

משרד החינוך
מנהל מדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

מערכות ספרתיות ומבוא לאלקטרוניקה

היקף התכנית: 108 שעות

· עיוני: 72 שעות

· מעשי: 36 שעות

דרישות קדם

הידע המוקדם ללימוד הפרק הזה הוא הכרת מדעי המחשב בהיקף של 5 יחידות לימוד מלימודי התיכון. תלמידים שאין להם ידע מוקדם יצטרכו להשלימו; החומר זה לא יילמד במסגרת קורס זה.

אוכלוסיית היעד

כיתות י"ד במגמת הנדסת תוכנה.

מטרות הקורס

· להבין מעגל חשמלי בזרם ישר

· להבין מעגל חשמלי בזרם חילופין

· מהי אלקטרוניקה תקבילית

· להכיר מגבר וטרנזיסטור

· להכיר מבוא לאלקטרוניקה ספרתית

· להכיר ממיר תקבילי לספרתי ולהיפך

טבלת הפרקים וחלוקת השעות המוצעת

פרקי הלימוד	עיוני	מעשי
1 מודל חישוב בסיסי	21	4
2 קלט-פלט בשפת C	23	16
3 מבוא לאלקטרוניקה ספרתית	28	16
סך הכול	72	36

הערה כללית

מומלץ שהוראת הנושאים השונים – הן התאורטיים והן ההתנסותיים – תעסוק בארבעה פרויקטים שאותם יבנו התלמידים במהלך לימודיהם:

A – ספק כוח (שנאי, מיישר 'גשר', קבל סינון, מייצב זנר).

B – מגבר שמע (מגברי שרת, טרנזיסטור כמגבר זרם לרמקול).

- C – מונה ותצוגה (מונה BCD, מפענח תצוגה, תצוגת שבעה מקטעים).
D – מעגל בקרה בסיסי (חיישן, ממיר A/D, משווה ספרתי, רכיב מבוקר).

חלק א (עיוני: 72 שעות)

פרק 1: יסודות תורת החשמל

· עיוני: 21 שעות

פירוט התכנים

- 1.1 מושגי יסוד (3 שעות)
 - 1.1.1 חזרה: מבנה החומר, מטען חשמלי, מוליכים ומבדדים, מוליכים למחצה
 - 1.1.2 זרם חשמלי ומתח חשמלי
 - 1.1.3 התנגדות חשמלית כתלות בממדים גאומטריים, סוג חומר וטמפרטורה
- 1.2 מעגלי חשמל בזרם ישר (10 שעות)
 - 1.2.1 הקשר בין זרם, מתח והתנגדות, חוק אוהם
 - 1.2.2 התנגדות שקולה של התנגדויות בטור, במקביל ומעורב
 - 1.2.3 זרמים ומתחים במעגל חשמלי מעורב
 - 1.2.4 'מחלק מתח' ו'מחלק זרם'
 - 1.2.5 תכונות בסיסיות של מקור מתח ושיטות חיבור של מקורות מתח (סוללות)
 - 1.2.6 שימוש בחוקי קירכהוף בפתרון מעגל חשמלי מורכב
 - 1.2.7 עבודה והספק בזרם ישר
 - 1.2.8 קבל במעגל זרם ישר
- 1.3 מעגל חשמלי בזרם חילופין (8 שעות)
 - 1.3.1 תיאור גרפי של זרם ומתח חשמלי המשתנים בתלות זמן
 - 1.3.2 מתח חילופין סינוסי – זיהוי גדלים (מתח שיא לשיא, מתח יעיל, תדירות, זמן ומופע)
 - 1.3.3 התנהגות קבל במעגל זרם חילופין ומושג ההיגב
 - 1.3.4 התנהגות סליל במעגל זרם חילופין ומושג ההיגב
 - 1.3.5 מושג העכבה (Z) במעגל זרם חילופין
 - 1.3.6 דופק חשמלי - מאפייני עצמה, קוטביות, זמן ותדירות. הגדרות 'זמן עלייה', 'זמן ירידה' ו'רוחב דופק'
 - 1.3.7 שנאי – מבנה עקרוני ותמסורת מתח וזרם

