

Frekvenčni števec

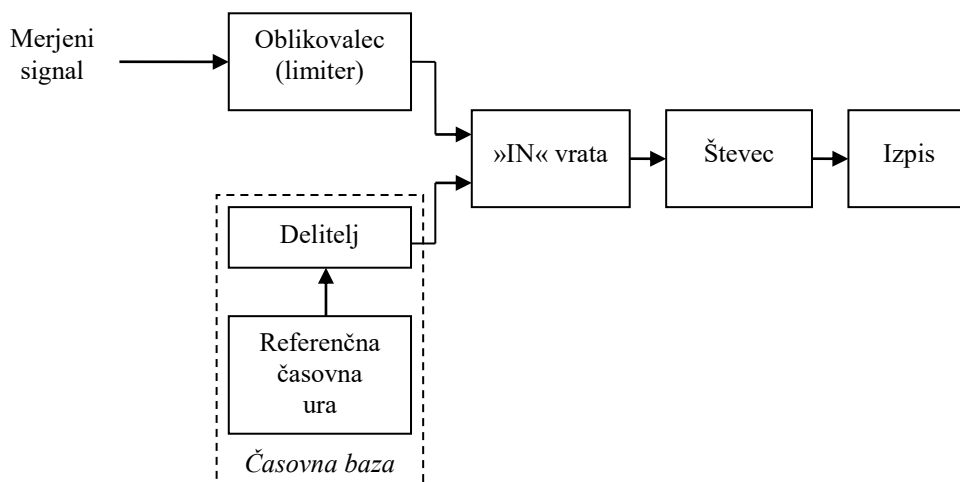
Frekvenčni števec

Ena od najtočneje izmerjenih veličin nasploh je vsekakor čas oziroma frekvenca signala $f = 1/t$. Frekvenca signala je enaka številu period v (referenčni) časovni enoti, torej v 1 s. Točnost merjenja časa oz. frekvence torej zavisi od točnosti in stabilnosti referenčne ure. Tabela 1 navaja okvirne stabilnosti referenčnih ur (elektronska referenčna ura je po navadi sestavljena iz elektronskega oscilatorja).

Tabela 1: Razredi stabilnosti referenčnih elektronskih ur

RC oscilator	10^{-2}
Kristalni oscilator (XO)	10^{-8}
Kristalni oscilator v pečici (OCXO)	10^{-10}
Komercialna rubidijeva ura (Rb_{87})	$10^{-12} \dots 10^{-13}$
Komercialni vodikov maser	$10^{-14} \dots 10^{-15}$
Cezijeva ura (Cs_{137})	$10^{-14} \dots 10^{-16}$
Cezijev vodnjak (NIST)	$10^{-17} \dots 10^{-18}$

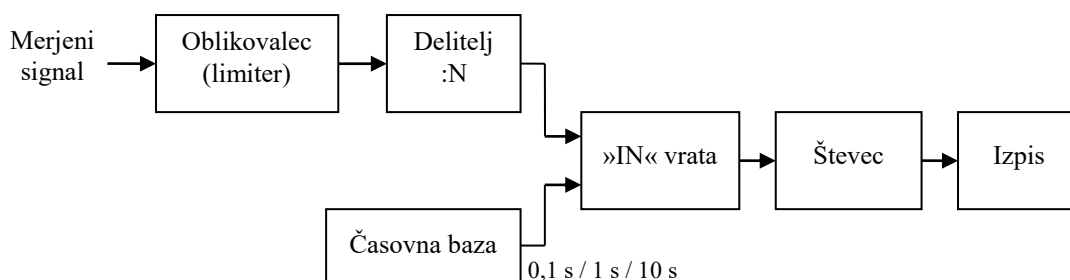
Frekvenčni števec (frekvencmeter) je digitalna naprava, ki vsebuje referenčno časovno uro in števec, ki šteje vhodne periode merjenega signala. V osnovi frekvenčni števec deluje tako, da njegova notranja referenčna ura omogoči štetje period vhodnega signala v časovnem intervalu referenčne ure. Po navadi ta interval traja 0,1 s, 1 s ali pa tudi 10 s. Ker je referenčna ura po navadi visokostabilen in frekvenčno točen kristalni oscilator frekvenca 1 MHz ali 5 MHz ali 10 MHz, potrebuje števec za osnovni merilni interval dodatni delitelj. Slednji tvori skupaj z referenčno časovno uro časovno bazo. Seveda mora biti časovni interval čim točnejši, saj od tega zavisi točnost samega frekvenčnega števca. Omenjeni kristalni oscilator je zato temperaturno stabiliziran v pečici (ang. »OCXO«) in toplotno izoliran od okolice, da se njegova frekvenca čim manj spreminja.



