

# Laborationsrapport i TSKS10 *Signaler, Information och Kommunikation*

Christoffer Näs  
chrna581, 200104217179  
Mikael Lundgren  
miklu523, 200012124178

2024-05-24

## 1 Inledning

Denna laboration gick ut på att konstruera en mottagare och en sändare som kommunicerar med två ljudsignaler över en given kanal. För laborationen har kanalen tillhörande chrna581 använts. Mottagaren ska identifiera amplitudskalningen,  $A$  och tidsfördröjningen,  $\tau$  som kanalen applicerar på sändningssignalen. Därefter justerar mottagaren amplituden och signaltiden så att den mottagna signalen liknar originalsignalen. Två stycken parametrar var givna för laborationen, en undre gränsfrekvens  $f_l = 20,0$  kHz och en övre gränsfrekvens  $f_h = 40,0$  kHz.

## 2 Metod

Uppgiften löstes genom att konstruera en sändare och en mottagare. Signalerna skickas från sändaren igenom kanalen till mottagaren.

### 2.1 Sändare

I sändaren uppsamplades, lågpasfilterades och modulerades signalerna. Dessutom skapades en chirp-signal, vilket konkatenerades i början av signalen. Sändaren tog in de två signalerna  $x_I(t)$  och  $x_Q(t)$ .

#### 2.1.1 Uppsamling

Insignalerna uppsamplades var för sig, från  $f_{s1} = 20,0$  kHz till  $f_{s2} = 400$  kHz, enligt

$$z[n] = \begin{cases} x[\frac{n}{N}], & n \text{ delbart med } N, \\ 0, & \text{annars,} \end{cases} \quad (1)$$

där  $N = 20,0$  är uppsamlingsfaktorn.

#### 2.1.2 Lågpasfiltrering

De uppsamplade signalerna lågpasfilterades för att eliminera de extra frekvensbanden som skapades i frekvensdomänen efter uppsamlingen. Den uppsamplade signalen lågpasfilteras med ett FIR-filter med gradtal  $N = 200$  och gränsfrekvensen  $B = \frac{f_{s1}}{2} = 10,0$  kHz.

#### 2.1.3 Modulering

Modulering genomfördes med avsikt att kombinera de två signalerna till en signal. Signalerna modulerades enligt

$$x(t) = x_I(t) \cos(2\pi f_c t) - x_Q(t) \sin(2\pi f_c t), \quad (2)$$

där  $f_c = \frac{f_h + f_l}{2}$ .

#### 2.1.4 Chirp-signal

En chirp-signal skapades med marginalen  $M = 0.000100$  enligt,

$$c(t) = \begin{cases} \cos(2\pi f_0(1 + \epsilon t)t), & 0 < t < T, \\ 0, & \text{annars.} \end{cases} \quad (3)$$

Där  $T = 1 - \frac{1}{f_h}$ ,  $f_0 = f_c - \frac{B}{2}M$  och  $\epsilon$  uppfyller  $f_0(1 + \epsilon) = f_c + \frac{B}{2}M$ . Chirp-signalen konkatenerades med början av den utgående signalen.

### 2.2 Mottagare

Mottagaren tog emot signalen  $x(t)$ . I mottagaren bandpassfilterades signalen, varefter värden för amplitudskalning och tidsförskjutning beräknades. Signalen demodulerades sedan för att få ut två signaler  $z_I(t)$  och  $z_Q(t)$ .

#### 2.2.1 Bandpassfiltrering

Under första steget i mottagaren bandpassfilterades signalen till frekvensbandet  $[f_l, f_h]$ . Denna bandpassfiltrering utförs med avsikt att reducera mängden störande data utanför det eftersökta bandet.

#### 2.2.2 Korrelationer

Två korrelationer utfördes. En krosskorrelation mellan den mottagna signalen och chirp-signalen utfördes enligt

$$r_{xy}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c[k - n]x[n], \quad (4)$$

samt en autokorrelation av chirp-signalen enligt

### 3 Resultat

Den sökta informationen är:

- kanalens tidsfördröjning = 47,5  $\mu$ s
- kanalens amplitudskalning  $A = -1,50$
- kanalens relation  $\text{SNR}_{z_I} = 29,4$
- kanalens relation  $\text{SNR}_{z_Q} = 37,6$ .

Ett värde högre än 25 för  $\text{SNR}_{z_I}$  och  $\text{SNR}_{z_Q}$  är ett godkänt resultat.

$$r_{xx}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c[k-n]c[n]. \quad (5)$$

På grund av att chirp-signalen konkatenerades med början av insignalen, är toppens förskjutning, som erhöles från krosskorrelationen, multiplicerat med periodtiden  $\frac{1}{f_{s2}}$ , den mottagna signalens tidsförskjutning från origo.

#### 2.2.3 Framtagande av amplitudskalning

Med hjälp av korrelationerna fås amplitudskalningen fram genom att dividera autokorrelationens maxvärde, med krosskorrelationen maxvärde.

#### 2.2.4 Modifiering av mottagen signalen

Tidsfördröjningen korrigerades på den mottagna signalen, chirp-signalen kapades från den mottagna signalen, och slutligen amplitudskalades den mottagna signalen tillbaka till sin ursprungliga amplitud.

#### 2.2.5 Demodulering

För att återgå till det ursprungliga tillståndet med två signaler, demodulerades den mottagna signalen till  $z_I(t)$  enligt

$$z_I(t) = \mathcal{H}_B^{\text{LP}} \{2x(t) \cos(2\pi f_c t)\}, \quad (6)$$

och den mottagna signalen till  $z_Q(t)$  enligt

$$z_Q(t) = -\mathcal{H}_B^{\text{LP}} \{2x(t) \sin(2\pi f_c t)\}. \quad (7)$$

$\mathcal{H}_B^{\text{LP}}\{x\}$  symboliserar en lågpasfiltrering av signalen  $x(t)$  med gränsfrekvens  $B$ . Signalen lågpasfiltreras med ett FIR-filter med gradtal  $N = 200$  och gränsfrekvensen  $B = \frac{f_{s1}}{2} = 10,0$  kHz.

#### 2.2.6 Nersampling

Signalerna nersamplades till sin ursprungliga samplingsfrekvens, det vill säga från  $f_{s2} = 400$  kHz till  $f_{s1} = 20,0$  kHz.

### 2.3 Relation mellan signal och brus

Relationen mellan de ursprungliga signalerna och signalerna i mottagaren togs fram genom att de normerade signalerna dividerades med varandra och resultatet konverterades till dB. Relationen för  $z_I$  togs fram enligt

$$\text{SNR}_{z_I} = 20 \log_{10} \frac{\|x_I\|}{\|z_I - x_I\|}, \quad (8)$$

och relationen för  $z_Q$  togs fram enligt

$$\text{SNR}_{z_Q} = 20 \log_{10} \frac{\|x_Q\|}{\|z_Q - x_Q\|}. \quad (9)$$