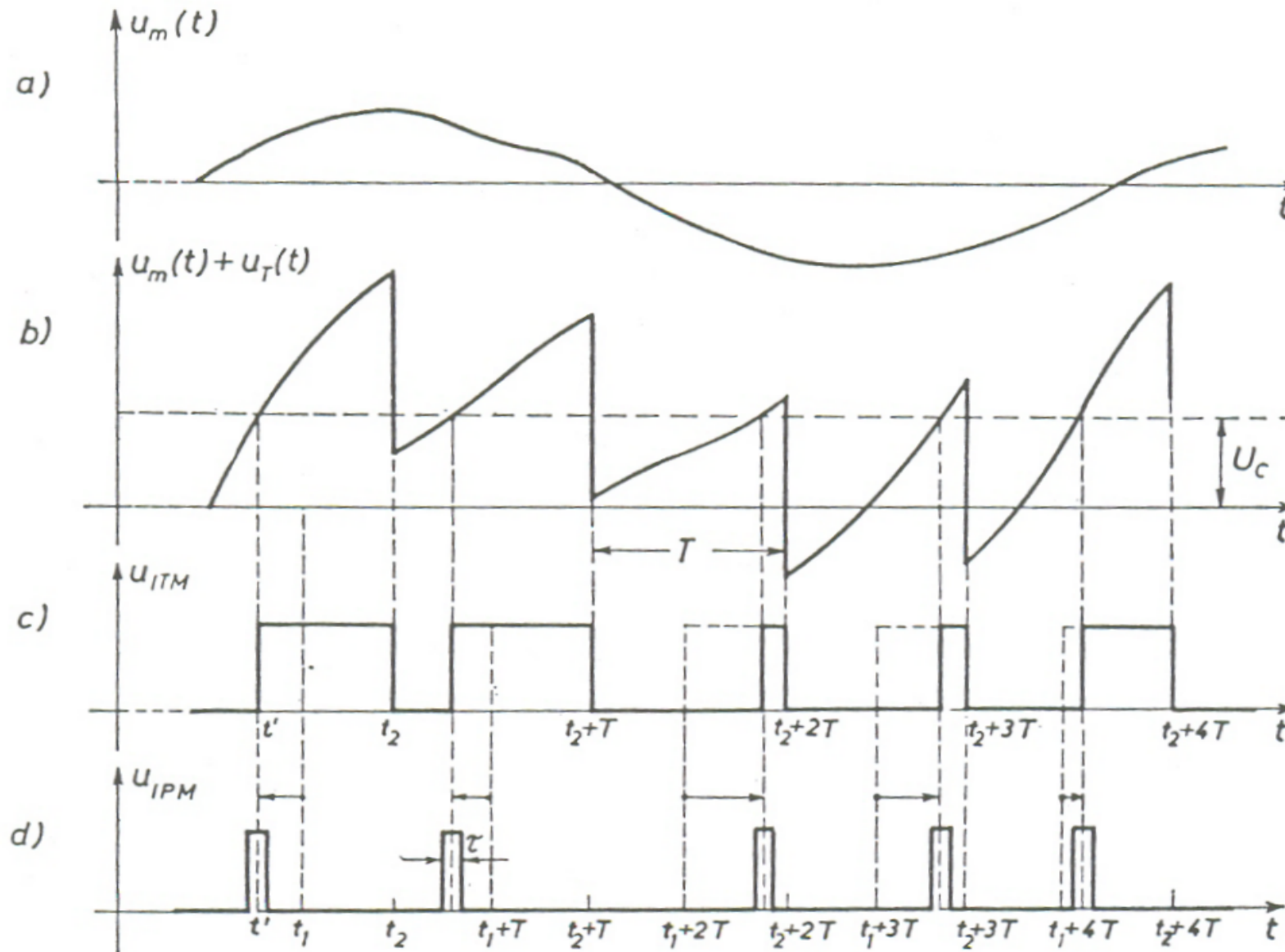
- **Direktno** - upotrebom filtra propusnika niskih učestanosti, jer ITM signal sadrži u sebi signal poruke.
- **Konverzijom ITM signala u IAM signal**, koji se zatim demoduliše upotrebom filtra propusnika niskih učestanosti.



Impulsno položajna modulacija

- Ako je riječ o prednjoj ivici kao promjenljivom parametru, onda se umjesto cijelog impulsa, čije je trajanje promjenljivo i ravno $|t - t_2|$, može prenositi jedan uzak impuls trajanja τ koji svojim položajem u vremenu definiše položaj prednje ivice ITM signala. Prema tome, položaj impulsa u odnosu na referentne tačke $t_1, t_1 + T, t_1 + 2T \dots$ predstavlja promjenljivi parametar u kome je sadržana poruka.
- Impulsna položajna modulacija je manje osjetljiva na šum od IAM. S obzirom na prednosti koje ima nad ITM, ova vrsta modulacije primjenjuje se u sistemima multipleksa sa malim brojem kanala (12, 24, 36 pa i 60 kanala).

