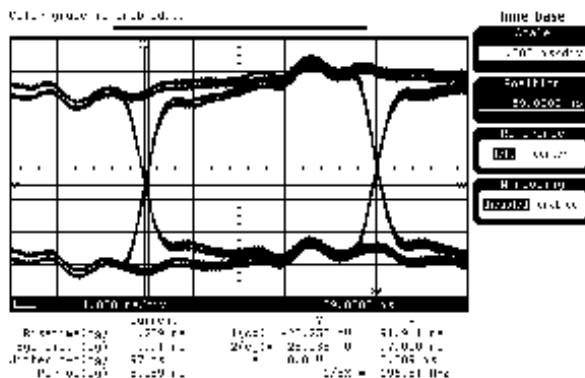


3. Merenje džitera i sinhronizacija

Zadatak 1. Prilikom merenja džitera u IEEE 1394 sistemu dobijen je dijagram oka prikazan na slici 1.1.



Slika 1.1. Djagram oka IEEE 1394 sistema

Izračunati su parametri:

$$\begin{aligned}\sigma &= 17 \text{ ps} \\ \text{range} &= 80 \text{ ps}.\end{aligned}$$

Signal je potom usrednjavao i ponovo su izračunate vrednosti ovih parametara koje su iznosile:

$$\begin{aligned}\sigma &= 16 \text{ ps} \\ \text{range} &= 30 \text{ ps}.\end{aligned}$$

Standardom je deklarirano da je maksimalna dozvoljena vrednost džitera u sistemu $\Delta t_{\max} = 100 \text{ ps}$, sa standardnom devijacijom od $\sigma_{\max} = 20 \text{ ps}$, odnosno da je nominalna vrednost džitera $\Delta t_{\text{nom}} = 50 \text{ ps}$ sa standardom devijacijom od $\sigma_{\text{nom}} = 18 \text{ ps}$. Da li na osnovu izmerenih vrednosti džitera sledi da je sistem usklađen sa standardom?

Rešenje

U prvom slučaju izmereni su parametri ukupnog džitera u sistemu (deterministička i stohastička komponenta), pa je

$$\sigma_{\text{uk}} = 17 \text{ ps} \tag{1.1}$$

$$\Delta t_{\text{uk}} = 80 \text{ ps} \tag{1.2}$$

Usrednjavanjem signala potiskuje se komponenta stohastičkog džitera, pa se izračunate vrednosti u drugom merenju odnose samo na determinističku komponentu.

$$\sigma_{\text{d}} = 16 \text{ ps} \tag{1.3}$$

$$\Delta t_{\text{d}} = 30 \text{ ps} \tag{1.4}$$

3. Merenje džitera i sinhronizacija

Odavde se dobija da stohastička komponenta džitera u sistemu ima parametre:

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_{uk}^2 - \sigma_d^2} = 5,75 \text{ ps} \quad (1.5)$$

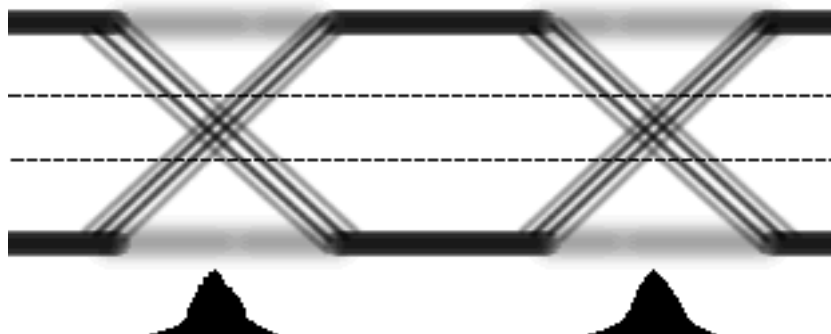
$$\Delta t_s = \Delta t_{uk} - \Delta t_d = 50 \text{ ps} \quad (1.6)$$

