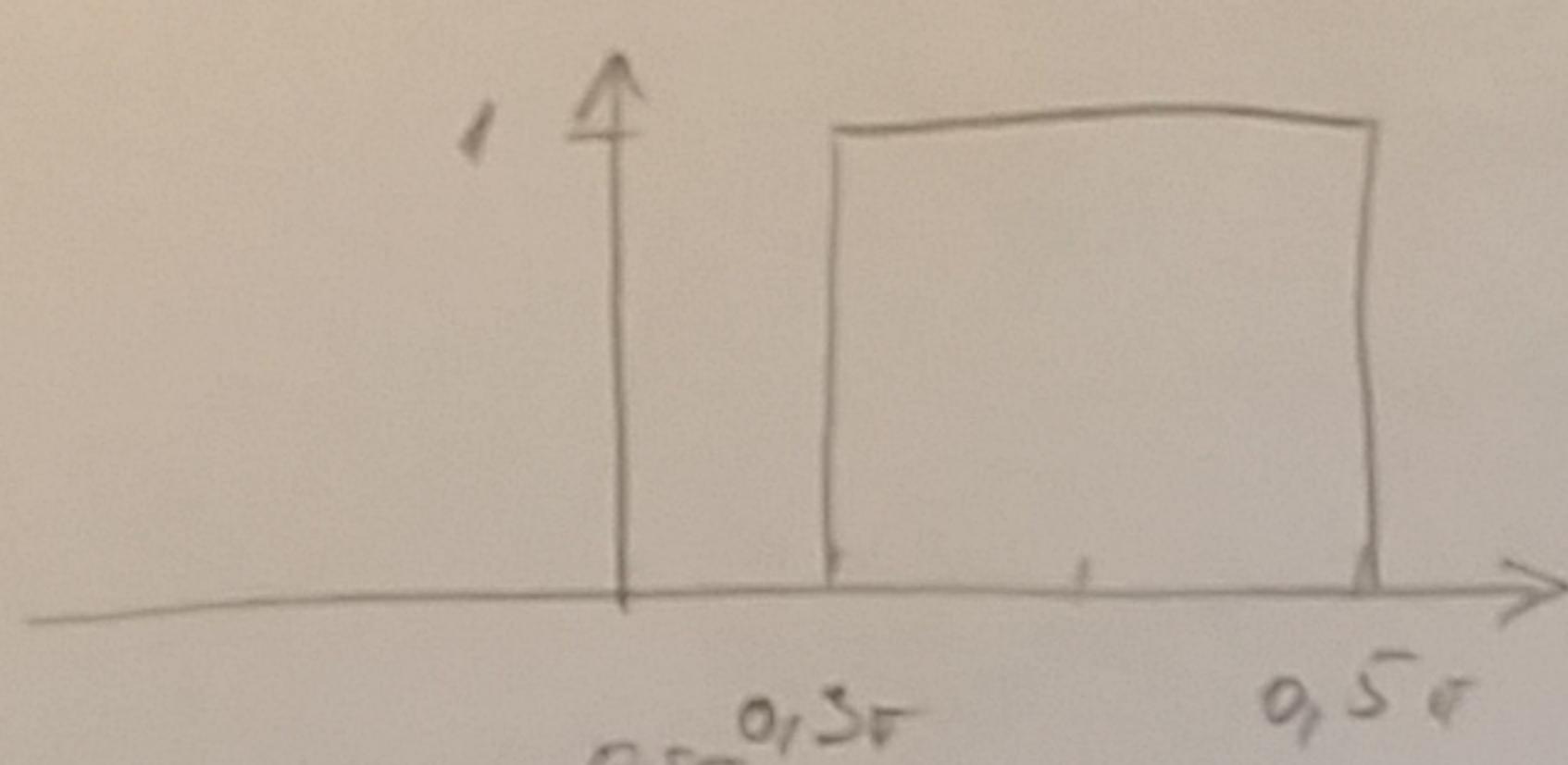


$e^{j\varphi_{100}}$

$- e^{j\varphi_{100}}$

①



$$h[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{0,5\pi}^{0,5\pi} e^{jwn} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{jn} e^{jwn} \Big|_{0,5\pi}^{0,5\pi} = \frac{e^{j0,4\pi n}}{\pi} (e^{j0,1\pi n} - e^{-j0,1\pi n}) =$$

$$= \frac{e^{j0,4\pi n}}{\pi} \sin(0,1\pi n) = 0,1 \operatorname{sinc}(0,1n) e^{j0,4\pi n}$$

Obrada signala u komunikacijama

1. domaća zadaća

Zadatak 1 (5 bodova)

Odrediti impulsni odziv idealnog digitalnog pozitivno-propusnog filtra s područjem propuštanja od 0.3π do 0.5π .

