

# מעבדה במכשור

## הנדסה ביורפואית

מגישים :

נדב אמיתי

יובל כסיף

סול אמארה

תאריך :

09.05.2022

## תוכן עניינים:

1	מעבדה במכשור הנדסה ביורפואית.....		
3	תקציר:.....	1	
4	ניסויים:.....	2	
4	ניסוי 1 : חיבור המעגל ובדיקת הגבר בחלקים שונים.....	2.1	
4	היפותזה :.....	2.1.1	
4	מתודולוגיה:.....	2.1.2	
4	תוצאות :.....	2.1.3	
7	מסקנות :.....	2.1.4	
8	ניסוי 2 – הכנסת אות סינוסי בתדרים שונים למערכת הניסוי :.....	2.2	
8	היפותזה :.....	2.2.1	
8	מתודולוגיה:.....	2.2.2	
9	תוצאות :.....	2.2.3	
10	מסקנות :.....	2.2.4	
14	ניסוי 3 : דימוי אות ECG.....	2.3	
14	היפותזה :.....	2.3.1	
14	מתודולוגיה:.....	2.3.2	
14	תוצאות :.....	2.3.3	
16	מסקנות :.....	2.3.4	
17	ניסוי 4 : פתולוגיות בעזרת סימולטור ECG.....	2.4	
17	היפותזה :.....	2.4.1	
17	מתודולוגיה:.....	2.4.2	
17	תוצאות :.....	2.4.3	
17	מסקנות :.....	2.4.4	
19	מסקנות כלליות.....	3	
20	נספחים.....	4	

## **1 תקציר:**

בניסוי זה הכרנו את אות ה-ECG ואת השפעת פתולוגיות שונות על אות זה. כמו כן, ראינו כי ישנם רעשים העלולים לפגוע באבחנה ובזיהוי נכון של מאפייני האות ולכן נרצה לסנן אותם. חשיבות מעבדה זו היא הכרת אותות ה-ECG ולמידה ואבחנה בין רעשים לבין שינויים באות כתוצאה מפתולוגיות שונות והכרתן. בעזרת הכישורים במעבדה נדע להבדיל בין המקרים האלה ובנוסף נדע לבנות מסננים בהתאם לתדרים השונים שנרצה לסנן.

בניסוי הראשון ביצענו תכנון מקדים של מעגל המעביר טווח של תדרים רצוי ולאחר מכן חיברנו מעגל זה המכיל מגברים נגדים וקבלים ובדקנו האם קיבלנו את הסינון הרצוי. בניסוי השני ראינו כיצד נראה מוצא של כניסה סינוסית שהיא פונקציה עצמית למערכת LTI עבור תדרים שונים ובדקנו את ההשפעה של התדרים על הפאזה והאמפליטודה של המוצא. בניסוי השלישי ראינו כיצד נראה אות ECG בדופק שונה- פעם אחת עבור 60 פעימות לדקה ובפעם השנייה עבור 240. בניסוי הרביעי חקרנו את ECG של שתי פתולוגיות חשובות- פרפור עליות ופרפור חדרים ובחנו את ביטוי הפתולוגיה באות.

## 2 ניסויים:

### 2.1 ניסוי 1: חיבור המעגל ובדיקת הגבר בחלקים שונים

#### 2.1.1 היפותזה:

בניסוי זה נבנה את המעגל ולאחר מכן נבדוק את הגברי המעגל בחלקים שונים, את המעגל הרכבנו עם הוראות מסוימות ולכן נשער כי הגברי המעגל יהיו קרובים לערכם בהוראות שכן הנגדים והקבלים לא מדויקים, כלומר לאחר מגבר המכשור יהיה הגבר 10, ולאחר המגבר הראשון נקבל הגבר 1 ופאזה ולאחר המגבר האחרון נקבל הגבר של 10 ופאזה כתוצאה מנוכחות הקבל.

#### 2.1.2 מתודולוגיה:

**מכשור וציוד:** רב מודד ספרתי, מטריצת אלביס, מחולל אותות, אוסילוסקופ, נגדים של  $510k\Omega$ ,  $51k\Omega$ , קבלים  $1\mu F$ ,  $2.1nF$ , כבלים.

**מהלך הניסוי:** מדדנו את ערכי הקבלים והנגדים ברב מודד ספרתי, כדי לוודא שאנחנו מחברים נגדים וקבלים בערכים נכונים. הרכבנו את המעגל כפי שתכננו בדוח המכין, בעזרת הנגדים והקבלים במעבדה, ולאחר שקיבלנו אישור לחבר את המטריצה למחולל אותות ולאוסילוסקופ. הכנסנו כניסה של  $100mV_{pp}$  ו  $40Hz$  ובדקנו את המוצא אחרי המגבר מכשור, אחרי המגבר הראשון ואחרי המגבר השני. הצגנו את אות הכניסה והמוצא על גבי האוסילוסקופ ושמרנו את התמונות עם מידע על גודל ופאזה.

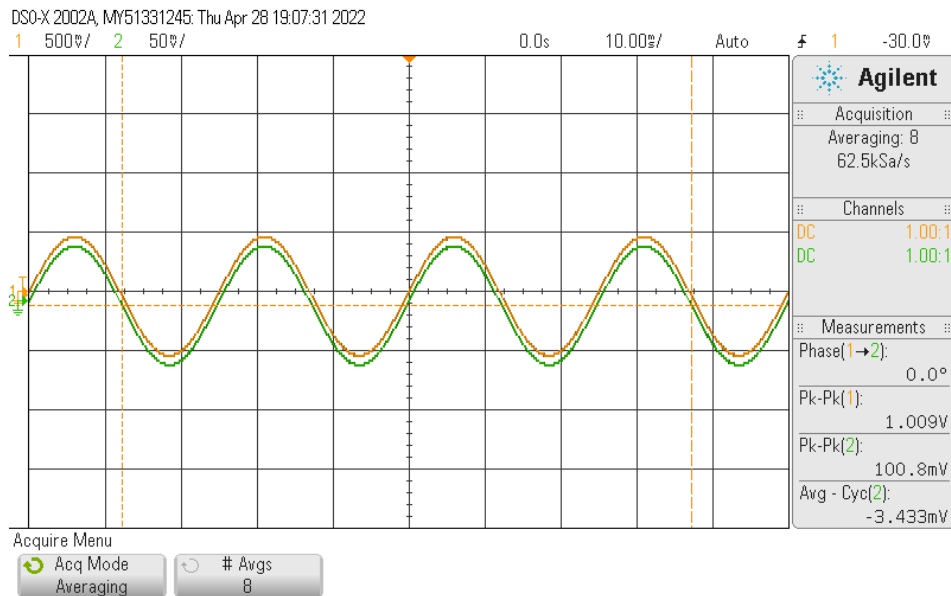
#### 2.1.3 תוצאות:

##### תשובה לשאלה 1.ב:

טבלה א - ערכי הקבלים והנגדים

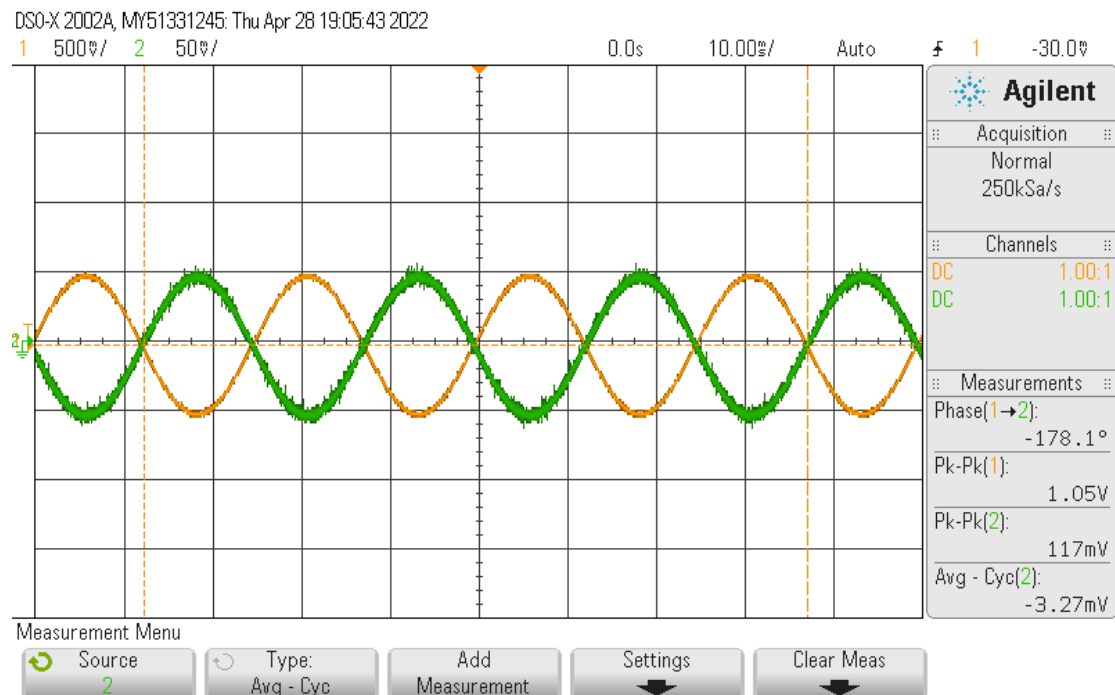
תדרי ברך מקוריים	השגיאה לערכים האמיתיים	תדרי הברך החדשים	ערכי הרכיבים
$f_{high} = 0.31Hz$	30%	$f_{high} = 0.444Hz$ $Err = 43.2\%$	$C_1 = 0.7\mu F$
	0.94%		$R_1 = 514.8 k\Omega$
	0.41%		$R_{f1} = 512.1 k\Omega$
$f_{low} = 148.6Hz$	1.23%	$f_{low} = 146.1Hz$ $Err = 1.7\%$	$R_2 = 50.37 k\Omega$
	0.5%		$R_{f2} = 512.7 k\Omega$
	1.2%		$C_2 = 2.125 nF$

נשים לב כי הקבלים והנגדים אכן אינם מדויקים בערכם לערכים אותם היינו צריכים, הדבר עלול להוביל לשגיאה בחישוב ההגבר.



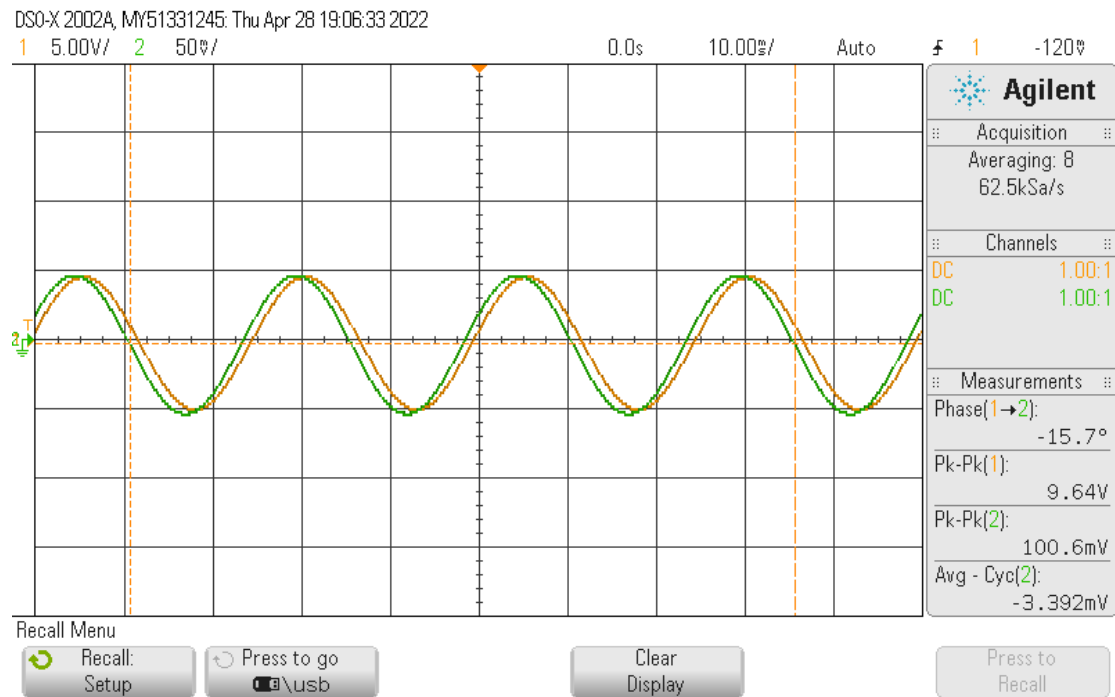
איור 1- מוצא המערכת לאחר מגבר מכשור

ניתן להסתכל על הגרף ולהסיק מאזור המדידות כי הגבר האות הוא בקירוב טוב מאוד 10, בנוסף נשים לב כי המוצא אינו מקבל פאזה, הדבר עולה בקנה אחד עם העובדה שאין רכיבים היוצרים פאזה בין כניסה ליציאה כמו נגד וקבל במגבר הראשון.



איור 2 - המוצא לאחר המגבר השני

לאחר המגבר השני קיבלנו כי האות לא הוגבר כלומר קיבלנו עדיין הגבר 10 מאות הכניסה, כאשר הגבר זה נגרם ע"י מגבר המכשור הראשון במעגל. ניתן לשים לב כי מגבר זה גרם לפאזה בין אות הכניסה לאות המוצא, פאזה של  $-178.1^\circ$ .



