

משרד החינוך
מינהל למדע וטכנולוגיה



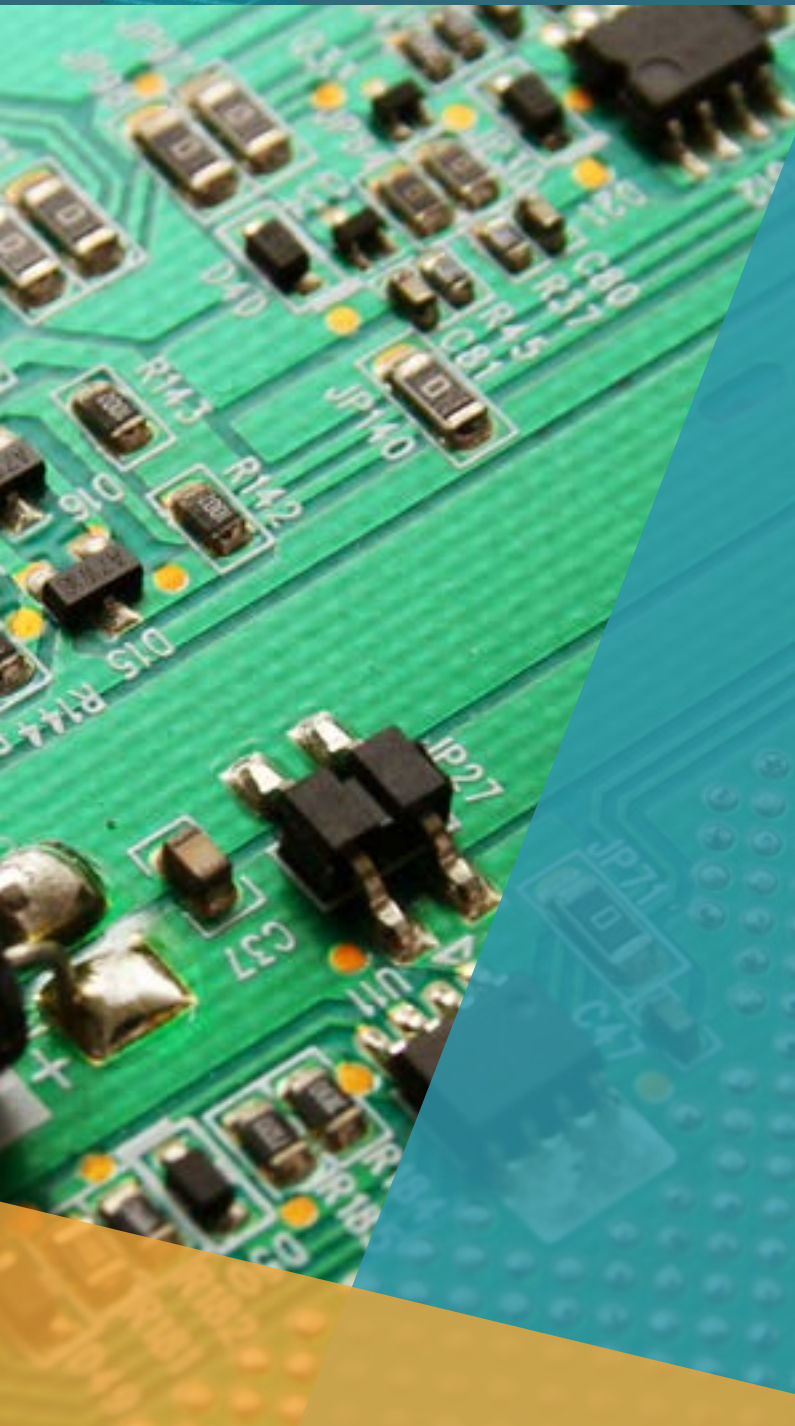
מגמת הנדסת
אלקטרוניקה ומחשבים

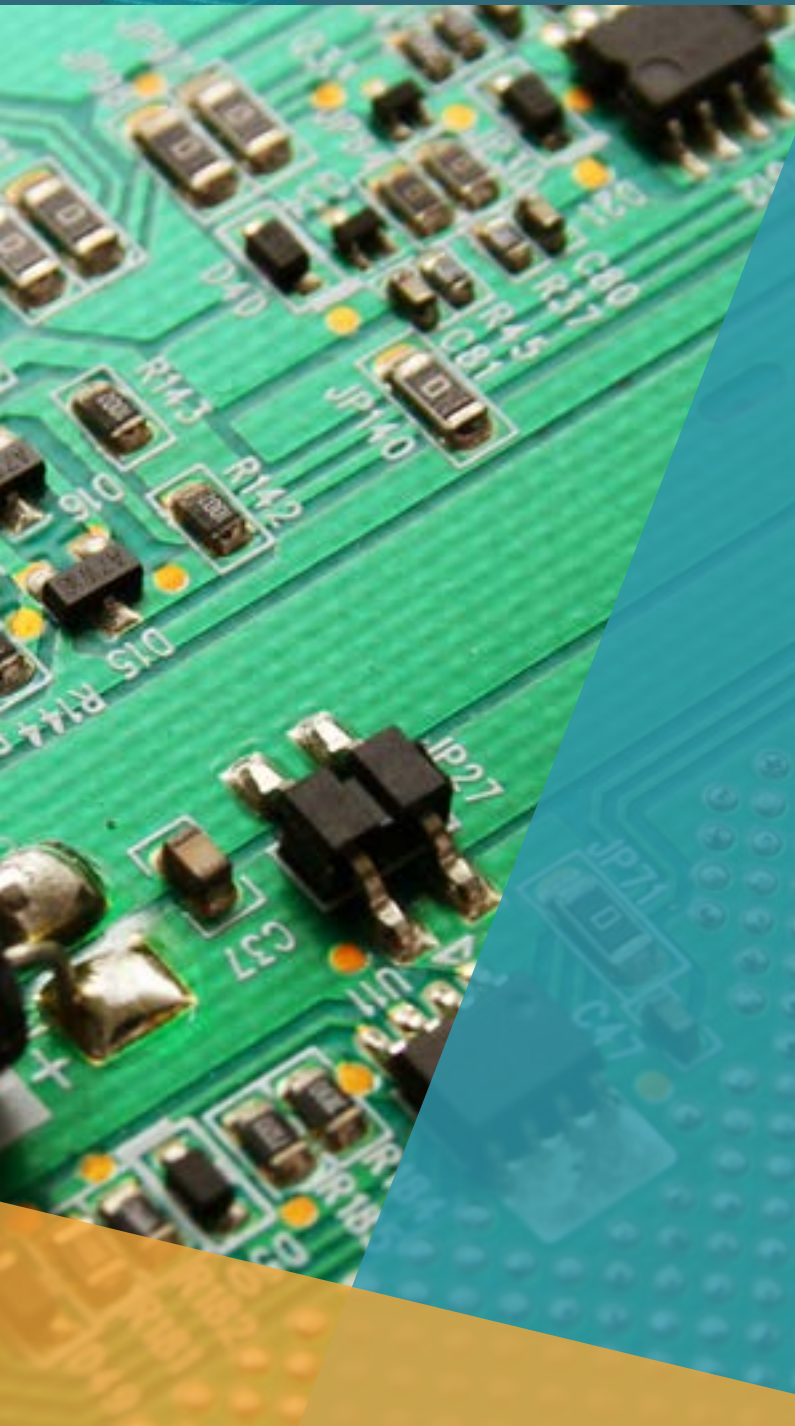
תכנית הלימודים
– במקצוע התמחות –
מערכות אלקטרוניות
כיתות יא'-יב'



תוכן עניינים

4.....	מבוא
6.....	חברי הוועדה לכתיבת תוכנית הלימודים
7.....	חברי ועדת המקצוע
8.....	מסגרת השעות בתוכנית הלימודים
11.....	רציונל כללי
14.....	מקצוע ליבה - מיקרו-מעבדים
14.....	חלוקת שעות
14.....	רציונל למקצוע מיקרו-מעבדים
18.....	חלופה 1 - תקשורת במערכות אלקטרוניות
18.....	חלוקת שעות
18.....	רציונל לחלופה תקשורת במערכות אלקטרוניות
19.....	תכנים
24.....	תוכנית לימודים בחלופה תקשורת במערכות אלקטרוניות - כיתה יא' ו-יב'
27.....	חלופה 2 - לוחמה אלקטרונית
27.....	חלוקת שעות
27.....	רציונל לחלופה לוחמה אלקטרונית
32.....	חלופה 3 - אלקטרו-אופטיקה
32.....	חלוקת שעות
32.....	רציונל לחלופה אלקטרו-אופטיקה
39.....	חלופה 4 - הנדסה רפואית
39.....	חלוקת שעות
39.....	רציונל ל חלופה הנדסה רפואית
42.....	מבוא להנדסה רפואית - לימודים התנסותיים - כיתה יא'
48.....	חלופה 5 - בקרה ורובוטיקה
48.....	חלוקת שעות
48.....	רציונל לחלופה בקרה ורובוטיקה
49.....	תכנים
50.....	במסגרת לימודי ההתמחות - כיתות יא' ו-יב'





58..... חלופה 6 - רכיבים בני תכנות

58..... חלוקת שעות

58..... רציונל לחלופה רכיבים בני תכנות

59..... תכנים

על פי לקסיקון החינוך וההוראה: "החינוך המקצועי נועד להקנות מיומנויות טכניות והכשרה לחיי עבודה – שליטה בכלים ובמכונות, הכרה של חומרים ותכונותיהם, ידע בתהליכי עיבוד וייצור, נוהלי עבודה, ועוד כיוצא באלה עניינים המכשירים את הלומד להיות עובד יעיל בתחום טכני מסוים. **החינוך הטכנולוגי**, לעומת זאת, מכשיר את התלמיד לפעול בסביבות עתירות טכנולוגיה המבוססות על מדע ומשתנות תדיר לפי התקדמותו. חינוך זה מבקש להקנות לתלמיד יכולת לנצל את הידע בצורה יעילה על מנת למצוא פתרונות שאפשר וכדאי ליישם".

(יצחק קשתי, מרדכי אריאלי ושמחה שלסקי, **לקסיקון החינוך וההוראה**, הערך "חינוך מקצועי וטכנולוגי". תל-אביב 1997, עמ' 206-208).

כיום יש בלבול מסוים בין המושגים "חינוך מקצועי" ו"חינוך טכנולוגי", במידה רבה בשל השינויים הטכנולוגיים התכופים. לפיכך ההבחנה בין המושגים כאמור לעיל אינה תמיד תקפה במלואה.

מטרות החינוך היא להוציא מכל התלמידים את הפוטנציאל הגלום בהם, ובתחום הטכנולוגי להכשיר את הלומדים להשתלב בסביבה עתירת טכנולוגיות משתנות עם דגש על הבנת תהליכים טכנולוגיים ומדעיים.

התפיסה המשלבת לימוד עיוני ומעשי היא המובילה בתכנון הלימודים. הידע העיוני מבוסס על בסיס רחב של ידע מדעי הנדסי המאפשר תכלול של רעיונות ומיזוגם למציאת פתרון לבעיה יישומית מעשית.

מכאן שהלומדים במסלול האלקטרוניקה חייבים לשלב במהלך לימודיהם את שני הגורמים ולהתנסות בתהליך החקר המובנה והדינמי המבוסס על חקר מדעי המכיל את השלבים הבאים:

- א. תיאור הבעיה
- ב. מציאת חלופות לפתרון
- ג. תכנון בהתבסס על עקרונות מדעיים

החינוך הטכנולוגי עוסק בהכשרת הלומדים לפעול בסביבה עתירת טכנולוגיה מתוך התבססות על ידע מדעי נרחב והתנסות בכלים מעשיים.

החינוך המקצועי הולך ומתפתח במדינות המפותחות ונחשב לכלי להבטחת תעסוקה לנכנסים לשוק העבודה ולפיתוח היכולת של המדינה להתחרות בשוק העבודה הגלובלי.

החינוך הטכנולוגי מורכב מכמה מסלולים:

- מקצועי-טכנולוגי וריאלי
- תיכוני ועל-תיכוני
- הכשרה מקצועית משולבת בלימודים עיוניים
- הכשרה מקצועית על-תיכונית
- חינוך מקצועי גבוה

התפיסה המרכזית בנוגע לחינוך המקצועי בכללותו מביאה בחשבון שני פרמטרים מרכזיים:

- צורכי המדינה ומשק העבודה במדינה בעידן של תחרות גלובלית
- הצורך של היחידים למצוא עבודה שתאפשר להם להתפרנס בכבוד

מטרת העל במגמה היא לתת ללומד חווית לימוד טכנולוגית מעשירה בסביבתלמידה עדכנית בדגש על שלושה עקרונות מרכזיים:

1. טיפוח לומד בעל הכוונה עצמית.
2. חינוך לחשיבה במסגרת למידה מבוססת פרויקטים.
3. טיפוח מיומנויות עבודת צוות.

- ד. הדמיה ובדיקה
- ה. יישום והפעלה תוך כדי שימוש בכלי ניתוח ומדידה
- ו. ביצוע שינויים ושיפורים

"מקצועות טכנולוגיים והנדסיים הדורשים גם ידע וגם מיומנויות בהפעלת כלים ומערכות טכנולוגיות הם מרכיב חיוני בכלכלת מדינה מודרנית (וכן בתעשיית טכנולוגיה עילית - היי טק). הגישה החינוכית המומלצת והמוכחת היא שמי שעתיד להיות טכנאי יתרגל הבנה והפעלה של כלים ומערכות טכנולוגיות כבר בגיל הנעורים, ולא בשנות ה-20 לחייו. צורך זה מתחדד לנוכח חיוניותם של בעלי מקצועות טכניים בצה"ל. יש חשיבות לכך שהתלמידים יראו במקצועות הטכנולוגיים מקצועות רלוונטיים, חדשניים ובעיקר שימושיים כאמצעי להעמקת לימודי המדעים." (דוח ועדת פרייס - ועדת היגוי עליונה ללימודי מדע וטכנולוגיה, דוח הוועדה לבחינת המגמות והמקצועות הטכנולוגיים, דצמבר 2004). דוח הוועדה לבחינת המגמות והמקצועות הטכנולוגיים, דצמבר 2004).

חברי הוועדה לכתיבת תוכנית הלימודים

- שלומי אחנין
- גדי הרמן
- משה זזק
- ד"ר פאדל טריף
- רפי אמסלם
- אירנה ליברמן
- אבי חיון
- צבי פופקו
- אבי לופו
- ראובן כלב
- יואל כהן
- אודי לביא
- זאב בנקבצ'ר
- נפתלי אבן חיים

תאריך אישור של תוכנית הלימודים: 17.07.2016

חברי ועדת המקצוע

ד"ר ראובן חוטובלי

יו"ר הוועדה

מרצה באקדמיה – אוניברסיטת ת"א ו"אפקה" מכללה אקדמית להנדסה בת"א

hotoveli@netvision.net.il

מר שלומי אחנין

מפמ"ר חשמל ואלקטרוניקה

shlomied@education.gov.il

פרופ' משה ברק

פרופ' להוראת המדעים והטכנולוגיה – אוניברסיטת בן גוריון

mbarak@bgu.ac.il

פרופ' איליה לוין

פרופ' בבית הספר לחינוך – אוניברסיטת ת"א

lia1@tauex.tau.ac.il

ד"ר אבי כהן

מפמ"ר מדעי המחשב, הנדסת תוכנה, תקשוב וסייבר

avi@csit.org.il

מר אבי לופו

יועץ מפמ"ר

avilupo10@gmail.com

ד"ר ברלה דוד

ראש ביה"ס לחשמל ואלקטרוניקה – "אפקה" מכללה אקדמית להנדסה בת"א

dberla@bezqint.net

מר יוחנן רושו

מפקח לאלקטרוניקה – משרד החינוך

yohananro@education.gov.il

גב' אירנה ליברמן

מנחה לאלקטרוניקה – משרד החינוך, מרצה במכללה טכנולוגית להנדסה

ומכללה אקדמית בבאר שבע

irenalib14@gmail.com

מר משה זזק

מנחה לאלקטרוניקה – משרד החינוך, ורכז מגמה לאלקטרוניקה בביה"ס אורט

רבין גן יבנה

mzezak@gmail.com

מר גדי הרמן

מנחה לאלקטרוניקה – משרד החינוך, מורה במגמות הנדסת אלקטרוניקה

ומחשבים ומדעי המחשב בביה"ס רוגוזין, מגדל העמק

gadi.herman@gmail.com

סגן ירון שמואל שרף

סגן ראש מדור באגף תקשוב

yaronscherf@gmail.com

מר יואל כהן

מורה לאלקטרוניקה בבאר טוביה, דרכא

yoel6c@gmail.com

מסגרת השעות בתוכנית הלימודים

חלוקת שעות הלימודים העיוניים וההתנסותיים בחלופות השונות במסגרת לימודי ההתמחות לכיתה יא' ו-יב' נתונה בטבלה שלהלן:

מס'	שם הפרק	מספר שעות לימודים עיוניים	מספר שעות לימודים התנסותיים
1	נושאי החלופה (לבחירת בית הספר)	120	60
2	מיקרו-מעבדים (פרק משותף לכל החלופות)	180	
3	מעבדת פרויקטים (פרק משותף לכל החלופות)		180

חלוקת השעות ללימודי ההתמחות בכיתות יא' ו-יב' נתונה בטבלה שלהלן:

מקצוע הבחינה	שם מקצוע	כיתה יא'		כיתה יב'		סה"כ כללי
		עיוני	התנסותי	עיוני	התנסותי	
מערכות אלקטרוניות (11.40)	נושאי התמחות (בהתאם לחלופות השונות)	2	1	2	1	6
	מיקרו-מעבדים	3		3		6
	מעבדת פרויקטים				6	6
	סה"כ	5	1	5	7	18

מעבדת פרויקטים

6 ש"ש

6 ש"ש מעבדה

מיקרו-מעבדים

6 ש"ש

מיקרו-מעבדים

4 ש"ש עיוני

שימוש ברכיבים אלקטרוניים המחברים למעבד

1 ש"ש עיוני

תיב"ם ותכנון פרויקטים (תיעוד, מדידות, סרטוט חשמלי, איתור תקלות, כתיבה טכנית)

1 ש"ש עיוני

מקצוע התמחות

6 ש"ש

לימודי התמחות לפי בחירת בית הספר:

- הנדסה רפואית
- תקשורת מערכות אלק'
- אלקטרו-אופטיקה
- לוחמה אלקטרונית
- בקרה ורובוטיקה
- רכיבים בני תכנות
- התמחות באישור
המפמ"ר

4 ש"ש עיוני + 2 ש"ש
מעבדה

תיאור מסגרת השעות במגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

כיתה יב'

התמחות
מעבדת פרויקטים
6 ש"ש

התמחות
נושאי התמחות לפי חלופות
3 ש"ש

התמחות
מיקרו-מעבדים
3 ש"ש

כיתה יא'

מבוא להנדסת
אלקטרוניקה
(אלקטרוניקה תקבילית
וספרתית)
5 ש"ש

העמקה בשפת C#
(תכנות מונחה עצמים
בסביבת C#)
3 ש"ש

התמחות
נושאי התמחות לפי חלופות
3 ש"ש

התמחות
מיקרו-מעבדים
3 ש"ש

כיתה י'

מבוא להנדסת
אלקטרוניקה
(תורת החשמל)
3 ש"ש

מבוא להנדסת מחשבים
(יסודות התכנות בשפת C#)
4 ש"ש

מערכות ספרתיות
3 ש"ש
(חלק מ-30% הערכה
פנימית)

מבוא למערכות משובצות
מחשב
3 ש"ש
(חלק מ-30% הערכה
פנימית)

רציונל כללי

בדוח ועדת הררי שהתכנסה בשנות ה-90 נאמר כי העולם הטכנולוגי המשתנה באופן תכוף מצריך יותר השכלת יסוד והשלמה של ההשכלה המעשית על בסיס מדעי רחב, ועל כן הוחלט על לימוד המבוסס על מקצוע מוביל שנלמד במהלך שנתים ('י' ו-'יא') ומוביל להתמחות מעשית הנלמדת בשנת הלימודים האחרונה ('יב') ולהרחבה עיונית ומעשית בלימודי תעודה (יג-יד).