Zadatak 2 (5 bodova)

Odrediti izraz i energiju LSB signala na frekvenciji nosioca ω_0 , ako je modulacijski signal zadan izrazom

$$u_m(t) = \frac{5}{\pi} \text{sinc}(5t) - \frac{2}{\pi} \text{sinc}(2t)$$

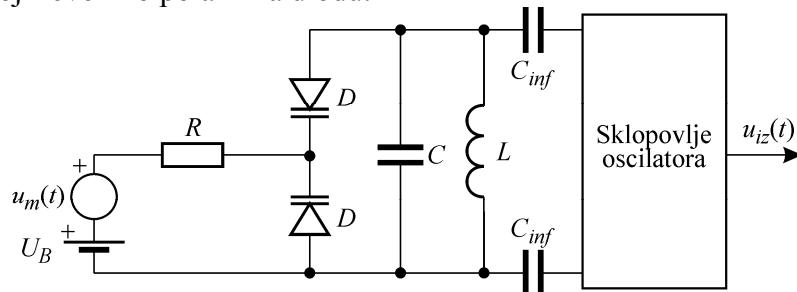
gdje sinc označava nenormirano sinc funkciju.

Zadatak 3 (5 bodova)

Na ulaz naponski upravljanog oscilatora prikazanog slikom dovodi se modulacijski signal $u_m(t)$, dinamike ± 50 mV i granične frekvencije 10 kHz. Na izlazu oscilatora dobiva se modulirani signal $u_{iz}(t)$, frekvencije nosioca 2 MHz. Odrediti iznos kapaciteta C , te širinu frekvencijskog područja potrebnu za prijenos dobivenog signala. Poznate su vrijednosti elemenata $L = 35$ μH , $U_B = 3.3$ V, $R = 1$ $M\Omega$. Kapacitet varikap diode ovisno o naponu na njezinim priključcima mijenja prema izrazu

$$C_j = \frac{120}{\sqrt{u_D[\text{V}]}} , \quad [\text{pF}]$$

gdje je u_D napon koji reverzno polarizira diodu.



Zadatak 4 (5 bodova)

FM prijemnik s jednostrukom transpozicijom frekvencije može primati signale iz frekvencijskog područja od 60 MHz do 64 MHz, pri čemu širina pojedinih kanala iznosi 100 kHz. Za detekciju signala koristi se kvadraturni detektor. Za zadani prijemnik potrebno je:

- nacrtati blokovsku shemu,
- odrediti raspon frekvencija u kojem radi lokalni oscilator, ako centralna frekvencija međufrekvencijskog pojačala iznosi 10.7 MHz,
- specificirati područja propuštanja pojedinih filtera,
- odrediti red ulaznog filtra tako da potiskivanje zrcalnih frekvencija bude barem 60 dB pod pretpostavkom da je on tipa Butterworth,
- odrediti vrijeme kašnjenja linije u demodulatoru.

Zadatak 5 (5 bodova)

Na primjeru četveropola zaključenog zrcalnim impedancijama pokazati od čega se sastoji zrcalna konstanta prijenosa. Objasniti vezu između zrcalne konstante gušenja idealnog četveropola zaključenog zrcalnim impedancijama te gušenja odnosno pojačanja stvarnih sustava.

Zadatak 6 (5 bodova)

Korištenjem analitičkih signala nosioca te modulacijskog signala izvesti izraz i nacrtati implementaciju sklopa za dobivanje SSB signala.

Zadatak 7 (5 bodova)

Nacrtati shemu i objasniti princip rada diskriminatora s titrajnim krugom. Koja je uloga limitera u ovakvim sklopovima?