פרק 2: מבוא לאלקטרוניקה תקבילית

· עיוני: 23 שעות

פירוט התכנים

- 2.1 מושגי יסוד (3 שעות)
 - 2.1.1 אפיונים של אות תקבילי (אנלוגי) ואות ספרתי (דיגיטלי)
 - 2.1.2 תיאור מלבנים (block diagram) של מערכת אלקטרונית (משמעות המלבנים, חיצונית, זרימת מידע, מבוא, מוצא, ורישום פרטים חשובים)
 - 2.1.3 גדלים במערכות אלקטרוניות - אות, רעש, יחס אות לרעש, יחס תמסורת, התנגדות מבוא, התנגדות מוצא, תגובת תדר ותגובת זמן
 - 2.1.4 דציבל (db) – הגדרה ודוגמאות שימוש
- 2.2 יישור זרם חילופין וספקי כוח (8 שעות) [פרויקט A]
 - 2.2.1 משמעות כללית של המושגים יישור זרם חילופין, גליות, יציבות מתח מוצא, התנגדות מוצא, ייצוב מתח והעמסה
 - 2.2.2 הדיודה כצומת PN בממתח קדמי ובממתח אחורי. אפייני זרם – מתח של דיודה, מעגלי בדיקה וקבועי הדיודה. סימול וזיהוי אלקטרודות (אנודה וקתודה)
 - 2.2.3 הדיודה במעגל יישור זרם (חצי גל ו'גל שלם' מסוגים שנאי – מפוצל ומיישר 'גשר')
 - 2.2.4 סינון ודיכוי גליות באמצעות מסנן RC ומסנן RL
 - 2.2.5 דיודת זנר – אפייני זרם - מתח וגדלים אופייניים. ניתוח מעגל 'מייצב מתח' באמצעות דיודת זנר
- 2.3 מגבר שרת (8 שעות) [פרויקט B]
 - 2.3.1 תכונות מגבר אידאלי (הגברה הפרשית למתחי מבוא, התנגדות מבוא, התנגדות מוצא, תגובת תדר ומופע)
 - 2.3.2 תכונות מגבר מעשי – גדלים אופייניים
 - 2.3.3 'יחס דחיית אות משותף' – CMRR
 - 2.3.4 שימושים תקביליים-לינאריים של מגבר שרת-מהפך, עוקב, חוצץ, מגבר הפרש ומגבר מסכם
 - 2.3.5 שימושים 'ספרתיים' של מגבר שרת – משווה (מרבע, רב-רטט)
 - 2.3.6 קצב השתנות המוצא – SLEW-RATE
 - 2.3.7 מימוש פונקציה אלגברית באמצעות מגבר שרת
 - 2.3.8 היסט במגבר מעשי ושיטות קיזוז
- 2.4 טרנזיסטור בי-פולרי (4 שעות) [פרויקט B]
 - 2.4.1 מבנה עקרוני של טרנזיסטור PNP וטרנזיסטור NPN סימול טרנזיסטור, וזיהוי מעשי של אלקטרודות
 - 2.4.2 טרנזיסטור כצומת זרמים והקשר בין זרמים אלה
 - 2.4.3 מצבי 'רוויה', 'קטעון' ומצב 'פעיל' בטרנזיסטור
 - 2.4.4 טרנזיסטור כמתג
 - 2.4.5 טרנזיסטור כשער לוגי (NOT, NAND) בטכנולוגיית TTL.
- 2.5 טרנזיסטור 'תופעת שדה' - טת"ש - נושא רשות (ללא הקצבת שעות)
 - 2.5.1 מבנה עקרוני של טת"ש מסוג JFET ו-IG – FET עקרון פעולה כרכיב מבוקר מתח
 - 2.5.2 תכונות ייחודיות של טת"ש (התנגדות מבוא, הגברה, קיבול מבוא)

שער לוגי בטכנולוגית CMOS – מבנה עקרוני ואופן פעול.	2.5.3
מעגלים עם מגברי שרת – נושא רשות (ללא הקצבת שעות)	2.6
ספק 'אל פסק' – מווסת (ממותג באמצעות PWM)	2.6.1
בחון לוגי (באמצעות מגברי שרת ומרות דפ"א)	2.6.2
בקרה וייצוב מהירות במנוע זרם ישר ('משוב שלילי')	2.6.3
גלאי עצמת תאורה	2.6.4
הערה: רצוי לעודד תלמידים ליישם ולבנות באופן אישי מעגלים כנ"ל כגון 'בחון לוגי' או 'גלאי עצמת תאורה'.	

פרק 3: מבוא לאלקטרוניקה ספרתית (פרויקט C)

· עיוני: 28 שעות

פירוט התכנים

פונקציות לוגיות ויישומן באמצעות שערים לוגיים – חזרה ורענון (3 שעות)	3.1
פונקציות בסיסיות – AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR	3.1.1
שימוש ב'טבלאות אמת' וצמצום פונקציה באמצעות 'מפות קרנו'	3.1.2
דלגלים (3 שעות)	3.2
מצבים לוגיים של דלגלג ושימושיו כרכיב זיכרון, מחלק תדר ומעצב צורת אות	3.2.1
דלגלג SR – יישום באמצעות שערי NAND ו-NOR, טבלת מצבים מצומצמת וביטוי בוליאני	3.2.2
דלגלג מבוקר 'שעון' (מסונכרן), תגובה ל'קצה' של פולס דרבון	3.2.3
דלגלים מסוגים נוספים ושימושיהם T, JK, D	3.2.4
טכנולוגיות 'אדון – עבד' (master-slave) ויתרונותיה	3.2.5
הכרת תכונות רכיב מעשי באמצעות דפי נתונים (7476, 4027)	3.2.6
אוגרי היסט (2 שעות)	3.3
יישום אוגר היסט כמערכת דלגלים – שרטוט מלבנים	3.3.1
טעינה טורית וטעינה מקבילית ובקרת 'שעון'	3.3.2
שימושי אוגר היסט: זיכרון, קו השהיה ופעולה מתמטית	3.3.3
הכרת אוגר מעשי באמצעות דפי נתונים (74LS164, 4015)	3.3.4
מונים (3 שעות).	3.4
יישום מונה בינרי באמצעות דלגלים מבוקרי 'שעון' – שרטוט מלבנים	3.4.1
מונה סינכרוני ומונה אסינכרוני	3.4.2
מונה במחזורי מניה שונים (מודולו N), מונה כמחלק תדר	3.4.3
הכרת מונה מעשי באמצעות דפי נתונים (74LS90, 4516)	3.4.5
תצוגה ספרתית – עשרונית (2 שעות)	3.5
סקירת סוגי תצוגה והשוואת תכונות: שפופרת קרן-קתודית, תצוגת שבעה מקטעים	3.5.1
(7SEG) מסוגי דפ"א (LED), גביש נוזלי (LCD) ותצוגה פלורסצנטית	