המטרה היא לאפשר לבוגרי המסלול השכלה רחבה בתחום האלקטרוניקה המבוסס על מדע וכן יכולת להשתמש בידע באופן פעיל, ולוודא הלימה לתעשייה, לאקדמיה ולחברה המודרנית הדורשות שינויים דינמיים ובכך להתאים את הלימודים לצרכים העכשוויים והעתידיים של התעשייה והמשק.

מספר יחידות לימוד	המקצוע	קבוצת הבחירה (קבוצת מקצועות)
5-1 יחידות לימוד	מקצוע "מדעי הטכנולוגיה" או מקצוע מדעי (פיזיקה, כימיה וביולוגיה)	בחירה א'
5-1 יחידות לימוד	מקצוע מוביל (מקצוע ראשי במגמה שבחר התלמיד; למשל במגמת הנדסת מכונות - מקצוע מוביל בקרה במכונות)	בחירה ב'
5-1 יחידות לימוד	מקצוע התמחות (אחת ההתמחויות מאותה מגמה)	בחירה ג'

מתוך: חוזר מנכ"ל יישום הרפורמה בחינוך הטכנולוגי בכל מערכת החינוך, ספטמבר 2003.

בית הספר יכול לבחור את נושא ההתמחות (בחירה ג) הספציפי של המגמה מתוך כמה חלופות בהתאם לחזון בית הספר ומאפייניו:

- תקשורת במערכות אלקטרוניות
- לוחמה אלקטרונית
- אלקטרו-אופטיקה
- הנדסה רפואית
- בקרה ורובוטיקה
- רכיבים בני תכנות
- בינה מלכותית ותחבורה חכמה

במהלך הלימודים בכיתה יב' התלמידים יפתחו פרויקט גמר (3 יח"ל) / עבודת גמר (5 יח"ל) המבוססים על נושאים הנלמדים במסגרת החלופות השונות.

מטרת לימודי ההתמחות היא לתת ללומדים חוויה טכנולוגית מעשירה בסביבת למידה עדכנית בדגש על שלושה עקרונות מרכזיים:

- א. טיפוח לומדים בעלי הכוונה עצמית
- ב. חינוך לחשיבה במסגרת למידה מבוססת פרויקטים
- ג. טיפוח מיומנויות עבודת צוות

לימודי ההתמחות כוללים שלושה מרכיבים:

- א. התמחות באחד מנושאי החלופה
- ב. התמחות במיקרו-מעבדים כבסיס לעבודה על הפרויקט
- ג. מעבדת פרויקטים ליישום ואינטגרציה בין הנושאים שנלמדו

יב' מרכז למידה לעומק של כמה מעגלים אלקטרוניים משולבי תוכנה המיישמים עקרונות במקצוע ההתמחות.

■ בית הספר רשאי לבחור את סביבת העבודה המרכזית לפרויקט (מיקרו-בקר או כרטיס פיתוח ל-VHDL). בהתאם לכך ילמדו התלמידים לחבר התקני חומרה המשלבים עקרונות מתחום ההתמחות.

■ קיימות ערכות פיתוח שונות למעבדים שונים מחברות שונות בעלות מאפיינים מגוונים. מומלץ שבית הספר יבחר את ערכת הפיתוח המתאימה לו שתשמש כרכיב המרכזי בעבודת הגמר או בפרויקט הגמר. מומלץ שאותה סביבת פיתוח תילמד החל מכיתה י במסגרת לימודי התוכנה כחלופה של 30% לימודי המקצוע המוביל.

■ מעבדת הפרויקטים הנלמדת בכיתה יב' בהיקף של 180 שעות מרכזת הן את הרקע התיאורטי וההתנסותי הנלמדים במסגרת לימודי החלופה והן את הנושאים הנלמדים במסגרת המקצוע "מיקרו-מעבדים" לכדי עבודת גמר המדגימה יישום של הידע הנלמד על ידי התלמידים.

בית הספר רשאי לבחור את נושא ההתמחות הספציפי של המגמה מתוך כמה חלופות בהתאם לחזון בית הספר ומאפייניו:

- תקשורת במערכות אלקטרוניות
- לוחמה אלקטרונית
- אלקטרו-אופטיקה
- הנדסה רפואית
- בקרה ורובוטיקה
- רכיבים בני תכנות
- תוכנית לימודים ייחודית באישור מפמ"ר
- בינה מלכותית ותחבורה חכמה

במהלך הלימודים בכיתה יב' התלמידים יפתחו פרויקט גמר / עבודת גמר המבוססים על נושאים הנלמדים במסגרת ההתמחויות השונות.

במהלך הלימודים בכיתה יב' התלמידים יפתחו פרויקט גמר / עבודת גמר המבוססים על נושאים הנלמדים במסגרת ההתמחויות השונות.

רוב יחידות הלימוד מצריכות שימוש במעבדה בהיקף שאינו אחיד על פני שנת הלימודים. מומלץ להקצות, במידת האפשר, את מעבדת המחשבים גם לשיעורים עיוניים. האפשרות לשלב הדגמה באמצעות המחשב וצידוד הקרנה מתאים בשיעור עיוני תסייע רבות ללימוד הנושא.

חייבת להיות הלימה בין שלושת המקצועות המרכיבים את מסגרת לימודי ההתמחות באופן הבא:

- המקצוע "נושאי החלופה" הנלמד 90 שעות בכיתה יא' ו-90 שעות בכיתה יב' מרכז את החלק התיאורטי של מקצוע ההתמחות.
- המקצוע "מיקרו-מעבדים" הנלמד 90 שעות בכיתה יא' ו-90 שעות בכיתה יב'

מקצוע ליבה – מיקרו-מעבדים

חלוקת שעות

חלוקת השעות בלימודי ההתמחות בחלופה מיקרו-מעבדים בכיתות יא' ו-יב' נתונה בטבלה שלהלן:

מקצוע הבחינה	שם מקצוע	יא'		יב'		סה"כ
		עיוני	התנסותי	עיוני	התנסותי	
מערכות אלקטרוניות (11.40)	מיקרו-מעבדים	3		3		6

רציונל למקצוע מיקרו-מעבדים

תוכנית לימודים זו היא המשכה הישיר של תוכנית הלימודים במקצוע מבוא למערכות משובצות מחשב לכיתה י הנלמד במסגרת לימודי המקצוע המוביל.

תוכנית לימודים זו משותפת לחלופות השונות, ותפקידה לתת את המענה התיאורטי ליישום עבודות הגמר ופרויקטי הגמר במסגרת לימודי ההתמחות.

תוכנית לימוד זו כוללת שעות עיוניות בלבד כמתן מענה תיאורטי לתרגול שיבצעו הלומדים במסגרת לימודי ההתנסות במעבדת הפרויקטים.