Slika 1: Poenostavljen blokovni načrt frekvenčnega števca.

Vhodni merjeni signal po navadi nima logičnega nivoja, primerneza za »IN« vrata, ki omogočijo štetje števec, zato je na vhodu po navadi oblikovalno vezje (limiter ali »schmitt-ov trigger«). To poskrbi za lepo pravokotno obliko, s čim strmejšimi frontami signala. »IN« vrata spustijo oblikovani vhodni signal na števec, ko daje časovna baza visok nivo. Števec šteje periode vhodnega signala in preneha po iztečenem intervalu časovne baze. Če časovna baza traja 1 s (10s; 0,1 s), potem je izmerjeni rezultat točen na 1 Hz (0,1 Hz; 10Hz). Število period iz števec prebere izpisovalno vezje oziroma digitalni prikazovalnik. Blokovni načrt osnovnega frekvenčnega števec je prikazan na Sliki 1.

Če merjeni signal delimo s predelilcem (ang. »prescaler«) z deliteljem N in šele nato vodimo na »IN« vrata, povišamo vhodno frekvenčno mejo frekvenčnega števec za isti faktor N. Ker pa dobimo v enakem časovnem intervalu časovne baze (npr. v 1 s) N-krat manj period vhodnega signala, izgubimo na ločljivosti meritve. Če hočemo meriti v tem primeru z enako ločljivostjo, potem moramo povečati časovni interval časovne baze za isti faktor N. Seveda je smiselno uporabiti predelilec le v primeru, ko je slednji mnogo hitrejši od »IN« vrat ter samega števec. Po navadi predelilci dvignejo merilno zgornjo frekvenčno mejo v gigaherčno področje, čeprav osnovni frekvenčni števec zmore meriti le do nekaj deset megahercev. Blokovni načrt frekvenčnega števec s predelilcem prikazuje slika 2.



Slika 2: Poenostavljen blokovni načrt frekvenčnega števec s predelilcem za povišanje zgornje frekvenčne zmogljivosti frekvenčnega števec.

Ključne lastnosti frekvenčnega števec:

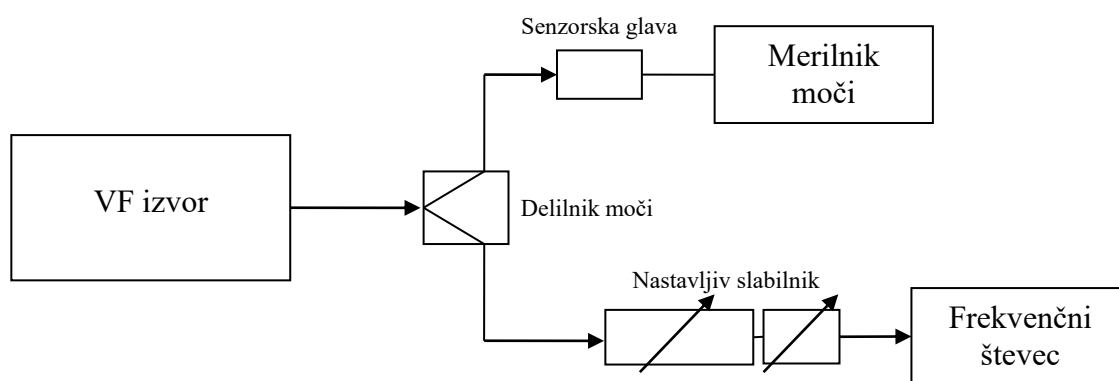
- Vhodna občutljivost je sposobnost merjenja frekvence pri nizkih vhodnih signalih. Občutljivost ne sme biti previsoka, saj bi že najmanjši šum vplival na meritev (še posebej pri visokoohmskem vhodu). Vhodni del (oblikovalec vhodnega signala) mora imeti histerezo, da popačenja ali šum v signalu ne kvari meritve. Običajno se za histerezo uporabi »Schmitt-trigger« vezje. Izkaže se, da je optimalna vhodna občutljivost, kjer šum še ne dela težav, okoli 10-20 mV. V točki najvišje občutljivosti vhoda frekvenčnega števec šum že lahko preseže velikost histereze, zato lahko števec prikazuje določeno frekvenco brez priključenega vhodnega signala. Ta pojav je še posebej izrazit pri visokofrekvenčnih števcih v gigaherčnem območju.
- Vhodna impedanca je zelo odvisna od vhodnega dela frekvenčnega števec. Pri nizkih frekvencah je zaželena visoko-ohmska impedanca ($\sim 1\text{ M}\Omega$), pri visokih pa $50\ \Omega$. Običajno z enim vhodom to ne moremo doseči (brez notranjega preklapljanja signala). Zato sta nizkofrekvenčni in visokofrekvenčni vhod ločena, vsak s svojim konektorjem.
- Tipična merilna napaka, ki se pojavi v enostavnih frekvenčnih števcih s slike 1 in 2, je drhtenje najmanj pomembnega digita. Do te napake pride zaradi nesinhroniziranosti med vhodnim merjenim signalom in uro časovne baze. Napaka se kaže kot naključna sprememba zadnjega digita za ± 1 .

