



## گزارش پروژه دوم

درس مبانی مهندسی پزشکی

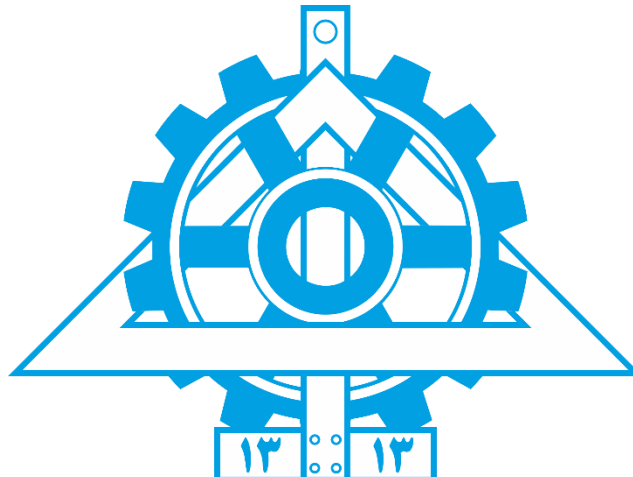
امیرمرتضی رضائی - 810101429

آرین فیض آبادی - 810101487

امیر مولائی - 810101527

فرزام خدیوی - 810101567

بهار 1403



## بخش اول :

### -2-1

- حداکثر ولتاژ تغذیه: 3.6 ولت
- ولتاژ تغذیه در محدوده ولتاژ توصیه شده برای این تراشه ۲ تا ۳.۵ ولت است.
- حداکثر ولتاژ ورودی:
- به طور کلی این مقدار به *supply* وابسته است و نباید از ولتاژ تغذیه بیشتر شود تا از آسیب به IC جلوگیری شود. بطور معمول این مقدار بین صفر تا ۳ ولت است.

### -3-1

- خروجی "*rail to rail*" به معنای این است که یک مدار یا دستگاه الکترونیکی می‌تواند سیگنال‌های خروجی را در تمام محدوده ولتاژ منبع تغذیه (راهنماها) تولید کند. به عبارت دیگر، خروجی این دستگاه می‌تواند به نزدیک‌ترین مقدار ولتاژ مثبت و منفی منبع تغذیه برسد، بدون اینکه ولتاژ خروجی به مقدار قابل توجهی کمتر از این مقادیر باشد.
- به عنوان مثال، اگر یک تقویت‌کننده عملیاتی (*Op-Amp*) با ولتاژ تغذیه  $15\pm$  ولت داشته باشیم، یک خروجی *rail to rail* می‌تواند ولتاژ خروجی را به نزدیک 15 ولت و -15 ولت برساند. این ویژگی به‌ویژه در کاربردهایی که نیاز به دقت و دامنه وسیع ولتاژی دارند، بسیار مفید است.
- خروجی *rail to rail* معمولاً در تقویت‌کننده‌ها، مبدل‌ها و سایر مدارهای آنالوگ استفاده می‌شود تا حداکثر استفاده از دامنه ولتاژ موجود انجام شود.

### -4-1

- موارد استفاده این IC :
- *Fitness and activity heart rate monitors*
- *Portable ECG*
- *Remote health monitors*
- *Gaming peripherals*
- *Biopotential signal acquisition*