תכנים

שעות	נושא
10	פרק 1: תכנות Embedded C (חזרה על תכנים מתוכנית הלימודים מהמקצוע המוביל)
20	פרק 2: חומרת הבקר (חזרה על תכנים מתוכנית הלימודים מהמקצוע המוביל)
15	פרק 3: תקשורת טורית תקן RS-232
20	פרק 4: פרוטוקול TWI (I2C / 2 wire Serial Interface)
25	פרק 5: פרוטוקול SPI (Serial Peripheral Interface)
30	פרק 6: עבודה עם רכיבי חומרה ייחודיים לתחום ההתמחות
30	פרק 7: עקרונות במערכות בקרה ממוחשבת
30	פרק 8: עקרונות עבודה על פרויקטים
180	סה"כ שעות:

פרק 1: תכנות Embedded C (חזרה על תכנים מתוכנית הלימודים מהמקצוע המוביל)

שעות	נושא
2	מאפיינים ייחודיים בפיתוח תוכנה בסביבת Embedded C
2	התנסות בכתיבה הכוללת מבני בקרה וביצוע חוזר של פעולות
2	עבודה עם מערכים
2	עבודה עם פונקציות
2	שילוב פונקציות ומערכים בפיתוח תוכנה בסביבת Embedded C
10	סה"כ שעות:

פרק 4: פרוטוקול I²C \ TWI (2 wire serial interface)

שעות	נושא
10	פרוטוקול I ² C מאפיינים כללים, הכרת הפרוטוקול, קצב העבודה של הפרוטוקול, פעולת התחלת העברת התשדורת, סיבית Acknowledge וסיבית סיום, הדק SDA ו SCL -- שליחת כתובת לרכיב, פעולת כתיבה ופעולת קריאה של מרכיבי Slave
5	התנסות פעילה בעבודה עם רכיב PCF8574 הפועל בפרוטוקול זה (או כל רכיב אחר)
5	התנסות פעילה בעבודה עם רכיב DS1307 הפועל בפרוטוקול זה (או כל רכיב אחר)
20	סה"כ שעות:

פרק 5: פרוטוקול Serial Peripheral Interface (SPI)

שעות	נושא
10	פרוטוקול SPI
5	רכיב MAX7219
5	מסך גרפי
5	מסך מגע
25	סה"כ שעות:

פרק 2: חומרת הבקר [חזרה על תכנים מתוכנית הלימודים מהמקצוע המוביל]

שעות	נושא
3	ארכיטקטורת הבקר
4	כניסות ויציאות של הבקר (זרמי ומתחי כניסה ומוצא, סוגי מוצא)
2	הגדרת מאפייני ממיר A/D (רזולוציה, מתח ייחוס, זמן המרה)
2	שליטה על Duty Cycle בשיטת PWM
4	מונים וטיימרים - השהיות מדויקות, מדידת רוחב פולס, מדידת תדר
5	פסיקות
20	סה"כ שעות:

פרק 3: תקשורת טורית תקן RS-232

שעות	נושא
10	פרוטוקול התקשורת, צורת הסנכרון, מהירויות העברת מידע, מרחק השידור, יתרונות וחסרונות; דוגמאות למימוש
5	חיבור בין שני מחשבים / מיקרו-מעבדים בפרוטוקול זה
15	סה"כ שעות:

פרק 7: עקרונות במערכת בקרה ממוחשבת

מבוא למערכות בקרה קלאסית

שעות	נושא
3	מושגי יסוד בבקרה, בקרה בחוג פתוח ובקרה בחוג סגור – משוב
4	תיאור מערכת בקרה בחוג סגור באמצעות תרשים מלבנים והאותות במערכות: אות רצוי, אות מצוי, הפרעות, מדידה והתמרה, השוואה ושגיאה
3	דוגמאות למערכות בקרה טכנולוגיות
10	סה"כ שעות:

תיאור מערכת בקרה ממוחשבת (המורים יבחרו את סוג הבקר, החיישן ומעגל הוויסות)

שעות	נושא
4	תיאור מערכת בקרה ממוחשבת הכוללת: מעבד, חיישן ומעגל ויסות
4	בקרת טמפרטורה או אור דו מצבית – קריאת נתון מחיישן אנלוגי באמצעות A/D או חיישן דיגיטלי והפעלה דו מצבית של צרכן חום או אור
4	בקרת אור או חום בשיטת PWM – קריאה מחיישן אנלוגי באמצעות A/D או חיישן דיגיטלי וויסות צרכן האור או הטמפרטורה באמצעות בקרת PWM
4	בקרת מהירות מנוע DC בשיטת PWM – קריאת נתוני מהירות המנוע באמצעות אנקודר אופטי או מגנטי ושליטה על מהירות המנוע באמצעות בקרת PWM
4	בקרת זווית – קריאת נתון מחיישן זווית ושליטה על מנוע סרבו או מנוע צעד
20	סה"כ שעות:

פרק 6: עבודה עם רכיבי חומרה ייחודיים לתחום ההתמחות

בכל התמחות יש לבחור רכיב אחד לפי בחירת בית הספר וללמד אותו במסגרת השעות המוקדשות לפרק זה.

לדוגמה:

- בחלופה תקשורת במערכות אלקטרוניות ניתן ללמד כרטיס תקשורת ASK 445MHz או כרטיס Ethernet Shield או כרטיס GSM.
- בחלופה אלקטרו-אופטיקה ניתן ללמד עבודה עם סיבים אופטיים (יחידת שידור ולקליטה) או מודול מצלמה כדוגמת OV7670.
- בחלופה הנדסה רפואית ניתן ללמד חיישן גלי מוח.
- בחלופה בקרה ורובוטיקה ניתן ללמד בקר PID.
- בחלופה לוחמה אלקטרונית ניתן ללמד מודול מצלמה כדוגמת OV7670.

בכל התמחות יש לבחור רכיב אחד ייחודי להתמחות וללמד אותו במסגרת השעות הבאות על פי המודל הבא:

שעות	נושא
10	רקע תיאורטי ועקרונות פיזיקליים של הרכיב
5	תכונות אלקטרוניות של הרכיב, אופן חיבור למיקרו-מעבד תוך כדי קריאת דפי נתונים רלוונטיים
5	סרטוט מערך החיבורים בין רכיב לבקר
5	כתיבת מחלקה או חקירת מחלקה המפעילה רכיב חומרה
5	כתיבת תוכנה המשלבת את המחלקה לתקשורת בין הרכיב לבקר
5	אינטגרציה בין הרכיב הנלמד לרכיב נוסף, כמו צג, תצוגה, חיישן אחר
30	סה"כ שעות:

פרק 8: עקרונות עבודה על פרויקטים [30 שעות]

שעות	נושא
3	הצעות ורעיונות לפרויקטים
3	הנחיות לביצוע עבודת הגמר <ul style="list-style-type: none"> ◁ הנחיות ללומדים לגבי פרויקט גמר (לוח זמנים, מיקוד האחריות, טיטות מרובות, תיעוד התהליך, תיעוד התוצר) ◁ סכמה מלבנית והגדרת מפרט טכני ◁ שלבי ביצוע הפרויקט ◁ תיעוד עבודה במסגרת פרויקטים
4	כלי הערכת הפרויקט <ul style="list-style-type: none"> ◁ מחוונים הבנויים יחד עם הלומדים ככלי הערכה לתהליך הלמידה ◁ קביעת המיומנויות והידע המקצועי המצופים במסגרת העבודה על הפרויקט ◁ תכנון מחוונים להערכת הלמידה
10	שימוש בכלים ממוחשבים לסרטוט מעגלים <ul style="list-style-type: none"> ◁ שימוש בתוכנה לסרטוט מעגלים לשם סרטוט מעגל החומרה של הפרויקט ◁ שימוש בכלי סימולציה לביצוע סימולציה מלאה או חלקית למעגלי הפרויקט
5	מיומנויות באיתור ותיקון תקלות בחומרה ובתוכנה
5	כתיבת מפרט טכני
30	סה"כ שעות:

פרק זה הוא החלק המשותף לכלל ההתמחויות במגמה. מטרת הפרק היא לתת ללומדים את הבסיס המעשי למיומנויות שאותן הם נדרשים להפגין במהלך העבודה על הפרויקטים במגמה.

אף על פי שפרק זה רשום כאחרון אין הכוונה ללמד אותו כסיכום היחידה אלא להגדיר במקום אחד את אוסף המיומנויות הנדרשות מהלומדים תוך כדי הקצאת משאבי הזמן לנדרשים לכך. מומלץ ללמד את הנושאים שבפרק זה בהתאם להתקדמות הלמידה סביב הפרויקטים.

המטרה המרכזית של לימודי ההתמחות היא שהלומדים יובילו את פרויקט הגמר בתחום ההתמחות שלהם על כל שלביו:

- בחירת הרעיון (סיעור מוחות, איתור חלופות, סקר מה קיים בשוק, שיקולי מחיר וייצור)
- תכנון
- סרטוט
- בנייה
- כתיבת קוד התוכנה
- הפעלה
- תיעוד התהליך בספר הפרויקט
- מצגת מקצועית ממוקדת ככלי להצגת הפרויקט

מכאן שמטרת הפרק היא ללמד את אוסף המיומנויות הנדרשות לעבודה על הפרויקט ולא לקחת אותן כתוצר נלווה ללמידת נושאי ההתמחות עצמם.

להלן קישור למדריך למורה לביצוע עבודת גמר / פרויקט במסגרת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים. המדריך מכיל את הידע הדידקטי המלווה פרק זה.

חלופה 1 – תקשורת במערכות אלקטרוניות

חלוקת שעות

חלוקת השעות ללימודי ההתמחות בחלופה **תקשורת במערכות אלקטרוניות** בכיתות יא' ו-יב' נתונה בטבלה שלהלן:

סה"כ	יב'		יא'		שם מקצוע	מקצוע הבחינה
	התנסותי	עיוני	התנסותי	עיוני		
6	1	2	1	2	תקשורת במערכות אלקטרוניות	מערכות אלקטרוניות (11.40)

רציונל

תוכנית הלימודים "תקשורת במערכות אלקטרוניות" היא אחת החלופות של תוכנית הלימודים במקצוע ההתמחות "מערכות אלקטרוניות" במגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים.

מטרת העל של חלופה זו היא הבנת המבנה והפעולה של רשתות תקשורת מודרניות, החל מרשתות תקשורת אנלוגיות דרך תקשורת תאית ועד תקשורת נתונים דרך רשת האינטרנט. התוכנית סוקרת את המושגים החשובים הקשורים לתקשורת בכלל ולאינטרנט בפרט. המושגים העיקריים הם: אפנון אותות תקבילי וספרתי, מקלטים ומשדרים, ערוץ תקשורת תקבילי וספרתי, פרוטוקולים, שירותי רשת, מודל שרת-לקוח, שכבות בארכיטקטורה של מערכת תקשורת, אמינות של העברת נתונים.

בתוכנית נכלל מרכיב התנסותי משמעותי, ולפיו נדרשים התלמידים לכתוב יישומי תקשורת בסביבת מערכות משובצות מחשב ולהפעיל תוכנות ניטור כדי לעקוב אחר הפעולה של הפרוטוקולים.

בבחירת הנושאים התחשבנו בשיקולים הבאים: על הנושאים לתת ראייה מקיפה ומשלימה על עולם האלקטרוניקה, הנושאים רלוונטיים למעשה בתעשייה, והם ישתלבו בעבודות הפרויקט.

במהלך עבודת הפרויקט יחויבו התלמידים לשלב נושאים מתוכנית הלימודים ולהיבחן עליהם במסגרת הגנת הפרויקט.

תכנים

שעות	נושא
60 (40 שעות עיוני ו-20 שעות התנסותי)	פרק 1: עקרונות בתקשורת תקבילית וספרתית
60 (40 שעות עיוני ו-20 שעות התנסותי)	פרק 2: עקרונות ברשתות תקשורת בין מחשבים
60 (40 שעות עיוני ו-20 שעות התנסותי)	פרק 3: יישומים בתקשורת
180 (120 שעות עיוני ו-60 שעות התנסותי)	סה"כ שעות:

פרק 1: עקרונות בתקשורת תקבילית וספרתית

שעות	נושא
8	<p>מבוא לתקשורת</p> <ul style="list-style-type: none"> < תיאור אות שמע ותרשים מערכת שמע הכוללת מיקרופון, מגבר ורמקול < הצורך באפנון להעברת השמע בצורה אלחוטית < מבנה בסיסי של משדר ומקלט אלחוטי < מאפיינים עיקריים של רשת תקשורת אלחוטית: סוג מידע, טווח, תדרי עבודה, רוחב פס, רעש ומקורותיו, יחס אות לרעש < אופני התפשטות של גלי הרדיו – גלי קרקע, גלי רקיע < סוגי אנטנת ומאפיינים

