

## הכרת הדיודה ושימושיה

### **מילות מפתח:**

דיודה, קתודה, אנודה, מוליכים למחצה, יישור, קטיעה.

**הציוד הדרוש:** פנל למערכת הניסוי דיודה, רבי מודדים דיגיטליים, אוסילוסקופ.

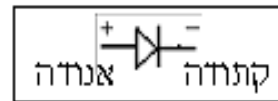
### **מטרות הניסוי:**

- להכיר את מבנה הדיודה, אופן פעולתה ושימושיה העיקריים.
- למדוד ולהכיר את אופיין הדיודה.
- להשתמש בדיודה לבניית מעגלי יישור וקטיעה.

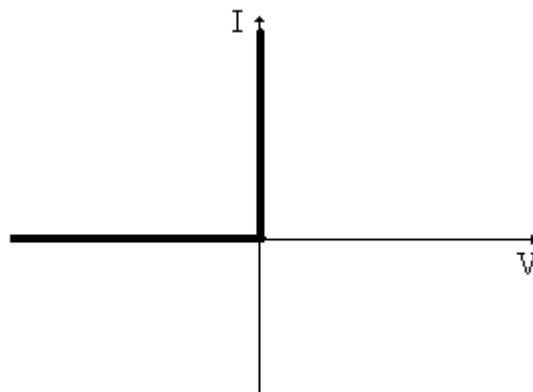
## 1. תיאוריה

### 1.1 דיודה אידיאלית

דיודה אידיאלית הינה רכיב חשמלי אשר משמש כמוליך חד-כיווני, בכיוון אחד מוליך מושלם כלומר קצר ובכיוון ההפוך נתק. סימונה של הדיודה במעגל חשמלי



הוא: כיוון ההולכה הוא בכיוון החץ במעגל. האופיין (הזרם דרך הדיודה כפונקציה של המתח על פני הדיודה) של דיודה אידיאלית מופיע בציור 1, כאשר המתח חיובי הדיודה מוליכה ואין מפל מתח על הדיודה. כאשר המתח שלילי, הדיודה מהווה נתק ולא משנה מהו מפל המתח על הדיודה.



ציור 1: אופיין של דיודה אידיאלית

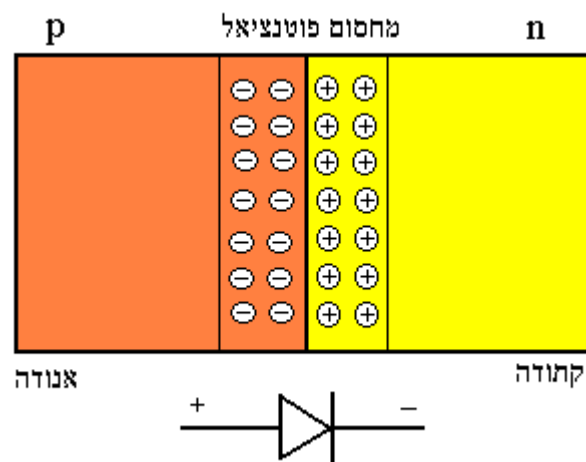
באופן מעשי לא ניתן לייצר דיודה אידיאלית, אך ישנו רכיב המיוצר מחומרים מוליכים למחצה אשר מתנהג כמעט כמו דיודה אידיאלית.

### 1.1.2 מוליכים למחצה

חומר מוליך למחצה הינו גביש העשוי מאטומים אשר הקליפה החיצונית שלהם מלאה בחציה, לדוגמא סיליקון Si אשר מספרו האטומי הוא 14, מכיל 10 אלקטרונים בקליפות סגורות ואילו בקליפה החיצונית 4 אלקטרונים כלומר קליפה זו מלאה בחציה. כאשר ישנו גביש העשוי מחומר כזה, נוצרים קשרים קוולנטיים בין האטומים כלומר כל אלקטרון משותף לשני אטומים, וכך לכל אטום יש קליפה חיצונית מלאה. בגביש העשוי מחומר מוליך למחצה טהור, כל האלקטרונים משתתפים בקשרים הקוולנטיים ולכן אין אלקטרונים החופשיים לנוע בגביש, אין אפשרות ליצור זרם והגביש הינו מבודד. על מנת להפוך את הגביש למוליך מוסיפים "זיהום" כלומר מספר קטן של אטומים מחומר שונה. ישנם שני סוגי מזהמים: תורמים (Donors) ומקבלים (Acceptors). מזהמים תורמים הינם אטומים ובהם 5 אלקטרונים בקליפה החיצונית, אטומים אלו משתלבים בגביש הסיליקון במקום אטומי סיליקון, 4 אלקטרונים של התורם משתתפים בקשרים הקוולנטיים אך האלקטרון החמישי נשאר חופשי לנוע בגביש. במצב כזה ישנם נושאי מטען החופשיים לנוע בגביש והגביש הופך להיות מוליך. ריכוז נושאי המטען בגביש שווה לריכוז המזהמים שהוכנסו לגביש. נושאי המטען הם אלקטרונים הטעונים במטען שלילי ולכן החומר המזוהם בתורמים נקרא מוליך למחצה מסוג n (Negative). מזהמים מקבלים הם אטומים ובהם רק 3 אלקטרונים בקליפה החיצונית אשר משתלבים בקשרים הקוולנטיים. בכל מקום שנכנס אטום "מקבל" חסר אלקטרון להשלים את הקליפה ונוצר חור. במצב כזה יכולים אלקטרונים מהאטומים השכנים לקפוץ ולמלא את החור ולהשאיר חור במקום אחר. במצב כזה יכולה להיווצר הולכה חשמלית ע"י החורים שזזים ממקום למקום. מסתבר שבחומר מוליך למחצה שבו יש זיהום של מקבלים, החורים אכן מתנהגים כנושאי המטען החופשיים, חורים אלו טעונים במטען חיובי (חוסר במטען שלילי) ולכן חומר מוליך למחצה המזוהם במקבלים נקרא מוליך למחצה מסוג p (Positive). בכל מקרה ברור שהגביש כולו ניטרלי מבחינה חשמלית, הסימון n או p מתייחס רק לאופי המטענים החופשיים לנוע והם אלו המייצרים את הזרם.

