

מטרות הניסוי

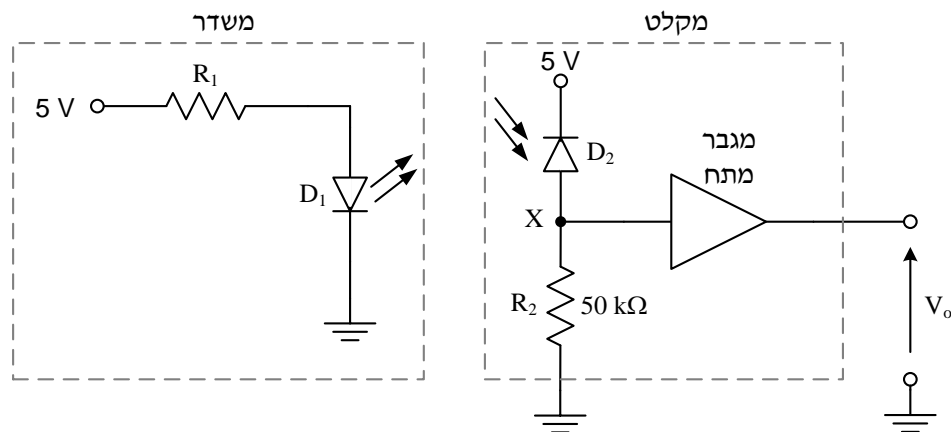
- ❖ בניית מעגל הכולל IR-LED ומדידת נקודת העבודה שלה.
- ❖ בניית מעגל גילוי הכולל פוטו דיודה.
- ❖ בניית מעגל גילוי הכולל פוטו-טרנזיסטור.
- ❖ בניית מעגל לזיהוי חפץ והפעלת זמזם כאשר מזהים את החפץ.

משך הניסוי

6 שיעורים

שאלות הכנה

1. באיור לשאלה מתואר מעגל חשמלי של משדר- מקלט IR הכולל דיודה פולטת אור D_1 (LED), ופוטו- דיודה D_2 ההגבר של מגבר המתח הוא, $A_v = 10$, והתנגדות המבוא שלו – אינסופית. תפקידו של המעגל לגלות עצם, הנע על מסוע באזור שבין המשדר ובין המקלט.



לפניכם נתוני הפוטו-דיודה שבמעגל:

זרם החושך של הפוטו-דיודה – 100 nA ; זרם הפוטו-דיודה באור – $10\text{ }\mu\text{A}$.

- א. חשבו את המתח בנקודה X ואת המתח V_o במוצא המעגל כאשר:
(1) הפוטו-דיודה D_2 מוארת.

(2) הפוטו-דיודה D2 חשוכה.

ב. תכננו וסרטנו את המעגל המפורט של מגבר המתח, על פי נתוני השאלה.

ג. הסבירו את תפקידו של הנגד R_1 , וכיצד נקבע ערכו.

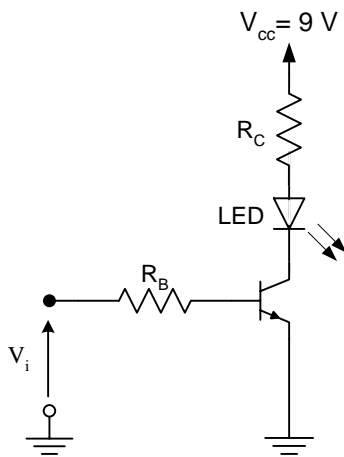
ד. נתון כי הערכים הנקובים של ה-IR-LED הם: $V_D = 1.5 V$, $I_D = 20 mA$,

חשבו את ערכו של הנגד R_1 .

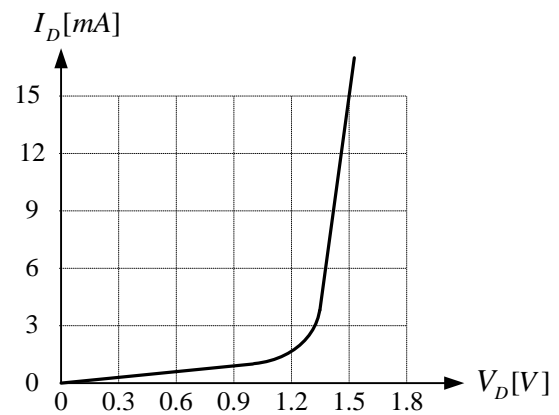
2. המעגל שבאיור א לשאלה, כולל מעגל טרנזיסטורי להפעלת LED.

אופיין המתח זרם של ה-LED נתון באיור ב לשאלה.

נתוני הטרנזיסטור: $\beta = 100$, $V_{BE} = 0.7V$, $V_{CE,sat} = 0V$



איור א



איור ב

א. הסבירו את תפקידו של הנגד R_C במעגל ואת השיקול לבחירתו.

ב. חשבו בקירוב את ערכו של הנגד R_C , אם דרך ה-LED זורם זרם של $15 mA$.

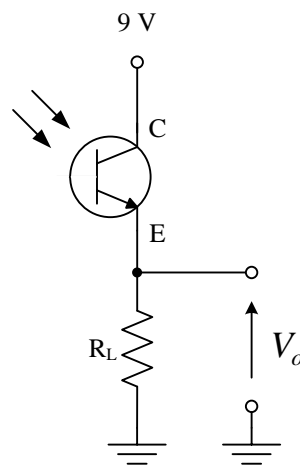
ג. חשבו את ערכו של הנגד R_B הדרוש, כדי שהטרנזיסטור יימצא במצב רוויה לפי הנתונים של

סעיף ב, בעבור מתח כניסה $V_i = 5 V$.

ד. מחליפים את ה-LED בזמזם שערכיו הנקובים הם: $V = 5 V$, $I = 30 mA$.

חשבו את ערכיהם של הנגדים R_B , R_C כך שהטרנזיסטור יימצא בתחום הרוויה שלו.

3. לפניכם המעגל הזה:



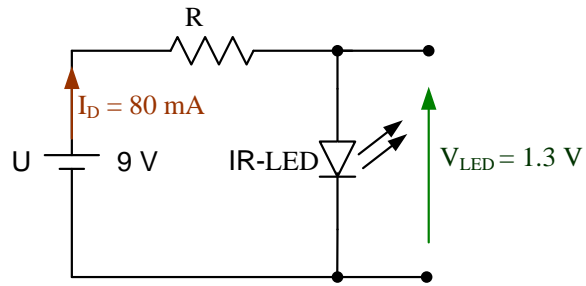
- נניח כי בעבור עצמת קרינה מסוימת הזרם $I_{CE} = 7 \text{ mA}$.
- א. חשבו את ערכו של הנגד R_L , הדרוש לקבלת מתח מוצא, $V_o = 5 \text{ V}$.
- ב. חשבו את ערכו של הנגד R_L , הדרוש כך שהטרנזיסטור יימצא בתחום הרחוקה ($V_{CE} = 0.2 \text{ V}$).

הציוד הנדרש

ספק כוח מעבדתי, רב-מודד, לוח חיווט (מטריצה).
נגדים לפי רשימה, IR-LED (LD271), מגבר שרת LM358, פוטודיודה (IR) SFH2030FA,
טרנזיסטור ביפולרי 2N2219, פוטו-טרנזיסטור (IR) SFH309FA, נורה 12V / 3W, זמזם 5
..V

מהלך הניסוי

חלק א – בניית מעגל הכולל IR-LED ומדידת נקודת העבודה שלה.
בחלק זה של הניסוי נתכנן את המעגל הפולט קרינת אור אינפרא אדום.
אור זה הוא בתחום הבלתי נראה לעין האנושית, לכן נדרש לבצע מדידות כדי לבדוק כי אכן
המעגל פועל. אפשר גם לבדוק את קרינת ה-IR באמצעות מצלמה שבה החיישנים מסוגלים
לקלוט גם אור אינפרא אדום.
הרכיבו את המעגל הנתון באיור:



תחילה נדרש לתכנן את ערכו של הנגד כדי שהדיודה תפעל על פי נתוני היצרן. נניח כי אנו מעוניינים שדרך הדיודה פולטת אור יזרום זרם של 80 mA ובמצב זה מפל המתח עליה יהיה כ- 1.3 V.

✍ חשבו את ערכו של הנגד הדרוש לקיום תנאי המעגל.

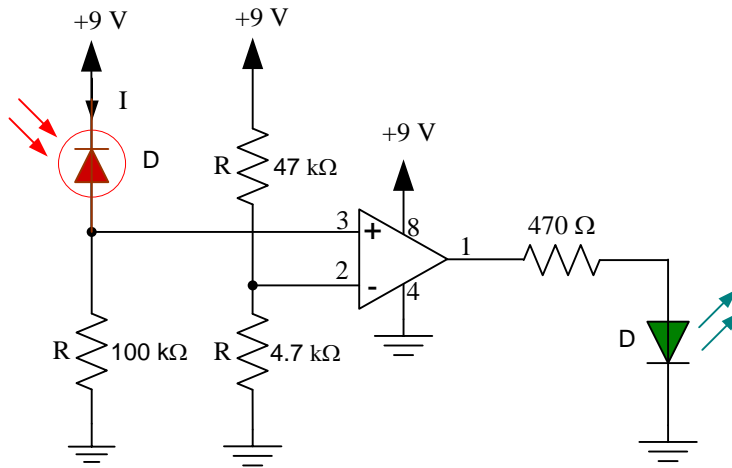
מדדו את מפל המתח על הדיודה פולטת אור והזרם דרכה. רשמו את התוצאה שהתקבלה.

✍ חשבו את שיעור הסטייה באחוזים בין הערך המתוכנן לערכים שהתקבלו.

כעת משסיימתם לבנות את מעגל התאורה נתמקד במעגלי הגילוי.

חלק ב – בניית מעגל גילוי הכולל פוטו-דיודה / פוטו-טרנזיסטור

בניסוי הקודם בניתם מעגל לגילוי אור נראה, כעת נבנה מעגל דומה לגילוי אור אינפרא אדום. בחלק זה של הניסוי, ננצל את תכונת הפוטודיודה שבה זרם הזליגה גדל ככל שעצמת האור המוקרנת עליה גבוהה יותר, ונבנה מערכת המפעילה LED כשאנו מקרינים על הפוטודיודה אור אינפרא אדום, כעין שלט רחוק. הרכיבו את המעגל המתואר באיור.



במצב זה הדיודה פולטת אור צריכה להיות כבויה. הסבירו מדוע. מדדו את המתח בהדק 3 ובהדק 2 של המגבר שרת. רשמו את התוצאות שהתקבלו. חשבו את עצמת הזרם דרך הפוטו-דיודה במצב זה.

כעת, הקרינו באמצעות מעגל התאורה שבניתם בסעיף א לכיוון הפוטו-דיודה. האם במצב זה הדיודה פולטת אור פועלת? מדדו את המתח בהדק 3 ובהדק 2 של המגבר שרת. רשמו את התוצאות שהתקבלו. מדדו את עצמת הזרם במוצא מגבר השרת ואת מפל המתח על הדיודה פולטת אור. רשמו את התוצאות שהתקבלו. חשבו את עצמת הזרם דרך הפוטו-דיודה במצב זה.

רכזו את התוצאות שהתקבלו בטבלה, כדוגמת הטבלה שלפניכם.

תאורת החדר	$V^{(+)}$ - מתח הדק 3	$V^{(-)}$ - מתח הדק 2	מוצא המשווה (רוויה חיובית/שלילית)	מצב LED (כבוי/פועל)	מתח LED	זרם LED
תאורת חדר						
אינפרא אדום						

מעגל זה יכול לשמש אתכם כשלט רחוק לצורך הדלקת LED. חברו את מקור התאורה IR לספק מרוחק בכיתה וכוונו את הפעולה לכיוון הגלאי, האם המערכת פועלת?

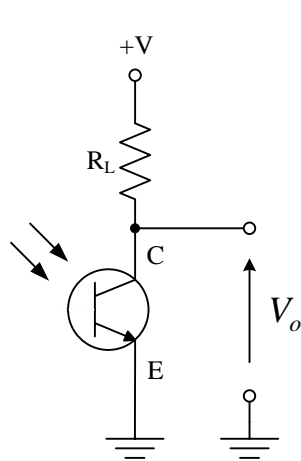
כעת נחליף את חיישן הגילוי, במקום פוטודיודה, נשתמש בפוטוטרנזיסטור שהנו רגיש יותר.

בשלב הראשון, נתכנן את ערכו של הנגד שיש לחבר בטור לפוטוטרנזיסטור, ובהמשך נחבר אותו למעגל הכללי.

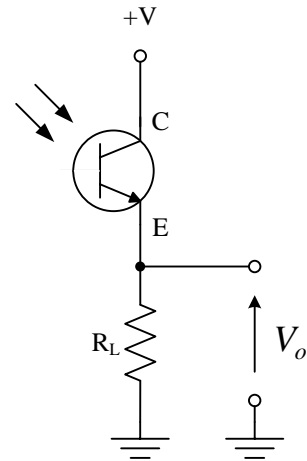
נתאר כאן שתי אפשרויות העושות שימוש בפוטוטרנזיסטור:

אפשרות אחת – כשהטרנזיסטור מוקרן על ידי אור מתקבל במוצאו מתח גבוה (במערכות ספרתיות ערך זה מאופיין על-ידי "1" לוגי).

אפשרות שנייה – כשהטרנזיסטור מוקרן על ידי אור מתקבל במוצאו מתח נמוך (במערכות ספרתיות ערך זה מאופיין על ידי "0" לוגי).



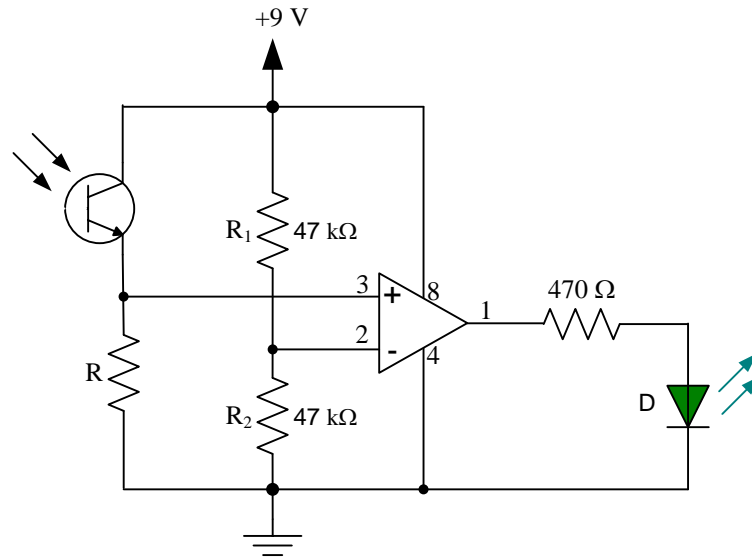
$V_o = "0"$ כאשר יש אור



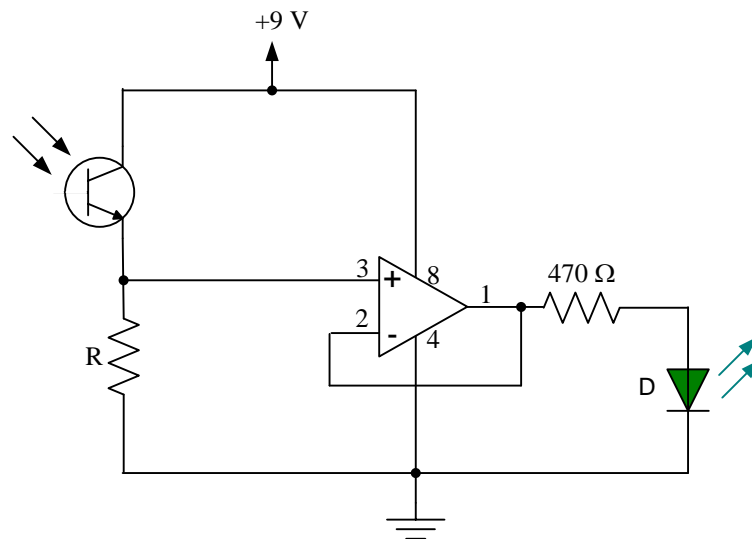
$V_o = "1"$ כאשר יש אור

את מתח המוצא המתקבל לא מחברים היישר לעומס הרצוי, שכן במצב זה העומס מעמיס על הפוטוטרנזיסטור, וכתוצאה מכך מתח המוצא משתנה. לכן יש שתי אפשרויות חיבור נפוצות: אפשרות אחת חיבור למשווה והאפשרות האחרת עושה שימוש במגבר יחידה. **הערה:** אפשר לקרוא חומר תיאורטי בנושא של משוואה ומגבר יחידה באתר הקורס.

לפניכם שתי צורות המעגלים.



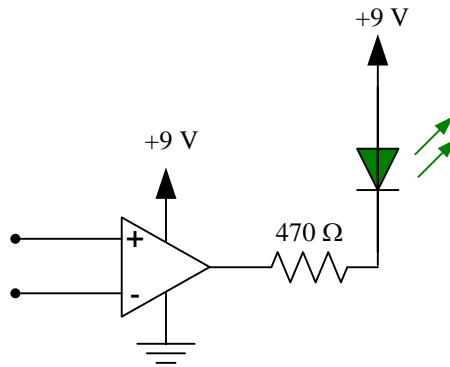
מעגל 1: חיבור פוטורנזיסטור למשווה בחוג פתוח



מעגל 2: חיבור פוטורנזיסטור למגבר יחידה

משימה:

סרטטו אפשרויות חיבור נוספות בעבור כל אחד מן המעגלים, כשהדיודה פולטת אור במוצא המגבר שרת מחוברת בדרך הזאת:



בעבור כל אחד מן המעגלים שסרטטתם, ציינו אם הדיודה פולטת אור כבוייה או דולקת כשמוקרן עליה אור וכשלא מוקרן עליה אור.

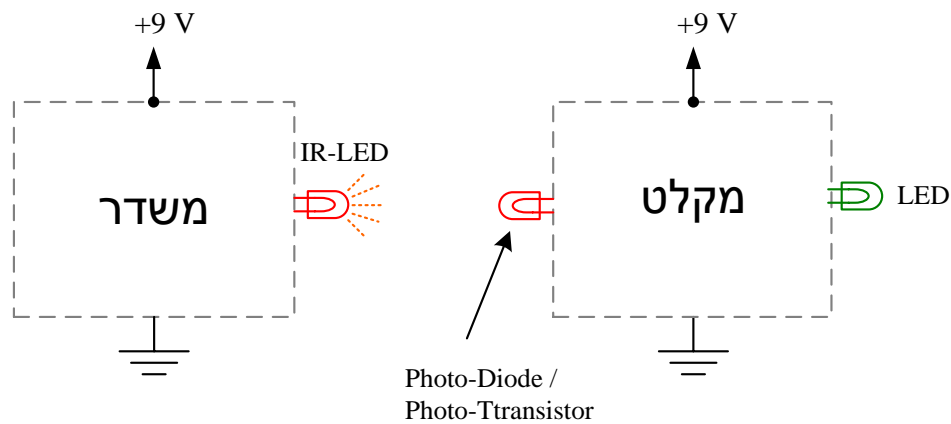
חלק ג – בניית מעגל לזיהוי חפץ והפעלת זמזם כאשר מזהים את החפץ

לאחר שבניתם את המעגלים וניתחתם את עקרון הפעולה של מעגל המקור ושל מעגל הגילוי, נשתמש בשני המעגלים האלה כדי לבנות מערכת לזיהוי חפץ. המערכת שאתם בונים בניסוי זה שימושית מאוד בחיי היום-יום, אציג כאן שתי דוגמאות: דוגמה 1: שער אוטומטי – מערכת זו מזהה את הרכב המתקרב אל השער האוטומטי ומעלה את המחסום. אם הרכב עדיין מצוי בתחום המחסום, המחסום אינו יורד. דוגמה 2: מסוע במרכול (סופר מרקט) – כאתם עומדים בתור לקופה במרכול ומניחים את המוצרים על המסוע, המוצרים נעים על גביו עד עצירתם כשהם מגיעים קרוב לקופאית. לאחר הרמת המוצר הקרוב המוצרים שוב נעים וכך הלאה. כשאתם הולכים למרכול הסתכלו וחפשו את העיניות של המשדר ושל המקלט.

משימה:

הציגו שתי דוגמאות מחיי היום-יום שבהם יש לדעתכם שימוש במשדר ובמקלט.

בחלק זה של הניסוי, נרכיב מערכת המפעילה זמזם ברגע שיש חסימת קרן האור בין המשדר למקלט, אך תחילה נפעיל דיודה פולטת אור. לצורך מימוש מערכת זו, עליכם לקחת את מעגל המשדר שבניתם בחלק א של הניסוי, ואת מעגל המקלט היכול להיות ממומש באמצעות פוטודיודה / פוטוטרנזיסטור (נתון לשיקול דעתכם) שבניתם בחלק ב של הניסוי. תרשים המלבנים של המערכת נתון באיור שלפניכם:



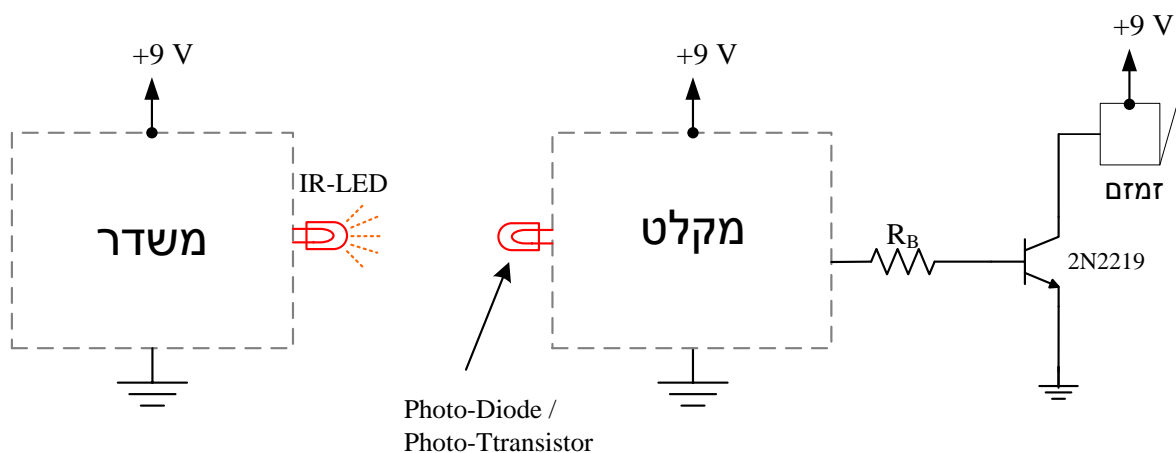
האם במערכת שבניתם הידודה פולטת אור פועלת כשאתם חוסמים את מעבר האור או כשאינן חסימה?

שנו את המערכת (אם צריך) כך שמוצא המגבר שרת יהיה באפס כשאינן חסימה קרן האור.

כעת נחבר את הזמזם.

הזמזם צורך זרם גבוה באופן יחסי לכן רצוי לחבר למוצא המערכת שלנו רכיב או מערכת היודעת לספק זרם גבוה. הרכיב שנשתמש בו (השתמשנו בו גם בניסוי הקודם שקדם לזה) הוא הטרנזיסטור.

חברו את מוצא המערכת (מוצא מגבר השרת) למערכת שלפניכם:



הערה: במידת הצורך נוסיף נגד R_C אם הזמזם שברשותנו פועל במתח נמוך יותר מ-9V.

הפעילו את המערכת. ודאו כי במצב שאינן חסימה של קרן האור, הזמזם שקט, וכשיש חסימה של האור מופעל הזמזם, במצב זה, מדדו את עצמת הזרם דרכו.

אפשר לקחת את המערכת הזאת ולהפעילה בבית באמצעות ספק כוח או באמצעות סוללה של 9V.

שאלות סיכום

1. הציעו שימושים אפשריים למערכת זו אצלכם בבית.
2. רשמו את חוויותיכם מן הניסוי: מה למדתם, הקשיים שהיו לכם, האופן שבו פתרתם את הבעיות, הרגעים שבהם חוויתם הצלחות ועוד.
3. הציעו רעיון למערכת מורכבת יותר המבוסס על רעיון של משדר-מקלט אינפרא-אדום.
4. רשמו הצעות לשיפור של הניסוי.

ב ה צ ל ח ה !

נפתלי אבן חיים – מרכז המגמה