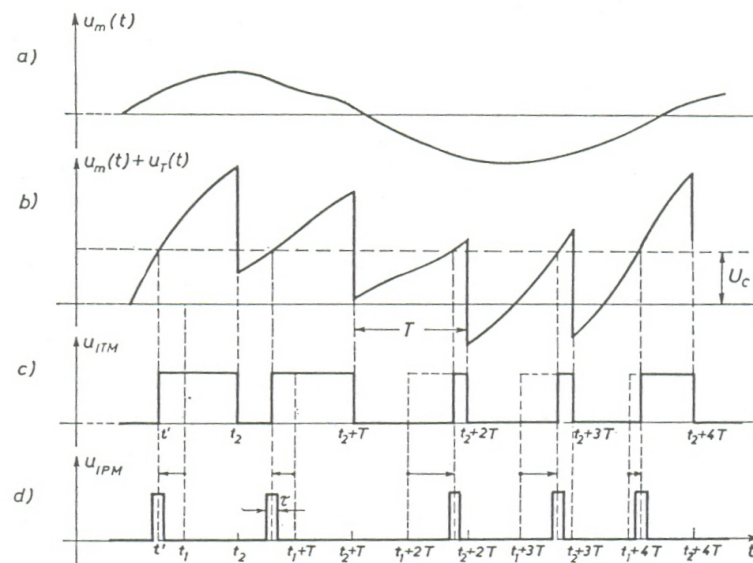
Impulsno položajna modulacija



Impulsno položajna modulacija

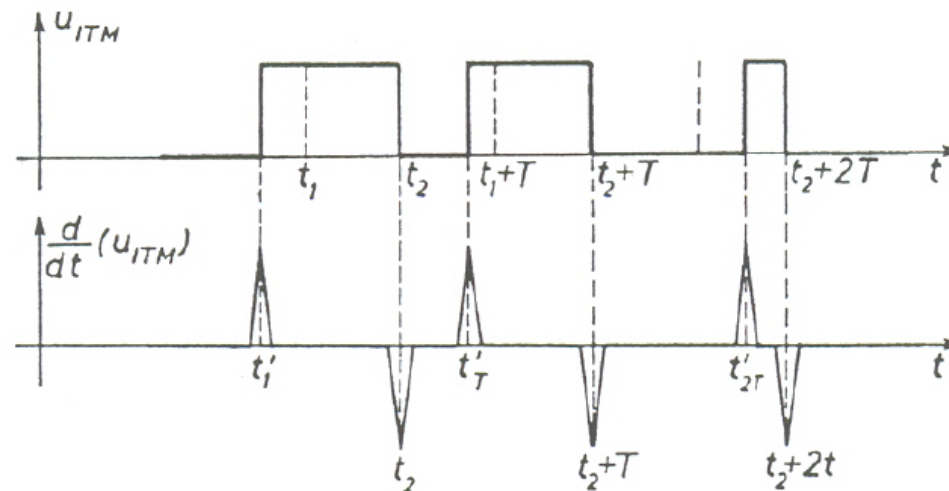
Postoji više načina za realizaciju IPM

1. Najprije se proizvede ITM signal, a zatim ovako modulirani impulsi po trajanju pobuđuju jedan elektronski sklop koji na svom izlazu generiše impuls kratkog trajanja svaki put kada modulirana ivica ITM signala prođe kroz neku kontrolnu specificiranu vrijednost.



Impulsno položajna modulacija

2. I u drugom načinu se polazi od ITM signala. Propuštajući ovakav signal kroz kolo za diferenciranje, pod uslovom da je njegova vremenska konstanta znatno manja od trajanja ITM signala, od svakog njegovog impulsa dobiće se dva kratka impulsa. Ta dva impulsa imaju suprotan polaritet. Svi ovi kratki impulsi, koji su izvedeni od ivice čiji se položaj mijenja, imaju isti polaritet. Naravno, isto tako i oni koji pripadaju fiksnim ivicama. Ako se ovi poslednji impulsi odstrane, što je moguće učiniti podesno polarisanim linearnim elektronskim sklopom, na njegovom izlazu dobiće se IPM signal.