### איור 3 - מוצא האות מהמגבר השלישי

ניתן לשים לב כי האות קיבל הגבר נוסף של כמעט עוד 10 כתוצאה ממעבר במגבר השלישי, בנוסף נשים לב כי קיבלנו שוב פאזה במעבר במגבר זה, הפאזה שקיבלנו היא  $162.4^\circ$ .

**תשובה לשאלה 1.א:** נשים לב כי ישנם בערך ארבעה מחזורים על כל אוסילוסקופ, בנוסף על גבי אוסילוסקופ ניתן לראות כל פעם 100 מילי שניות, ולכן:

$$T \approx 25 \text{ ms} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{25 \cdot 10^{-3}} = 40 \text{ Hz}$$

**תשובה לשאלה 1.ג:** נחשב את הגבר המעגל עבור אות הכניסה הנתון:

$$G_{all} = \frac{9.64}{0.1006} = 95.825$$

$$Err_{all} = 4.17\%$$

$$G_1 = \frac{1.009}{0.1008} = 10.001$$

$$Err_1 = 0.01\%$$

$$Err_2 = 10.3\%$$

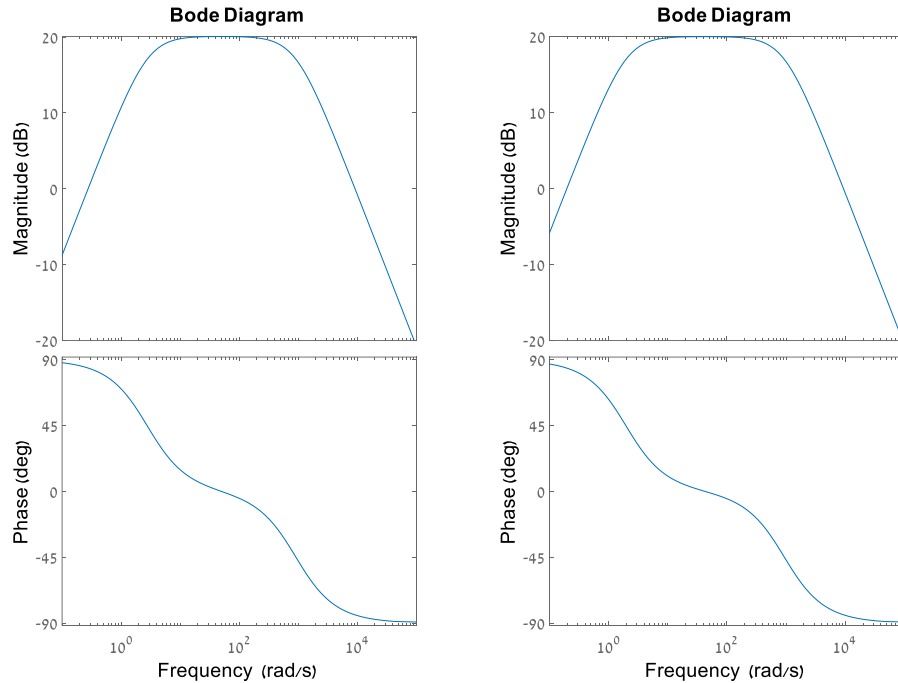
$$G_2 = \frac{1.05}{0.117} \cdot \frac{1}{G_1} = 0.897$$

$$Err_3 = 6.8\%$$

$$G_3 = \frac{9.64}{0.1006} \cdot \frac{1}{G_1} \cdot \frac{1}{G_2} = 10.68$$

**תשובה לשאלה 2.1:** נוציא גרף בודה לפונקציה הבאה עבור הערכים השונים של הרכיבים :

$$H(\omega) = \frac{j\omega C_1 R_{f1} R_{f2}}{(1 + j\omega C_1 R_1)(j\omega C_2 R_{f2} + 1) \cdot R_2}$$



**איור 4 - מצד שמאל גרף הבודה של המעגל, מצד ימין גרף הבודה של המעגל עם הערכים התיאורטיים**

באיור 4 ניתן לראות השוואה בין הגרף התיאורטי לגרף המעשי של המעגל, ניתן לראות דמיון רב בין הגרפים. נשים לב כי עבור שתי המערכות גרף הפאזה מונוטוני יורד ובנוסף קל לראות מגרף המגניטודה כי בודה זה שייך למערכת BPF. דבר שכן אפשר לומר כי שונה בין הגרפים הוא ההנמכה של התדרים הנמוכים, הדבר נובע מכך שבגרף המעשי תדר הברך החוסם את התדרים הנמוכים גבוה ממערכת התיאורטי.

#### **2.1.4 מסקנות:**

בניסוי זה הרכבנו מעגל המאפשר להגביר אות ECG, לפי הוראות הדרשו הגבר של 100. הגבר של 10 מהמגבר מכשור והגבר 10 נוסף לאחר המגבר האחרון. נשים לב כי ההגבר הסופי שקיבלנו היו 95.825 כאשר רצינו הגבר של 100. שגיאת ההגבר הינה 4.17% שגיאה יחסית קטנה שנובעת בעיקרה מהעובדה שערכי הקבלים והנגדים אינם באמת תואמים את הערכים התיאורטיים. לסיכום למרות השגיאות הנובעות מהרכיבים הלא מדויקים במעגל, קיבלנו הבדל זניח בין המערכת התיאורטית למערכת המעשית. כמו כן, ניתן לראות מאיור 4 כי הפאזה של פונקציית התמסורת מתאימה לפאזה שקיבלנו שהיא 0.

## 2.2 ניסוי 2 – הכנסת אות סינוסי בתדרים שונים למערכת הניסוי:

### 2.2.1 היפותזה:

בניסוי זה נכניס אות סינוסי בתדרים שונים כאשר מתח הכניסה הינו זהה ונבדוק את הפרש הפאזה שמתקבלת. כמו כן, סינוס היא פונקציה עצמית של מערכת LTI ולכן נצפה כי המוצא יהיה מהצורה הבאה:

$$y(t) = H(f) \cdot x(t) = G \cdot e^{j\theta} \cdot x(t)$$

כאשר  $x(t)$  הינו אות הכניסה,  $f$  הינה תדירות הכניסה,  $G$  הינו ההגבר בערך מחולט, ו- $\theta$  היא הפאזה. כמו כן,  $Ge^{j\theta} = H(f)$ . לכן נצפה כי הפאזה שתתקבל עבור כל תדר היא הפאזה של המספר המרוכב המתקבל בהצבת התדר בפונקציית התמסורת של המעגל. בנוסף, בהתאם לשאלה 9 מהדו"ח המסכם, נצפה כי הפאזה תהיה בקירוב 90 עבור תדרים הקרובים לאפס, ותלך ותרד מונוטונית עד שבתדרים הגבוהים תשאף למינוס 90.