Sistem će biti usklađen sa standardom ako su zadovoljene sledeće nejednakosti

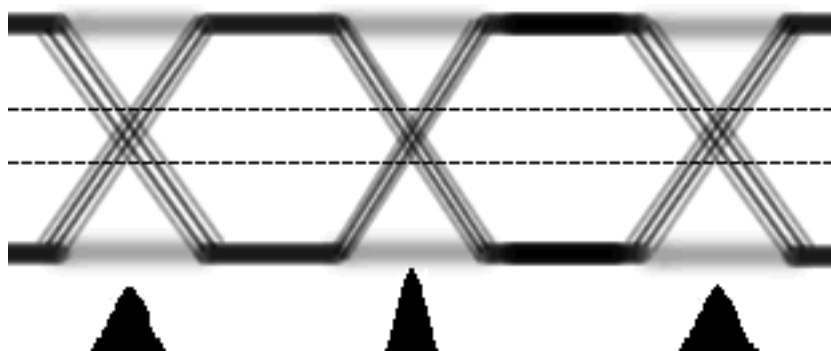
$$\begin{aligned} \Delta t_{uk} &< \Delta t_{max} \\ \Delta t_s &< \Delta t_{nom} \\ \sigma_{uk} &< \sigma_{max} \\ \sigma_d &< \sigma_{nom} \end{aligned} \quad (1.7)$$

S obzirom da su ove nejednakosti ispunjene, sledi da je sistem usklađen sa navedenim standardom.

Zadatak 2. Dijagrami oka binarnih signala sa jedne komunikacione linije prikazani su na slikama 2.1, 2.2 i 2.3. Na slikama su dati i histogrami dijagrama oka. U prvom slučaju (slika 2.1) vremenska baza osciloskopa bila je podešena tako da prikazuje samo jednu periodu signala. U drugom slučaju (slika 2.2) vremenska baza je prepolovljena, a u trećem (slika 2.3) postavljena na jednu trećinu periode. Perioda signala je $T = 1 \text{ ns}$.

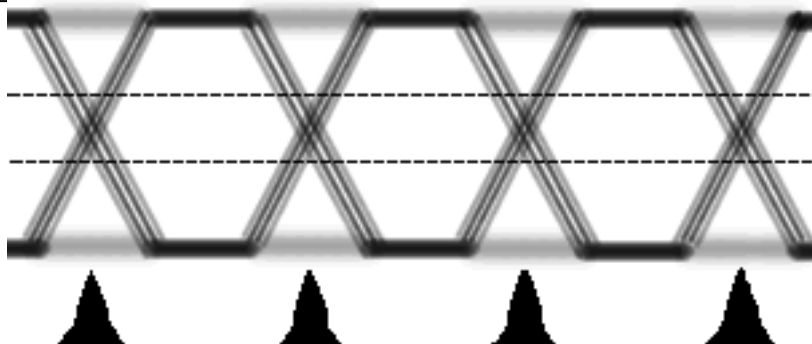


Slika 2.1. Prvo merenje



Slika 2.2. Drugo merenje

3. Merenje džitera i sinhronizacija



Slika 2.3. Treće merenje

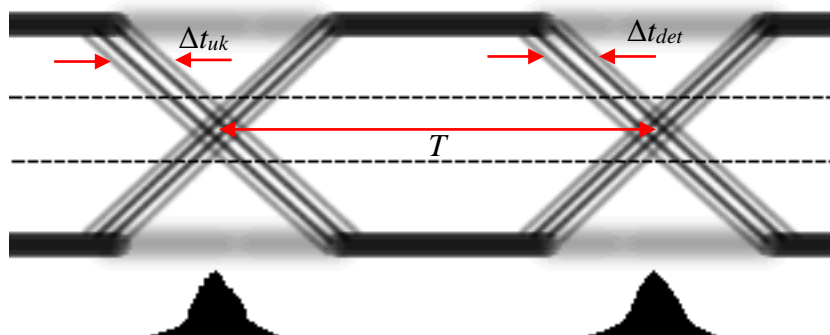
Šta se na osnovu prikazanih dijagrama može zaključiti o ciklusnom džiteru, a šta o džiteru periode? Šta se može zaključiti o stohastičkom, a šta o determinističkom džiteru? Na osnovu datih slika izmerite vrednosti onih elemenata džitera koje možete (stohastički, deterministički, ciklusni i džiter periode).

Rešenje

Deterministički džiter je izraženiji od stohastičkog, što se vidi na sve tri slike.

Na slici 2.2 se vidi da je svaka druga perioda veća od prethodne. Kako ovo nije prisutno na slikama 2.1 i 4.3, sledi da je u sistemu prisutan ciklusni džiter. Nažalost, na osnovu datih dijagrama, ciklusni džiter nije moguće eksplicitno odrediti.

Najpovoljnija slika za određivanje ukupnog džitera (džitera periode), determinističkog i stohastičkog džitera je slika 2.1. Na slici 2.4 prikazana su mesta i vrednosti pojedinih oblika džitera.



Slika 2.4. Određivanje pojedinih elemenata džitera u sistemu

Histogrami su preširoki da bi se sa njih moglo odrediti bilo šta. Sa dijagrama oka se može očitati da su:

$$\Delta t_{det} = 0,116 \cdot T \quad (2.1)$$

Odakle se dobija da je

$$\frac{\Delta t_{det}}{T} = 0,116 \text{ UI} \quad (2.2)$$

3. Merenje džitera i sinhronizacija

Ukupan džiter, prema slici 2.4 je:

$$\Delta t_{uk} = 0,133 \cdot T \quad (2.1)$$

Odakle se dobija da je

$$\frac{\Delta t_{uk}}{T} = 0,133 \text{ UI} \quad (2.2)$$

Stohastički džiter se računa kao razlika prethodna dva i dobija se da je:

$$\Delta t_{stoh} = 0,017 \cdot T \quad (2.1)$$

Odakle se dobija da je

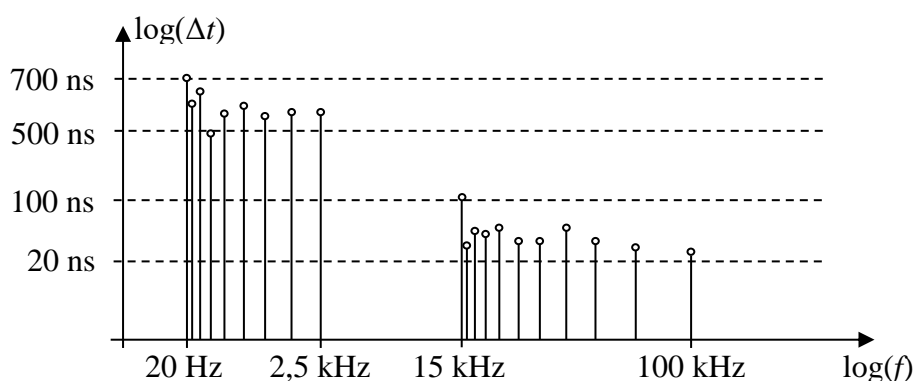
$$\frac{\Delta t_{stoh}}{T} = 0,017 \text{ UI} \quad (2.2)$$

Zadatak 3. Granične vrednosti džitera u PDH sistemima, prema ITU-T preporuci G.823, date su u tabeli 3.1.