Seznam potrebnih pripomočkov

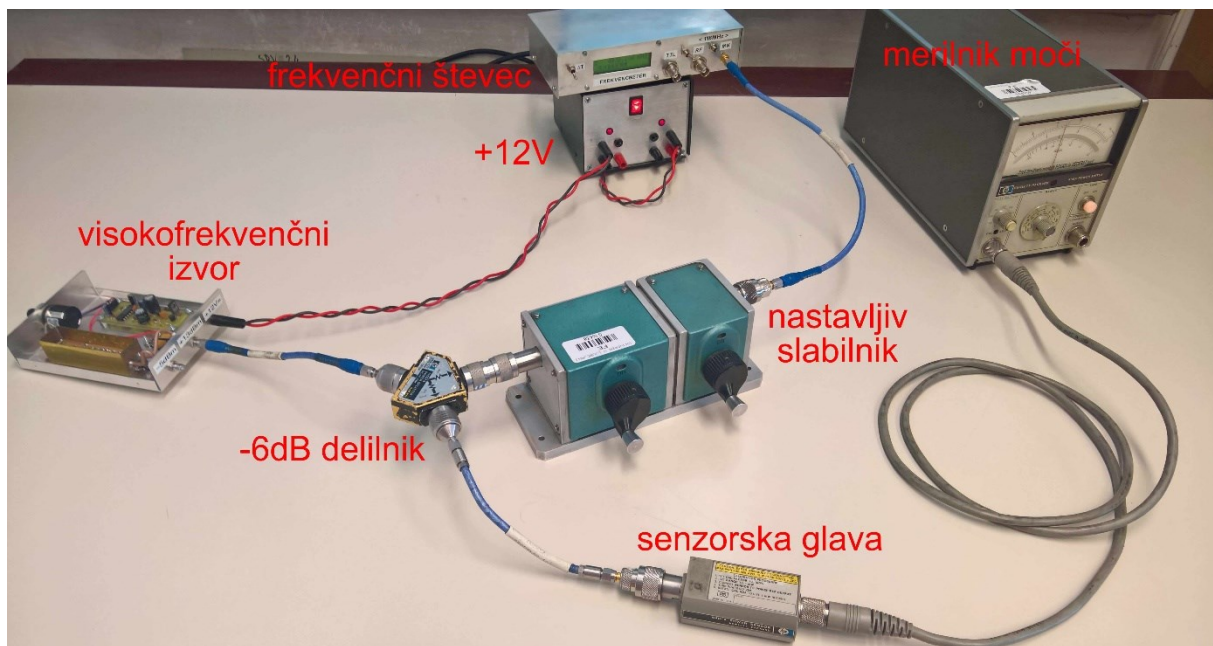
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Frekvenčni števec (s predelilcem) za področje do nekaj GHz
- Visokofrekvenčni izvor z neznano frekvenco
- Merilnik moči s pripadajočo senzorsko glavo
- Nastavljiv slabilnik
- Delilnik moči 6 dB