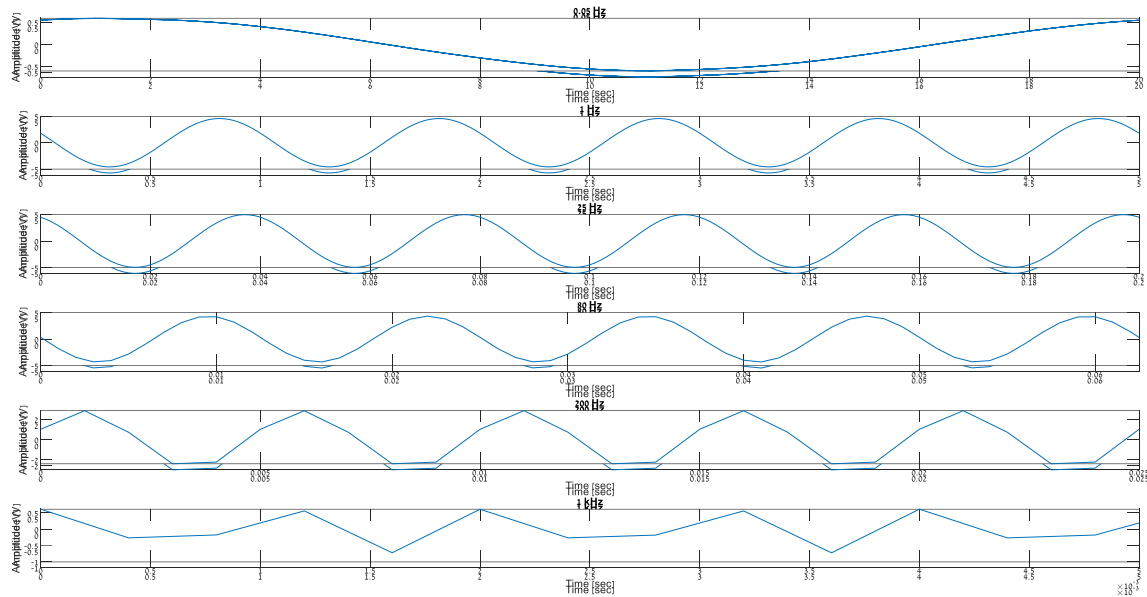
### 2.2.2 מתודולוגיה:

**מכשור וציוד:** מטריצת אלביס, מחולל אותות, אוסילוסקופ, נגדים של  $51k\Omega$ ,  $510k\Omega$ , קבלים  $1\mu F$ ,  $2.1nF$ , מחשב עם תוכנת ה-labview.

**מהלך הניסוי:** בניסוי זה הגדרנו את מחולל האותות לאות סינוסי בתדרים משתנים:  $0.05Hz$ ,  $1Hz$ ,  $25Hz$ ,  $80Hz$ ,  $200Hz$ ,  $1000Hz$ . כאשר אמפליטודת המתח הינה  $100 [mV_{pp}]$ . שמרנו את הנתונים באמצעות lab view.



### 2.2.3 תוצאות:



איור 5 - המוצאים השונים כתלות בתדר הכניסה

באיור ניתן לראות את המוצאים השונים כתלות בתדר הכניסה אשר שינינו בכל פעם. כמו כן, כל מוצא מוצג בין זמן 0 עד לזמן בו הוא עושה 5 מחזורים פרט לאות הכניסה בעל תדירות 0.05 Hz מכיוון שהוא מבצע מחזור 1 בלבד. ניתן לראות כי אכן אות המוצא שמר על אותה תדירות כמו אות הכניסה כמצופה מפונקציה עצמית של מערכת LTI.

בנוסף לקבצי ה-LVM מהם הוצאנו את הגרפים במטלב, בעזרת האוסילוסקופ כתבנו מהי הפאזה שהתקבלה עבור כל אחת מהכניסות, נציג זאת בטבלה:

טבלה ב - הפאזה שהתקבלה מהאוסילוסקופ כתלות בתדר הכניסה

פאזה [deg]	תדר [Hz]
80.9	0.05
23.8	1
-8.6	25
-29.3	80
-54	200
-80.4	1000

נשים לב כי אנחנו הקבוצה היחידה שהצליחה להוציא פאזה מ-0.05Hz (הובטח לנו בונים) 😊

#### **2.2.4 מסקנות:**

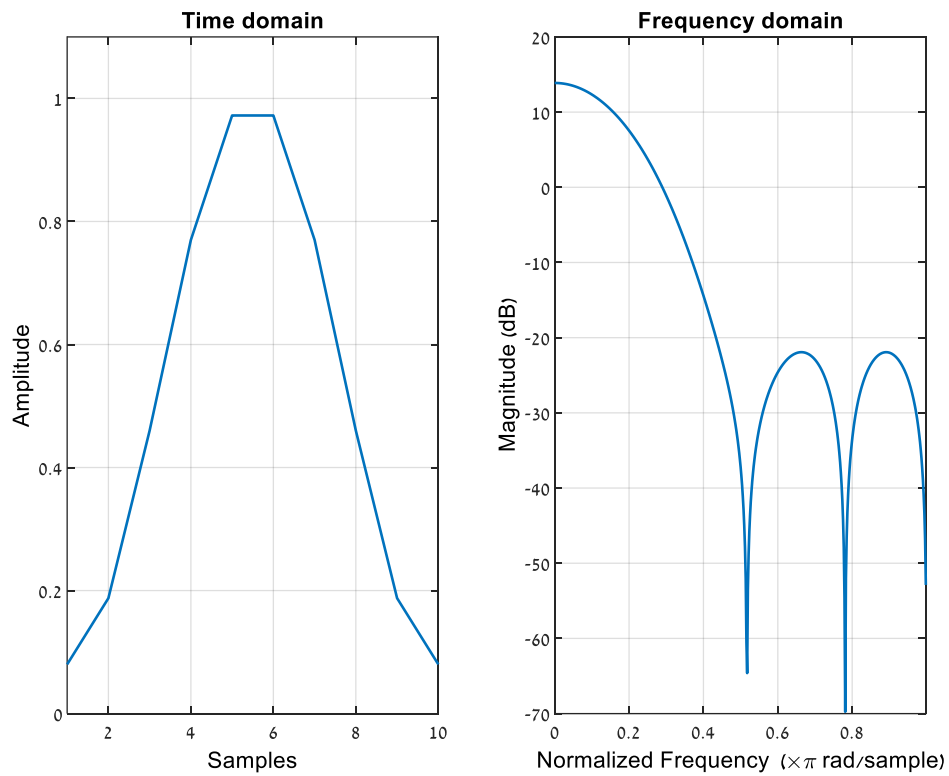
בניסוי זה ראינו כיצד נראה מוצא של כניסה סינוסית למערכת LTI עבור תדרים שונים, ראשית, מאיור 4 ניתן לראות כי אכן תדרי הכניסה נשמרו בכל פעם כמצופה, אך קיבלנו הגבר ופאזה בהתאם לתדר שהוכנס. מאיור 4 ניתן לראות את ההגברים, נשים לב כי ההגברים מתאים לאמפליטודת הבודה שציירנו בשאלה 9 בדו"ח המכין, שכן ישנה הנחתה בתדרים נמוכים, הגברה בין תדרי הברך ושוב הנחתה עבור תדרים גבוהים. בנוסף, ניתן לראות מטבלה ב' כי גם הפאזה מתאימה לפאזת הבודה משאלה 9, שכן עבור תדרים נמוכים אנו מתחילים בפאזה של 90 מעלות וככל שעולים בתדרים מגיעים לפאזה של מינוס 90 מעלות. כלומר, בסה"כ השערותינו בהיפותזה אכן התגלו כנכונות.