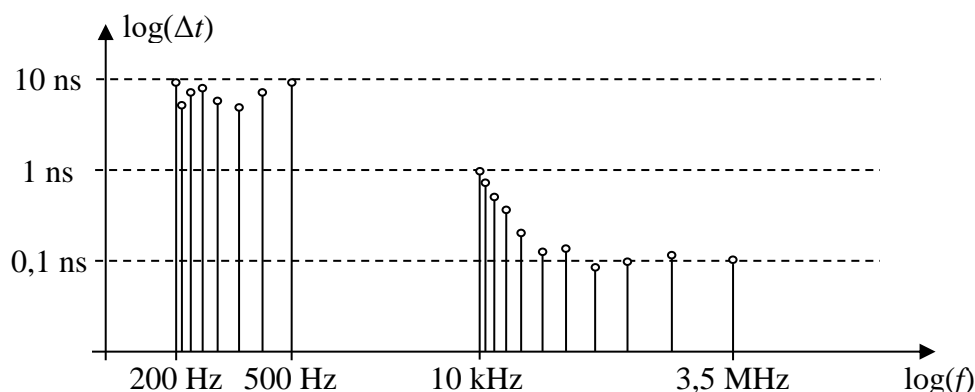
Tabela 3.1. Tolerancije džitera prema G.823

Brzina signalizacije (kbps)	$f_1 - f_2$ (UI _{pp})	$f_3 - f_4$ (UI _{pp})	f_1 (kHz)	f_2 (kHz)	f_3 (kHz)	f_4 (kHz)
2048	1,5	0,2	0,02	2,4	18	100
8448	1,5	0,2	0,02	0,4	3	400
34368	1,5	0,15	0,1	1,0	10	800
139264	1,5	0,075	0,2	0,5	10	3500

Obavljena su dva merenja u jednom PDH sistemu. Prvo za minimalnu, a potom i za maksimalnu brzinu signalizacije. Dobijeni su grafici FFT džiterskog signala kao na slikama 3.1 i 3.2. Da li je, za ispitivane brzine signalizacije, džiter u testiranom sistemu usklađen sa standardima?



Slika 3.1. FFT džiterskog signala dobijenog u prvom merenju



Slika 3.2. FFT džiterskog signala dobijenog u drugom merenju

Rešenje

Za minimalnu brzinu signalizacije 2048 kbps, perioda je

$$T = \frac{1}{v_b} = \frac{1}{2048 \text{ kbps}} = 488,3 \text{ ns} \quad (3.1)$$

Prema tabeli 3.1 u intervalu između 20 Hz i 2,5 kHz dozvoljena vrednost džitera je

$$\Delta t_{\max 1} = 1,5 \cdot T = 1,5 \cdot 488,3 \text{ ns} = 732,4 \text{ ns} \quad (3.2)$$

Sa slike 3.2 vidi se da u ovom intervalu džiter ne prelazi vrednosti zadate standardima. Za interval od 10 kHz do 3,5 MHz dobija se da je maksimalna dozvoljena vrednost džitra

$$\Delta t_{\max 2} = 0,2 \cdot T = 0,2 \cdot 488,3 \text{ ns} = 97,66 \text{ ns} \quad (3.3)$$

Ovde su sumnjive dve vrednosti džitera na učestanosti od 15 kHz i 2,5 kHz, koja su izvan intervala $f_1 - f_2$ i $f_3 - f_4$. Zato treba proveriti da li ove vrednosti izlaze iz opsega definisanog nagibom krive između učestanosti od 2,4 kHz i 18 kHz. Za vrednost na 15 kHz uslov se svodi na to da nagib referentne prave $k < 0$ između referentnih tačaka f_2 i f_3 mora biti manji od nagiba krive $k' < 0$ između prosmatrane tačke na 15 kHz i referentne tačke f_3 . Jednačina referentne prave čiji je nagib k u log-log sistemu je

$$\log f = k \log \Delta t_{\max} + n \quad (3.4)$$

$$\frac{\log f_2 - \log f_3}{\log \Delta t_{\max 1} - \log \Delta t_{\max 2}} \geq \frac{\log(15 \text{ kHz}) - \log f_3}{\log \Delta t(15 \text{ kHz}) - \log \Delta t_{\max 2}} \quad (3.5)$$