Zadatak 8 (5 bodova)

Definirati kompleksnu ovojnicu signala i na temelju nje izvesti izraz za kanonski oblik pojasnopropusnog signala. Nacrtati blokovsku shemu sklopa za dobivanje moduliranog signala na frekvenciji ω_0 , iz dane kompleksne ovojnica. Navesti dobre i loše strane ovakvog pristupa generiranju moduliranih signala?.

$$(2) u_m(t) = \frac{5}{\pi} \sin(5t) - \frac{2}{\pi} \sin(2t)$$

neunormirani
 $\text{sinc}(x) = \frac{\sin x}{x}$

normirani

$$u_{LSB}(t) = u_m(t) \cos(\omega_0 t) + \hat{u}_m(t) \sin(\omega_0 t)$$

$$\text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$$

Koristimo to formula jor je eksplicitno
 tražiti LSB

$$2t = \pi x \Rightarrow x_2 = \frac{2t}{\pi}$$

$$x = \frac{5t}{\pi}$$

$$\hat{u}_m(t) = \frac{8}{\pi} \frac{1-\cos(5t)}{5t} - \frac{2}{\pi} \frac{1-\cos(2t)}{2t}$$

$$u_{LSB}(t) = \left[\frac{5}{\pi} \sin\left(\frac{5t}{\pi}\right) - \frac{2}{\pi} \sin\left(\frac{2t}{\pi}\right) \right] \cos(\omega_0 t) + \left[\frac{1-\cos(5t)}{\pi t} - \frac{1-\cos(2t)}{\pi t} \right] \sin(\omega_0 t)$$

$$u_{LSB}(t) = \left[\frac{5}{\pi} \frac{\sin(5t)}{5t} - \frac{2}{\pi} \frac{\sin(2t)}{2t} \right] \cos(\omega_0 t) + \left[-\frac{1}{\pi t} \cos(5t) + \frac{1}{\pi t} \cos(2t) \right] \sin(\omega_0 t)$$

$$u_{LSB}(t) = \frac{1}{\pi t} \left[\sin(5t) \cos(\omega_0 t) - \sin(2t) \cos(\omega_0 t) - \cos(5t) \sin(\omega_0 t) + \cos(2t) \sin(\omega_0 t) \right]$$

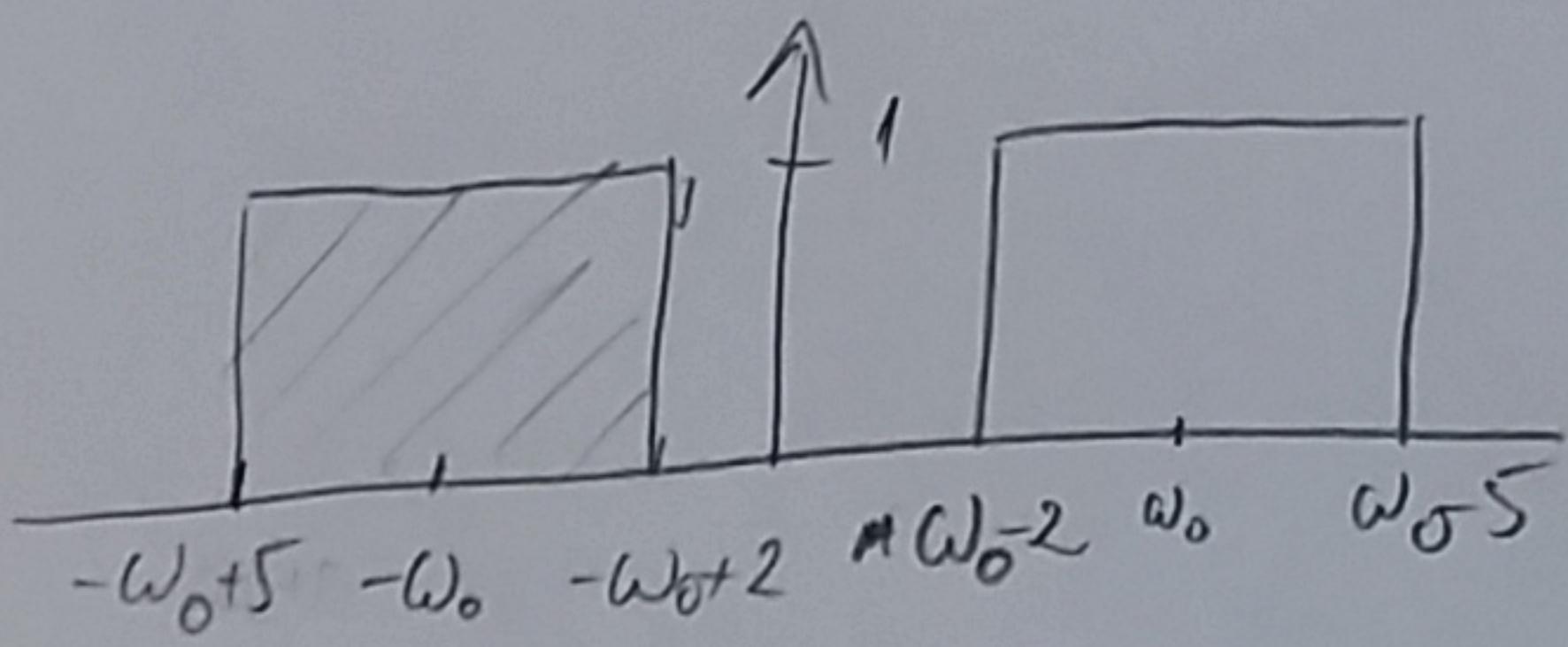
$$= \frac{1}{2\pi t} \left[\sin((5-\omega_0)t) + \cancel{\sin((5+\omega_0)t)} - \sin((2-\omega_0)t) - \cancel{\sin((2+\omega_0)t)} \right]$$