#### -5-1

- مشخصات فیلترهای سخت افزاری:  
شامل فیلترهای یکپارچه ایست که برای کاهش نویز و بهبود کیفیت سیگنال طراحی شده‌اند.
- فیلتر بالاگذر: بصورت دو قطبی طراحی شده که قابلیت تنظیم دارد و فرکانس قطع آن ۰.۵ هرتز است. این فیلتر برای حذف اثرات *motion artifacts* و *electrode half-cell potential* در نظر گرفته شده است. (نویزهای فرکانس پایین)
- فیلتر پایین گذر: بصورت سه قطبی طراحی شده است و برای حذف نویز اضافی است. فرکانس قطع آن ۴۰ هرتز است.
- هرچه قطب فیلتر بیشتر باشد تیزتر فیلتر میکند و نویزهای ناخواسته موثرتر حذف می شوند.
- میتوان فیلترها را به دو صورت سخت افزاری و نرم افزاری پیاده سازی کرد و بسته به کاربرد میتوان انتخاب کرد. پردازش نرم افزاری ممکن است منجر به تاخیرهایی شود که در کاربردهای زمان واقعی مشکل ساز شود. همچنین دقت و پایداری مدارهای فیلترینگ قابل اعتماد تر است. این درحالیست که انعطاف پذیری فیلترهای نرم افزاری بیشتر است و به آسانی میتوان آن هارا تنظیم کرد.
- در کاربرد های پزشکی چون نیاز به دقت بالایی داریم و پردازش زمان واقعی است (*real-time*) فیلترهای سخت افزاری موثرتر هستند.

#### -6-1

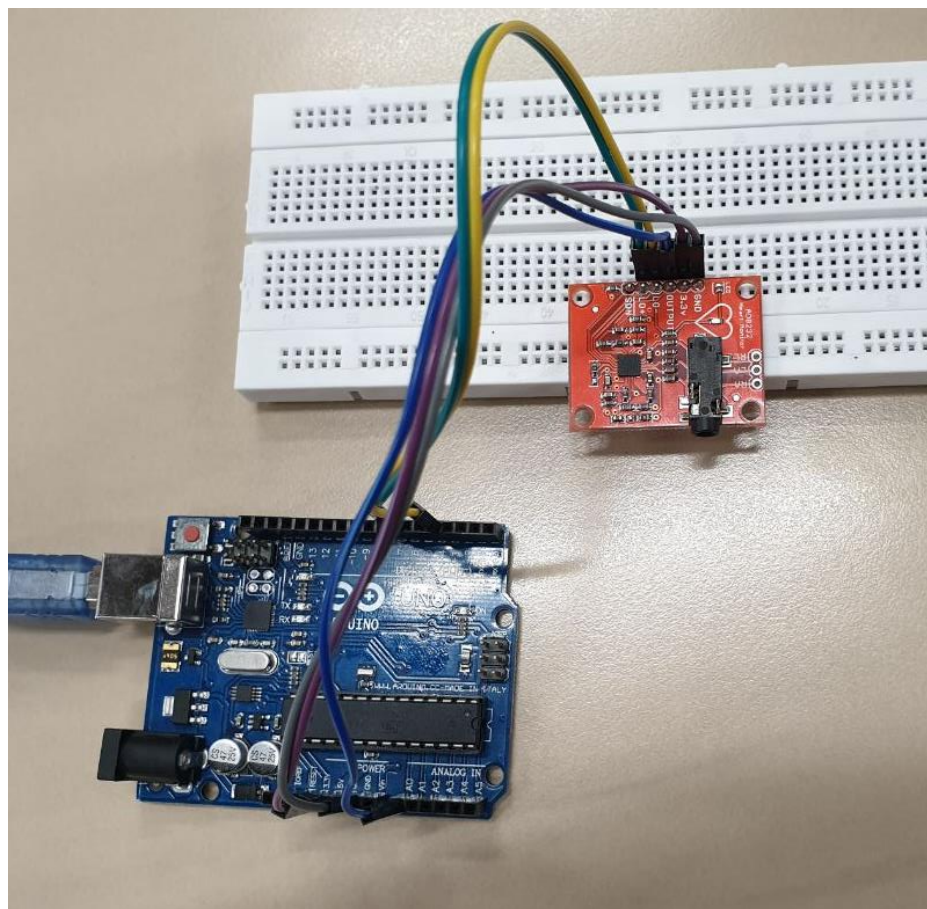
- حداکثر پهنای باند ورودی:  
بطور معمول پهنای باند ورودی حدود ۲.۶ کیلوهرتز است.