#### **תשובה לשאלה 2:**

שמירה על הפאזה הינה חשובה בהצגה של אות. כאשר אות נכנס למערכת ומקבל פאזה, משמעה בזמן היא השהייה. כשהאות שלנו מורכב מתדר אחד, כל עוד ההשהיה לא בעלת ערכים קיצוניים זה לא יפגע רבות באות, אך כאשר האות שלנו מורכב ממספר תדרים, וכל תדר מקבל השהייה אחרת, אנו נקבל עיוות באות. כאשר ישנה פאזה לינארית בתדר משמעה השהייה קבועה לכל רכיבי התדר ואז למרות ההשהיה תוכן האות לא נפגע.

#### **תשובה לשאלה 3:**

כפי שניתן לראות בפרוטוקול הניסוי, מחולל האותות שבידנו מסוגל לייצר אותות איכותיים באמפליטודה של 100 מיליוולט ומעלה, בעוד שאות ה-ECG הינו בעל אמפליטודה של בערך 1 מיליוולט. לכן, במידה ונגביר פי 1000 את האות ממחולל האותות נגיע לרוויה של המגברים ובכך נפגע בניסוי.



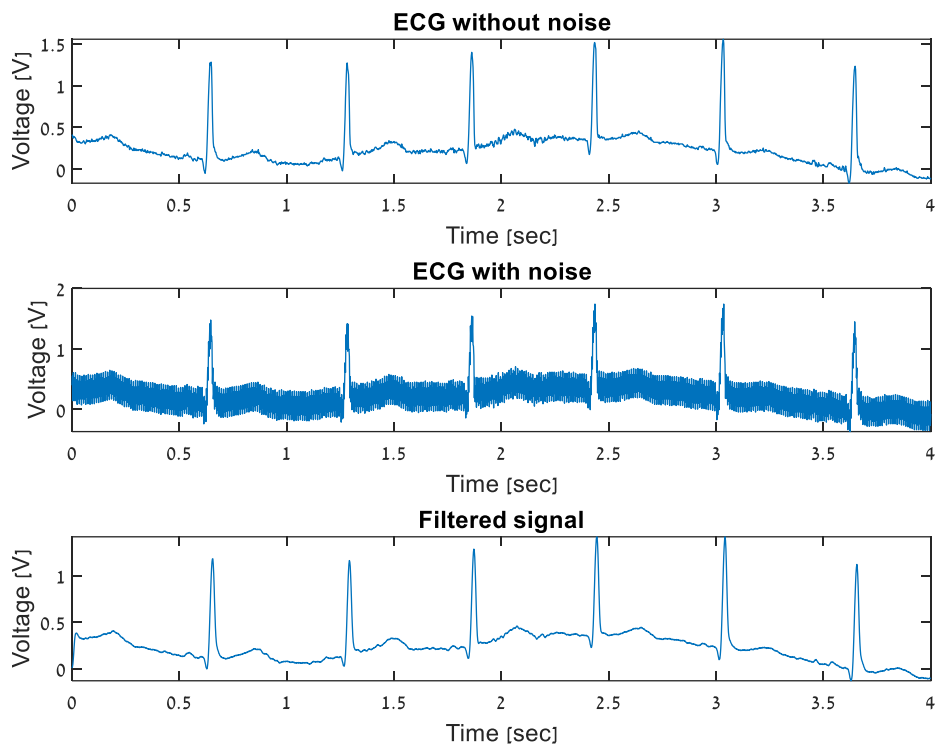
איור 6 – הפילטר שיצרנו בפילטר דיזיינר לפי נתוני הניסוי.

נציג את הפילטר אשר יצרנו בפילטר דיזיינר:

ניתן לראות באיור 6 מסנן BPF מסוג FIR. כמו כן תדרי הברך של המסנן תואמים לתוצאות ניסוי 1

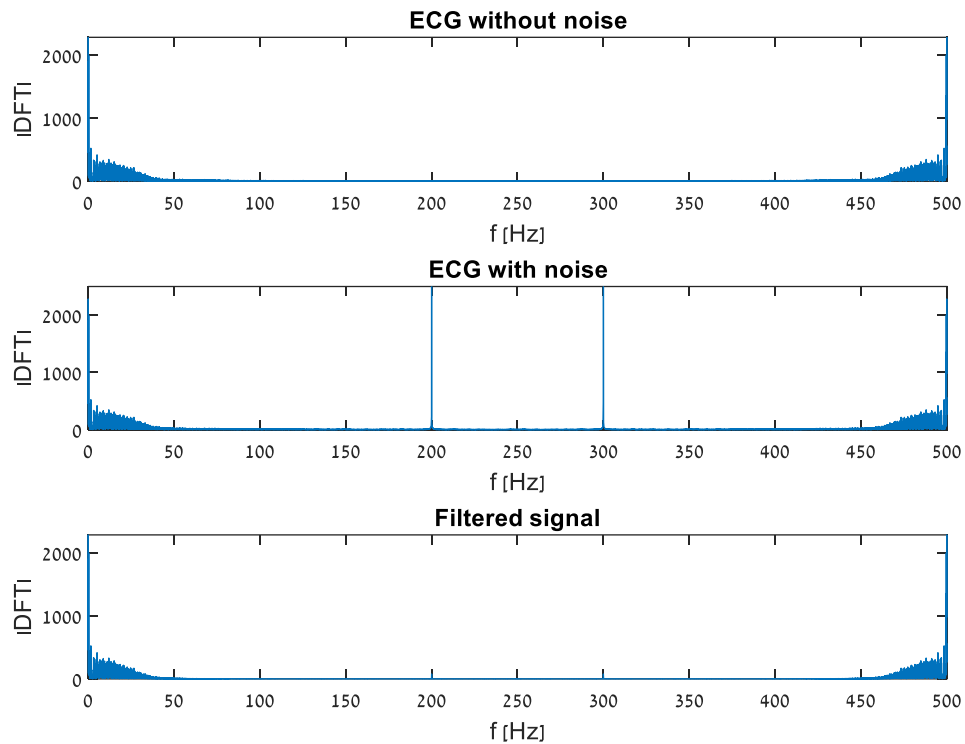
$$[0.31 [Hz] - 148 [Hz]]$$

נציג את האות בזמן ובתדר, עם ובלי רעש, לפני ואחרי הפילטר שיצרנו:



איור 7- האות הנתון עם ובלי רעש, ואחרי פילטר

באיור 7 ניתן לראות את האות הנתון כאשר הוספנו לו רעש סינוסי בעל אמפליטודה של 0.25 וולט, בנוסף ניתן לראות כי אחרי שהעברנו אותו בפילטר התקבל בקירוב האות המקורי אך ללא הרעש בתדר גבוה שיש באות המקורי, כלומר הסינון אכן בוצע כפי שרצינו.