$$= \frac{1}{2\pi t} \left[-2 \sin((\omega_0-5)t) + 2 \sin((\omega_0-2)t) \right] = \frac{\sin((\omega_0-2)t)}{\pi t} - \frac{\sin((\omega_0-5)t)}{\pi t} =$$

$$= \frac{\omega_0-2}{\pi} \text{sinc}((\omega_0-2)t) - \frac{\omega_0-5}{\pi} \text{sinc}((\omega_0-5)t)$$

$$\frac{\omega_0-2}{\pi} = \frac{A\omega_g}{\pi} \Rightarrow \omega_{g1} = \omega_0-2 \quad \omega_{g2} = \omega_0-5$$

$$\left(\frac{A\omega_g}{\pi} \text{sinc}\left(\frac{\omega_g t}{\pi}\right) \right)$$



spektar je čisti rect

$$E = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_0+2}^{-\omega_0+5} |X(\omega)|^2 d\omega = \frac{1}{2\pi} (-\omega_0+5 + \omega_0-2) = \frac{3}{\pi}$$

$$\textcircled{3} \quad f_0 = 2 \text{ MHz}$$

$$C = ?$$

$$f_m = 106 \text{ Hz}$$

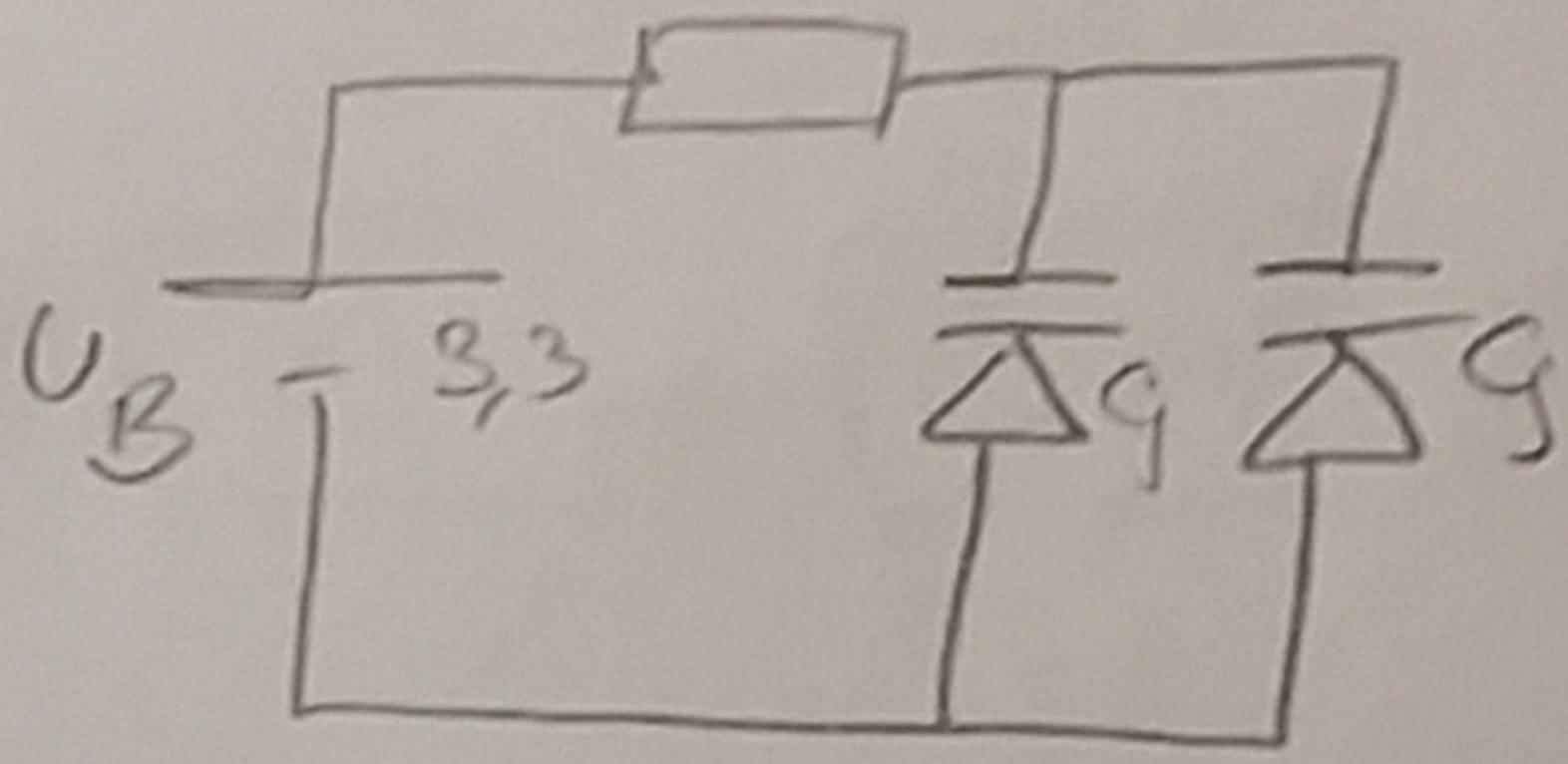
$$L = 35 \mu\text{H}$$

$$U_B = 3,3 \text{ V}$$

$$R = 1 \text{ M}\Omega$$

$$G_j = \frac{120}{\sqrt{u_D}}$$

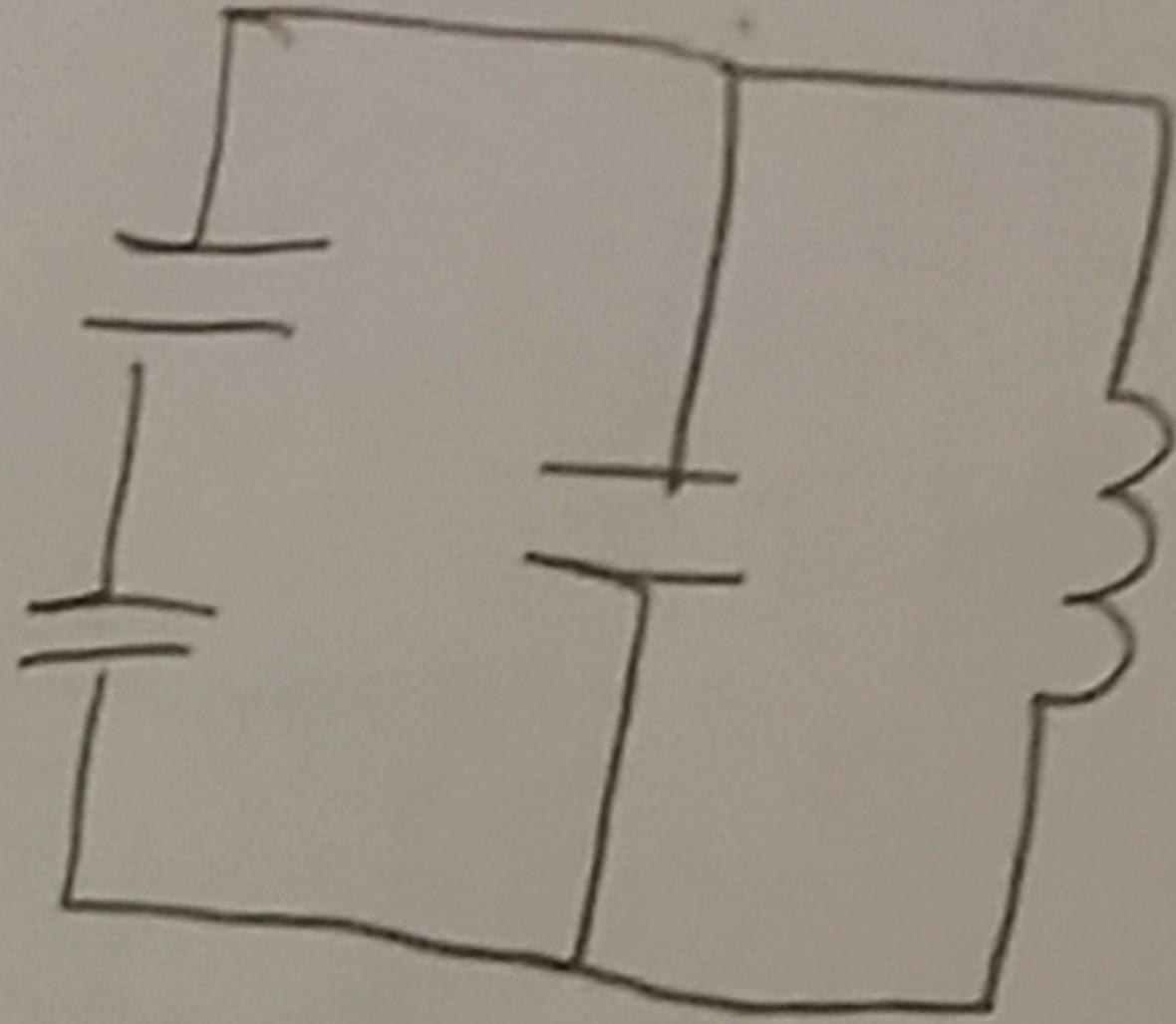
$$B_{fm} = 2\Delta f - 2f_m$$



$$G_j = \frac{120}{\sqrt{u_D}} = 66 \text{ pF}$$

$$C_{ah} = C + \frac{1}{2} G_j =$$

$$\omega_i^2 = \frac{1}{L C_{ah}}$$



$$f_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 L C_{ah}} \Rightarrow C_{ah} = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L} = 181 \text{ pF}$$

$$C = C_{ah} - \frac{1}{2} G_j = 148 \text{ pF}$$

$$k = \frac{dC_j}{du_D} = \frac{d}{du_D} \frac{120}{\sqrt{u_D}} = -60 \cdot \frac{1}{u_D \sqrt{u_D}} = -10 \text{ pF}$$