#### -7-1

- دلایل استفاده از ماژول *AD8232*:
- سیگنال های *ECG* در حد میلی ولت هستند و نیاز به تقویت دارند تا بتوان بعنوان ورودی برد آردوینو از آن ها استفاده کرد.
- سیگنال *ECG* تحت تاثیر نویز های محیط است و نیاز به فیلترینگ دارد. آردوینو به تنهایی نمی تواند نویز محیط را به خوبی حذف کند. پس با استفاده از این ماژول که دو فیلتر پایین گذر و بالا گذر دارد، نویز هارا حذف میکنیم و سیگنال تمیز را به آردوینو تحویل می دهیم.

ورودی و خروجی *AD8232* و نحوه اتصال به آردوینو:

- ولتاژ تغذیه آردوینو توسط لپتاپ تامین می شود.
- از  $V_{cc}$  آردوینو ۵ ولت گرفته و با کمک رگولاتور به ولتاژ 3.3 می‌رسانیم. سپس به  $V_{cc}$  *AD8232* می‌دهیم. البته با توجه به خرابی آردوینو، از *Arduino Uno* استفاده شد که خود دارای خروجی 3.3 ولت است و دیگر نیازی به رگولاتور ولتاژ نداریم!
- سیگنال‌های خوانده شده از روی بدن توسط الکترودها را به عنوان ورودی به *AD8232* داده و *output* را که خروجی تقویت شده و فیلتر شده است، بعنوان سیگنال آنالوگ به پایه *A0* آردوینو متصل می‌کنیم.
- این خروجی برای بررسی اتصال الکتروود مثبت و  $-Lo$  برای بررسی اتصال الکتروود منفی است. هنگامی که اتصال الکترودها با بدن قطع شود این پایه‌ها مقدار یک را بعنوان خروجی نشان می‌دهند. (بسته به اینکه کدام یک از الکترودها قطع شود یکی از پایه‌ها فعال می‌شوند) این پایه‌ها خروجی دیجیتال دارند و باید به پایه‌های دیجیتال آردوینو متصل شوند.