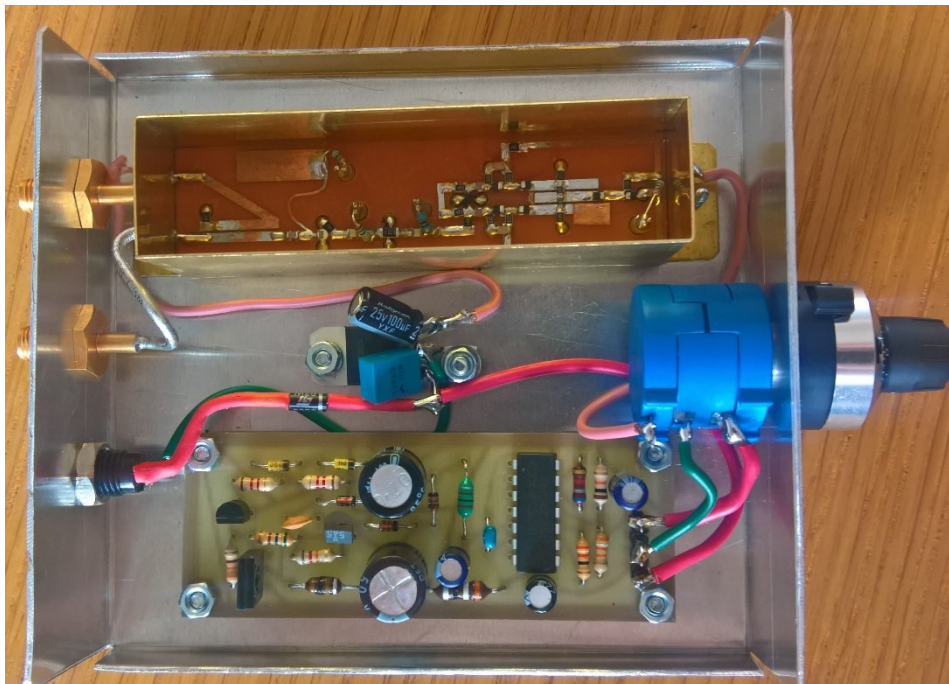
Postavitev merilnih pripomočkov prikazuje slika 3, razporeditev pa slika 4.



Slika 3: Skica vezave merilnih pripomočkov



Slika 4: Slika vezave merilnih pripomočkov

Opis poteka vaje

Slika 5: Visokofrekvenčni izvor

V domači delavnici smo izdelali nastavljiv visokofrekvenčni izvor, ki deluje v GHz področju. Njegovo izhodno frekvenco nastavljamo z vrtenjem potenciometra, s čimer spreminjamo krmilno napetost nihajnega kroga. Žal ne vemo, kakšna je povezava med števkami na potenciometru in izhodno frekvenco, zato želimo skalo umeriti.

Vendar smo sami izdelali tudi frekvenčni števec. Če mu zaupamo do te mere, da je meritev frekvence točna zaradi izbire stabilne reference, mu ne zaupamo, da meri pravilno ne glede na vhodno moč signala, ki ga pripeljemo na njegov vhod »MW«.

Pri vaji tako umerjamo skalo visokofrekvenčnega izvora, hkrati pa določamo občutljivost frekvenčnega števca pri dani frekvenci.

Meritev začnemo z nastavitvijo potenciometra visokofrekvenčnega izvora v položaju 000. Nastavljeni slabilec nastavimo na 0 dB. Odčitamo frekvenco in moč na merilniku moči. Nato povečujemo slabljenje toliko časa, dokler se odčitek frekvence na zaslonu frekvenčnega števca ne spremeni. Za občutljivost proglasimo moč signala, pri kateri števec ravno še pravilno meri frekvenco. V takem slučaju bi povečanje slabljenja za 1dB pomenilo napačen odčitek, na zaslonu pa bo izpisana napačna frekvenca. Seveda bomo morali moč na vhodu frekvenčnega števca preračunati sami. Upoštevati moramo nastavljeni slabilec in delilnik moči. Nato spremenimo vrednost na potenciometru in ponovimo meritev.

Naloga

1. Umerite frekvenčno skalo visokofrekvenčnega izvora. Izmerite frekvenco in moč vira. Odvisnost frekvence od nastavitve potenciometra narišite na graf.
2. Izmerite vhodno občutljivost frekvenčnega števca, ter jo narišite na graf.