איור 8 - האות הנתון עם ובלי רעש, ואחרי פילטר (בתדר)

באיור 8 ניתן לראות את איור 7 רק בתחום בתדר. נשים לב כי כאשר הוספנו רעש סינוסי ב-200 הרץ קיבלנו 2 דלתאות בתדר ב-200 ומינוס 200, הדלתא השנייה מופיעה ב-300 אך נזכור כי DFT הינה מחזורית ו-300 שקול לתדר מינוס 200 ( $-200 \bmod 500$ ). כמו כן גם בתחום התדר ניתן לראות כי לאחר הסינון העלמנו את השפעתו של הרעש הסינוסי, כלומר אין דלתאות.

## 2.3 ניסוי 3: דימוי אות ECG

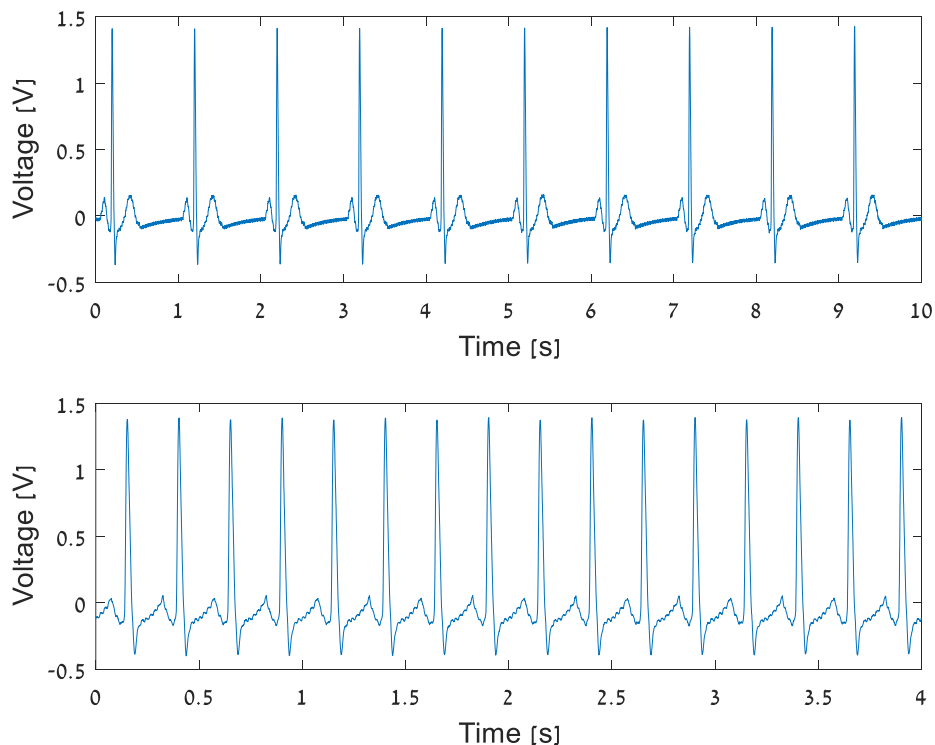
### 2.3.1 היפותזה:

בניסוי נשתמש בסימולטור ECG כדי לדמות אותות ECG תקינים. נשער כי אותות ה-ECG יכילו את כל הסגמנטים והאינטרוולים הרלוונטיים המאפיינים את האות כפי שהראינו בדוח המכין. ייתכן כי עבור דופק גבוה נאבד את גל ה-T וה-P מכיוון שבעקבות מהירות הדופק הגלים יעלו אחד על השני.

### 2.3.2 מתודולוגיה:

**מכשור וציוד:** מטריצת אלביס, קבלים, נגדים, מערכת labview וסימולטור ECG. **מהלך הניסוי:** ראשית קיצרנו את המגבר מכשור, כדי ליצור הגבר של 1000, כפי שנהוג במכשיר ECG. חיברנו את הסימולטור ECG למטריצה, וכיוונו את הסימולטור ל60 פעימות לדקה. מדדנו בעזרת מערכת labview את האות ושמרנו. באותה הדרך עבור 240 פעימות לדקה.

### 2.3.3 תוצאות:



איור 9 - בגרף העליון ניתן לראות אות ECG של BPM60 ובגרף התחתון BPM240

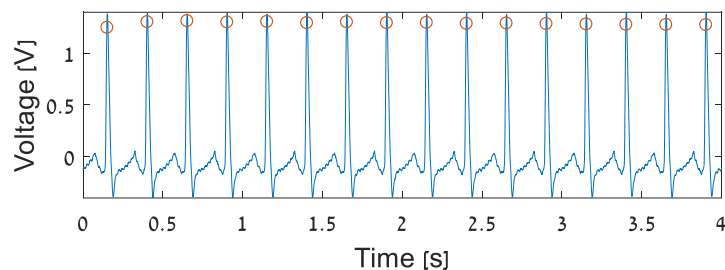
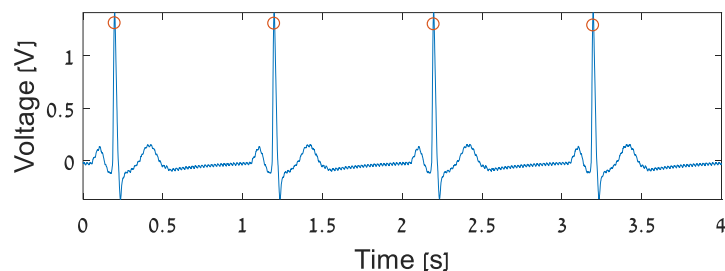
ניתן לראות כי בגרף העליון קיימים כל רכיבי אות ה-ECG, בנוסף בגרף התחתון אפשר לשים לב כי גל ה-T עולה על גל ה-P ויוצר עוות באות, הדבר הגיוני, מדובר ב-ECG של 240 BPM ולכן כנראה הדחפוריזציה של העליות עולה בזמן על הדחפוריזציה של החדרים.

#### תשובה לשאלה 5:

ניתן לספור את מספר הפעימות שיש ב-10 שניות (ישנם עשר פעימות) נוכל להכפיל ב-6 כדי לקבל 60 שניות ואכן יצא 60 BPM, בדומה נעשה ב-240, לאחר שספרנו קיבלנו 16 פעימות עבור 4 שניות, נכפיל ב-15 כדי לקבל 60 שניות, וקיבלנו 240 פעימות.