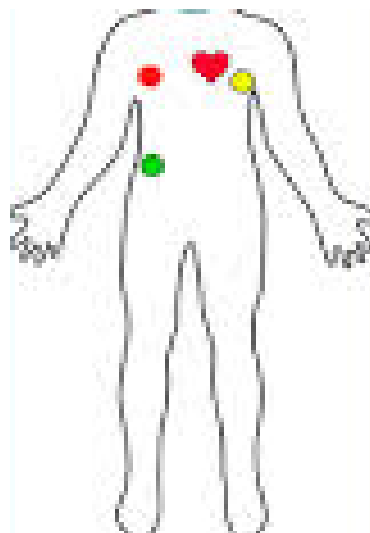


## بخش دوم:

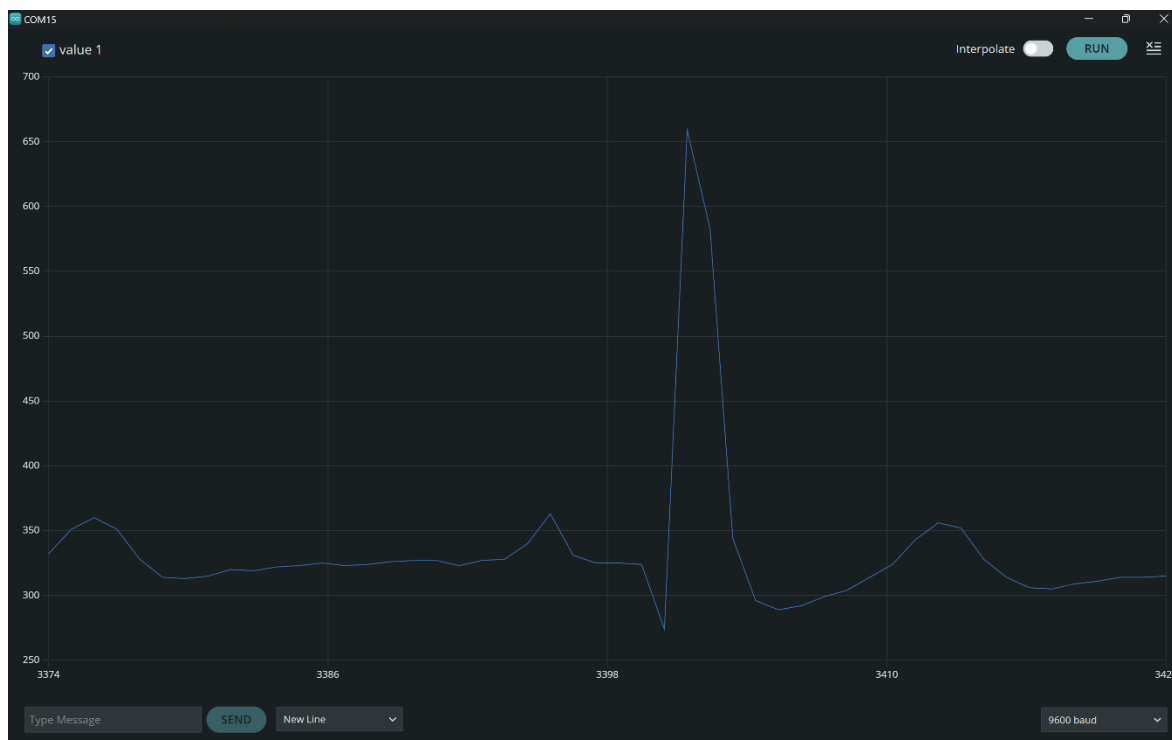
-1-2

کد آردوینو و نحوه اتصال الکترونها به صورت زیر می باشد:

```
2 void setup() {
3   // initialize the serial communication:
4   Serial.begin(9600);
5   pinMode(4, INPUT); // Setup for leads off detection L0 +
6   pinMode(7, INPUT); // Setup for leads off detection L0 -
7
8 }
9
10 void loop() {
11
12   if((digitalRead(4) == 1)|| (digitalRead(7) == 1)){
13     Serial.println('!');
14   }
15   else{
16     // send the value of analog input 0:
17     Serial.println(analogRead(A0));
18   }
19   //Wait for a bit to keep serial data from saturating
20   delay(20);
21 }
```

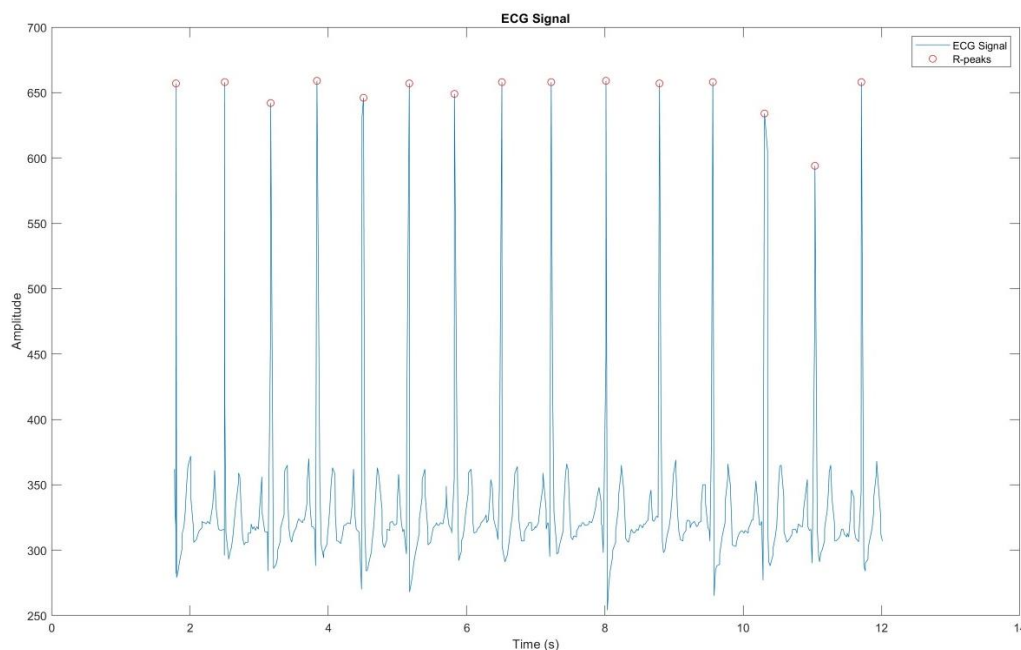


نتیجه نهایی:



## 2-2 الی 4-

با استفاده از برنامه *ecgToCSV.m* که به پیوست نیز ارسال شده است، داده‌های خوانده شده در مدت 12 ثانیه در یک فایل *csv* ذخیره شدند. در ادامه، موج‌های *R* را در متلب مشخص نموده و فاصله‌های زمانی میان آن‌ها را پیدا می‌کنیم.



سپس 60 را بر هر یک از فاصله‌های بدست آمده تقسیم کرده و در نهایت از مقادیر بدست آمده میانگین می‌گیریم؛ بدین ترتیب ضربان قلب نمونه مورد آزمایش بدست می‌آید.

R-R Intervals (seconds):

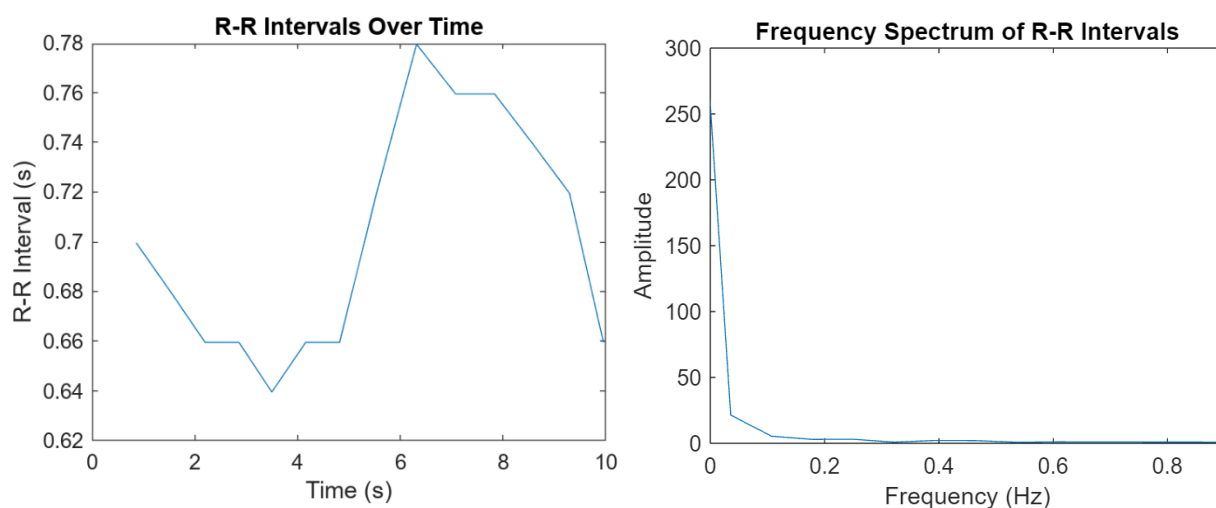
0.69954  
0.67956  
0.65957  
0.65957  
0.63958  
0.65957  
0.65957  
0.71953  
0.77949  
0.7595  
0.7595  
0.73952  
0.71953  
0.65957

Heart Rate (bpm): 86.1142 bpm

*HRV* یا *heart rate variability* معیاری برای اندازه‌گیری تغییرات فواصل *R-R* است و به طرق مختلفی محاسبه می‌گردد.

