

השתלמות ביו רפואה בטכניון

תשע"ט

ניסוי מספר 2: אלקטרוקרדיוגרם ECG

מגישות :

אורלי לוי, לואיזה גולצמן

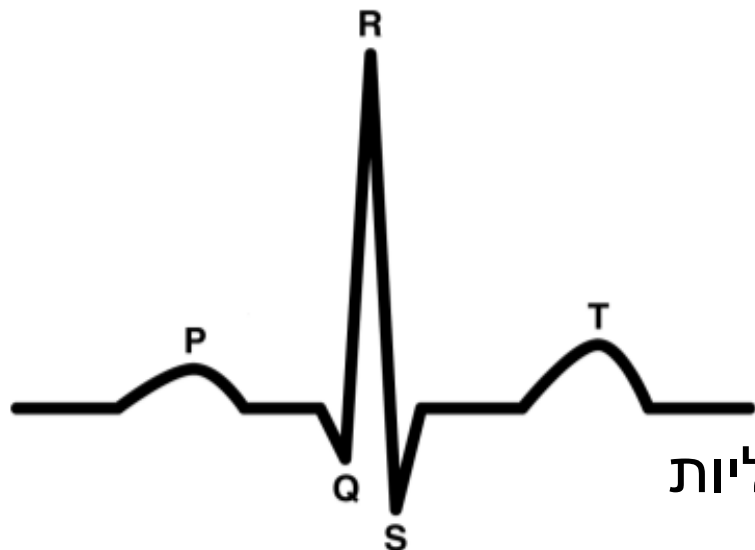
ניסוי מספר 2: אלקטרוקרדיוגרם ECG

(או במקור מגרמנית EKG)

אלקטרוקרדיוגרם הוא פלט רישום השינויים במתחים החשמליים הנוצרים בשריר הלב בעת פעולתו.

המתח נמדד על פני העור בנקודות שונות באמצעות אלקטרודות. הוא נרשם על סרט נייר או צג מחשב, כגרף של עוצמה לאורך זמן. בדיקת הפעילות החשמלית של הלב היא בדיקה לא-פולשנית נפוצה בבתי חולים ובמרפאות. תוצאותיה יכולות לספק מידע על המצב הפיזיולוגי של הלב, במנוחה או במאמץ, וכן לרמז על פתולוגיות הקשורות בלב, כגון אוטם שריר הלב והפרעות קצב.

איור האקג נראה כסדרה של גלים שונים המופיעים בסדר מסוים, קבוע, בכל מחזור של פעימה. לכל גל כינוי אות: PQRST הנראה באיור הבא:



P – גל המבטא את העברת הדחף על פני העליות בעת התכווצות העליות.

אפיון תקין עד 0.11 שניות. הגובה על הציר, המייצג את העוצמה על דף הרישום בפלט נייר רציף של מכשיר המדידה, 2.5 מ"מ.

QRS - מבטאים את התפשטות הדחף החשמלי על פני החדרים בעת התכווצותם. הוא חזק בהרבה מזה שגורם להתכווצות העליות ומערב הרבה יותר שטח שריר ובכך גורם לרישום ECG גבוה הרבה יותר. חלק זה כולל גם את שלב התרפות העליות. אפיון תקין 0.08 – 0.10 שניות. Q – הגל השלילי הראשון.

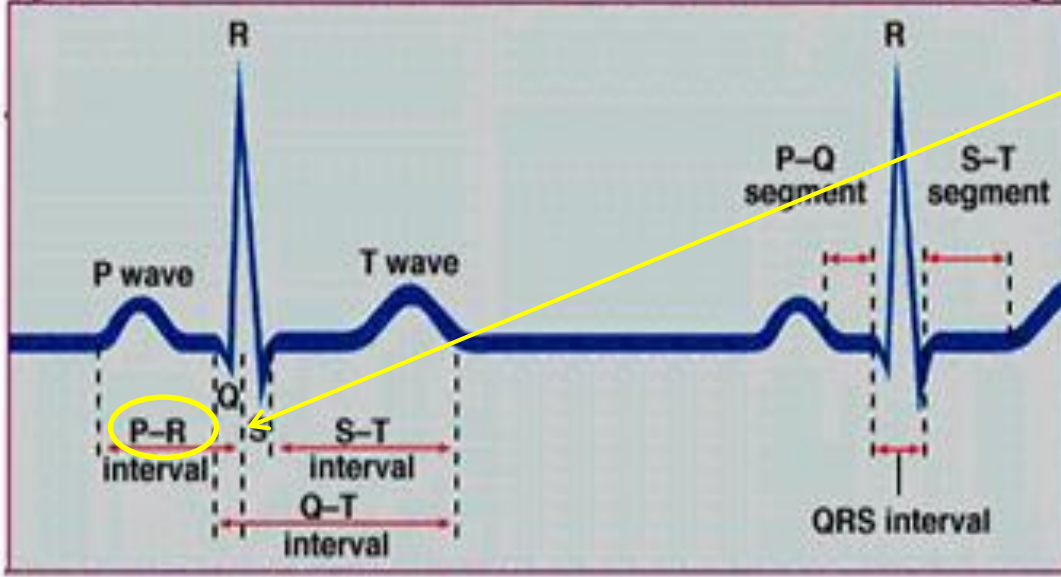
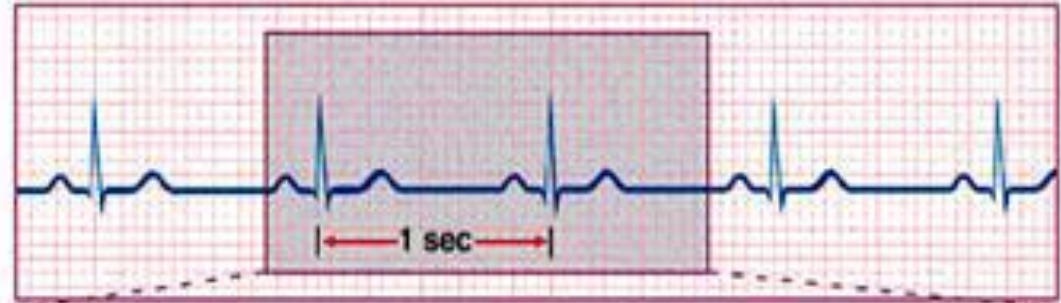
באופן תקין פחות מ 0.04 מ"מ ופחות מ 25% מהאמפליטודה של גל R.

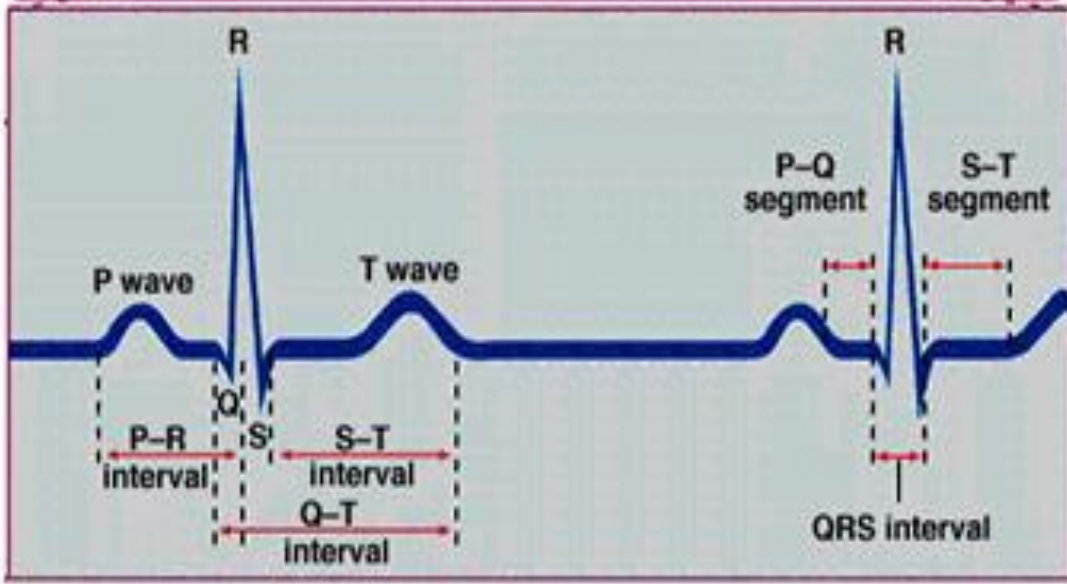
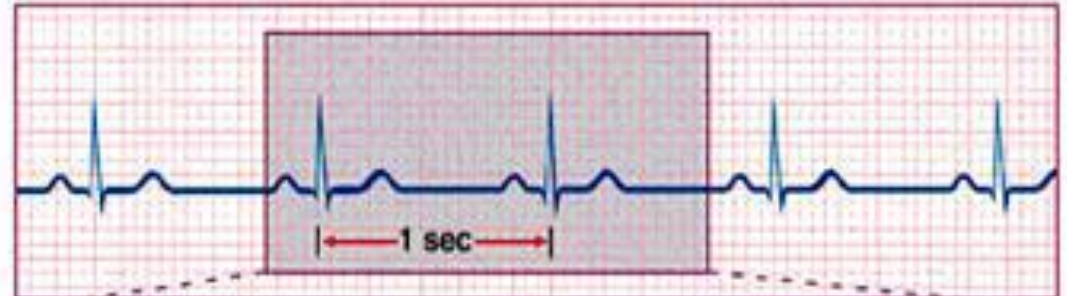
T – מבטא את התרפות שריר הלב (חזרה למצב הרפיה של החדרים).

המרווחים ברישום:

PR-interval

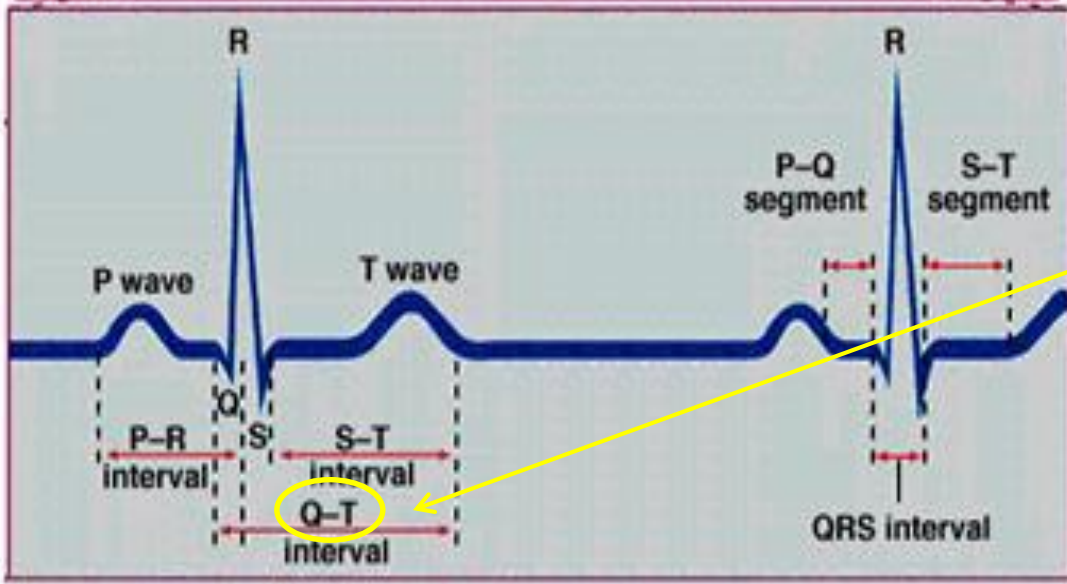
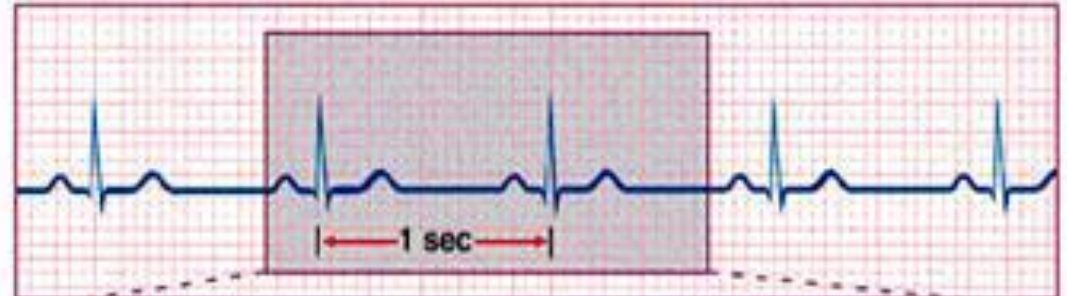
מרווח המייצג את הזמן מתחילת גל עד לפני התחלת התכווצות החדרים. טווח של 0.12-0.20 שניות.





-ST segment

ה פולריזציה מוקדמת של החדר. מסוף קטע QRS עד תחילת גל T (לשים לב שזהו לא המקטע המסומן בשרטוט). באופן תקין זהו קו אופקי. במצבי איסכמיה או אוטם נצפה עליה או ירידה של מקטע ST.

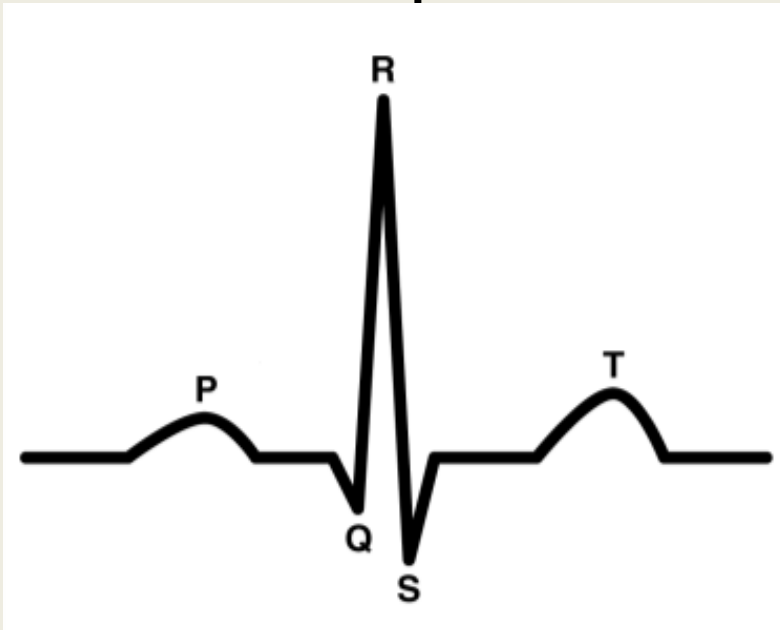


-QT interval
 הזמן הכולל של דה פולריזציה ורה פולריזציה חדרית. מרווח זה מושפע מקצב הלב – מתארך בדופק איטי ומתקצר בדופק מהיר. בקצב של 65-95 פעימות בדקה, המרווח הוא בין 0.32 שניות ל-0.4 שניות.

מרישום האקג מאבחנים ישירות את קצב פעולת הלב, אי סדירות קצב, שינויים במחזור פעולת הלב ובעוצמת האותות החשמליים. ניתן להסיק על תפקוד הלב. למשל:

שינויים בתפקוד שריר הלב עקב אירוע של התקף לב עלולים להתבטא כשינויים בתדר או בעוצמת ההתכווצות, הארכת המרחק בין P ל Q מעידה על פגם בהולכת הדחף בין העליות והחדרים,

שיבוש בקטע QRS, עליית קטע ST או היפוך בגל T עלול להעיד על התקף לב



אלקטרודות



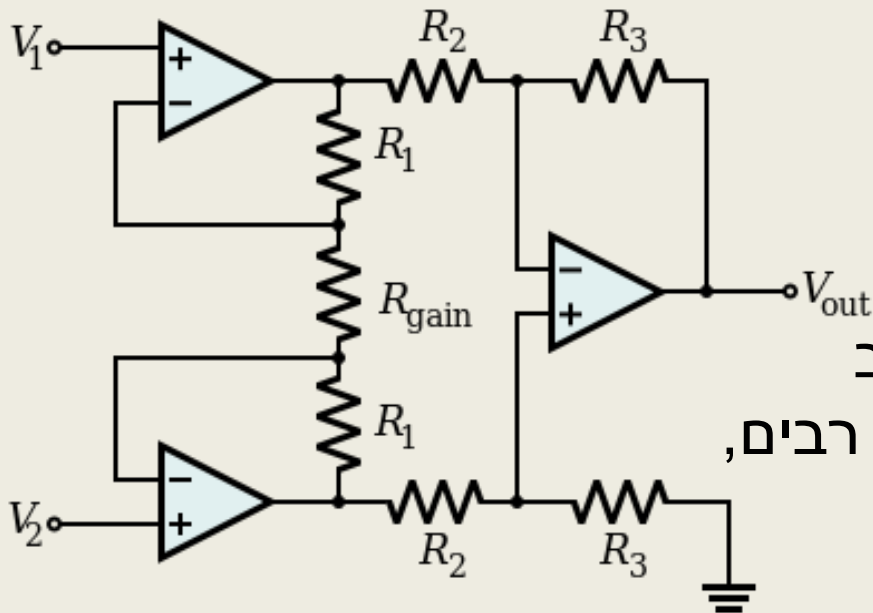
אלקטרודה היא מוליך חשמלי המשמש ליצירת מגע בין המכשיר החשמלי/אלקטרוני עם תווך לא מתכתי, כלומר עם גוף האדם. האלקטרודות משמשות כדרגת כניסה למכשירי מדידה כגון ECG - למדידת מתח פעילות שריר הלב, EEG למערכת העצבים ועוד.

האות החשמלי הנפלט מגוף האדם נקלט ע"י האלקטרודות, המאפשרות בדיקת הפרש פוטנציאלים בין שתי נקודות בגוף. האלקטרודות הן דרגת הסינון הראשונה לאות החשמלי. לכן החוטים חייבים להיות קצרים כך שתהיה מינימום חשיפה לרעשים חיצוניים. מבנה החוטים צריך להיות מסועף כך שרעש בחוט אחד יהיה באותו ערך, אך בקוטביות הפוכה, לרעש בחוט השני כך שסך הכל הרעש יהיה שווה לאפס.

בנוסף למדידה, האלקטרודות משמשות גם במכשירים טיפוליים, לדוגמה בקוצב לב: כאשר קוצב הלב הטבעי אינו מתפקד ניתן להשתיל קוצב לב ממנו יוצאות אלקטרודות המשגרות פולסים חשמליים הגורמים להתכווצות של שריר הלב

מגבר מכשור instrumentation amplifier

מגבר מכשור הוא מגבר מדויק עם כניסה הפרשית.



הוא מגביר את ההפרש A_d

בין שני אותות מתח כניסה

תוך דחיית כל האותות המשותפים

לשתי הכניסות.

מגברי המכשור נמצאים בשימוש נרחב

ביישומי מדידה, איסוף נתונים ורפואה רבים,

בהם נדרש לשמור על דיוק DC

ודיוק הגבר בסביבה רועשת,

בה קיימים אותות אופן-משותף גדולים.

מגבר מכשור הוא מגבר הפרש

המיועד למדידת אותות נמוכים מאד,

המאפיינים מתחים הנמדדים בגוף האדם.

יחס דחיית האות המשותף CMRR

Ac הוא ההגבר המשותף. היחס בין ההגבר הפרשי Ad להגבר המשותף הוא מדד לטיב מגבר הפרש והוא מסומן

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c}$$

במגבר הפרש אידיאלי, ההגבר המשותף הוא אפס וה- CMRR הוא אינסופי. ככל ש- CMRR בעל ערך גבוה יותר המתח המשותף זניח יותר. במגבר מכשור נדרש ש- CMRR ישאף לאינסוף, כלומר שיוגבר רק הפרש אותות הכניסה ואת סכומם כלל לא יגיע למוצא.

$$V_o = A_d \left(V_d + \frac{1}{CMRR} \cdot V_c \right)$$

לדוגמה, בין האדמה במכשיר הנמדד לאדמה בסקופ יש הפרש פוטנציאלים אפילו אם מקצרים ביניהן את האדמות, משום שלקו הקצר עצמו התנגדות פנימית, ולכן קיים מפל מתח בין האדמות. בדרך כלל מפל מתח זה הוא זניח, אבל כאשר נמדדים אותות הנמוכים מ 0.1 mV ערך המתח בין האדמות הוא משמעותי.

לכן, במדידת אותות נמוכים מאד משתמש במגבר מיכשור בכניסה למשקף כאשר כניסה אחת שלו תהיה האות מהמכשיר הנמדד והכניסה השנייה אדמה של האות מהמכשיר הנמדד. כיוון שהמגבר מגביר רק את הפרש האותות לא תהיה השפעה למפל המתח בין האדמות. כמובן שיש לדאוג למגבר בעל ספרת רעש נמוכה במיוחד ושגיאות DC מינימליות.

ניסוי מספר 2: תכנון ומימוש מערכת ECG

מטרת הניסוי:

1. התלמיד ידע לתכנן לבנות ולהפעיל את המערכת.
2. התלמיד יכתוב תוכנית מתאימה למערכת .
3. התלמיד ינתח את תוצאות המדידה ויקשר עם הרקע התיאורטי שלמד.

שאלות הכנה :

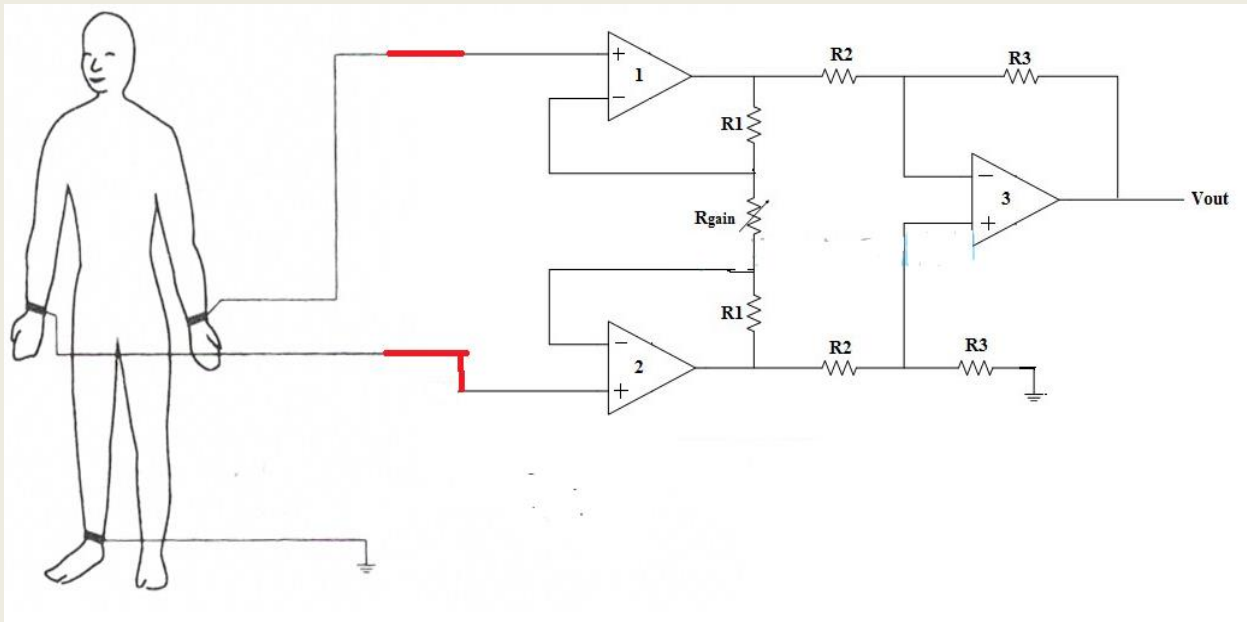
1. קרא בעיון את הרקע שנכתב לניסוי זה ,
2. הסבר מה שלבי המדידה ב ECG ומה משמעות הגרף המתקבל.
3. הסבר את הצורך במגבר מכשור בתכנון המעגל .
4. רשום והסבר את V_o משוואת המוצא של המגבר.
5. הסבר מדוע יש לחבר את מוצא המגבר להדק אנלוגי של ה- ARDUINO UNO ?
6. האם ניתן למדוד דופק בהדק אחר ? הסבר.
7. היכן יש לחבר את האלקטרודות לשם מדידת דופק? הסבר.
8. הסבר את התוכנית שכתבת .

רכיבים נדרשים:

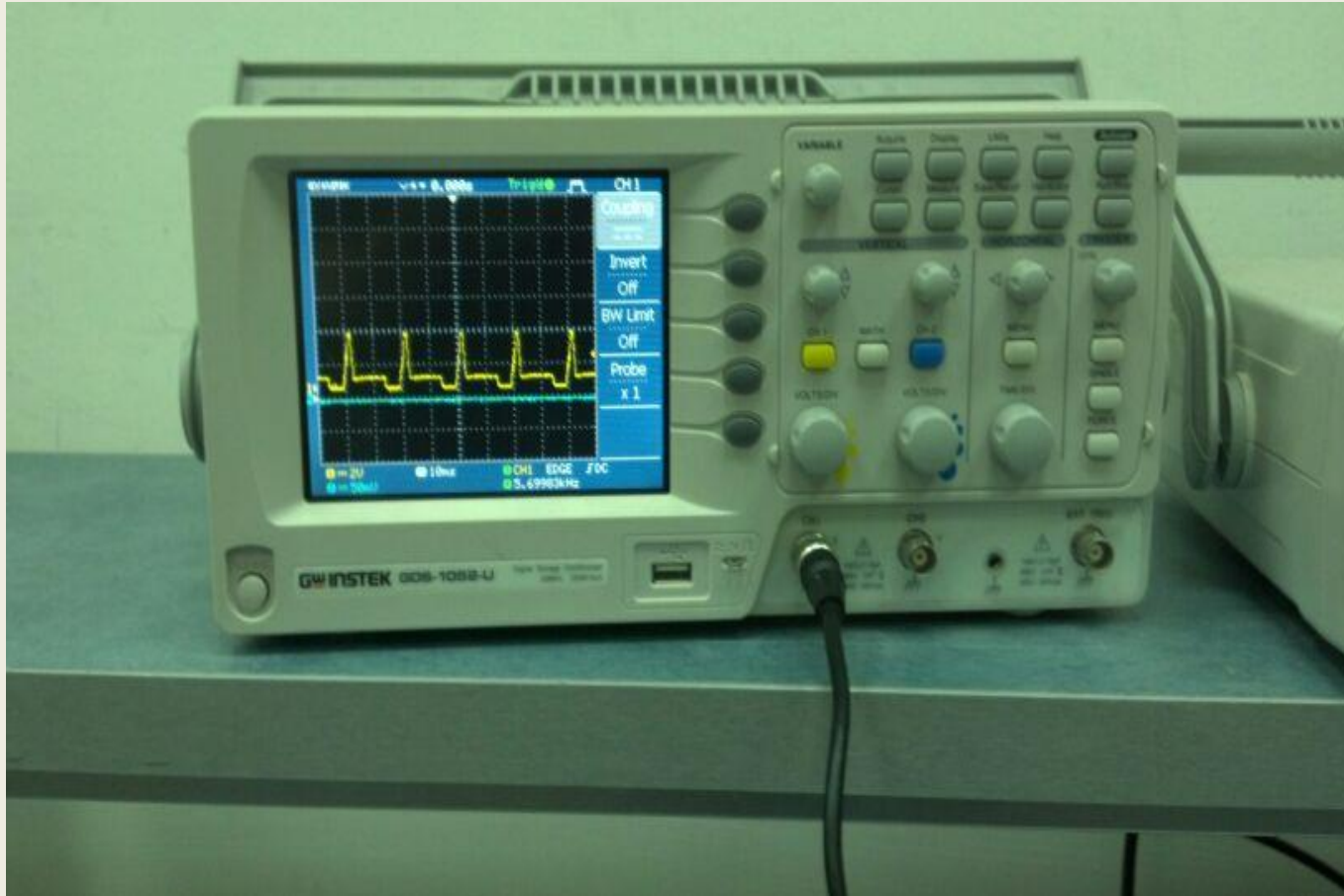
1. ארדואינו UNO (כל מעבד אחר).
2. שלוש אלקטרודות
3. מגבר מכשור ניתן לבנות ברכיב LM324
4. נגדים: $4 \times 10 \text{ K}\Omega$, $2 \times 25 \text{ K}\Omega$ ונגד משתנה .
5. מכשירי מדידה

מהלך הניסוי:

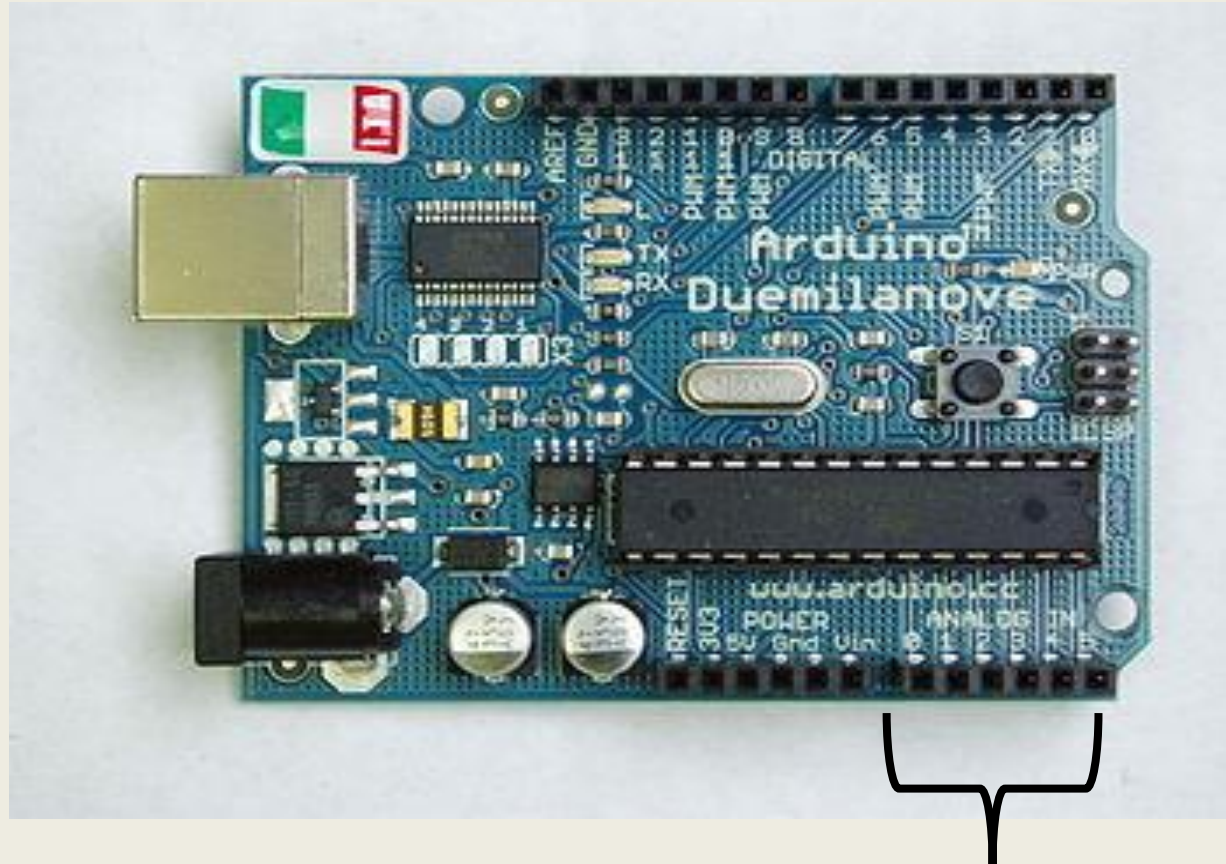
1. יש לבנות את המעגל



2. חבר תחילה את מוצא המגבר לכניסה של סקופ למדידת אות



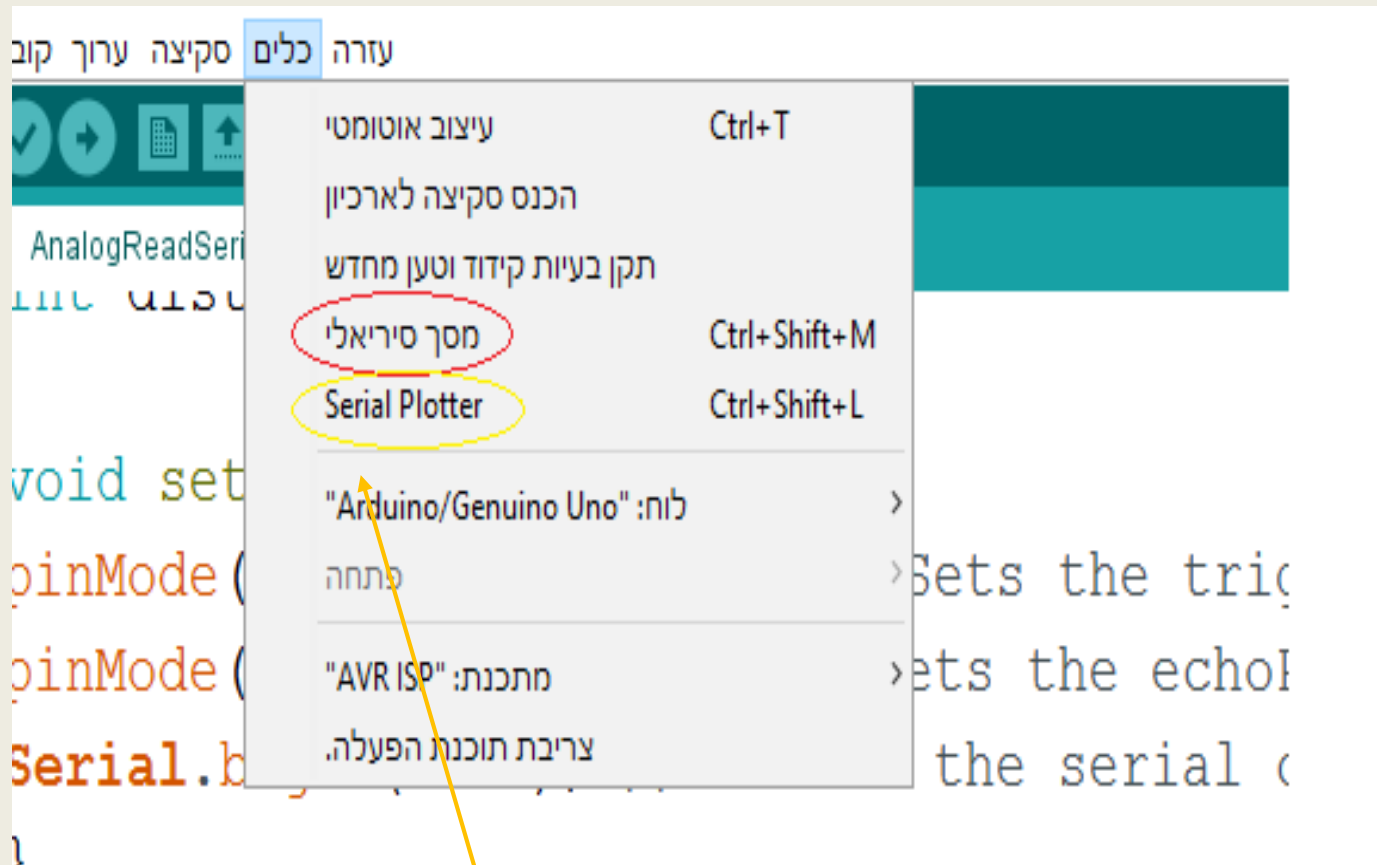
3. חבר את מוצא המגבר אל הארדואינו בכניסה אנלוגית



כניסות אנלוגיות

```
// ECG click: plotting data using Serial plotter from
Arduino IDE
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per
  second:
  Serial.begin(57600);
}
// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  int sensorValue = analogRead(A0);
  // print out the value you read:
  Serial.println(sensorValue);
  // about 256Hz sample rate
  delayMicroseconds(3900);
}
```

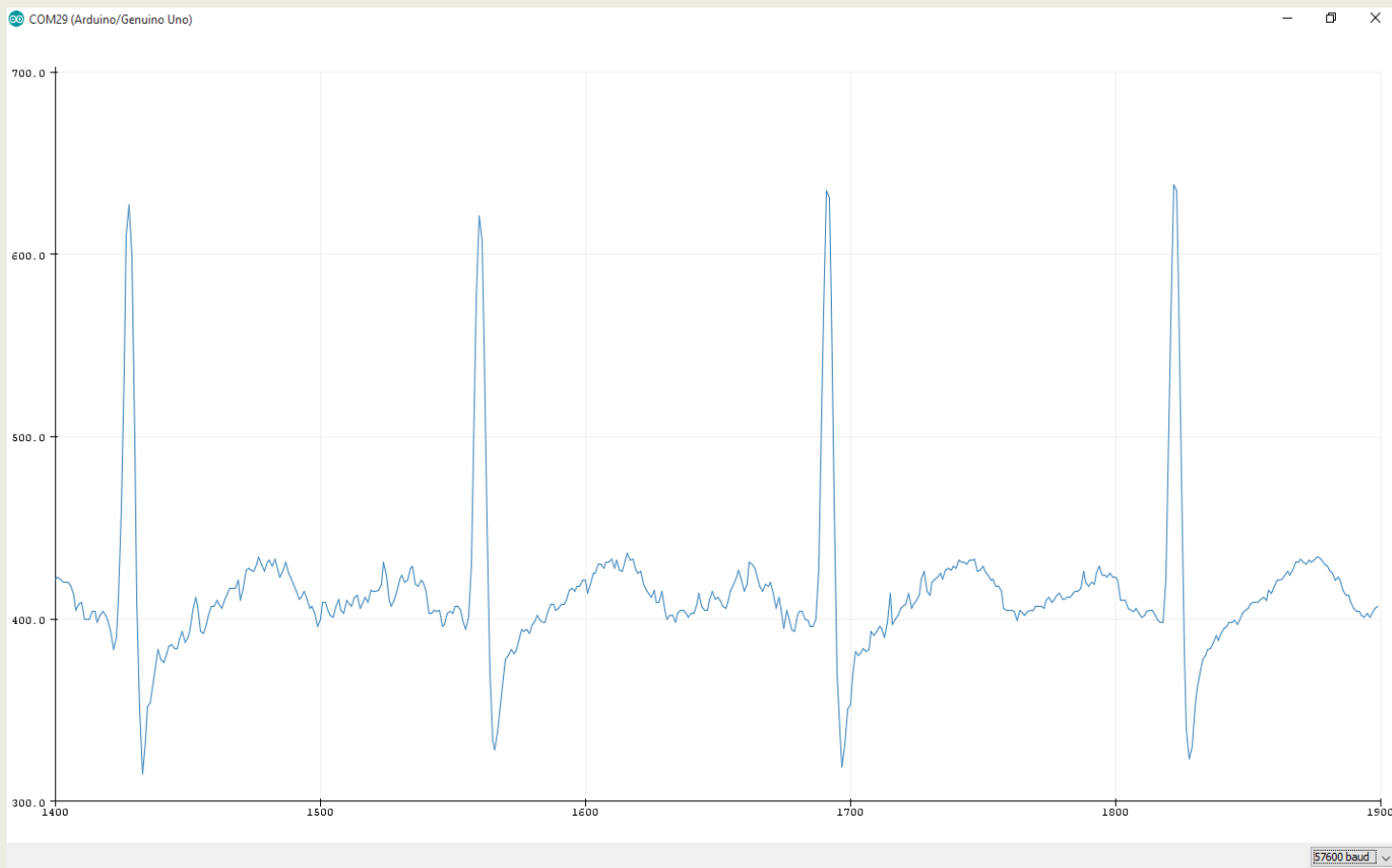

5. הרצת תוכנית זו תבצע באמצעות הפעלת ה - serial plotter



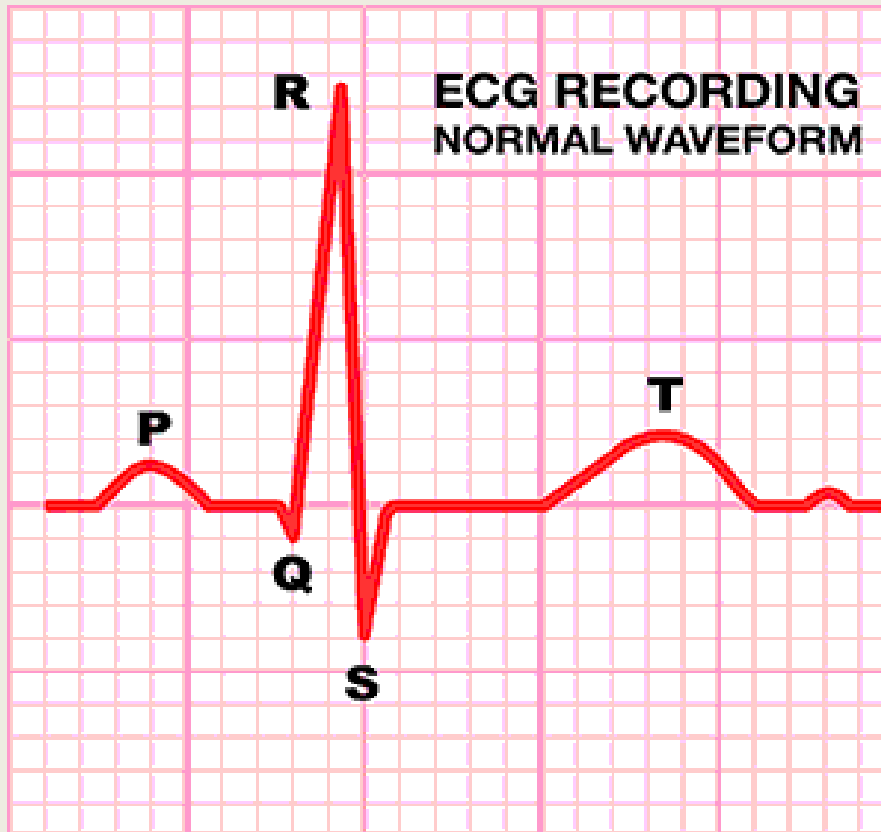
Serial plotter

בעזרת אופציה זו ניתן לראות
בצורה גרפית

תצוגה במסך



6. נסה לשפר את המערכת או את התוכנית לקבלת נתונים נוספים שמגדירים דופק .
(פעילות תקינה של חדרי הלב, קצב פעימות טוב)
הערה : ישנן תוכנות שפועלות עם ארדואינו שבהם ניתן לראות את האות בצורה יותר ברורה .



שאלות סיכום :

1. שרטט וחשב את התוצאות שקבלתם בסקופ ובמסך ה-plotter.
2. מה ניתן להסיק מהתוצאות.
3. חשוב על יישומים נוספים שניתן להפעיל עם המערכת הזו .

בהצלחה