משרד החינוך
מנהל מדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

מפענח תצוגה 7SEG – BCD ואופן חיבורו לתצוגת שבעה מקטעים מסוג דפ"א (LED)	3.5.2
זיכרון קבוע וזיכרון נדיף (3 שעות)	3.6
זיכרון קבוע מסוג ROM – מבנה ואופן בקרה	3.6.1
זיכרון נדיף מסוג RAM – מבנה ואופן בקרה	3.6.2
הגדרות קיבולת זיכרון	3.6.3
רענון זיכרון מסוג RAM	3.6.4
הכרת רכיבים מעשיים באמצעות דפי נתונים	3.6.5
מערך לוגי בר-תכנות מסוג PAL (2 שעות)	3.7
השוואה בין תכונות של PAL למערך לוגי של צירופי שערים	3.7.1
הכרת רכיב PAL מעשי, באמצעות דפי נתונים	3.7.2
רכיבים לוגים עם מצב הפעלה שלישי (TRISTATE) (1 שעה)	3.8
דוגמאות לצורך ב' בידוד הדקי מוצא ברכיב לוגי	3.8.1
תכונות חיבור Hi-Z מבחינה לוגית ומבחינה חשמלית	3.8.2
חיישנים (SENSORS) ומתמרים (TRANSDUCERS) (3 שעות) [פרויקט D]	3.9
תיאור מלבנים של מערכת בקרה לוויסות טמפרטורה (חיישן טמפרטורה, מגבר, ממיר ADC, בקרה ספרתית, מחשב...)	3.9.1
דוגמאות לסוגי חיישנים ומתמרים - מתמר טמפרטורה, מתמר לאור (LDR), מתמר לחץ (STRAIN GAGE), מתמר אקוסטי (מיקרופון, רמקול)	3.9.2
תיאור מתמר כמקור מתח/זרם (התנגדות מוצא, העמסת מתמר)	3.9.3
ממיר תקבילי לספרתי (ADC) (3 שעות)	3.10
דוגמאות לצורך בהמרת מידע תקבילי (מתח) למידע ספרתי (בינרי): מד מתח ספרתי, שמירת גודל מוצא ממיר (מתח) בזיכרון ספרתי, בקרה ספרתית של מכונה	3.10.1
ממיר ADC מסוג שיפוע SLOPE – שרטוט מלבנים	3.10.2
אופיין המרה וקבועי ממיר ADC. לינאריות, כושר הבחנה, דיוק	3.10.3
ממיר סיפרתי לתקבילי (DAC) (3 שעות)	3.11
דוגמאות לצורך בהמרת מידע ספרתי למידע תקבילי (מתח או זרם) – בקרה ספרתית של מנוע חשמלי, ויסות תאורת תאטרון לפי תכנות	3.11.1
מבנה ועקרון פעולה של ממיר DAC מסוג נגדים משקליים	3.11.2
קבועי ממיר DAC – לינאריות, כושר הבחנה, דיוק, זרם מוצא 0'	3.11.3
הכרה של ממיר DAC באמצעות דפי נתונים של (DAC08) וזיהוי השימוש ב'סולם	3.11.4
נגדים R – 2R	

חלק ב (התנסות: 36 שעות)

הערה כללית

מומלץ לקיים את לימודי ההתנסות (מעבדה) במסגרת של 3 שעות, אחת לשלושה שבועות.

יש ליישם – במידת האפשר - את הנושאים המוצעים להלן כהפעלה ובדיקות של הפרויקטים לבנייה המזכירים גם בחלק העיוני.

A – ספק כוח

B – מגבר שמע

C – מונה ותצוגה

D – מעגל מדידה ובקרה

נושאי ההתנסות

מכשירי מדידה וביצוע מדידות יסוד

1. זיהוי תכונות ואופן הפעלה של רב-מודד ספרתי (DMM) וביצוע מדידות התנגדות, מתח וזרם ישר במעגל חשמלי טורי ובמעגל חשמלי מקבילי.

2. מדידת התנגדויות, מתחים וזרמים במעגל חשמלי מורכב (ענפים טוריים ומקביליים).

3. ניתוח ומדידות במעגל חשמלי שבו יש שני מקורות מתח ישר (שימוש בחוקי קירכוף).

4. זיהוי תכונות ותפעול משקף תנודות ומחולל אות.

הכרת שרטוט מלבנים עקרוני של משקף תנודות, אופן הצגת 'מתח בתלות זמן' על מסך שק"ק. זיהוי פונקציות ובקורות במשקף ובמחולל אות.

5. מדידות השוואה של מתחי חילופין באמצעות משקף תנודות ורב-מודד; מדידות ערכי PTP (משקף תנודות) וערכים יעילים V_{eff} ; מדידות זמן ותדירות באות סינוס, משולש וריבועי.

6. טעינה ופריקה של קבל במעגל RC לזרם ישר.

בדיקות 'מתח הקבל בתלות זמן' עבור צירופים שונים של R ו-C. הבחנה ב'קבוע זמן' וקבלת אופיינים.