همچنین سیستم سمپاتیک باعث افزایش ضربان قلب یعنی کاهش فواصل *R-R* در پاسخ به استرس یا فعالیت می‌شود. و سیستم پاراسمپاتیک باعث کاهش ضربان قلب یا افزایش فواصل *R-R* در حالت آرامش یا ریکاوری می‌شود. در واقع تغییرات فواصل *R-R* بازتابی از توازن فعالیت این دو بخش از *ANS* است. در تحلیل فرکانسی فواصل *R-R* :

- ***HF (High Frequency)*** (0.15-0.4 هرتز)؛ نشان‌دهنده فعالیت پاراسمپاتیک.
- ***LF (Low Frequency)*** (0.04-0.15 هرتز)؛ نشان‌دهنده ترکیب فعالیت سمپاتیک و پاراسمپاتیک.
- ***VLF (Very Low Frequency)*** (کم‌تر از 0.04 هرتز)؛ نقش آن کمتر مشخص است و معمولاً به سیستم‌های تنظیم بلندمدت مرتبط است.
- **نسبت *LF/HF***: نشان‌دهنده توازن بین فعالیت سمپاتیک و پاراسمپاتیک



Frequency Domain Analysis:

LF Power: 28.9007

HF Power: 23.5849

LF/HF Ratio: 1.2254

### وضعیت جسمی یا فیزیولوژیکی :

#### • $HRV$ بالا :

نشان‌دهنده تعادل خوب بین شاخه‌های سمپاتیک و پاراسمپاتیک  $ANS$  است. و معمولاً در افراد سالم، ورزش‌کاران و کسانی که در حالت آرامش یا استراحت هستند مشاهده می‌شود. در واقع بازتابی از سلامت قلبی-عروقی و توانایی بدن برای تنظیم خود در پاسخ به تغییرات محیطی می‌باشد.

#### • $HRV$ پایین :

نشان‌دهنده کاهش فعالیت شاخه پاراسمپاتیک (استراحت و هضم) یا فعالیت بیش‌ازحد شاخه سمپاتیک (استرس). ممکن است با وضعیت‌هایی مانند خستگی، بیماری‌های قلبی، اختلالات متابولیک یا التهاب مرتبط باشد. همچنین می‌تواند به علت کمبود خواب، تغذیه نامناسب یا تمرینات فیزیکی سنگین ایجاد شود.

#### • $HR$ بالا (تاکی‌کاردی) :

می‌تواند نشانه استرس، اضطراب، هیجان، فعالیت فیزیکی یا بیماری باشد. در ورزش‌کاران معمول است، اما اگر بدون دلیل مشخص رخ دهد، ممکن است به اختلالات قلبی-عروقی یا مشکلات  $ANS$  اشاره کند.

#### • $HR$ پایین (برادی‌کاردی) :

ممکن است نشانه‌ی آمادگی جسمانی بالا باشد، به ویژه در ورزش‌کاران حرفه‌ای. اگر غیرطبیعی باشد، می‌تواند نشان‌دهنده اختلالات هدایت الکتریکی قلب یا مشکلات  $ANS$  باشد.

### وضعیت احساسی یا روانی :

#### • فعالیت سمپاتیک افزایش‌یافته ( $HRV$ پائین و $HR$ بالا) :

استرس، اضطراب یا هیجان شدید می‌تواند موجب فعال شدن سیستم سمپاتیک شود. اغلب با کاهش توانایی بدن در پاسخ انعطاف‌پذیر به شرایط محیطی همراه است.

#### • فعالیت پاراسمپاتیک افزایش‌یافته ( $HRV$ بالا و $HR$ نرمال یا پائین) :

آرامش، مدیتیشن، یا خواب عمیق با این وضعیت همراه است. بازتابی از وضعیت ذهنی آرام و تعادل احساسی.

#### • نسبت $LF/HF$ بالا :

نشان‌دهنده غالب بودن فعالیت سمپاتیک است، که می‌تواند به استرس یا واکنش‌های هیجانی شدید اشاره کند.