Impulsno položajna modulacija

Spektar IPM signala može se pronaći koristeći isti analitički pristup koji se koristio pri nalaženju spektra ITM signala. Periodična povorka nemoduliranih impulsa data je formulom:

$$u_0(t) = U_0 \left\{ \frac{t_2 - t_1}{T} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\pi} [\sin n\omega_0(t - t_1) - \sin n\omega_0(t - t_2)] \right\}$$

Kod impulsno položajne modulacije informacija je sadržana u položajima prednje i zadnje ivice, tako da umjesto t_1 u izrazu za periodičnu povorku nemoduliranih impulsa treba staviti

$$t_1 - k_T u_m(t)$$

odnosno umjesto t_2

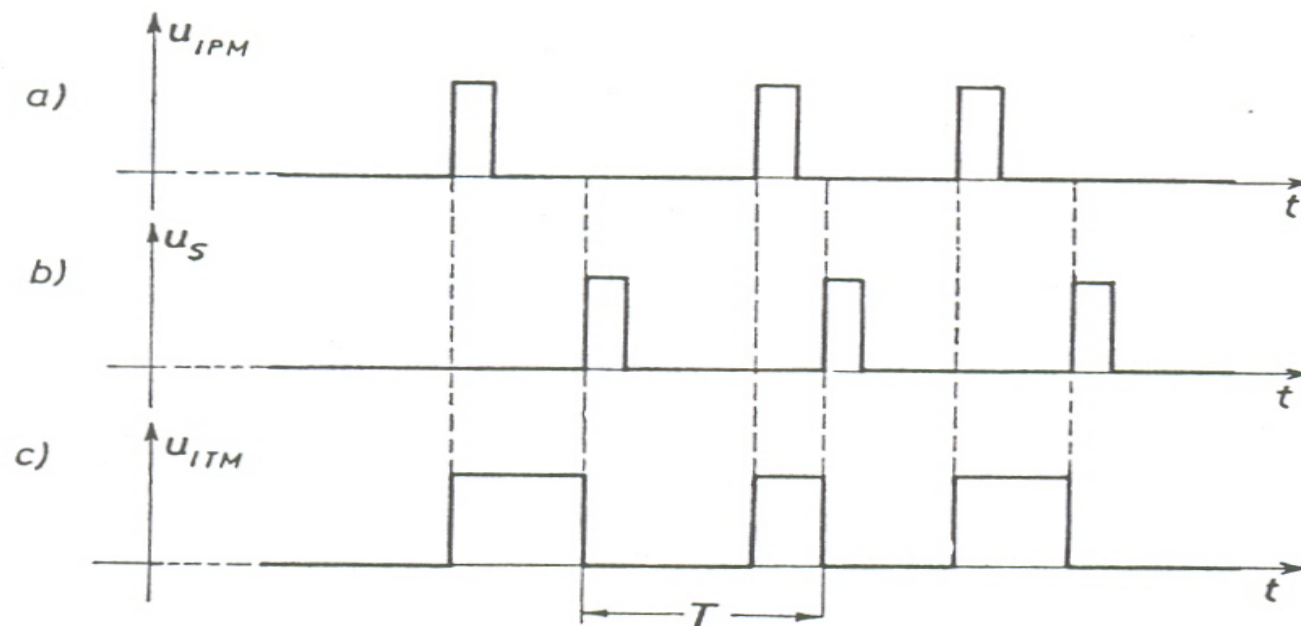
$$t_2 - k_T u_m(t - \tau)$$

Pa se dobija izraz za IPM signl

$$u(t) = U_0 \left\{ \frac{\tau}{T} + \frac{k_T}{T} [u_m(t) - u_m(t - \tau)] + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\pi} [\sin n\omega_0(t - t_1 + k_T u_m(t)) - \sin n\omega_0(t - t_2 + k_T u_m(t - \tau))] \right\}$$

Impulsno položajna modulacija

Za demodulaciju IPM signala najčešće se primjenjuju dva metoda. U prvom, na prijemu se obavi konverzija IPM signala u ITM signal, a onda se ovaj demoduliše. Konverzija se obavlja pomoću elektronskog kola koje ima dva stabilna stanja. Jedno od njih se uspostavlja pod uticajem impulsa IPM signala, a drugo pod uticajem impulsa dobijenih iz generatora sinhronizacionih impulsa u prijemu. To kolo funkcioniše na sledeći način:



Impulsno položajna modulacija

U drugom metodu demodulacije koristi se filter niskih učestanosti kome je na izlaz vezan amplitudski korektor. Analizirajući spektar IPM signala vidi se da spektralna gustina amplituda drugog člana glasi:

$$2 \frac{k_T}{T} U_0 |U_m(j\omega)| \sin \frac{\omega\tau}{2}$$

Ovaj član ima spektar u istom opsegu učestanosti kao i modulišući signal od 0 do f_m , pa on može da se izdvoji filtrom. Ali, spektar koji se dobije na izlazu iz filtra modifikovan je po amplitudi. To znači da je signal izobličen. Korišćenjem korektora koji je u stanju da otkloni ove varijacije, na njegovom izlazu dobiće se neizobličen signal.

Pitanja za usmeni dio kolokvijuma

- Impulsna modulacija
- IAM
- ITM
- IPM