### 1.1.3 צומת p-n

כאשר מצמידים חומר מסוג p וחומר מסוג n נוצר מבנה הנקרא צומת p-n. באזור המגע, נוצרת דיפוזיה של אלקטרונים מחומר n לכוון חומר p, האלקטרונים ממלאים את החורים בחומר p ולכן באזור המגע אין יותר נושאי מטען חופשיים. בנוסף לכך, מופר האיזון החשמלי באזור הצומת שכן האלקטרונים שעברו לחומר p הוסיפו לו מטען שלילי ואילו האזור שהתרוקן מאלקטרונים בחומר n נותר טעון במטען חיובי. במצב כזה ישנו מפל מתח על פני הצומת אשר מונע מנושאי מטען נוספים לחצות את הצומת.



צור 2 : צומת p-n

איזור הצומת אשר התרוקן מנושאי מטען נקרא שכבת הדילול או מחסום הפוטנציאל של הצומת, רוחב המחסום תלוי בריכוז המזהמים בכל אחד מצדי הצומת. גובה מחסום הפוטנציאל בצומת תלוי בחומר ממנו עשויה הצומת, לדוגמא: בסיליקון  $0.7V$  ובצומת גרמניום  $0.2V$ . בגלל המבנה האסימטרי של הצומת, הצומת מוליכה באופן משמעותי רק בכיוון אחד ולמעשה משמשת כדיודה. צד p של הצומת נקרא האנודה ואילו צד n נקרא קתודה.

### 1.1.4 אופיין הדיודה

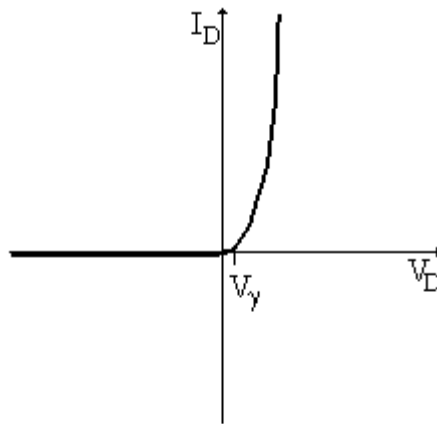
א. ממתח קדמי- כאשר מפעילים ממתח קדמי על הדיודה, האנודה נמצאת במתח חיובי ביחס לקתודה והמתח החיצוני מנוגד למתח הצומת ומקטין את רוחב המחסום. אם המתח החיצוני קטן ממתח הצומת עדיין ישנו מחסום פוטנציאל בצומת אך רוחב המחסום קטן ולכן ישנו זרם קטן. אם המתח החיצוני גדול ממתח

## -הכרת הדיודה-

הצומת, המתח החיצוני מתגבר על המחסום ונוצרת הולכה משמעותית מכוון האנודה לקתודה.

ב. ממתח אחורי- כאשר האנודה נמצאת במתח שלילי ביחס לקתודה, המתח החיצוני מתווסף למתח הצומת ורוחב המחסום גדל ולכן אין זרם בדיודה. באופן מעשי קיים זרם זליגה אחורי גם במצב זה הנובע מקיומם של נושאי מטען שליליים (אלקטרונים) גם בצד p ומקיומם של חורים גם בצד n, זרם זה הוא מסדר גודל של nA. זרם זה הינו קבוע בגודלו ובקירוב אינו תלוי במתח האחורי על הדיודה. זרם זה מסומן ע"י  $I_0$ .

אופיין הדיודה המעשית מתואר בציר 3.



ציר 3 : אופיין של דיודה מעשית

המשוואה המתארת את אופיין הדיודה נתונה ע"י

$$(1) \quad I_D = I_0 \left[ \exp\left(\frac{eV_D}{\eta kT}\right) - 1 \right]$$

כאשר :  $-I_D$  - הזרם דרך הדיודה,  
 $-I_0$  - ערכו של זרם הרוויה האחורי,  
 $-V_D$  - המתח על הדיודה (מתח קדמי מסומן כחיובי),  
 $e=1.6 \times 10^{-19} \text{C}$  - מטען האלקטרון,  
 $-T$  - הטמפרטורה במעלות קלווין,  
 $-k=1.38 \times 10^{-23} \text{J}^0\text{K}$  - קבוע בולצמן,  
 $\eta$  - קבוע מספרי אשר ערכו עבור דיודת סיליקון הוא בקירוב 2.

$V_\gamma$  – נקרא "מתח הסף", רק כאשר המתח הקדמי גדול ממתח הסף ישנה הולכה בדיודה. מתח זה נובע ממתח הצומת והוא תכונה של החומר ממנו עשויה הדיודה.

ניתן לראות ממשוואה (1) שכאשר המתח שלילי וגדול בערכו המוחלט, האקספוננט זניח וישנו זרם אחורי שערכו-  $I_0$ . כאשר המתח חיובי ומתקיים:  $eV_D > kT$ , ה "1" במשוואה (1) זניח וישנו גידול מעריכי בזרם, בתחום זה ניתן לרשום את המשוואה (1) בצורה לוגריתמית

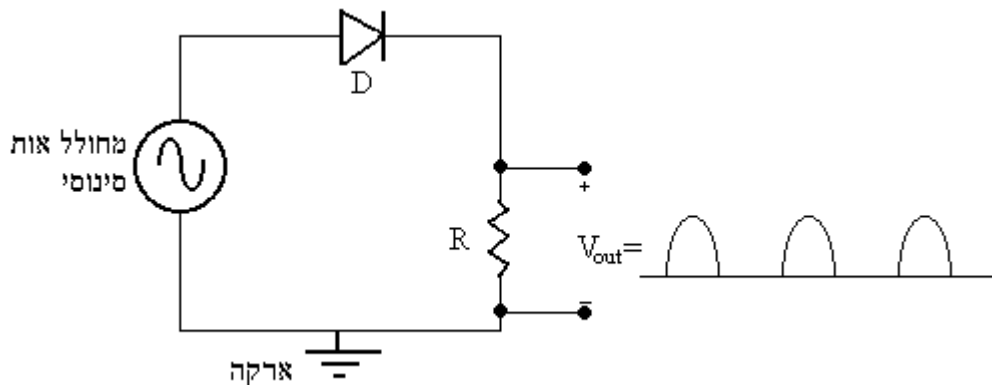
$$(2) \quad \ln I_D = \ln I_0 + \frac{e}{\eta k T} V_D$$

## 1.2 שימושי הדיודה

תכונות ההולכה של הדיודה מאפשרות לייצר מעגלים חשמליים בעלי תכונות מיוחדות.

