

## Amplitudna modulacija signala

Signal sinusne oblike zapišemo:

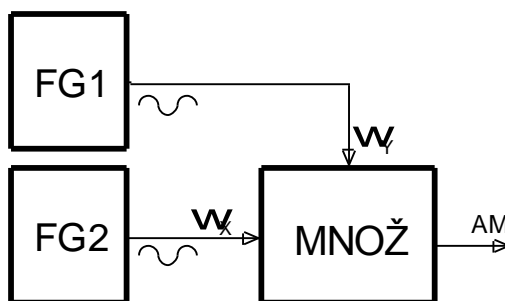
$$X = Y \sin(\omega_X t)$$

Pri tem je  $Y$  amplituda signala,  $\omega_X$  pa frekvenca. Če takemu signalu spreminjamo amplitudo  $Y$  v ritmu modulatorske frekvence  $\omega_Y$  drugega signala sinusne oblike, dobimo amplitudno moduliran signal  $X$ , ki ga zapišemo:

$$X = [1 + Y_0 \sin(\omega_Y t)] \times \sin(\omega_X t)$$

Pri tem je  $Y_0$  amplituda modulatorskega signala, ki je lahko največ ena. Če je amplituda modulatorskega signala večja od ena, modulatorskega signala ne moremo več enostavno izločiti; demoduliran signal je popačen.

Zgoraj zapisani amplitudno modulirani signal se da narediti s pomočjo množilnika na sliki 1. Vendar množilnika ni enostavno narediti s pomočjo elektronskih komponent. Zato se množenja dveh signalov raje lotimo na drugačen način; izrabili bomo nelinearne lastnosti diode.



Slika 1: Princip amplitudne modulacije

Tok  $I_D$  skozi diodo lahko zapišemo:

$$I_D = I_S \left( e^{e_0 U_D / kT} - 1 \right) = I_S \left( e^{U_D / U_T} - 1 \right)$$

V enačbi pomeni  $I_S$  zaporni tok, ki je od  $10^{-6}$  do  $10^{-10}$  A,  $e$  osnovo naravnih logaritmov 2.71,  $e_0$  osnovni naboj elektrona  $1.6 \times 10^{-19}$  As,  $k$  Boltzmannovo konstanto  $1.38 \times 10^{-23}$  J/K ter  $T$  absolutno temperaturo ( $kT/e_0 = U_T \approx 25$  mV pri sobni temperaturi). Padec napetosti na diodi, ki prevaja zmeren tok, je približno 0.6V, zato lahko enko v zgornji enačbi zanemarimo. Za majhne spremembe napetosti na diodi lahko izraz za tok skozi diodo razvijemo v vrsto:

$$I_D = I_S \left( 1 + \frac{U_D / U_T}{1!} + \frac{\left( U_D / U_T \right)^2}{2!} + \frac{\left( U_D / U_T \right)^3}{3!} + \dots \right)$$

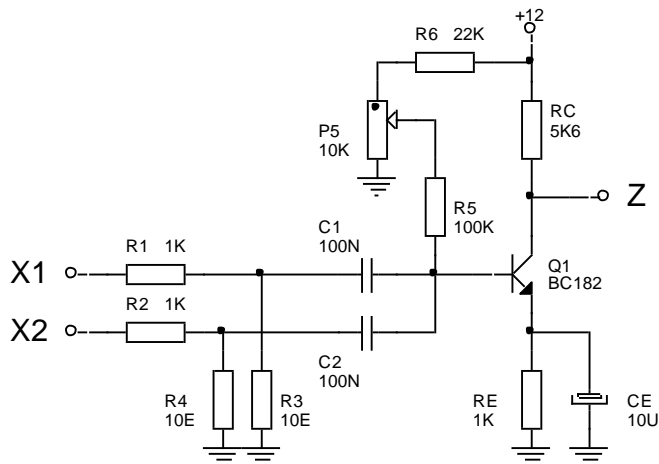
### 3.26 Amplitudna modulacija signala

Naredimo vezje, kjer je napetost na diodi enaka vsoti dveh signalov sinusne oblike z različnima frekvencama; vsoto zapišemo  $U_D = Y \sin(\omega_Y t) + X \sin(\omega_X t)$  in jo vstavimo v zgornjo vrsto. Kratek račun pokaže, da je tok skozi diodo sestavljen iz množice tokov, ki imajo različne frekvence in amplitude. Nas zanima tokrat le tisti tok, ki je produkt obeh signalov, s katerima vzbujamo diodo in predstavlja amplitudno moduliran signal.

Naloga: preveri zgornji račun in pokaži, da je tok skozi diodo sestavljen tudi iz produkta vzbujalnih signalov.

S pomočjo diode (nelinearnega elementa) se torej da množiti dva signala. Ker pa je tok težje meriti kot napetost, uporabimo raje tranzistor. Z diodo med bazo in emitorjem množimo po zgoraj opisanem receptu. Spomnimo se, da je toko skozi kolektor le za ojačevalni faktor  $\beta$  večji od toka skozi bazo! Če med kolektor in napajalno napetost  $U_{CC}$  priključimo primeren upornik, padec napetosti na njem predstavlja tok skozi bazo diodo in torej tudi tisto komponento razvoja v vrsto, ki predstavlja amplitudno moduliran signal.

Naloga: S pomočjo vezja s slike 2 preveri, da se da množiti dva signala sinusne oblike. S potenciometrom  $P$  najprej nastavi izhodno napetost vezja na  $\frac{1}{2}$  napajalne napetosti  $U_{CC}$ , nato priključi na vhodni sponki primerno velika sinusna signala s frekvencama na primer 1kHz in 10kHz ter opazuj izhodni signal. Pozor: oba vhodna signala sta priključena na bazo tranzistorja preko delilnikov napetosti, ker bi bila signala sicer prevelika. Kondenzatorja preprečujeta vhodnima signaloma, da s svojima enosmernima komponentama pokvarita izbrano delovno točko.



Slika 2: Shema amplitudnega modulatorja

### 3.26 Amplitudna modulacija signala

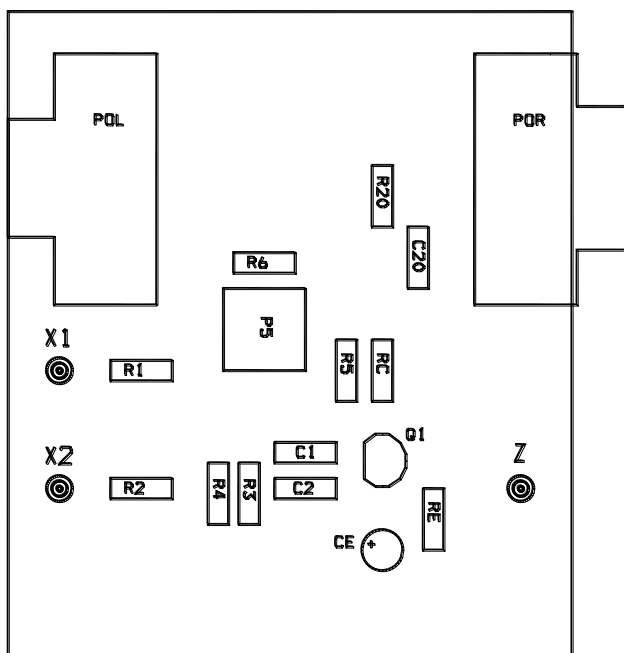
Amplitudno moduliran signal lahko zapišemo še drugače:

$$\begin{aligned} X &= [1 + Y_0 \sin(\omega_Y t)] \times \sin(\omega_X t) = \\ &= \sin(\omega_X t) + \frac{1}{2} Y_0 \{ \cos[(\omega_Y - \omega_X)t] - \cos[(\omega_Y + \omega_X)t] \} \end{aligned}$$

Torej je amplitudno moduliran signal sestavljen iz stalnega sinusnega signala z nosilno frekvenco  $\omega_X$  ter še dveh harmoničnih signalov manjše amplitude, ki imata frekvenci enaki vsoti in razliki nosilne in modulatorske frekvence.

Naloga: S pomočjo digitalnega osciloskopa, ki zmore pokazati frekvenčni spekter signala (FFT), opazuj izhodni signal iz vezja. Spreminjaj amplitudi in frekvenci vhodnih signalov in pojasni spremembe spektra na osciloskopu.

Namesto upornika  $R_C$  v kolektorju tranzistorja  $Q_1$  bi lahko uporabili tudi nihajni krog (vzporedno vezana kondenzator in tuljavo). Izbrali bi taki vrednosti elementov, da bi resonančna frekvenca nihajnega kroga bila enaka nosilni frekvenci  $\omega_X$ . Ker je impedanca nihajnega kroga največja v resonanci, se razmere v vezju za nosilno frekvenco in njeno bližnjo okolico ne spremenijo. Upornost nihajnega kroga pri ostalih frekvencah pa je manjša, zato bi bile manjše tudi amplitude signalov z drugimi frekvencami.



Slika 3: Razpored elementov na ploščici tiskanega vezja