7. תגובת מסננות RC, מעבירת נמוכים (LPF) ומעבירת גבוהים (HPF) לאות סינוס ואות ריבועי; הבחנה ביחסי תמסורת. תזוזת מופע ושינויים בצורת אות ריבועי, בתלות תדירות וערכי רכיבים.

מדידות במעגלי דיודות, פרויקט A – ספק כוח

8. מדידות זרם ומתח במעגלי דיודות בזרם ישר.

קבלת אופייני זרם - מתח בדיודה גרמניים, סיליקון וגליום - ארסניד (דפ"א).

9. בדיקות במעגלי יישור לזרם חילופין, מהסוגים 'חצי גל' ו'גל שלם' ('גשר גרץ').

מדידת צורת גל, מתח ממוצע וגליות בהשפעת קבל סינון.

10. בדיקת תכונות מייצב מתח באמצעות דיודה זנר. מדידות יציבות מתח מוצא בתלות מתח כניסה (יציבות לרשת) ויציבות מתח מוצא בתלות צריכת זרם (יציבות לעומס).

מדידות במעגלי מגבר שרת וטרנזיסטור, פרויקט B – מגבר שמע

11. מדידת הגברת מתח ויחסי מופע בתלות ערכי נגדים ובתלות תדירות אות המבוא במגבר מהפך, במגבר בלתי מהפך ובמגבר יחידה (חוצץ).

12. הפעלת מגבר שרת כמגבר מחבר ומגבר מחסר לאותות מתח ישר
 13. הפעלה ומדידות במגבר שרת המשמש כמשוואה למתחי DC ומשוואה לאותות AC.
 14. הפעלה ומדידות מעגל טרנזיסטור בי-פולרי כמתג לנרית דפ"א. זיהוי מצבי רוויה וקטעון. מדידת נקודת עבודה והגברת מתח במגבר טרנזיסטור בחיבור פולט משותף (CE).
 15. הפעלת טרנזיסטור בי-פולרי כמתג מבוקר אור באמצעות חיישן אופטי (LDR). הפעלת מגבר שרת כמשוואה מבוקר אור.
- הפעלה ובדיקות במערכות ספרתיות פרויקט C – מונה ותצוגה**
16. בדיקת טבלת מצבים של דלגלג SR – FF המיושם באמצעות שערים לוגיים (NOR או NAND), באמצעות חיווי נוריות דפ"א ומדידת מתחים כזיהוי מצב לוגי.
 17. מימוש אוגר היסט לארבע סיביות (4B) באמצעות מעגלים משולבים 2 X 7476 (MSJK) וחיווי באמצעות נוריות דפ"א.
 18. הפעלה ובדיקות מונה בינרי 4516 – CMOS באמצעות חיווי נוריות דפ"א. (שינוי מחזור מנייה באמצעות שער לוגי).
 19. מימוש מערכת מנייה עשרונית עם תצוגה ספרתית באמצעות מונה 4510 BCD, מפענח 4511 ותצוגת שבעה מקטעים.

מעגלי מדידה ובקרה – פרויקט D

20. מימוש מד-מתח ספרתי מסוג שיפוע ספרתי (או איזון מתמשך) באמצעות שילוב מגברי שרת, מונה בינרי או שימוש בממיר DAC 08.
21. מערכת מניית עוברים ושבים בכניסה לאולם ציבורי – שילוב חיישן אור (LDR), מגבר משוואה, ומערכת מונה ספרתי למניית מעלה-מטה לעדכון מספר עוברים ושבים...

הערה: יישום נושאים מס' 20–21 מחייב הרחבת דורש עוד זמן (יותר מ-3–5 שעות למפגש), לפיכך נושאים אלה מומלצים כנושאי העשרה.

ביבליוגרפיה

1. **אלגברה בוליאנית ותכן לוגי**, פרקי לימוד בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1987.
2. **אלגברה בוליאנית**, דוד רייך, 1987, הוצאת רמות.
3. **יסודות תורת החשמל**, ח' גירון, הוצאת אורט.
4. **יסודות האלקטרוניקה**, כרך א חלק שני, מ' מירון.