#### תשובה שאלה 6:

```
function ind = R_detect(signal)
QRS_complex = highpass(signal,40,1000);
[pks,locs] = findpeaks(QRS_complex);
ind = locs(pks > 0.15);
end
```



איור 10 - מציאת גל ה-R

באיור 10 ניתן לראות כי מציאת את מציאת הפיק של גל ה-R, בנוסף ניתן לראות כי האלגוריתם לא מפספס אף גל R, אך ישנם מקומות בהם האלגוריתם לא מוצא את הפיק הגדול ביותר, דבר זה יכול להיות שגיאה בהמשך החישובים הנוגעים לשימוש באלגוריתם.

## תשובה שאלה 7:

```
function BPM = cal_BPM(signal,Time)
QRS_complex = highpass(signal,40,1000);
[pks,locs] = findpeaks(QRS_complex);
ind = locs(pks > 0.15);
RRint = mean(diff(Time(ind)));
BPM = round(60/RRint);
end
```

כאשר חישבנו את הדופק עבור סימולציה של 60 BPM קיבלנו 55.47, הדבר גורר שגיאה יחסית של 7.5%. ועבור סימולציה של 240 BPM קיבלנו דופק של 239.95 BPM, מה שגורר שגיאה יחסית של 0.02%.

### 2.3.4 מסקנות:

בניסוי זה השתמשנו בסימלטור ECG, בכדי לקבל אות ECG לנתחו ולבדוק את איכות אות ה-ECG המספק הסימולטור. ראינו כי ניתוח לפי העין הניב כי הדופק בעל שגיאה של 0% ואילו האלגוריתם שפיתחנו למציאת גל ה-R וחישוב הדופק הניב שגיאה גדולה יותר אך עדיין שגיאה מזערית וזניחה. לכן מסקנה עיקרית העולה מניסוי זה, סימולטור ה-ECG מדמה בצורה טובה את פעילות הלב עבור שני קצבי הלב שבדקנו.



## 2.4 ניסוי 4: פתולוגיות בעזרת סימולטור ECG

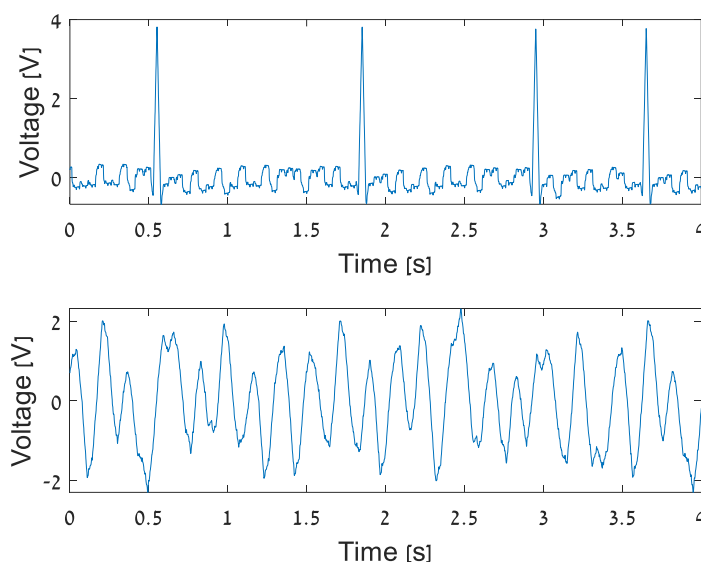
### 2.4.1 היפותזה:

בניסוי זה נדמה פרפור חדרים ועליות בנפרד על ידי סימולטור פתולוגיות ECG, נשער כי אות ה-ECG של הפתולוגיות יהיה דומה לאות הפתולוגיות אותו ראינו בדוח המכין.

### 2.4.2 מתודולוגיה:

**מכשור וציוד:** מטריצת אלביס, קבלים, נגדים, מערכת labview וסימולטור ECG.  
**מהלך הניסוי:** נחליף את סימולטור ה-ECG בסימולטור מיוחד המדמה פתולוגיות, נבחר באופציה AF ונדגום את האות למחשב באמצעות Labview, נשמור את האות בפורמט *lvm* ונבצע את הניסוי שוב עבור VF.

### 2.4.3 תוצאות:



איור 11 - בגרף העליון ניתן לראות AF ובתחתון VF

בגרף הפתולוגיות ניתן לראות פרפור חדרים ופרפור עליות. ניתן לשים לב כי הסימולציה מדמה בצורה טובה את הפתולוגיה של פרפור חדרים. בגרף VF ניתן לראות את גל ה-R חוזר על עצמו מה שמראה על התכווצות חוזרת ונשנית של החדרים. כמו כן, בגרף AF ניתן לראות את העליות מתכווצות באופן רפטיבי מה שמראה על פרפור עליות.

### 2.4.4 מסקנות:

בניסוי זה דימינו שתי פתולוגיות שונות הקשורות ל-ECG, הראשונה הינה פרפור עליות, אותה ניתן לראות בחלק העליון של איור 7. ראינו כי הסימולטור מדמה בצורה טובה את הפתולוגיה ובנוסף ראינו כי העליות מתכווצות באופן שחוזר על עצמו ללא הפסקה. בנוסף בחלק השני ראינו פרפור

חדרים גם שם היה ניתן לראות את גל R חוזר על עצמו לאורך כל הדגימה, מה שמראה על דהפולריזציה של החדרים, ולכן הסימולטור מדמה בצורה טובה גם פתולוגיה זו. מכאן מסקנה חשובה מהניסוי היא שסימולטור הפתולוגיות מדמה בצורה טובה את הפתולוגיות אותן בדקנו. מסקנה נוספת ולא פחות חשובה היא שמערכת הניסוי אותה בנינו, טובה למדידת אות ECG מבחינת תדרי הברך והגברת האות.

במעבדה זו הכרנו את מאפייני אות ה-ECG והכרנו פתולוגיות ושינויים בו ומאפייניהם. בניסוי הראשון הרכבנו מעגל המאפשר להגביר את האות ולבצע סינון BPF עבור טווח תדרים של  $0.444 [Hz] < f < 146.1 [Hz]$  המאפיין את טווח התדרים של אות ה-ECG. את תכנון המעגל ביצענו באמצעות שלושה מגברים ולמדנו כיצד לתכנן נכון את הרכיבים בהתאם לתדרי הברך וסוג המסנן. בניסוי השני בדקנו מה המוצא של כניסת אות סינוסי בתדרים שונים. קיבלנו כמצופה הגברה עבורי הטווח שבין תדרי הברך והנחתה לשאר התדרים. בנוסף לכך למדנו כיצד ניתן לממש אלגוריתם למציאת גלי ה-R וחישוב הדופק באמצעותו. בניסוי השלישי והרביעי דימינו פתולוגיות שונות- בדקנו את האות עבור 60 ו-240 פעימות לדקה ועבור פרפור עליות ופרפור חדרים. הסקנו כי עבור 240 פעימות לדקה גל ה-T עולה על גל ה-P ויוצר עוות באות כתוצאה מכך שהדה-פולריזציה של העליות עולה בזמן על הרה=פולריזציה של החדרים. עבור פרפור עליות ראינו את השינוי בגרף המאפיין את כיווצן של העליות ללא הפסקה. כמו כן, עבור פרפור חדרים ראינו כי גל ה-R חוזר על עצמו לאורך כל הדגימה.