$$\Delta \omega = \omega_0 \frac{k}{2C} |u_m(\epsilon)|_{\max}$$

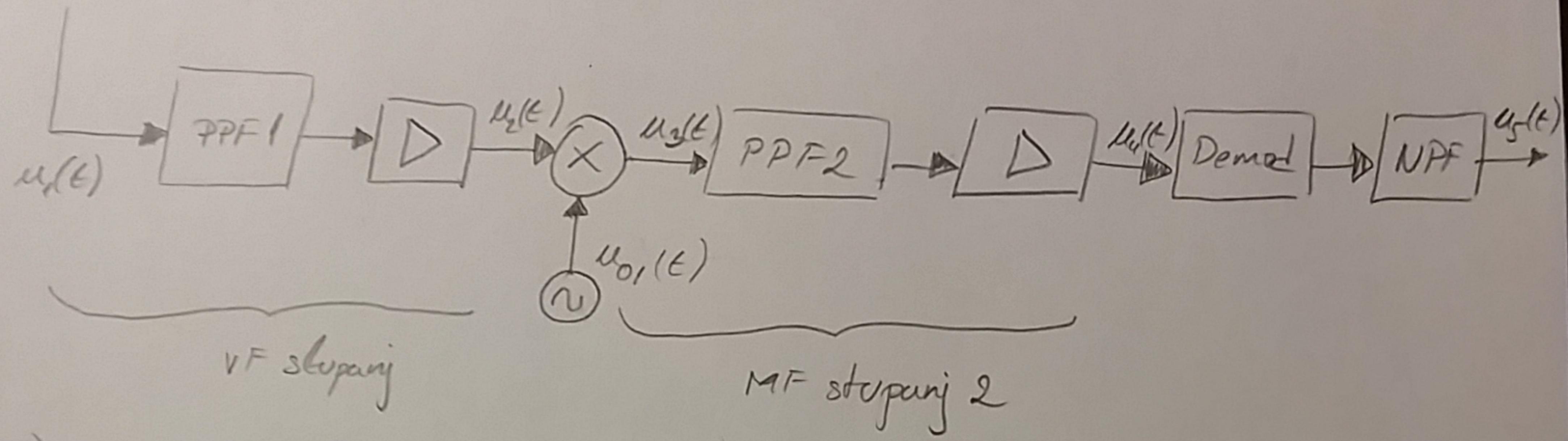
$$m = \frac{\Delta \omega}{\omega_m} = \frac{k u_m \omega_0}{(4C + 2C_j) \omega_m} = \frac{k u_m}{4C + 2C_j} \cdot \frac{f_0}{f_m} = 0,138$$

$$B = 2f_m(m+1) = 22,763 \text{ Hz}$$

$$\text{dw} = \frac{1}{\omega_0} (\omega_0 + 5\omega_0 - 2) = \frac{3}{\pi}$$

(4)

a)



$$b) 60 \text{ MHz} - 64 \text{ MHz}$$

$$B = 100 \text{ kHz}$$

centralne frekvencije

$$10,7 \text{ MHz}$$

$$f_{1k} = (60, 60.1, 60.2, \dots, 63.9, 64) \text{ MHz}$$

frekvencija lokalnog oscilatora

$$f_{01k} = f_{1k} - 10,7 \text{ MHz}$$

$$f_{01k} = (49.3, 49.4, \dots, 53.3) \text{ MHz}$$

$$c) f_{PPF1} = \sqrt{\min(f_{1k}) \cdot \max(f_{1k})} = \sqrt{60 \cdot 64} \text{ MHz} = 61,97 \text{ MHz}$$

$$B_{PPF1} = \max(f_{1k}) - \min(f_{1k}) = 4 \text{ MHz} \quad \text{- širina područja propostanja}$$

$$f_{PPF2} = 10,7 \text{ MHz}$$

$$B_{PPF2} = 100 \text{ kHz}$$

d) $N = ?$

$$f_{01} = \max(f) - 2f_{PPF2} = 64 - 2 \cdot 10,7 = 42,6 \text{ MHz}$$

$$|H_{PPF1}(j\omega)| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{21}^2 - f_{PPF1}^2}{B_{PPF1} - f_{21}}\right)^2 N}} \leq -60 \text{ dB}$$

$$-10 \log \left(\sqrt{1 + \left(\frac{f_{21}^2 - f_{PPF1}^2}{B_{PPF1} - f_{21}} \right)^2 N} \right) \geq 6 \quad N \geq \frac{6}{2} \quad \frac{1}{\log \left| \frac{f_{21}^2 - f_{PPF1}^2}{B_{PPF1} - f_{21}} \right|} = 2,79 \quad (N = 3)$$

$$e) t = \frac{1}{4 \cdot f_{PPF2}} = \frac{1}{4 \cdot 10,7 \cdot 10^6} = 2,336 \cdot 10^{-8} \text{ s} = 23,36 \text{ ns}$$