Sređivanjem nejednakosti 3.5 dobija se

3. Merenje džitera i sinhronizacija

$$\log \frac{\Delta t(15 \text{ kHz})}{\Delta t_{\max 2}} \leq \log \frac{\Delta t_{\max 1}}{\Delta t_{\max 2}} \cdot \underbrace{\frac{\log \frac{15 \text{ kHz}}{f_3}}{\log \frac{f_2}{f_3}}}_{\alpha=0,0808} \quad (3.6)$$

Daljim sređivanjem izraz 3.5 svodi se na

$$\Delta t(15 \text{ kHz}) \leq \Delta t_{\max 2} \cdot 10^\alpha = 97,65 \text{ ns} \cdot 10^{0,0808} = 117,62 \text{ ns} \quad (3.7)$$

Kako je $\Delta t(15 \text{ kHz}) \approx 100 \text{ ns}$, vrednosti su unutar granica definisanih standardom. Slično se može pokazati za vrednost džitera na učestanosti od 2,5 kHz. Za ovu učestanost, da bi tačka ležala ispod krive određene krajnjim tačkama iz tabele 3.1, uslov je obrnut, tj. da je nagib karakteristike veći od graničnog (zbog negativnog predznaka, inače bi, po apsolutnoj vrednosti morao biti veći).

$$\frac{\log f_2 - \log f_3}{\log \Delta t_{\max 1} - \log \Delta t_{\max 2}} \leq \frac{\log f_2 - \log(2,5 \text{ kHz})}{\log \Delta t_{\max 1} - \log \Delta t(2,5 \text{ kHz})} \quad (3.8)$$

Sređivanjem ove nejednakosti dobija se

$$\log \frac{\Delta t_{\max 1}}{\Delta t(2,5 \text{ kHz})} \leq \log \frac{\Delta t_{\max 1}}{\Delta t_{\max 2}} \cdot \underbrace{\frac{\log \frac{f_2}{2,5 \text{ kHz}}}{\log \frac{f_2}{f_3}}}_{\beta=0,0177} \quad (3.9)$$

Daljim sređivanjem izraz 3.5 svodi se na

$$\Delta t(2,5 \text{ kHz}) \leq \Delta t_{\max 1} \cdot 10^{-\beta} = 732,4 \text{ ns} \cdot 10^{-0,0177} = 703,1 \text{ ns} \quad (3.10)$$

Prema tome, i ova vrednost leži unutar granica definisanih standardom.

Za maksimalnu brzinu signalizacije perioda je

$$T = \frac{1}{v_b} = \frac{1}{139264 \text{ kbps}} = 7,18 \text{ ns} \quad (3.11)$$

Prema tabeli 3.1 u intervalu između 200 i 500 Hz dozvoljena vrednost džitera je

$$\Delta t_{\max 1} = 1,5 \cdot T = 1,5 \cdot 7,18 \text{ ns} = 10,77 \text{ ns} \quad (3.12)$$

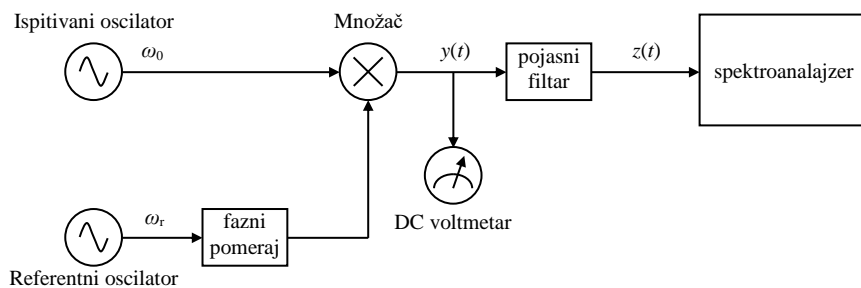
3. Merenje džitera i sinhronizacija

Sa slike 3.2 se vidi da u ovom intervalu džiter ne prelazi vrednosti zadate standardima. Za interval od 10 kHz do 3,5 MHz dobija se da je maksimalna dozvoljena vrednost džitra

$$\Delta t_{\max 2} = 0,075 \cdot T = 0,075 \cdot 7,18 \text{ ns} = 0,54 \text{ ns} \quad (3.13)$$