#### • نسبت $LF/HF$ پایین :

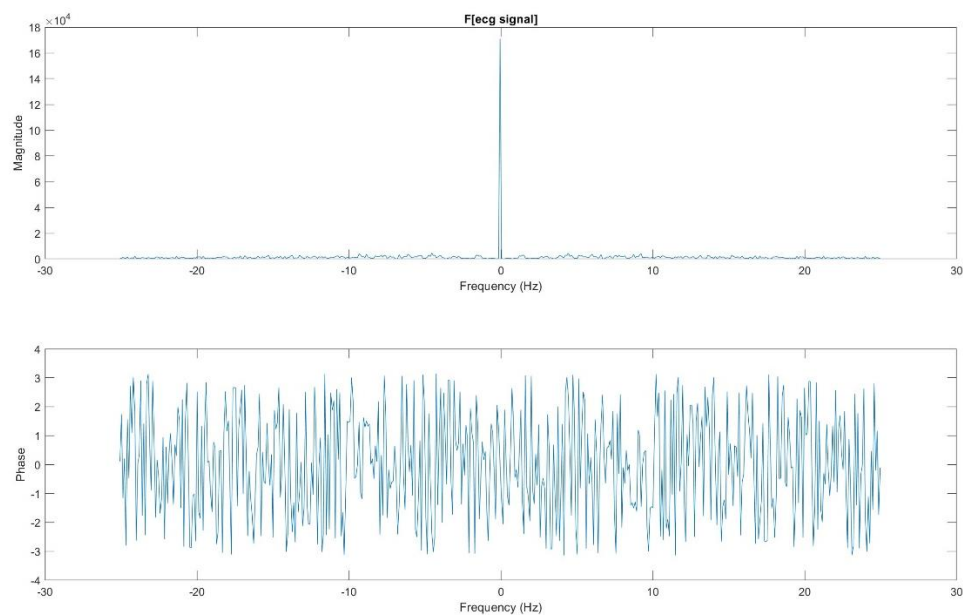
نشان‌دهنده فعالیت بالای شاخه پاراسمپاتیک است، که اغلب با آرامش و حالت‌های احساسی مثبت مرتبط است.



فرکانس نمونه برداری با تقسیم تعداد نمونه ها بر فاصله زمانی میان نمونه های اول و آخر بدست آمد.

$$F_s = 50.13$$

سپس مولفه فرکانسی سیگنال ECG محاسبه شد. نتیجه (دامنه و فاز) به صورت زیر می باشد:



چگالی طیف توان اطلاعاتی در مورد نحوه توزیع انرژی سیگنال در فرکانس‌های مختلف به ما می‌دهد. وقتی ما برای یک سیگنال ECG چگالی طیف توان را رسم می‌کنیم، در واقع بررسی می‌کنیم که چگونه انرژی سیگنال در فرکانس‌های مختلف توزیع شده است.

اصولا PSD اطلاعات زیر را به ما می‌دهد:

1. **تشخیص فرکانس‌های غالب:** چگالی طیف توان به ما کمک می‌کند تا فرکانس‌هایی را که بیشترین انرژی را در سیگنال دارند شناسایی کنیم. برای سیگنال‌های ECG، این فرکانس‌ها ممکن است مرتبط با الگوهای مختلف ضربان قلب و فعالیت‌های قلبی خاص باشند.
  2. **شناخت ویژگی‌های قلبی:** با توجه به توزیع انرژی سیگنال در فرکانس‌های مختلف، می‌توان ویژگی‌هایی مانند ریتم قلب، آریتمی‌ها یا سایر اختلالات قلبی را بررسی کرد. برخی اختلالات قلبی ممکن است باعث تغییرات در چگالی طیف توان شوند.
  3. **تحلیل نویز و کیفیت سیگنال:** اگر در سیگنال نویز وجود داشته باشد، چگالی طیف توان به ما کمک می‌کند تا این نویز را شناسایی کنیم. برای مثال، نویز ممکن است به صورت افزایشی در فرکانس‌های بالا ظاهر شود.
  4. **مقایسه بین سیگنال‌های مختلف:** با مقایسه چگالی طیف توان سیگنال‌های ECG مختلف می‌توان تغییرات یا تفاوت‌های موجود در ویژگی‌های مختلف قلبی افراد یا شرایط مختلف را تحلیل کرد.
- نتیجه بدست‌آمده:

