

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

תכנית הלימודים במקצוע

מבוא להנדסת אלקטרוניקה

סמל מקצוע: 11.001

עדכון: פברואר 2014

תוכן העניינים

מבוא להנדסת אלקטרוניקה לכיתה י' – י"א לימודים עיוניים

- [יסודות תורת החשמל – לכיתה י'](#)
- [אלקטרוניקה תקבילית וספרתית – לכיתה י'](#)
- [אלקטרוניקה תקבילית וספרתית – לכיתה י"א](#)

מבוא להנדסת אלקטרוניקה לכיתה י' – י"א לימודים התנסותיים

- [יסודות תורת החשמל, אלקטרוניקה תקבילית וספרתית – לכיתה י'](#)
- [אלקטרוניקה תקבילית וספרתית – לכיתה י"א](#)

חלוקת השעות ללימודי מבוא להנדסת אלקטרוניקה בכיתות י' וי"א נתונה בטבלה להלן:

סה"כ			כיתה י"א		כיתה י'		שם המקצוע
כללי	ה	ע	ה	ע	ה	ע	
10	4	6	2	3	2	3	מבוא להנדסת אלקטרוניקה

תכנית הלימודים במקצוע

מבוא להנדסת אלקטרוניקה – לימודים עיוניים

לכיתה י' – י"א

יסודות תורת החשמל (עיוני כיתה י' – 75 שעות)

1. **מטען, כוח ושדה חשמלי**-----3
 - 1.1 המטען כתכונה בסיסית של החלקיקים היסודיים
 - 1.2 מבנה החומר: האטום ומרכיביו
 - 1.3 הבהרת המושגים גוף טעון וגוף נייטרלי, באמצעות מושג המטענים היסודיים
 - 1.4 דיון בשדה הנוצר על-ידי מטען נקודתי
2. **המתח החשמלי ומקורות מתח**-----3
 - 2.1 הפוטנציאל, הגדרתו ויחידת המדידה שלו במערכת SI
 - 2.2 המתח כהפרש פוטנציאלים ויחידת המדידה שלו
 - 2.3 דיון על הקשר שבין המתח לבין השדה החשמלי
 - 2.4 מקורות מתח
 - 2.5 תא, סוללה ומצבר כמקורות מתח מעשיים
3. **זרם חשמלי**-----3
 - 3.1 הזרם החשמלי כתנועה מסודרת ומכוונת של חלקיקים טעונים
 - 3.2 השדה החשמלי כגורם לזרם חשמלי
 - 3.3 אלקטרונים חופשיים זרם חשמלי
 - 3.4 הכיוון המוסכם של הזרם החשמלי
 - 3.5 הגדרת עוצמת הזרם: יחידת המדידה של הזרם במערכת SI
 - 3.6 דוגמאות לשימושים בזרם החשמלי (סקירה)
4. **התנגדות ומוליכות**-----4
 - 4.1 הגדרת ההתנגדות של מוליך, באמצעות מתח וזרם; יחידת המדידה של ההתנגדות במערכת SI
 - 4.2 המוליכות – הגדרתה ויחידותיה
 - 4.3 תלות התנגדות של מוליך בתכונותיו הפיזיקליות ובממדיו ההנדסיים (הגיאומטריים)
 - 4.4 התנגדות סגולית, מוליכות סגולית ויחידותיהן
 - 4.5 בידוד חשמלי; מטרתו וסוגיו
5. **מושגים בסיסיים במעגל חשמלי**-----4
 - 5.1 תנאי קיום זרם במעגל מוליכים; המעגל החשמלי
 - 5.2 מעגל חשמלי פתוח ומעגל חשמלי סגור
 - 5.3 רכיבים בסיסיים במעגל חשמלי וסימוניהם
 - 5.4 תיאור סכמתי של מעגל חשמלי

- 5.5 סוגי נגדים, כגון: נגד פחם, נגד סליל ונגד שכבה
- 5.6 הסכנות הכרוכות בזרם חשמלי
- 6. חוק אום** -----4
- 6.1 חוק אום ומגבלותיו: חומרים המצייתים לחוק זה
- 6.2 חישובי זרם, מתח והתנגדות לפי חוק אום
- 6.3 הבהרת המושג התנגדות אומית
- 6.4 תיאור גרפי של הקשר בין מתח לזרם של התקנים השונים
- 7. חוק הזרמים וחוק המתחים של קירכהוף** -----8
- 7.1 חוק הזרמים: צומת, סימון זרמים נכנסים ויוצאים, ניסוח החוק ומשמעותו הפיזיקלית
- 7.2 חוק המתחים: ענף וחוג במעגל חשמלי, מפלי מתח במעגל וסימונם, הסבר כמותי ואיכותי של החוק
- 8. מעגל חשמלי טורי, מקבילי ומעורב** -----8
- 8.1 מעגל חשמלי טורי: התנגדות שקולה בטור, יחסים בין מתחים וזרמים, כלל מחלק המתח, התנגדות הקו ומפל המתח עליו, חיבור נגדים בטור והצורך בו
- 8.2 מעגל חשמלי מקבילי: התנגדות שקולה במקביל, יחסים בין זרמים והתנגדויות, כלל מחלק הזרם, חיבור נגדים במקביל והצורך בו
- 9. הספק במעגל חשמלי** -----6
- 9.1 האנרגיה החשמלית ויתרונותיה
- 9.2 ההספק החשמלי ויחידת ההספק
- 9.3 ההספק המתפתח על נגד
- 9.4 נצילות והפסדי הספק
- 9.5 חישובי הספק במעגלים שונים
- 10. כוח אלקטרומניע (כא"מ) ומקורות מתח** -----6
- 10.1 המושגים כא"מ, מתח הדקים והתנגדות פנימית
- 10.2 תלות מתח ההדקים בזרם המעגל ובהתנגדות הפנימית
- 10.3 מקורות אידיאליים ומקורות מעשיים
- 10.4 הצגת מקור מעשי כמקור אידיאלי, שאליו מחוברת התנגדות פנימית
- 10.5 נצילות המעגל וביטוייה באמצעות ההתנגדות הפנימית של המקור והתנגדות הצרכן
- 10.6 העברת הספק מרבי לצרכן
- 11. שיטות לפתרון מעגלים** -----8
- 11.1 שיטת זרמי החוגים: המושג זרם חוג וקבלת משוואות המתחים בחוגים באמצעותו, פתרון המשוואות, הצורות הסטנדרטיות של המשוואות בשיטת זרמי החוגים
- 11.2 משפט תבנין: מקור מתח שקול, התנגדות שקולה ומעגל שקול, משפט תבנין ופתרון מעגלים בעזרתו, דוגמאות לפתרון מעגלים

12. קבל לוחות, טעינה ופריקה-----3

12.1 קבל לוחות ושדה חשמלי

א. קבל לוחות וקיבולו

ב. טעינת קבל לוחות על-ידי סוללה

ג. השדה החשמלי הנוצר בין לוחותי קבל טעון

ד. חישוב הקיבול של קבל לוחות

13. השראות עצמית והמשרן-----2

13.1 השראות עצמית

13.2 ביטוי הכא"מ המושרה בסליל, באמצעות הגורמים הבאים:

א. שינוי הזרם בסליל

ב. ההשראות העצמית של הסליל

13.3 המשרן

14. זרם חילופין ומושגים בסיסיים באותות מחזוריים-----3

14.1 יתרונות השימוש בזרם חילופין על-פני זרם ישר

14.2 האות הסינוסואידלי כאות מחזורי

14.3 זמן מחזור, תדר ותדר זוויתי

14.4 ערך-שיא, ערך שיא-לשיא וערך אפקטיבי

15. פתרון מעגלים בזרם חילופין-----10

15.1 העכבה: הגדרה, עכבת נגד, משרן וקבל, עכבה של מעגל

15.2 מעגל RL טורי: חישוב המתחים על רכיבי המעגל, כלל מחלק המתח

15.3 מעגל RC טורי: חישוב המתחים על רכיבי המעגל

[חזרה לתפריט הראשי](#)

אלקטרוניקה תקבילית וספרתית (עיוני, כיתה י' – 15 שעות)

1. אותות ומערכות ----- 3

- 1.1 אותות תקביליים: אותות רציפים בזמן, אותות מחזוריים ולא מחזוריים. דוגמאות.
- 1.2 אפיון אותות תקביליים מחזוריים: תנופה, מופע, תדר. דוגמאות.
- 1.3 אותות ספרתיים: אותות בדידים בזמן, אותות מחזוריים ולא מחזוריים. דוגמאות.

2. מגברים ----- 9

- 2.1 אפיוני המגבר: תיאור גרפי של אות המוצא בתלות באות המבוא, לינאריות, רוויה חיובית ורוויה שלילית, קביעת נקודת עבודה, תנופה מרבית במוצא ללא עיוותים, עיוותי אי-לינאריות, התנגדות מבוא והתנגדות מוצא.
- 2.2 מקורות: מקור תלוי ומקור בלתי-תלוי, מקור מתח תלוי-מתח, מקור זרם תלוי-זרם.
- 2.3 הגברה: הגבר מתח, הגבר זרם, הגבר הספק, הגדרת הדציבל.

3. מערכות מבוקרות משוב שלילי ----- 3

- 3.1 המשוב: מהות המשוב ושימושיו במערכות טכנולוגיות, מבנה כללי של מערכת מבוקרת משוב, הנוסחה הכללית לחישוב הגבר בחוג סגור.
- 3.2 השפעת המשוב השלילי על מאפייני מגבר מתח: הקטנת ההגבר (הסבר באמצעות דוגמה מספרית).

[חזרה לתפריט הראשי](#)

אלקטרוניקה תקבילית וספרתית (עיוני כיתה י"א – 90 שעות)

4. מגברי שרת ----- 18

4.1 אפיוני מגבר שרת בחוג פתוח:

סימול סכמתי, הדקי המגבר ותפקידיהם, תכונות מגבר שרת אידיאלי, רוחב פס, התנגדות מבוא והתנגדות מוצא, מתחי הזנה (הזנה משני מקורות וממקור יחיד), רוויה חיובית ורוויה שלילית.

מגבר שרת בחוג סגור: משוב שלילי, מושג "האדמה המדומה" (Virtual Ground).

יישומים של מגברי שרת אידיאליים

4.2 מגבר הופך מופע: תרשים המעגל, חישוב: הגבר מתח, מתח מוצא, זרמים במעגל, התנגדות מבוא. חישוב מתח מוצא מרבי ללא עיוותים. סרטוט אות המוצא, בתלות בזמן, בהתאמה לאות מבוא.

4.3 מגבר לא הופך מופע: תרשים המעגל, חישוב: הגבר מתח, מתח מוצא, זרמים במעגל. חישוב מתח מוצא מרבי ללא עיוותים. סרטוט אות מוצא, בתלות בזמן, בהתאמה לאות מבוא.

4.4 מגבר חוצץ (יחידה): תכונות מגבר חוצץ, תרשים המעגל, חישוב הגבר, סרטוט אות מוצא, בתלות בזמן, בהתאמה לאות המבוא.

4.5 מגבר מסכם: תרשים המעגל, חישוב מתח המוצא עבור מתחי מבוא שונים, חישוב וסרטוט מתח המוצא כאשר אחד ממתחי המבוא הוא מתח חילופין (A.C) והאחר מתח ישר (D.C).

4.6 מגבר מחסר (מגבר הפרש): תרשים המעגל חישוב וסרטוט מתח המוצא כאשר אחד ממתחי המבוא הוא מתח חילופין (A.C) והאחר מתח ישר (D.C).

4.7 חישוב הגבר המתח בדציבלים (dB) במעגלים השונים.

5. חיישנים ----- 6

5.1 חיישן חום כגון RTC: אופיין המתאר תלות ההתנגדות בטמפרטורה, מעגלי יישום.

5.2 חיישני קול כגון מיקרופון, רמקול – הסבר פעולה.

5.3 חיישן אור LDR: אופיין המתאר תלות ההתנגדות בעוצמת האור, מעגלי יישום.

6. משוויים ----- 6

6.1 משווה בחוג פתוח

א. אופיין מעבר סרטוט מתח המוצא בתלות במתח המבוא.

ב. סרטוט מתח המוצא בתלות בזמן, בהתאמה למתח חילופין במבוא.

6.2 משווה מסוג שמיט-טריגר

א. אופיין מעבר סרטוט מתח המוצא בתלות במתח המבוא.

ב. חישוב רוחב החשל וחסיונות לרעש.

ג. סרטוט מתח המוצא בתלות בזמן עבור מתח חילופין במבוא.

- 7. דיודות-----8**
- 7.1 תיאור דיודה כרכיב חד-כיווני.
- 7.2 סרטוט אופיין זרם-מתח של דיודה מעשית.
- 7.3 דיודה אידיאלית. תיאור הדיודה כקצר-נתק.
- 7.4 מודל הדיודה באמצעות מקור מתח V_{don} .
- 7.5 חישוב נקודת עבודה של דיודה במעגל טורי הכולל מקור מתח, נגד ודיודה.
- 7.6 מעגל יישור חד-דרכי. הסבר וסרטוט צורות גלים.
- 7.7 מעגל יישור באמצעות גשר דיודות. הסבר וסרטוט צורות גלים.
- 7.8 דפ"א (LED). תכונות וחישוב נקודת העבודה של הדיודה
- 8. טרנזיסטורים-----24**
- 8.1 מבנה ועיקרון פעולה של טרנזיסטור דו נושאי (BJT). אופייני הטרנזיסטור עבור טרנזיסטור מסוג NPN.
- 8.2 חישוב נקודת עבודה של טרנזיסטור בביבור C.E. עם מקדם עצמי וסרטוט קו עבודה.
- 8.3 סרטוט מעגל תמורה מופשט (h_{fe} , h_{ie}) של טרנזיסטור לאות חילופין.
- 8.4 חישוב הגבר מתח והגבר זרם בביבור C.E.
- 8.5 פעולת טרנזיסטור כמתג, בדיקת התנאי לרוויה בטרנזיסטור ($\beta I_B > I_C$), חישוב זרמי הטרנזיסטור ברוויה.
- 8.6 הפעלת דפ"א (LED) באמצעות טרנזיסטור הפועל כמתג.
- 9. ספקים ומייצבי מתח-----8**
- 9.1 סרטוט תרשים מלבנים של ספק-כח. סרטוט צורות גלים.
- 9.2 הכרת מייצב מתח משולב מסוג 78xx.
- 10. מתנדים לגל ריבועי-----10**
- 10.1 תגובת רשת מעבירה נמוכים (L_p) ורשת מעבירה גבוהים (H_p) לאות מדרגה ולדופק. סרטוט מתח המוצא וחישוב ערכיו.
- 10.2 עיקרון פעולה של מעגל רב רטט חופשי ומיממשו באמצעות מעגל משולב 555. סרטוט צורות גלים וחישוב תדר התנדודות ומחזור הפעולה.
- 11. המרת אותות-----10**
- 11.1 הצורך בהמרת אותות אנלוגיים לספרתיים ולהיפך.
- 11.2 המרת אות ספרתי לאנלוגי. חישוב מתח המוצא בתלות במילת המבוא הספרתית. כושר ההבחנה.

11.3 המרת אות אנלוגי לספרתי. חישוב מילת המוצא
הספרתית בתלות במתח המבוא התקבילי. חישוב כושר ההבחנה.

מבוא להנדסת אלקטרוניקה – לימודים התנסותיים

יסודות תורת החשמל, אלקטרוניקה תקבילית וספרתית (כיתה י' - 60 שעות)

כללי

הניסויים יבוצעו חלקם באמצעות צב"ד ממשי (ספקי-כוח, מכשירי מדידה, מחוללי אותות ורכיבים חשמליים), וחלקם באמצעות תוכנת הדמייה. במקרה שלא נכתב אחרת, הכוונה לביצוע בצב"ד ממשי. חלק מניסויי הצב"ד כוללים המחשות איכותיות של התופעות והחוקים הקיימים במעגלים מעשיים.

יש לבצע לפחות:

3 מבין הניסויים	1-5
3 מבין הניסויים	6-א-7
1 מבין הניסויים	8-א-8
1 מבין הפרויקטונים	א-ה

ניסוי 1: מכשירי המדידה, חוק אום, סוללות

1. הסברה והדגמה של אופן תפעולו של ספק כוח.
2. הסברה והדגמה של אופן תפעולו של רב-מודד. בעיות דיוק במדידה.
3. מדידת מתח ישר וזרם ישר בין הדקי ספק כוח, באמצעות רב-מודד.
4. לימוד קודי הסימון של נגדים. אימות הסימון על-ידי מדידת ההתנגדות.
5. חוק אום:
- א. המחשה חזותית: חיבור נגד, מד זרם ונורה בטור להדקי ספק כוח. העלאה הדרגתית של מתח הספק והתרשמות חזותית מעליית הזרם במעגל (עוצמת האור בנורה) עם עליית המתח.
- ב. מדידת אופיין מתח/זרם של הנגד (הנורה נשארת, אך לא נכללת במדידה).
6. מדידת מתח סוללה על הדקיה הפתוחים.
7. מדידת מתח סוללה כאשר הדקיה מחוברים לנורה (עומס).
8. חיבור נגד משתנה בין הדקי סוללה. סרטוט אופיין מתח/זרם בין הדקי הסוללה. חישוב ההתנגדות הפנימית של הסוללה.

ניסוי 2 א: מדידות במעגל טורי ומקבילי

1. חיבור נגד ונורה בטור לספק כוח. הוספת נגד בטור והתרשמות מירידת הזרם (עוצמת האור).
2. מדידת ההתנגדות של שני נגדים בטור.
3. חיבור הצירוף הטורי לספק כוח ומדידת מפל המתח על כל נגד, ועל הספק. אישור חוק חלוקת המתח בטור.
4. חיבור נגד ונורה בטור לספק כוח. הוספת נגד נוסף במקביל לקיים והתרשמות מעליית הזרם הכללי (עוצמת האור).
5. מדידת ההתנגדות של שני נגדים במקביל.

6. חיבור הצירוף המקבילי לספק כוח ומדידת הזרם דרך כל נגד, ודרך הספק. אישור חוק חלוקת הזרם במקביל.

ניסוי 2 ב: חיבור נגדים במעורב

1. חיבור שלושה נגדים בצורת רשת T: נגד טורי ובהמשכו שני נגדים במקביל. מדידת התנגדות הרשת. אימות על-ידי חישוב.
2. חיבור רשת ה-T לספק כוח. מדידת הזרמים הנכנסים לצומת ה-T והיוצאים ממנה. אימות חוק קירכהוף.
3. מדידת מפלי המתח בשני החוגים של המעגל. אימות חוק קירכהוף.

ניסוי 3: הכרת תוכנת סימולציה

1. כניסה לתוכנה ולמשטח העבודה.
2. הנחת רכיבים על המשטח, הזזתם, סיבובם, מתן ערך לרכיבים, מחיקת רכיבים.
3. חיבור רכיבים זה לזה (חיווט).
4. חיבור מעגל פשוט: ספק כוח ונגד עומס.
5. הכרת מכשירי המדידה וחיבורם למעגל.
6. הרצת ההדמייה: קריאת מתח/זרם.
7. חיבור מעגל נגדים מעורב וביצוע מדידות מתח וזרם עליו.

ניסוי 4: בדיקת שיטת זרמי החוגים לפתרון מעגלים

הניסוי ייערך הן בחומרה והן בתוכנה.

1. בניית מעגל חשמלי, הכולל כמה מקורות מתח ושני חוגים.
2. מדידת מפלי המתח על הנגדים במעגל החשמלי.
3. מדידת זרמי החוגים.
4. אימות שתי משוואות החוגים.

ניסוי 5: מעגלי RC טוריים בזרם חילופין

1. הכרה והדגמה של מחולל האותות ושל משקף התנודות.
2. בניית מעגל RC טורי שבו מקור המתח הוא מחולל אותות.
3. המחשה קולית: חיבור רמקול במקביל לנגד והתרשמות מהעלייה בעוצמת הקול עם עליית תדר המחולל. רצוי להשתמש ברמקולים של מחשב, כדי לא להעמיס את מעגל ה-RC.
4. מדידת תלות הזרם בתדר, וסרטוט גרף מתאים.
5. חישוב תלות העכבה בתדר, וסרטוט גרף מתאים.
6. מדידת הפרש המופע בין הזרם במעגל לבין מתח המקור, בתלות בתדר, וסרטוט גרף מתאים.

ניסוי 6: מעגלי RL טוריים בזרם חילופין

1. בניית מעגל RL טורי שבו מקור המתח הוא מחולל אותות.
2. מדידת תלות הזרם בתדר, וסרטוט גרף מתאים.
3. חישוב תלות העכבה בתדר, וסרטוט גרף מתאים.
4. מדידת הפרש המופע בין הזרם במעגל לבין מתח המקור, בתלות בתדר, וסרטוט גרף מתאים.

ניסוי 7 א: מגבר שרת – מגבר הופך מופע

1. חיבור מגבר שרת בחוג סגור כמגבר הופך מופע.
2. מדידת הגבר המתח והפרש המופע בין אות המבוא לאות המוצא. אימות התיאוריה.
3. מדידת הגבר המתח בתלות בנגד המשוב.
4. מדידת מתח מוצא מרבי ללא עיוותים.
5. מדידת היענות תדר של המגבר.
6. מדידת התנגדות המבוא של המגבר.

ניסוי 7 א: מגבר שרת – מגבר לא-הופך מופע

1. חיבור מגבר שרת בחוג סגור כמגבר לא-הופך מופע.
2. מדידת הגבר מתח והפרש מופע בין אות המבוא לאות המוצא. אימות התיאוריה.
3. מדידת התנגדות מבוא של המגבר.
4. הפעלת המגבר כמגבר חוצץ (הגבר יחידה). מדידת הגבר והפרש מופע בין אות המבוא לאות המוצא.

ניסוי 7 ג: מגבר שרת – מגבר מסכם ומחסר

1. חיבור מגבר שרת כמגבר מסכם (שני מבואות).
2. מדידת מתח המוצא בתלות במתחי המבוא.
3. חיבור מגבר שרת כמגבר מחסר (שני מבואות).
4. מדידת מתח המוצא בתלות במתחי המבוא.

ניסויים 8-9: פרויקטון – ניתן לבחור אחת מההצעות הבאות:

פרויקטון א: מגבר שמע

מתבסס על רכיב מוכלל LM386 (מגבר שמע). התלמיד יבנה את המגבר על בסיס רשימת חלקים נתונה, ותרשים סכמתי. החיבורים יבוצעו בשיטת Wire-Wrap.

1. חיבור הרכיב המוכלל כמגבר שמע, הניזון ממתח 6 V (סוללה 1.5 V x 4). לצורך כך דרושים שני קבלים, נגד ופוטנציומטר, המשמש לבקרת העוצמה. למבוא ניתן לחבר מיקרופון, מוצא שמע של מחשב (מכרטיס Sound Blaster), או מוצא מכשיר ביתי כגון ווקמן, דיסקמן, מכשיר וידאו, "מיקסר" לקליטת שידורי כבלים וכיו"ב. למוצא ניתן לחבר רמקול 8 - 4 אום, דרך קבל אלקטרוליטי.
2. שינוי מצב הפוטנציומטר והתרשמות משינוי עוצמת הקול.

3. הגדלת ההגבר פי 10 באמצעות חיבור קבל בין הדקים 1 ו-8 של הרכיב המוכלל.
4. הדגשת באסים באמצעות חיבור נגד וקבל בטור בין ההדקים 1, 5 של הרכיב. עוצמת התדרים הנמוכים (בסביבות 100 הרץ) גדלה פי 2 יחסית לתדרים הגבוהים. התרשמות משמיעת צלילי הבס.

פרויקטון ב: מסכם צלילים (מיקסר)

מתבסס על רכיב מוכלל LM741 (מגבר שרת). התלמיד יבנה את המסכם על בסיס רשימת חלקים נתונה, ותרשים סכמתי. החיבורים יבוצעו בשיטת Wire-Wrap.

1. חיבור הרכיב המוכלל כמגבר מסכם. בשני מבואות המגבר המסכם יחוברו שני פוטנציומטרים השולטים על עוצמות האותות המבואות.
2. חיבור מוצא המגבר לרמקול של מחשב. לחילופין אפשר להשתמש במגבר השמע מפרויקטון א', שנבנה על-ידי אותו תלמיד או תלמיד אחר (עבודה בזוגות).
3. חיבור אחד המבואות למיקרופון, לצורך הגברת קול אנושי (שירה). חיבור המבוא האחר למוצא כלי נגינה חשמלי (גיטרה).
4. איפוס אות הגיטרה, והתרשמות מהגבר הקול המגיע מהמיקרופון, תוך שינוי הפוטנציומטר במבוא.
5. איפוס אות המיקרופון, והתרשמות מהגבר הקול המגיע מהגיטרה, תוך שינוי הפוטנציומטר במבוא.
6. הפעלת שני המבואות ואיזון ביניהם תוך שימוש בשני הפוטנציומטרים.
7. במקום קול וכלי נגינה, אפשר לחבר את שני המבואות למוצאים R, L (שמאל, ימין) של מערכת שמע, כגון ווקמן (באמצעות תקע אוזניה סטריאופוני), דיסקמן (כנ"ל), מכשיר וידאו, "מיקסר" לקליטת שידורי כבלים וכיו"ב. מאזנים את עוצמות שני הערוצים באמצעות הפוטנציומטרים.

פרויקטון ג: חיווי רמת חום/אור באמצעות זמזם

מתבסס על רכיב מוכלל LM324 (רביעיית מגברי שרת) ועל חיישן חום/אור. התלמיד יבנה את המעגל על בסיס רשימת חלקים נתונה, ותרשים סכמתי. החיבורים יבוצעו בשיטת Wire-Wrap. המעגל ניזון מספק יחיד של 9 V.

1. חיבור חיישן חום (N.T.C.) או חיישן אור (L.D.R.) כאחד מענפי גשר וויסטון.
2. חיבור הגשר למבואות הרכיב, המחובר כמגבר מחסר.
3. חיבור זמזם במוצא המגבר, והתרשמות מעוצמת הזמזום עם עליית החום/האור בסביבת המעגל.
4. מדידת אופיין הגלאי: מתח מוצא בתלות בטמפרטורה.
5. מדידת רגישות הגלאי להגבר המגבר.

פרויקטון ד: התרעה על רמת חום/אור באמצעות נורת LED

מתבסס על רכיב מוכלל LM324 (רביעיית מגברי שרת) ועל חיישן חום/אור. התלמיד יבנה את המעגל על בסיס רשימת חלקים נתונה, ותרשים סכמתי. החיבורים יבוצעו בשיטת Wire-Wrap. המעגל ניזון מספק יחיד של 9 V.

1. החיישן מחובר בטור לפוטנציומטר, כמחלק מתח.
2. מתח החלוקה נכנס למבוא הלא מהפך של מגבר שרת (LM324), ומושווה למתח משתנה המחובר להדק המהפך של המגבר.
3. במוצא המהפך מחוברת נורת, הנדלקת מעל רמת חום/אור מסוימת. רמה זו נקבעת לפי כיוון המתח בהדק המהפך של המגבר.
4. התרשמות משינוי רגישות המעגל כתוצאה משינוי הפוטנציומטרים השולטים על המתחים בהדקי המבוא למשווה.

פרויקטון ה: מעגל השהייה (Timer)

מתבסס על רכיב מוכלל LM324 (רביעיית מגברי שרת). התלמיד יבנה את המעגל על בסיס רשימת חלקים נתונה, ותרשים סכמתי. החיבורים יבוצעו בשיטת Wire-Wrap. המעגל ניזון מספק יחיד של 9 V.

1. חיבור קבל למבוא המהפך של מגבר שרת. הקבל נטען דרך נגד גדול ($1\text{ M}\Omega$).
2. חיבור מתח למבוא הלא מהפך של המגבר, באמצעות ההדק "הזוחל" של פוטנציומטר.
3. חיבור נורית למוצא המגבר.
4. חיבור לחצן N.O. ונגד במקביל לקבל, לצורך פריקה.
5. עם הלחיצה על הלחצן, הקבל נפרק, והנורית נדלקת כעבור כמה שניות (השהייה).
6. שינוי זמן ההשהייה באמצעות הפוטנציומטר ו/או הנגד.

[חזרה לתפריט הראשי](#)

אלקטרוניקה תקבילית וספרתית (כיתה י"א – 60 שעות)

כללי

ההתנסות תכלול הן ניסויים מובנים סטנדרטיים והן פרויקטונים. מקצת הניסויים ייעשו בסימולציה.

עקרונות מנחים

- הכרת מכשירי המדידה והכרת כלי הסימולציה תיעשה תוך כדי ההתנסות. לחלופין – ניתן לבצע פרויקטונים שיחליפו את ביצוע הניסויים, כאשר כל פרויקטון כזה מאגד בתוכו 2 - 3 ניסויים.
- התלמידים יתבקשו לבצע פרויקטון מערכתי¹ אחד, לפחות, בהיקף של 10 עד 15 שעות. פרויקטון מערכתי הנו מערכת שלמה המבצעת תפקיד מעשי מוגדר, כגון בקרת טמפרטורה, מדידת רעש וכיו"ב.
- הניסויים והפרויקטונים שמים דגש על שימוש במגברי שרת וברכיבים מוכללים.

להלן שלבי העבודה המוצעים לביצוע פרויקטון מערכתי:

- א. תיאור בעיה.
- ב. תכנון מעגל/מערכת ברמה עקרונית (יינתן על-ידנו).
- ג. סרטוט מעגל/מערכת באופן מפורט בעזרת תוכנת הדמיה.
- ד. הרצת ההדמיה ובדיקה בנקודות שונות במעגל.
- ה. חיבור מעגל/מערכת דומה על לוח מודפס/לוח מחורר, שעליו מורכבים הרכיבים וההתקנים הבסיסיים. התלמיד יידרש לחבר (באמצעות מפסקים וחוטי גישור) רק חלקים מסוימים לצורך השלמת המעגל/מערכת.
- ו. הפעלת המעגל וביצוע מדידות שונות עליו בעזרת מכשור מעבדתי (משקף-תנודות, רב-מודד, בחון לוגי וכיו"ב).
- ז. ביצוע שינויים/שיפורים במעגל/מערכת לפי שאלות והנחיות שיינתנו. כל שינוי/שיפור ניתן לבדיקה בהדמיה, אבל יידרש גם ביצוע מעשי.

¹ ביצוע פרויקטון מערכתי אינו תחליף לביצוע פרויקטון "רגיל". ניתן לבצע מספר פרויקטונים כתחליף לניסויים.

רשימת הניסויים

הערה: פרויקטון תחליפי יכול להתבצע במקום 2 - 3 ניסויים. הפרויקטונים התחליפיים המוצעים כאן הם בגדר הצעות. מומלץ למורים להציע לתלמידיהם גם פרויקטונים תחליפיים אחרים.

יש לבצע לפחות:

3 מבין הניסויים	א1-2ג
2 מבין הניסויים	א3-4
1 מבין הניסויים	א5-5ב
1 מבין הניסויים	א7-7ג
1 מבין הפרויקטונים המערכתיים	1-9

ניסוי 1א – מגברי שרת הופך מופע

1. חיבור מגבר שרת כמגבר הופך מופע.
2. מדידת הגבר המתח.
3. מדידת הפרש המופע בין אות המבוא לאות המוצא.
4. מדידת השפעת שינוי נגד המשוב על הגבר המתח.
5. מדידת מתח המוצא המרבי ללא עיוותים.
6. מדידת הענות התדר של המגבר (תוך ציון תדירות מחצית ההספק ורוחב הפס).

ניסוי 1ב – מגבר שרת לא-הופך מופע

1. חיבור מגבר שרת כמגבר לא-הופך מופע.
2. מדידת הגבר המתח.
3. מדידת הפרש המופע בין אות המבוא לאות המוצא.
4. מדידת השפעת שינוי נגד המשוב על הגבר המתח.
5. הפעלת המגבר כמגבר חוצץ (יחידה). מדידת ההגבר והפרש המופע בין אות המבוא לאות המוצא.

ניסוי 1ג – מגבר מסכם

1. חיבור מגבר שרת כמגבר מסכם בעל 2 מבואות.
2. מדידת מתח המוצא עבור מתחים ישרים (DC) במבוא.
3. מדידת מתח המוצא עבור מתח מבוא ישר באחד המבואות (DC), ומתח חילופין (AC) במבוא השני.

ניסוי 1ד – מגבר מחסר

1. חיבור מגבר שרת כמגבר מחסר.
2. מדידת מתח המוצא עבור מתחי מבוא ישרים (DC).
3. מדידת מתח המוצא עבור מתח מבוא ישר באחד המבואות (DC), ומתח חילופין (AC) במבוא השני.

ניסוי 2א – מגבר שרת משווה

1. חיבור מגבר שרת כמשווה בחוג פתוח.
2. מדידת מתח המוצא בתלות במתחי מבוא שונים.
3. סרטוט אות מוצא ומדידתו עבור אות מבוא סינוסי.

ניסוי 2ב – שילוב בין מגבר שרת ומעגל לוגי – מישק

1. חיבור מגבר שרת משווה למהפך לוגי והפעלת דפ"א (דיודה פולטת-אור – LED).
2. חיבור מתח חילופין בתדר נמוך במבוא המשווה להבהוב הדפ"א.

ניסוי 2ג – משווה שמיט (ניסוי רשות)

1. חיבור מגבר שרת כמשווה מסוג שמיט.
2. מדידה ושינוי של החשל.
3. מדידה וסרטוט אות מוצא עבור אות סינוסי במבוא.

ניסוי 3א – מעגל גילוי חום

1. מדידת התנגדות נגד רגיש לחום עבור טמפרטורות שונות.
2. שילוב נגד רגיש לחום עם משווה ודפ"א להפעלת הנורית עבור טמפרטורה מסוימת.
3. שינוי פעולת הגילוי באמצעות שינוי מתח יחוס.

ניסוי 3ב – מעגל גילוי אור

1. מדידת התנגדות נגד רגיש לאור עבור עוצמות אור שונות.
2. שילוב נגד רגיש לאור עם משווה ודפ"א להפעלת הדיודה עבור עוצמת אור מסוימת.
3. שינוי פעולת הגילוי באמצעות שינוי מתח יחוס.

ניסוי 3ג – מעגל גילוי קול

1. חיבור מעגל הכולל מיקרופון קיבולי משווה ודפ"א.
2. הפעלת המעגל באופן שבו תידלק הדפ"א.
3. שינוי סף הגילוי באמצעות שינוי מתח יחוס.

ניסוי 4 – דיודות – יישור

1. חיבור מעגל יישור חצי גל.
2. מדידת צורות הגל במוצא עבור אות סינוסואידלי.
3. חיבור מעגל יישור גל שלם (גשר דיודות).
4. מדידת צורות הגל במוצא עבור אות סינוסואידלי.
5. בדיקת השפעת שינויים בתנופת אות המבוא על צורת האות המתקבל במוצא.

ניסוי 5א – טרנזיסטור ביפולרי (DC)

1. חיבור מעגל בתצורת פולט משותף (הכולל נגד בסיס ונגד קולט ללא נגד פולט).
2. מדידת נק' עבודה DC עבור נגדי בסיס שונים.
3. מדידת נק' העבודה.
4. מדידת הקשר בין זרם הבסיס לזרם הקולט.

ניסוי 5 – טרנזיסטור ביפולי כמגבר CE (AC)

1. חיבור מעגל בתצורת פולט משותף (כולל 2 נגדי ממתח בסיס ונגד קולט).
2. מדידת אות המוצא בתלות במתח מבוא סינוסואידלי.
3. חישוב הגבר המתח.
4. מדידת הפרש המופע בין אות המבוא לאות המוצא.
5. מדידת מתח המוצא המרבי ללא עיוותים.

ניסוי 6 – מייצב מתח (ניסוי רשות)

1. חיבור מייצב מתח מסוג 7805.
2. מדידת מתח מבוא מזערי המבטיח מתח מוצא תקין.
3. מדידת מתח המוצא עבור נגדי עומס שונים.

ניסוי 7א – תגובת רשת מעבירה נמוכים לאות ריבועי

1. חיבור רשת מעבירה נמוכים (LP) לאות מבוא ריבועי.
2. מדידת אות המוצא עבור $T > \tau$. סרטוט אות המוצא עם ערכי המתחים.
3. מדידת אות המוצא עבור $T < \tau$. סרטוט אות המוצא עם ערכי המתחים.

ניסוי 7ב – רב-רטט אל-יציב באמצעות 555

1. בניית מעגל אל-יציב.
2. מדידת צורת האות במוצא ועל פני הקבל.
3. מדידת תדר המוצא וגורם המחזור.
4. חזרה על ביצוע סעיף 3 עבור תדר שונה.

פרויקטונים מערכתיים

- הפרויקטונים שלהלן הם בגדר הצעות. מומלץ למורים להציע לתלמידיהם גם פרויקטונים אחרים, ובלבד שיקיימו את העקרונות המנחים שהוצגו בתחילת הפרק.
1. ספק כוח מבוסס על רכיב מוכלל (78XX למשל) עם אפשרות ליצירת מתחים גבוהים ומשתנים בעזרת מגבר שרת ורשת נגדים – למתחים רציפים ובדידים.
 2. מגבר שמע בעל מספר דרגות, כאשר ניתן לשלוט בהגבר כל דרגה בנפרד בקפיצות. אפשרות לשליטה בעוצמה הכוללת. כניסת מיקרופון, מסננים אקטיביים, כניסת רעש לבן, מתנד סינוסי בתדר שמע (מתנד ווין) המשמש לבדיקת המגבר.
 3. מעגל לבקרת טמפרטורה: גשר עם חיישן טמפרטורה משמש לקבלת מתח יחסי לטמפרטורה. המתח מומר לאות ספרתי וזה משווה לשני גבולות הנקבעים ידנית (למשל, 0°C - 50°C). חציית הגבולות האלה מפעילה/מפסיקה תנור או מאוורר, כך שהטמפרטורה נשמרת תמיד בין הגבולות הנ"ל.
 4. מד-רעש מרבי: רעש אקוסטי מומר בעזרת מיקרופון ומיישר לאות חשמלי. האות הזה נדגם מדי כמה מילישניות ומושווה לדגימה הקודמת; אם רמת האות הנוכחי גבוהה מהקודמת, מקדמים מונה המחובר לתצוגת 7 מקטעים (ספרה בודדת, 0-9).
 5. מקמ"ש IR ל-4 מטר: מתנד 500 הרץ מפעיל דיודה פולטת אור מדי מחזור. זהו המשדר. המקלט ממיר את האור הנקלט למתח חשמלי בעזרת טרנזיסטור רגיש אור. בעזרת משוואה וחד-יציב יוצרים דופק שעון לדלגלג JK. הדלגלג מחליף מצב בכל דופק, כך שהוא מדליק ומכבה נורית עומס עם כל פרץ אור המשודר מהמשדר.
 6. מיתוג מבוקר קול (למשל, מחיאת כפיים): מיקרופון ממיר את פרץ הקול לאות חשמלי. בעזרת משוואה וחד-יציב יוצרים דופק בודד. דופק זה מפעיל דלגלג JK, וזה מפעיל ומכבה עומס לסירוגין – להמחשה, מחברים נורית כעומס. ניתן גם למנות את פרצי הקול באמצעות קידום מונה עם כל דופק של החד-יציב. המנייה מומחשת בעזרת תצוגת 7 מקטעים.
 7. בחון לוגי ל-TTL: המתח הנבדק נכנס למשוואה חלון שגבולותיו מתאימים להגדרות מצב גבוה ונמוך של לוגיקת TTL. הרכיב 4511 משמש לדחיפת תצוגת 7 מקטעים – כאשר האות הנבדק 'נמוך', נדלקת הספרה 0. כאשר האות 'גבוה' נדלק 1. במצבי ביניים, התצוגה כבויה. עבור דפקים במבוא, תידלק הספרה 8.
 8. שימוש בממיר DAC, ADC או שילוב של שניהם.
 9. שימוש ברכיב 555.

[חזרה לתפריט הראשי](#)