Na učestanosti od 10 kHz dobijena je vrednost džitera od 1 ns što je veće od dozvoljene vrednosti, pa je zaključak da sistem nije usklađen sa datim standardom.

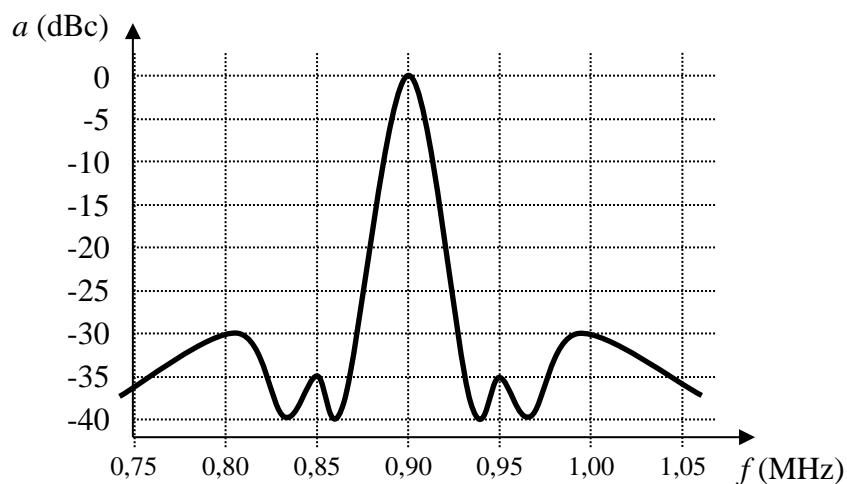
Zadatak 4. Prilikom merenja faznog šuma oscilatora od 1,2 MHz, pomoću šeme prikazane na slici 4.1.



Slika 4.1. Šema za merenje faznog šuma oscilatora

na analizatoru spektra dobijena je frekvencijska karakterisitka prikazana na slici 4.2.

Koliko iznosi izmerena vršna vrednost šuma izražena u jediničnim intervalima (UI_{pp})? Koliko bi iznosila vršna vrednost šuma oscilatora od 120 MHz, da je dobivena identična frekvencijska karakterisitka?



Slika 4.2. Frekvencijska karakteristika oscilatora

Rešenje

Najmanje slabljenje u sistemu dobija se na učestanostima $f_{m1} = 1,00$ MHz i $f_{m2} = 0,80$ MHz i ono iznosi

$$a(f_m) = 20 \log \left(\frac{\Theta_d}{2} \right) = -30 \text{ dBc} \quad (4.8)$$

Odavde se dobija da je vršna vrednost faznog šuma

$$\Theta_d = 2 \cdot 10^{\frac{a(f_m)}{20}} = 0,063 \text{ rad} = 3,62^\circ \quad (4.9)$$

Vršna vrednost džitera izražena u jediničnim intervalima iznosi

$$\frac{\Delta t_{\max}}{T} = \Delta t_{\max} \cdot f_0 = \Delta t_{\max} \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{\Theta_d}{\omega_0} \cdot \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{\Theta_d}{2\pi} = \frac{0,063 \text{ rad}}{2\pi} = 0,01 \text{ UI}_{\text{pp}} \quad (4.10)$$

Za učestanost od 120 MHz dobija se identična vrednost džitera izražena u jediničnim intervalima od 0,01 UI_{pp}. Razlika je samo u apsolutnoj vrednosti džitera koja će biti 100 puta veća.