### 1.2.1 מעגלי יישור

מעגלי יישור נועדו לאפשר המרת מתח חילופין (AC) למתח ישר (DC), פעולה זו נדרשת כיום כמעט בכל מכשיר חשמלי אשר יש בו רכיבים אלקטרוניים כגון שבבי מחשב וכד' אשר זקוקים למתח ישר. כאשר ישנו מתח המשתנה בזמן, הערך הממוצע של המתח נקרא רכיב המתח הישר. כאשר ישנו מתח סינוסי הערך הממוצע הוא אפס ולכן יש צורך ליישר את האות כלומר להפוך את המתח הסינוסי למתח פועם שבו אין חלקים שליליים כך שהערך הממוצע אינו אפס. בדרך כלל יידרש שלב נוסף של החלקת האות על מנת לקבל מתח ישר נקי. לדוגמא, המעגל המתואר בציור 4 הינו מעגל יישור חד דרכי.

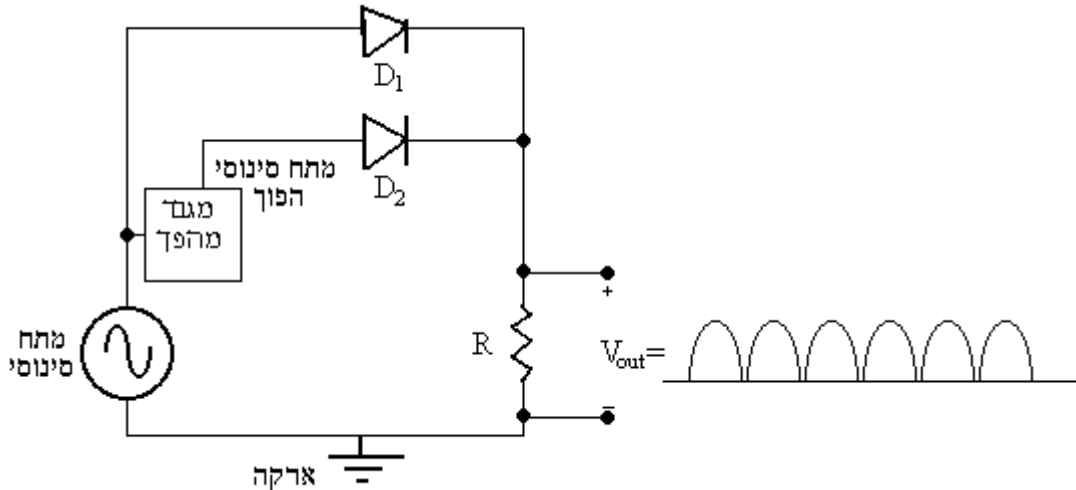


ציור 4: מעגל יישור חד דרכי

המתח המוזן למעגל הינו מתח סינוסי, בחצי המחזור החיובי של הגל הסינוסי, הדיודה בממתח קדמי ולכן זרם זרם דרך הדיודה והנגד ונוצר מתח חיובי על הנגד. בחצי המחזור השלילי של הגל הסינוסי, הדיודה בממתח אחורי ולכן אינה מוליכה, אין זרם דרך הנגד ולכן המתח עליו הוא אפס. החלקים השליליים של

## -הכרת הדיודה-

הסינוס אינם מופיעים באות המוצא והערך הממוצע של המתח על הנגד אינו אפס. במעגל יישור חד דרכי מנוצל למעשה רק חצי מהסינוס והיעילות נמוכה. במעגל יישור דו דרכי לעומת זאת החלק השלילי של הסינוס הופך לחיובי גם הוא. מעגל יישור דו דרכי מתואר בציור 5.

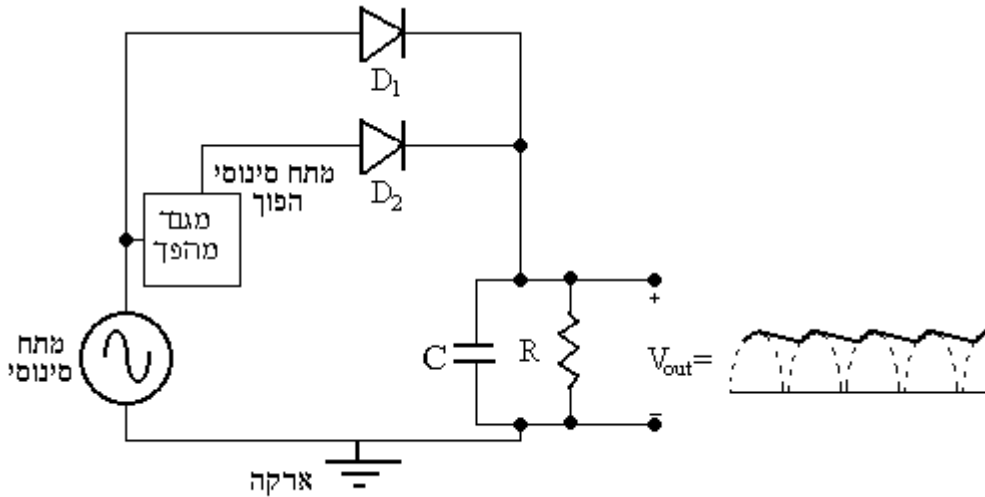


ציור 5: מעגל יישור דו דרכי

במעגל זה המתח מוזן בשתי צורות דרך שתי דיודות. הדיודה הראשונה מקבלת מתח סינוסי כמו במעגל יישור חד דרכי, הדיודה השנייה מקבלת מתח סינוסי הפוך כלומר מוזן בפאזה של  $180^\circ$ , גם הדיודה השנייה מיישרת את המתח אבל הדיודה השנייה מוליכה זרם כאשר הראשונה מנותקת ולהפך. בסיכומו של דבר זרם זרם דרך הנגד בשני חלקי מחזור הסינוס, בחצי הראשון דרך הדיודה הראשונה ובחצי השני דרך הדיודה השנייה. באופן זה מתקבל מתח ישר כפול בערכו מהמתקבל ביישור חד דרכי.

על מנת לשפר את יעילות המעגל עוד יותר מקובל לחבר קבל במקביל לנגד. כאשר המתח הסינוסי עולה הקבל נטען, כאשר המתח הסינוסי יורד הקבל מתחיל להתפרק דרך הנגד ולכן שומר על מתח הנגד כמעט קבוע. קבוע הזמן של התפרקות הקבל הוא  $\tau=RC$ , ולכן ככל שהקבל גדול יותר השינויים במתח הנגד קטנים יותר ומתקבל מתח ישר יעיל מאד. המעגל מתואר בציור 6.

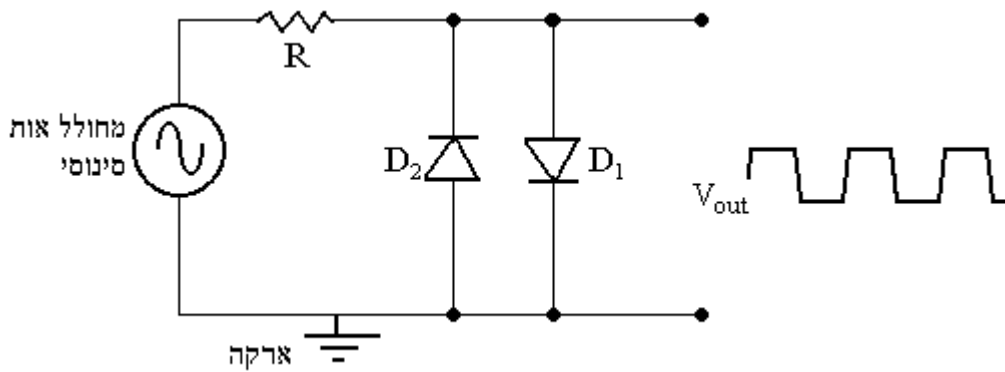
-הכרת הדיודה-



ציור 6 : מעגל יישור דו דרכי בתוספת קבל

**1.2.2 מעגלי קטיעה**

כאשר דיודה מוליכה, מפל המתח על הדיודה הינו קבוע בקירוב טוב ושווה למתח הסף של הדיודה. תכונה זו מאפשרת למנוע את עליית המתח ולשמש כמעגל קטיעה אשר קוטע את המתח ולא מאפשר לו לגדול. המעגל המתואר בציור 7 הינו מעגל קטיעה.



ציור 7 : מעגל קטיעה

במעגל זה כאשר מתח הכניסה חיובי וגדול ממתח הסף של הדיודה, הדיודה  $D_1$  מוליכה ולכן מתח המוצא שווה למתח הסף, מתח הכניסה נופל כולו על הנגד. כאשר מתח הכניסה שלילי וגדול ממתח הסף של הדיודה, הדיודה  $D_1$  מנותקת אך הדיודה  $D_2$  מוליכה ושוב מתח המוצא הוא מתח הסף. באופן זה, אמפליטודת מתח המוצא לא תעלה על מתח הסף של הדיודה.

### 1.3 עבודת הכנה

1. מתח DC מוגדר כערך הממוצע של המתח המשתנה:  $V_{DC} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt$ .

חשב את מתח ה-DC של אות סינוסי מיושר יישור חד דרכי.

$$v_1(t) = \begin{cases} V_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0 & \frac{T}{2} < t \leq T \end{cases}$$

2. חשב את מתח ה-DC של אות סינוסי מיושר יישור דו דרכי.

$$v_2(t) = V_m \left| \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right| = \begin{cases} V_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ -V_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & \frac{T}{2} < t \leq T \end{cases}$$

3. חשב את מתח DC של אות סינוסי המיושר יישור דו דרכי בתוספת קבל. הנח בקירוב שהערך המקסימלי הוא  $V_m$  ואילו הקבל נטען בבת אחת ומתפרק באופן לינארי במשך חצי מחזור כך שהמתח המינימלי הוא  $V_m(1-T/2RC)$ .

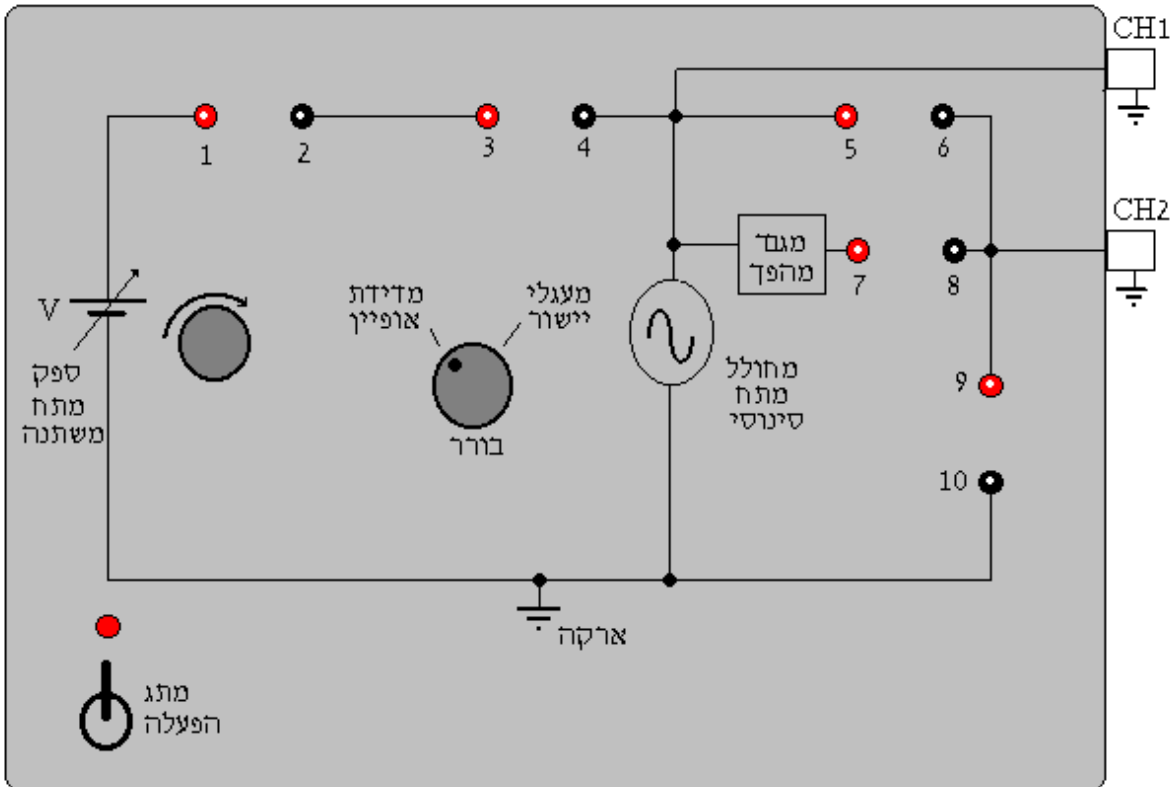
## 2. מהלך הניסוי

### 2.1 מערכת הניסוי

המערכת בה נשתמש בניסוי זה נבנתה במיוחד עבור מעבדה זו ומאפשרת להרכיב מעגל למדידת אופיין הדיודה, וכן להרכיב מעגלי יישור וקטיעה. המערכת מתוארת בציור 8.

המערכת מוזנת מרשת החשמל ומכילה בתוכה שני מקורות מתח: (1) ספק מתח ישר אשר ניתן לשנות את ערכו על מנת למדוד את אופיין הדיודה. (2) מחולל אות סינוסי בעל שתי יציאות בהפרש פאזה של  $180^\circ$  זו מזו. המתג במרכז הקופסה מאפשר לברור בין שני מקורות אלו. כאשר המתג נמצא במצב השמאלי "מדידת אופיין" מחולל המתח הסינוסי מנותק ואילו ספק המתח הישר מחובר, במצב זה על המעגל החשמלי לעבור בנקודות 1,2,3,4,5,6,9,10. ואילו כאשר הבורר במצב הימני "מעגלי יישור" ספק המתח הישר מנותק ואילו מחולל המתח הסינוסי מחובר. במצב זה המעגל החשמלי יעבור בנקודות 5,6,9,10 וכן ניתן להשתמש גם בנקודות 7,8.

## -הכרת הדיודה-



ציור 8 : מערכת למדידת אופיין דיודה ומעגלי יישור וקטיעה

על גבי הקופסה ישנן נקודות יציאה בהן ניתן לחבר רכיבים חשמליים וכן מכשירי מדידה. בצידה של הקופסה ישנן שתי יציאות בהן ניתן לחבר כבל קואקסיאלי על מנת לראות את המתח שבהן על גבי מסך האוסצילוסקופ. כל החיבורים החשמליים הפנימיים מסומנים על גבי הקופסה מבחוץ, ואילו נקודות אשר אינן מחוברות בקו אינן מחוברות בחיבור חשמלי.

### 2.2 מדידת אופיין הדיודה

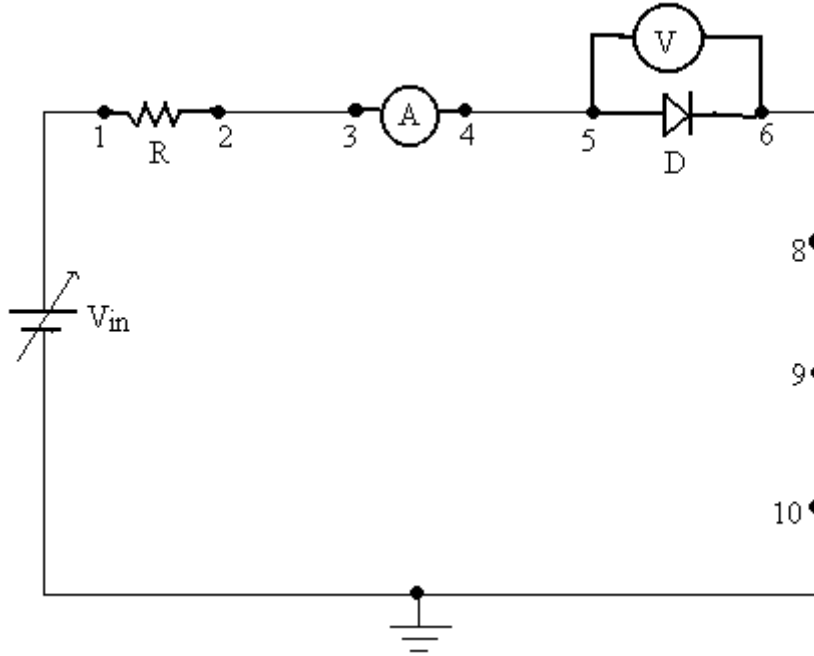
#### 2.2.1 מדידת הזרם הקדמי

הרכב את המעגל המתואר בציור 9.

- חבר נגד שערכו  $2.7k\Omega$  בין הנקודות 1 ו- 2. חבר אמפרמטר דיגיטלי בין הנקודות 3 ו- 4. חבר קצר בין הנקודות 9 ו- 10.
- חבר דיודת סיליקון בין הנקודות 5 ו- 6, כאשר הקתודה מחוברת לנקודה 6. חבר וולטמטר דיגיטלי במקביל לדיודה בין הנקודות 5 ו- 6.

-הכרת הדיודה-

- העבר את הבורר למצב "מדידת אופיין הדיודה", במצב זה מקור המתח הישר מחובר למעגל ואילו המחולל הסינוסי מנותק.

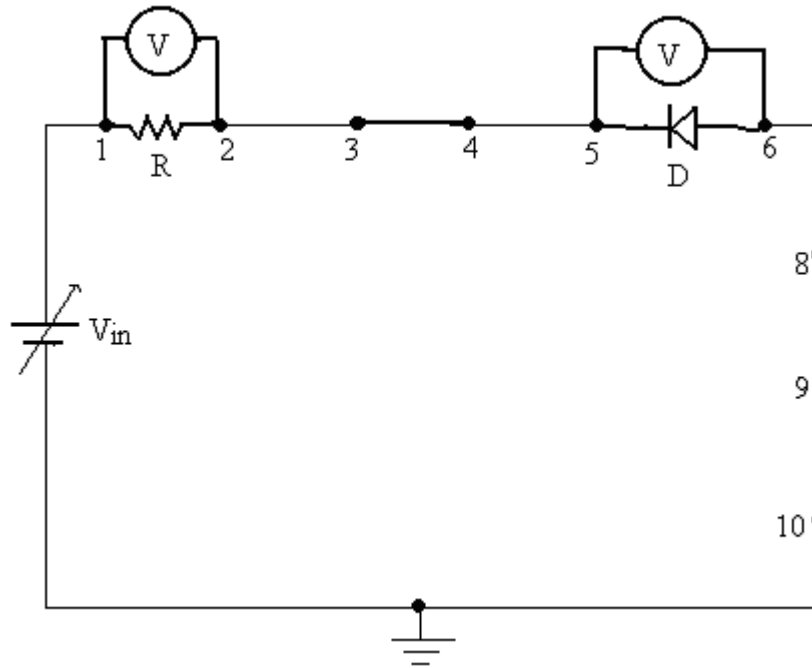


ציור 9: תיאור המערכת למדידת הזרם הקידמי

- וודא שהמעגל שהרכבת אכן סגור וזהה למעגל המתואר בציור 9. העבר את המתג למצב On.
- על ידי שינוי מתח הספק, שנה את המתח על הדיודה מ  $0V$  עד  $0.6V$  בקפיצות של  $50mV$  ומ  $0.6V$  עד  $0.72V$  בקפיצות של  $20mV$  ומדוד את הזרם דרך הדיודה. ערוך טבלה ובה ערכי המתח על הדיודה  $V_D$  והזרם דרכה  $I_D$ .
- שרטט את אופיין הדיודה בממתח קדמי, כלומר גרף של הזרם  $I_D$  כפונקציה של המתח  $V_D$ .
- שרטט גרף של  $\ln(I_D)$  כפונקציה של  $V_D$ , ובדוק את ההתאמה לקו ישר. באיזה תחום ההתאמה לקו ישר אכן טובה? מדוד את שיפוע הקו בתחום זה, השווה עם המקדם על פי משוואה (2). מדוד את טמפרטורת הדיודה באמצעות מדחום, שים לב שבמשוואה (2) הטמפרטורה מופיעה במעלות קלווין. בדוק האם המקדם שקיבלת אכן מאותו סדר גודל של המקדם במשוואה (2), מהו ערכו של הקבוע  $\eta$ .

**2.2.2 מדידת זרם הרוויה האחורי**

הרכב את המעגל המתואר בציור 10 :

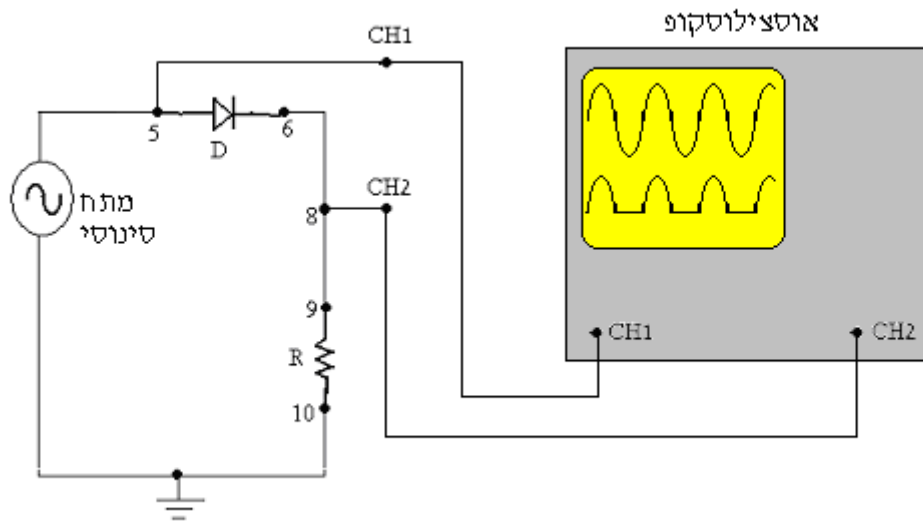


ציור 10 : תיאור המערכת למדידת זרם רוויה אחורי

- חבר נגד שערכו  $1M\Omega$  בנקודות 1 ו-2. חבר וולטמטר חשמלי במקביל לנגד בין הנקודות 1 ו-2. הזרם האחורי הוא קטן מאד ( $\mu A$ ) ולכן אי אפשר למדוד אותו באמצעות אמפרמטר רגיל. במעגל זה, הזרם עובר דרך נגד של  $1M\Omega$  ולכן המתח על הנגד יהיה מסדר גודל של  $mV$ , מתחים כאלו ניתן למדוד ע"י וולטמטר. בדוק מהי ההתנגדות הפנימית של הוולטמטר בסקלת  $mV$ , אם התנגדות זו היא מאותו סדר גודל של התנגדות הנגד, יש לקחת בחשבון שהזרם זורם גם דרך הוולטמטר. ההתנגדות השקולה תהיה זו של שני נגדים במקביל.
- חבר קצר בין הנקודות 3 ו-4. חבר קצר בין הנקודות 9 ו-10.
- חבר את דיודת הסיליקון בין הנקודות 5 ו-6 אך הפעם הקתודה מחוברת בנקודה 5. חבר וולטמטר דיגיטלי במקביל לדיודה.
- על ידי שינוי מתח הספק, שנה את המתח האחורי על הדיודה מ  $0V$  עד  $12V$  בקפיצות של  $1V$  ומדוד את המתח על הנגד.
- הזרם דרך הדיודה שווה לזרם דרך הנגד והוא פרופורציוני למתח על הנגד לפי הקשר  $I = \frac{V}{R}$ . חשב את זרם הרוויה האחורי של הדיודה.

### 2.3 מיישר חד דרכי

הרכב את המעגל באיור 12 :



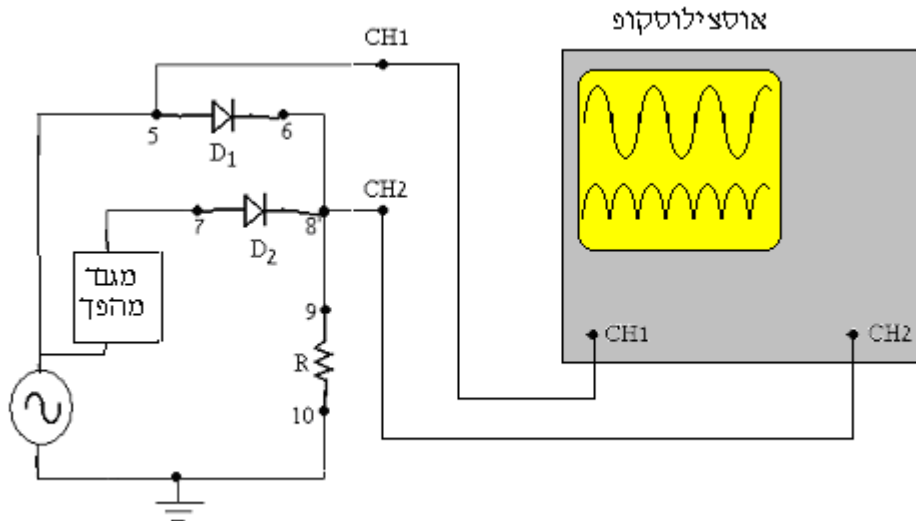
ציור 12 : תיאור המערכת לקבלת מיישר חד דרכי

- העבר את הבורר למצב "מעגלי יישור" במצב זה מחולל הגל הסינוסי מופעל, נקודה 5 מקבלת מתח סינוסי.
- חבר דיודת סיליקון בין נקודות 5 ו-6 כאשר הקתודה מחוברת בנקודה 6.
- חבר נגד שערכו  $2.7k\Omega$  בין נקודות 9 ו-10.
- חבר כבל קואקסיאלי מ CH1 בקופסא (מחובר בחיבור פנימי לנקודה 5) לכניסה CH1 של הסקופ. חבר כבל קואקסיאלי מ CH2 בקופסא (מחובר בחיבור פנימי לנקודה 6) לכניסה CH2 של הסקופ.
- חבר את הסקופ לרשת החשמל, הפעל אותו וכוון את הסקופ לעבוד במצב Dual. במצב זה תוכל לראות את שני המתחים המוזנים לערוצי הסקופ במקביל על גבי מסך הסקופ ולהשוות ביניהם.
- מדוד את צורת הגלים, את זמני המחזור והאמפליטודות של שני הערוצים. הסבר את ההבדלים, הסבר מדוע מעגל זה נקרא מיישר חד-דרכי. (שים לב ש CH1 מייצג את הגל המקורי של המחולל, ואילו CH2 את המתח על הנגד, כלומר פרופורציוני לזרם דרך הדיודה).

- מדוד באמצעות וולטמטר דיגיטלי את המתח הישר DC בין הנקודות 5 לארקה (נקודה 10) ובין הנקודות 6 לארקה והשווה ביניהם, מהי מסקנתך?
- הפוך את כיוון הדיודה וחזור על המדידות, הסבר את המתרחש.

## 2.4 מיישר דו-דרכי

הרכב את המעגל המתואר באיור 13.

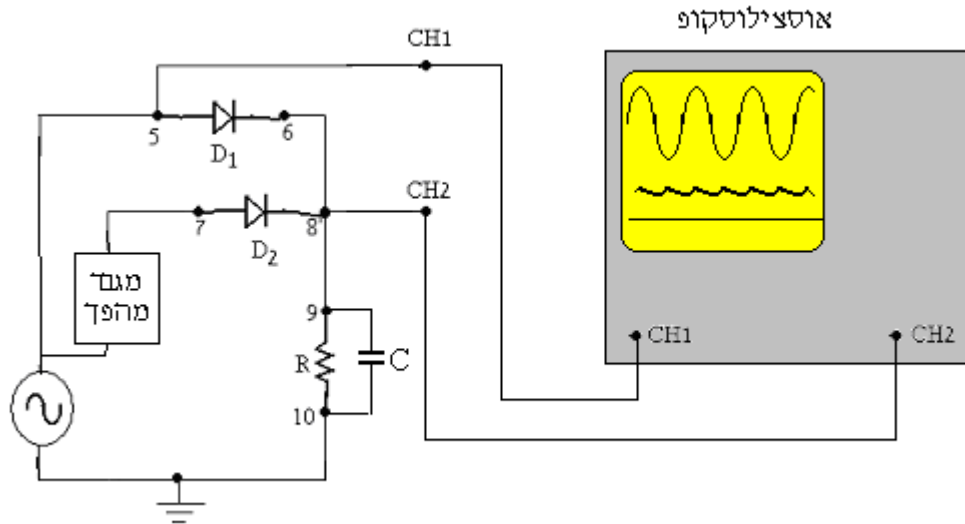


ציור 13: תיאור המערכת לקבלת מיישר דו דרכי

- חבר דיודת סיליקון בין הנקודות 5 ו-6 כאשר הקתודה בנקודה 6. חבר דיודה נוספת בין הנקודות 7 ו-8 כאשר הקתודה בנקודה 8. חבר נגד שערכו  $2.7k\Omega$  בין הנקודות 9 ו-10.
- המתח המוזן לנקודה 7 הינו גל סינוסי באותו תדר כמו המתח המוזן לנקודה 5, אך מוזן בפזה של  $180^\circ$  ביחס לנקודה 5.
- חבר כבל קואקסיאלי מ CH1 בקופסא (מחובר בחיבור פנימי לנקודה 5) לכניסה CH1 של הסקופ. חבר כבל קואקסיאלי מ CH2 בקופסא (מחובר בחיבור פנימי לנקודה 6) לכניסה CH2 של הסקופ.
- מדוד את צורת הגלים, את זמני המחזור והאמפליטודות של שני הערוצים בסקופ. הסבר את ההבדלים, הסבר מדוע מעגל זה נקרא מיישר דו-דרכי. (שים לב ש- CH1 מייצג את הגל המקורי של המחולל, ואילו CH2 את המתח על הנגד, כלומר פרופורציוני לסכום הזרמים דרך הדיודות).

-הכרת הדיודה-

- מדוד באמצעות וולטמטר דיגיטלי את המתח הישר DC בין הנקודות 5 לארקה (נקודה 10) ובין הנקודה 6 לארקה והשווה ביניהם, מהי מסקנתך?
- הפוך את כוון הדיודות וחזור על המדידות, הסבר את המתרחש.
- החזר את הדיודות לכוון המקורי, חבר קבל שערכו  $100\mu\text{F}$  בין הנקודות 9 ו-10 במקביל לנגד, כאשר ה+ של הקבל בנקודה 9 (ראה איור 14).

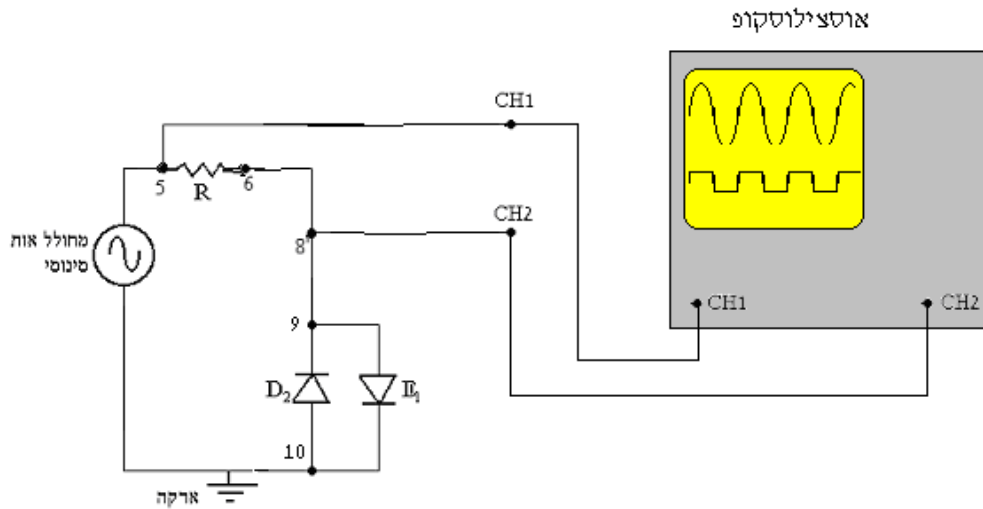


ציור 14 : תיאור המערכת לקבלת מתח ישר

- מדוד את המתח בעזרת הסקופ, תאר את הגל המתקבל. השווה בין הגל המתקבל עם הקבל ובלי הקבל. מדוד את המתח הישר בנקודה 9 השווה עם המתח המתקבל ללא קבל.
- הסבר את תפקידו של הקבל במעגל. אם ברצונך לקבל מתח ישר ללא תנודות באיזה קבל עליך להשתמש (השווה בין קבוע הזמן של פריקת קבל RC לבין זמן חצי מחזור של הגל).

## 2.5 מעגלי קטיעה

הרכב את המעגל המתואר באיור 15.



ציור 15 : תיאור המערכת לקבלת מעגלי קטיעה

- חבר נגד שערכו  $2.7k\Omega$  בין הנקודות 5 ו-6. חבר דיודה  $D_1$  בין הנקודות 9 ו-10 כאשר הקתודה בנקודה 10.
- חבר כבל קואקסיאלי מ CH1 בקופסא (מחובר בחיבור פנימי לנקודה 5) לכניסה CH1 של הסקופ. חבר כבל קואקסיאלי מ CH2 בקופסא (מחובר בחיבור פנימי לנקודה 6) לכניסה CH2 של הסקופ.
- בדוק באמצעות הסקופ את צורת הגל ב CH2, הסבר את צורת הגל. מדוע במצב שבו הדיודה מוליכה ישנו מתח ? מה ערכו של מתח זה ? השווה עם מתח הברך של הדיודה כפי שמצאת באופיין.
- החלף את כוון הדיודה ובדוק מחדש את צורת הגל, הסבר.
- הוסף במקביל לדיודה  $D_1$  דיודה נוספת  $D_2$  אך בכוון הפוך לדיודה  $D_1$ . בדוק את צורת הגל והסבר. הסבר מדוע מעגלים אלו נקראים מעגלי קטיעה.