## 4.1 Contents

- [EXP1](#)
- [Load Data](#)
- [Ex 2](#)
- [EXP3 60/240BPM](#)
- [R\\_detect](#)
- [EXP3 AF/VF](#)
- [Q4](#)

```
set(0,'defaultAxesFontSize',14);
```

## 4.2 EXP1

```
R1 = 514.8e3 ; C1 = 0.7e-6; Rf2 = 512.7e3;

C2 = 2.125e-9; R2 = 50.37e3; Rf1 = 512.1e3;

w = tf('s');
H = (w*C1*Rf1*Rf2)/((1+w*C1*R1)*(1+w*C2*Rf2)*R2);
figure;
subplot(121);
bode(H)
```

```
R1 = 510e3; C1 = 1e-6; Rf2 = 510e3;

C2 = 2.1e-9; R2 = 51e3; Rf1 = 510e3;

w = tf('s');
H = (w*C1*Rf1*Rf2)/((1+w*C1*R1)*(1+w*C2*Rf2)*R2);
subplot(122);
bode(H)
```

## 4.3 Load Data

```
[~,Data005] = ReadData('0.05Hz.lvm', 1 , 'End' , 1 );
[~,Data1] = ReadData('1Hz.lvm', 1 , 'End' , 1 );
[~,Data25] = ReadData('25Hz.lvm', 1 , 'End' , 1 );
[~,Data80] = ReadData('80Hz.lvm', 1 , 'End' , 1 );
[~,Data200] = ReadData('200Hz.lvm', 1 , 'End' , 1 );
[~,Data1000] = ReadData('1KHz.lvm', 1 , 'End' , 1 );
```

## 4.4 Ex 2

```
subplot(6,1,1)

t005=0:1e-3:length(Data005)*1e-3-1e-3;

plot(t005,Data005); xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Amplitude [V]';
xlim([0 20]); title '0.05 Hz';

t=0:1e-3:length(Data1)*1e-3-1e-3;
subplot(6,1,2)
plot(t,Data1); xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Amplitude [V]';
xlim([0 5]); title '1 Hz';

t=0:1e-3:length(Data1)*1e-3-1e-3;
subplot(6,1,3)
plot(t,Data25); xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Amplitude [V]';
xlim([0 5*1/25]); title '25 Hz';

t=0:1e-3:length(Data1)*1e-3-1e-3;
subplot(6,1,4)
plot(t,Data80); xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Amplitude [V]';
xlim([0 5*1/80]); title '80 Hz';

t=0:1e-3:length(Data1)*1e-3-1e-3;
subplot(6,1,5)
plot(t,Data200); xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Amplitude [V]';
xlim([0 5*1/200]); title '200 Hz';

t=0:1/2.5e3:length(Data1000)*1/2.5e3-1/2.5e3;
subplot(6,1,6)
plot(t,Data1000); xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Amplitude [V]';
xlim([0 5/1000]); title '1 kHz';
```

## 4.5 EXP3 60/240BPM

```
[~,signal60]=ReadData('60BPM.lvm',1,'End',1);
Time60 = 0:1e-3:(length(signal60)-1)*1e-3;
Time60 = Time60';
figure;
subplot(211)
plot(Time60,signal60); ylabel 'Voltage [V]';xlabel 'Time [s]';xlim([0 10]);
cal_BPM(signal60,Time60)

subplot(212)
[~,signal240]=ReadData('240BPM.lvm',1,'End',1);
Time240 = 0:1e-3:(length(signal240)-1)*1e-3;
Time240 = Time240';
plot(Time240,signal240); ylabel 'Voltage [V]';xlabel 'Time [s]';xlim([0 4]);

cal_BPM(signal240,Time240)
```

## 4.6 R\_detect

---

```
ind60 = R_detect(signal60);

ind240 = R_detect(signal240);

figure;

subplot(211);

plot(Time60,signal60); hold on; plot(Time60(ind60),signal60(ind60),'o');
ylabel 'Voltage [V]';xlabel 'Time [s]';xlim([0 4]);
subplot(212);
plot(Time240,signal240); hold on;
plot(Time240(ind240),signal240(ind240),'o');
ylabel 'Voltage [V]';xlabel 'Time [s]';xlim([0 4]);
```

## 4.7 EXP3 AF/VF

---

```
[~,AF]=ReadData('AF.lvm',1,'End',1);
Time = 0:1e-3:(length(AF)-1)*1e-3;
figure;
subplot(211)
plot(Time',AF); ylabel 'Voltage [V]';xlabel 'Time [s]';xlim([0 4]);

subplot(212)
[~,VF]=ReadData('VF.lvm',1,'End',1);
Time = 0:1e-3:(length(VF)-1)*1e-3;
plot(Time',VF); ylabel 'Voltage [V]';xlabel 'Time [s]';xlim([0 4]);
```

## 4.8 Q4

```
BLW = load('blw.mat'); L = length(BLW.data(:,3)); Fs = 500; T = 1/500;
t = 0 : L-1;
time = 0 : T : (L-1)*T;
ECG = BLW.data(:,3);
N = 0.25*sin(2*pi*200*time);
OtplusN = N + ECG;
figure; plot(time,ECG); xlim([0 4]);
figure; plot(time,OtplusN); xlim([0 4]);
Hd = Filter;
g = filter(Hd,OtplusN);
plot(time,g); xlim([0 4]);

subplot(3,1,1)
plot(time,ECG); xlim([0 4]);
title 'ECG without noise'; xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Voltage [V]';

subplot(3,1,2)
plot(time,OtplusN); xlim([0 4]);
title 'ECG with noise'; xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Voltage [V]';

subplot(3,1,3)
plot(time,g); xlim([0 4]);
title 'Filtered signal'; xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Voltage [V]';

f = (0:L-1)*Fs/L;    %%frequencies

figure;
subplot(3,1,1)
plot(f,abs(fft(ECG)));
title 'ECG without noise'; xlabel 'f [Hz]'; ylabel '|DFT|';

subplot(3,1,2)
plot(f,abs(fft(OtplusN)));
title 'ECG with noise'; xlabel 'f [Hz]'; ylabel '|DFT|'; ylim([0 2500]);

subplot(3,1,3)
plot(f,abs(fft(g)));
title 'Filtered signal'; xlabel 'f [Hz]'; ylabel '|DFT|';
```