

LAB 1

יוחאי תבל 207235052

שיר משה 318492667

חלק ראשון

1.

- גל הנושא בתדר גבוהה מהאות המשודר, עוזר לשלוח כמות מידע גבוהה יותר
- ניתן לשלוח כמה אותות במקביל בערוץ ולא יהיו חפיפות (כל אות יקבל תדר משלו)

2. Analog Modulation

- AM – האמפליטודה של גל הנושא מכילה את המידע על ההודעה. (WC– DSB , SSB ,DSB)
- FM – התדר של הגל הנושא מכיל את המידע (ומתקבל גל בעל תדרים משתנים).
- PM – המידע הנשלח "מאוכסן" בפאזה של גל הנושא.

Digital Modulation

מגדירים M סימבולים, שולחים בקצב של $R_s [\frac{symbol}{second}]$

קצת שליחת הביטים יהיה $R_B = \log_2 M * R_s$

- FSK – מספר סופי של תדרים
- PSK – מספר סופי של פאזות
- ASK – מספר סופי של אמפליטודות
- QAM – משתמשים בלפחות 2 פאזות ושתי רמות אמפליטודה שונות.

3.

- BER - $\frac{\#Bit Error}{\#total bit}$ ליחידת זמן.
- p_e – הסתברות שגירה לביט.
- $standard deviation = \frac{\sigma}{2} = \sqrt{\sigma}$
- OOK מודולציה: שולחים בכל יחידת זמן ביט יחיד.
- נשלחים 2 סימבולים: 0, A בהסתברות זהה $(\frac{1}{2})$.
- נוסף רעש לבן גאוס $N \sim N(0, \frac{\sigma^2}{4})$.
- אם מתקבל ערך גבוה מ $\frac{A}{2}$ קובעים A אחרת קובעים 0

צריך לחשב את BER:

נסמן את ההודעה הנשלחת ב X ,

האות שיתקבל עם תוספת הרעש: $Y = X + N$

נחשב את ההסתברות לשגיאה, כלומר מה ההסתברות לקבל A למרות שנשלח 0 ועוד מה

ההסתברות לקבל 0 למרות שנשלח A:

$$p_e = P\left(Y > \frac{A}{2} \mid X = 0\right) * P(X = 0) + P\left(Y < \frac{A}{2} \mid X = A\right) * P(X = A)$$

כאשר X נתון, Y הוא ט"ל של $N - \mu$ גאוס, ולכן Y בהינתן X גם מתפלג גאוס.

מתכונות גאוסיות נקבל שההתפלגות של Y בהינתן X היא: $Y|X \sim N\left(0 + X, \frac{\sigma^2}{4}\right) = N\left(X, \frac{\sigma}{4}\right)$

ניעזר בפונקציית Q :

Q-Function

- The standard gaussian's ($\mu = 0, \sigma^2 = 1$) CCDF:

$$Q(x) = \mathbb{P}(\mathcal{N}(0, 1) > x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

- If $Y \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$ then $X = \frac{Y - \mu}{\sigma} \sim \mathcal{N}(0, 1)$

$$\mathbb{P}(Y > y) = \mathbb{P}\left(X > \frac{y - \mu}{\sigma}\right) = Q\left(\frac{y - \mu}{\sigma}\right)$$

- Important property: $Q(-x) = 1 - Q(x)$

$$\mathbb{P}(Y \leq y) = Q\left(\frac{\mu - y}{\sigma}\right)$$

$$P\left(Y \leq \frac{A}{2} \mid X = A\right) = Q\left(\frac{A - \frac{A}{2}}{\frac{\sigma}{2}}\right) = Q\left(\frac{\frac{A}{2}}{\frac{\sigma}{2}}\right) = Q\left(\frac{A}{\sigma}\right)$$

$$P\left(Y > \frac{A}{2} \mid X = 0\right) = Q\left(\frac{\frac{A}{2} - 0}{\frac{\sigma}{2}}\right) = Q\left(\frac{A}{\sigma}\right)$$

נציב בחישוב מעל:

$$p_e = P\left(Y > \frac{A}{2} \mid X = 0\right) * P(X = 0) + P\left(Y < \frac{A}{2} \mid X = A\right) * P(X = A) = 2\left[Q\left(\frac{A}{\sigma}\right) * \frac{1}{2}\right]$$

$$p_e = Q\left(\frac{A}{\sigma}\right)$$

4. הגורם העיקרי שמשפיע הוא הרעש, נשים לב ש $\left(\frac{A}{\sigma}\right)^2 = SNR$ והוא מושפע מהיחס אות לרעש.

לכן ככל שנקטין את היחס נקבל שהסתברות לשגיאה תקטן.

5. אם נתון לנו מלא כסף, נוכל להוסיף עוד רמות של אמפליטודה במשדר (נגביר את ההספק אבל

יש לנו מלא כסף) וכך נוכל לשדר מידע יותר מדויק. את הצד המפענח נשדרג בקוד לפיענוח

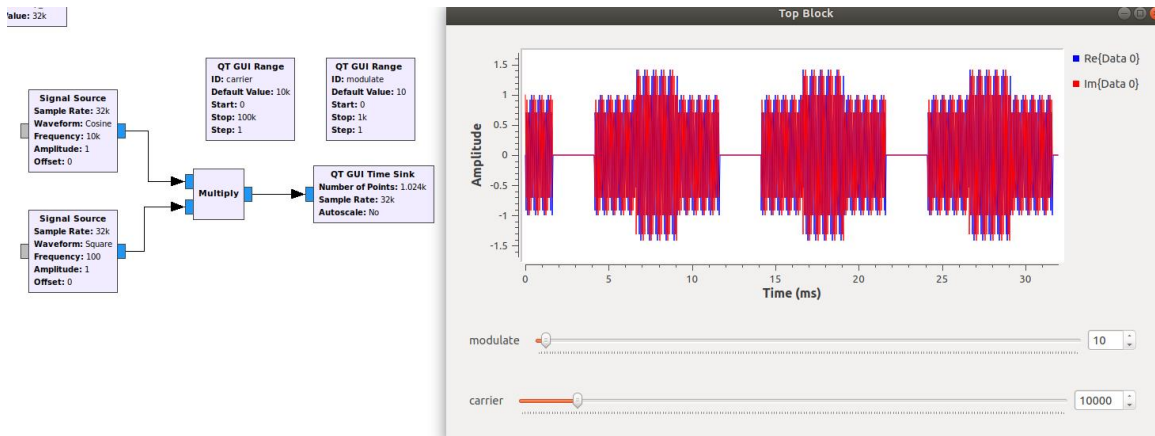
שגיאות טוב יותר, וכמובן נוסיף לו decoder לזיהוי כל רמות האמפליטודה שישלחו אליו.

חלק שני

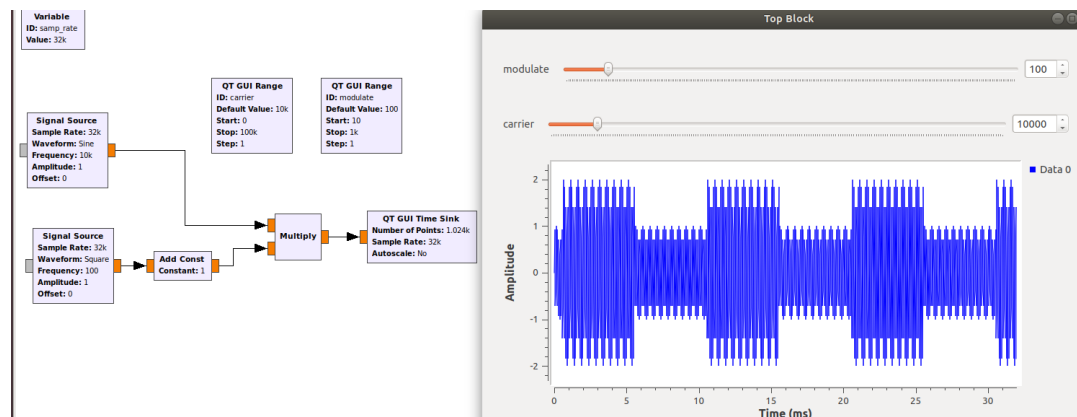
1. המילים בקופסא נצבעות באדום.
 2. נחפש ברשימת הרכיבים רכיב שעושה כפל, נכתוב "mult" ונראה אם יש רכיב בסגנון.
 3. Async Message – הודעה אסינכרונית.
 4. Integer 16 – מספר טבעי המיוצג ע"י 16 ביט.
- אם קצב הדיגמות הוא 10 דגימות לשניה, וכל דגימה היא 16 ביט נקבל: $10 * 16 = 160$
5. נרצה לעמוס בתנאי נייקוויסט- $16_{kHz} = 2 * 8$
 6. תדר נייקוויסט יהיה בזבזני משום שהאות נמצא בפס מעבר, בעל תדר גבוהה, ויש תחום תדרים גדול ריק.
- נרצה להזיז את האות בחזרה לפס הבסיס. שם האות יהיה בתחום התדרים $[-0.1:0.1]$ ורוחב האות הוא 0.2_{MHz} , ונוכל לדגום אותו לפי תנאי נייקוויסט בתדר 0.4_{MHz} .

חלק שלישי

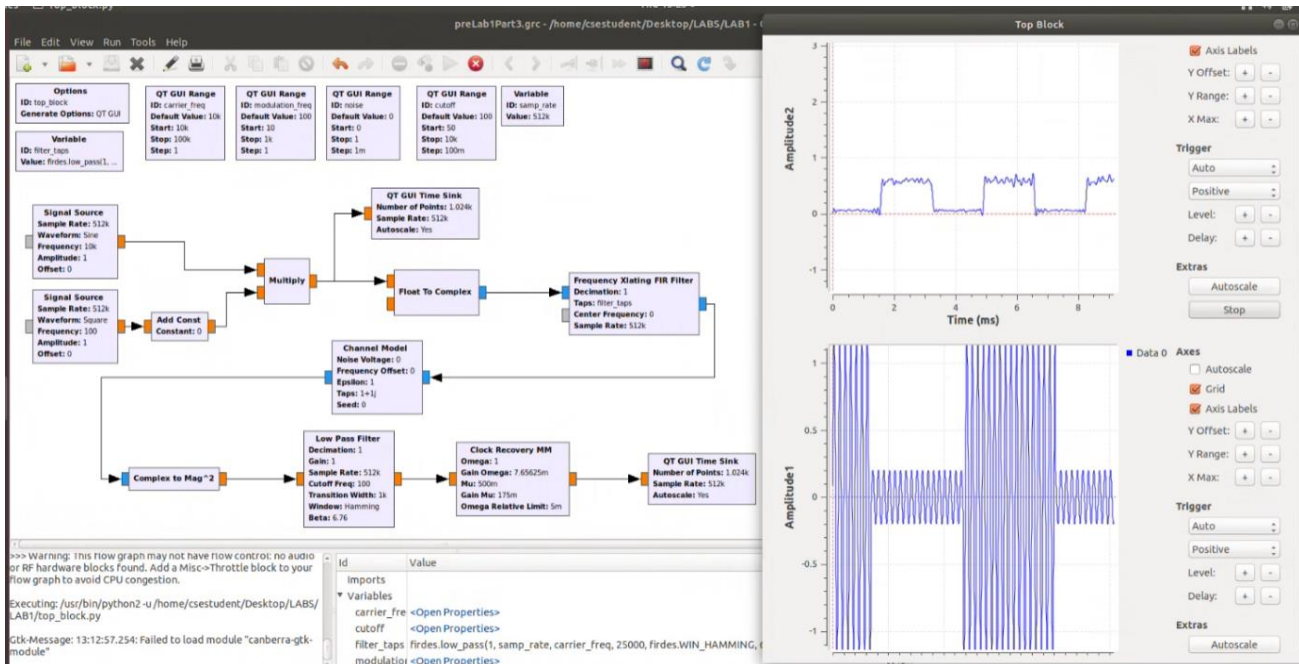
OKK modulation



ASK modulate



Decode/ Encode



1. ה LPF מסנן את התדרים הגבוהים מה שמשאיר לנו רק את "המסגרת" של האות ללא כל העליות והירידות בין לבין.
2. אם לא נדע את גל הנושא לא נוכל לשערך את האות המתקבל. לא נוכל לדעת כמה סימבולים למשל נשלחו בקטע זמן מסוים.
פתרון לבדיקה, יכול להיות להשתמש באפנון פאזה או תדר, ועל פיו לפענח את גל הנושא.
3. אם בערוץ יש רעש גבוה, שעלול לגרום לשיבוש באמפליטודה ולכן לשיבוש בפינוח, נבחר שיטת איפנון שונה שלא מתבססת על אמפליטודה – FM, PM.
4. אם נגדיל את הסימבולים- כלומר כל סימבול ייצג יותר ביטים נוכל לשלוח יותר מידע.
5. מימד נוסף של מידע ניתן להשיג ע"י הפאזה. נוכל לעשות לאות מודולציה לפי הפאזה (או תדר) ואז לקבל עוד מידע על האות באופן בלתי תלוי במידע שהתקבל מאפנון האמפליטודה.