10	<p>אפנון AM</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ תיאור האפנון בציר הזמן וציר התדר ◁ חישוב גורם האפנון ◁ תיאור אות מאופנן סינוסואידלי ואות מאופנן כללי ◁ תרשים מלבנים של משדר AM הכולל בין היתר מעביר נמוכים, אפנון, מגבר RF ואנטנה ◁ מאפייני משדר (יציבות תדר, הספק שידור, נצילות) ◁ תרשים מלבנים של מקלט AM ישיר, מקלט סופר-הטרודיין הכולל: מגבר RF, ערבל, מתנד מקומי, מסנן תדר ביניים, מגבר תדר ביניים, גלאי, מגבר שמע, AGC ◁ מאפייני מקלט: רגישות, ברירות, דחיית תדר בבואה, עיוותים, חסינות לרעש
8	<p>אפנון FM</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ יניים, מתנד מקומי מתכוון, מגבר תדר ביניים, גלאי, מגבל, AFC ◁ מאפייני מקלט: רגישות, ברירות, רוחב פס, נאמנות, חסינות לרעש
8	<p>האות הספרתי</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ הפיכת אות מידע אנלוגי לאות מידע ספרתי; תיאור גרפי של שיטות להצגת מידע ספרתי (PCM, PPM, PWM, PAM) ◁ פעולות דגימה ושמירה; דיאגרמת מלבנים עקרונית של מערכת לדגימה ושמירה; תיאור מעגל דגימה ותיאור צורות הגלים במוצאו; משפט הדגימה – משפט ניקוויסט; תיאור גרפי של אותות בזמן ביצוע פעולות הדגימה והשמירה ◁ פעולת הכימוי, רעש כימוי, מדדי קצב (baud, b/s) ◁ פעולת הקידוד, שיטות לקידוד האות: שיטת RZ ושיטת NRZ, מנצ'סטר רגיל ודיפרנציאלי ◁ שחזור האות; מערכות סינכרוניות ואסינכרוניות ◁ דיאגרמת מלבנים של מערכת שידור וקליטה של ערוץ תקשורת ספרתי ◁ סיבות לשגיאות בהעברת מידע ספרתי
6	<p>שיטות אפנון וריבוב ספרתי</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ עקרונות של אפנון דפקים: אפנון תנופת הדופק (PAM), אפנון דופק מקודד (PCM), ריבוב אותות ספרתיים, ריבוב בזמן (TDM) ◁ שיטות ספרתיות בסיסיות למפתוח ואפנון (ASK, FSK, PSK); תיאור גרפי של האותות בשיטות האפנון השונות; דיאגרמות עקרוניות לתיאור מערכות לייצור האפנונים הדרושים; דיאגרמה עקרונית לתיאור גילוי של אות מאופנן
40	<p>סה"כ שעות:</p>

פרק 2: עקרונות ברשתות תקשורת בין מחשבים

שעות	נושא
10	<p>מבוא לרשתות תקשורת בין מחשבים</p> <ul style="list-style-type: none"> ‣ מושגים בתקשורת נתונים ‣ הקניית המושגים: פרוטוקול, רשתות מקומיות ורשתות ארוכות טווח, ערוץ תקשורת;; ‣ מטרות התקשורת: שיתוף במידע, שיתוף במשאבים, שיפור תקשורת בין-אישית;; ‣ דוגמאות לשימושים ברשתות תקשורת: אחזור מידע מרחוק, העברת קבצים ודוא"ל ‣ מיתוג ומיתוג מנות ‣ רשתות הפצה מול רשתות מיתוג, צומתי מיתוג (או נתבים) ומחשבי קצה (מארחים); מיתוג מעגלים מול מיתוג מנות, העברת מנות ברשת; מיתוג הודעות; השהיה במיתוג מנות; טופולוגיות של רשתות ‣ שירותי תקשורת ומודל שרת-לקוח ‣ שירותים מקושרים מול שירותים לא-מקושרים; מודל שרת-לקוח, תהליך לקוח ותהליכי שרת ‣ שכבות וארכיטקטורה של מערכות תקשורת ‣ הצורך בחלוקה לשכבות, הארכיטקטורה של רשתות: ערוצים פיזיים וערוצים מדומים (וירטואליים), ממשק בין השכבות, פרוטוקולים וכתורות; headers; תיאור מערכת של חמש שכבות: יישום, תובלה, רשת, ערוץ ופיזית; יחידות מידע של השכבות: מסגרות, מנות, מקטעים והודעות ‣ מבנה האינטרנט ‣ תשתית: נתבים (routers) באינטרנט, ספקי שירות ISPs ושלד האינטרנט, דרכי חיבור לאינטרנט; התוכנה של האינטרנט: סקירה של הפרוטוקולים TCP/IP, תקני האינטרנט ו-RFC, הארכיטקטורה של האינטרנט: מבנה השכבות
8	<p>שכבת היישום</p> <ul style="list-style-type: none"> ‣ עקרונות של שכבת היישום ‣ יישומי רשת ופרוטוקולים, שקעי API, sockets לתכנות יישומי אינטרנט, כתובות ושמות תחום, שירות השמות DNS, מפתחים, Ports, סוגי שירותים ‣ HTTP ו-WEB ‣ היפרטקסט והיפרמדיה, דפי URL, Web שפת HTML תגים, מעברי שורה ופסקאות, מאפיינים לתגים, יצירת כותרות ורשימות, שילוב צבעים ותמונות במסמך, קישורי היפרטקסט, תהליך הורדת דף Web משרת, פרוטוקול HTTP, מבנה ההודעות של HTTP, הודעות בקשה והודעות תגובה, מבנה הדפדפן ‣ (תכנות בסיסי בשפת HTML הכולל שימוש בתגים, A, H1, BR, BODY P, TITLE, HEAD, HTML, שימוש במאפיין Stile לעיצוב)

8	<p>שכבת התובלה</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ עקרונות של שכבת התובלה ◁ שירותי שכבת התובלה, ריבוב ופילוג הודעות, מבנה המקטעים segments ◁ שירותים לא מקושרים: פרוטוקול UDP ◁ תיאור כללי של מבנה מקטע ב-UDP, גילוי שגיאות על ידי ביצוע חישוב Checksum ◁ שירותים מקושרים: פרוטוקול TCP ◁ התכונות העיקריות של TCP, מספר סידורי ומספר אישור במקטעי TCP, האלגוריתם של השולח של TCP, דוגמאות לשידור רצפי מקטעים
8	<p>שכבת הרשת וניתוב</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ מבוא לשירותי שכבת הרשת ◁ סוגי שירותים, העברת מקטעי תובלה, מיתוג מעגלים מדומים מול מיתוג מברקים ◁ שכבת הרשת של האינטרנט ◁ כתובות, סימון עשרוני של כתובות IP, המבנה המדרגי של הכתובות, מחלקות של כתובות ומיעון ללא מחלקות, addressing classless כתובות IP מיוחדות, הקצאת כתובות IP לנתבים, העברת מברקי IP ברשת, טבלאות ניתוב, מבנה הכותרת של מברקי IP, פיצול והרכבה של מברקים ◁ עקרונות של ניתוב (הצורך במיתוג, עקרונות בניתוב מידע בין נתבים, אלגוריתם ניתוב דינמיים) ◁ עקרונות של ניתוב ◁ סוגים של אלגוריתמים לניתוב, מבנה של טבלאות ניתוב, ייצוג רשת באמצעות גרף משוקלל
6	<p>שכבת הערוך ורשתות מקומיות</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ שכבת הערוך: עקרונות ושירותים ◁ מבוא לשירותי שכבת הערוך: ערוצי נל"ן וערוצי הפצה. הצורך בפרוטוקול בקרת גישה לערוץ MAC, שירותי מסגור, גילוי ותיקון שגיאות, הבטחת אמינות ובקרת זרימה ◁ שיטות גילוי ותיקון שגיאות ◁ הטכניקה הבסיסית לגילוי שגיאות, שיטת הזוגיות, זוגיות אופקית ואנכית ושיטת CRC ◁ פרוטוקול CSMA/CD ◁ מבוא לפרוטוקולים של רשתות מקומיות, בקרת גישה לערוך ומדדי יעילות; הקצאה קבועה מול הקצאה דינמית של זמני שידור; מבוא לרשת אתרנט, התנגשויות של מסגרות, פרוטוקול CSMA/CD, ההמתנה האקראית לפני שידור חוזר והאלגוריתם של הכפלת מרחב המדגם של ההמתנה
40	סה"כ שעות:

פרק 3: יישומים בתקשורת

שעות	נושא
15	<p>Wi-Fi</p> <ul style="list-style-type: none"> < הכרת התקני הרשת < כללים לפעולת הרשת < הכרת פרוטוקול גישה לרשת אלחוטית < תקן 802.11
10	<p>Bluetooth</p> <ul style="list-style-type: none"> < ההיסטוריה של Bluetooth < טווח התקשורת, סוגי תדרים, הספקים, כמות מרבית לחיבור מכשירים < הכרת פרוטוקולים נפוצים LE, HS < יבור Bluetooth ל- UART
15	<p>תקשורת סלולרית</p> <ul style="list-style-type: none"> < עקרונות התקשורת הסלולרית < סקירה והתפתחות של הרשת הסלולרית מדור 0 עד דור 5 < שיטת גישה מרובת משתמשים CDMA, TDMA, FDMA < הכרת תקן GSM < סקירה של שירותי SMS, WAP, MMS
40	סה"כ שעות:

תוכנית לימודים בחלופה תקשורת במערכות אלקטרוניות – כיתה יא' ו-יב' – לימודים התנסותיים

פרק 1: עקרונות בתקשורת תקבילית וספרתית [20 שעות]

נושא
ניסוי 1: מערכת שמע < בניית מערכת תקשורת פנים פשוטה
ניסוי 2: אפנון AM < בנייה והפעלה של מתנד לתדר גבוה, בנייה והפעלה של גלאי AM ואפנון AM
ניסוי 3: אפנון FM < בנייה והפעלה של אפנון וגלאי FM
ניסוי 4: מערכת משדר-מקלט מבוססת על IR < שידור מידע מאופנן למרחק של כמה מטרים באמצעות מערכת משדר-מקלט הפועלת בתחום תדרי אינפרה אדום; הפעלת מכלולים במערכת, קבלת צורות גלים של גל מידע ונושא
ניסוי 5: תקשורת ספרתית < שימוש ברכיב מוכלל לביצוע תקשורת ספרתית בין שני בקרים במפתוח ASK או FSK

פרק 2: עקרונות ברשתות תקשורת בין מחשבים (20 שעות)

נושא
<p>ניסוי 6: הפעלת PING < הפעלת יישום רשת פשוט המאפשר יצירת קשר עם מחשב מרוחק</p>
<p>ניסוי 7: דף HTML < יצירת דף HTML – הכנת דף אינטרנט והצגתו באמצעות דפדפן</p>
<p>ניסוי 8: תכנות יישומי תקשורת מעל TCP < בניסויים אלה התלמידים יכירו את ממשק API בשפה עילית, שבאמצעותו אפשר לכתוב יישומי תקשורת מעל השקעים של TCP. התלמידים יכתבו כמה יישומי תקשורת (כל יישום מורכב מתוכנית שרת ותוכנית לקוח) ויריצו אותם. בניסוי ניתן להשתמש במחלקות ב-C# או בתכנות רכיב Arduino הכולל חיבור לאינטרנט.</p>
<p>ניסוי 9: שליטה על מנוע חשמלי מרחוק < השרת יחובר למנוע חשמלי; הלקוח יקבל מהמשתמש פקודות להפעלת המנוע וישלח אותן לשרת המרוחק; השרת יבצע את הפקודות וישלח ללקוח חיוויים על ביצוע הפקודות.</p>
<p>ניסוי 10: כתיבת לקוח Web פשוט והפעלתו מול שרת Web < בניסוי זה התלמיד יכתוב לקוח Web וישתמש בו כדי לגלוש ברשת. הלקוח יקבל מהמשתמש כתובת של שרת Web כלשהו ונתיב path של משאב, וישלח לשרת בקשת GET כדי לאחזר את המשאב. המשאב יוצג על מסך הלקוח (באופן טקסטואלי).</p>

פרק 3: יישומים בתקשורת [20 שעות]

נושא
<p>ניסוי 11: תקשורת Wi-Fi < שימוש ברכיב מוכלל, כדוגמת ESP8266 לביצוע תקשורת Wi-Fi בין מיקרו-מעבד לאינטרנט, לדוגמה שימוש בתקשורת אינטרנט להתקשרות מול API המספק נתוני מזג אוויר והמצגת המידע בבקר על ידי נוריות או צג</p>
<p>ניסוי 12: Bluetooth < שימוש ברכיב מוכלל, כדוגמת HC-05, לביצוע תקשורת בין טלפון חכם לבקר, לדוגמה שליטה על הפעלת מנוע DC על ידי שימוש בטלפון סלולרי</p>
<p>ניסוי 13: תקשורת סלולרית < שימוש ברכיב מוכלל, כדוגמת Arduino GSM Shield, לביצוע העברת הודעות טקסט ממיקרו-מעבד למנוי טלפון סלולרי</p>

חלופה 2 – לוחמה אלקטרונית

חלוקת שעות

חלוקת השעות בלימודי חלופה **לוחמה אלקטרונית** במסגרת התמחות מערכות אלקטרוניות בכיתות יא' ו-יב' נתונה בטבלה שלהלן:

סה"כ	יב'		יא'		שם מקצוע	מקצוע הבחינה
	התנסותי	עיוני	התנסותי	עיוני		
6	1	2	1	2	לוחמה אלקטרונית	מערכות אלקטרוניות (11.40)

* ש"ש אחת – 30 שעות שנתיות

רציונל

החלופה לוחמה אלקטרונית מכילה את ארבעת המקצועות הבאים: העמקה בשפת תכנות ++MATLAB, C, עיבוד אות ספרתי ועיבוד תמונה. המקצועות שלעיל מאפשרים ביצוע פרויקטים בנושאים מתקדמים וברמה גבוהה, יישום של אלגוריתמים מורכבים.

שילוב של החלופה לוחמה אלקטרונית עם לימודי שפת VHDL מאפשר פיתוח של מערכות אלקטרוניות המתבססות על רכיבי FPGA.

תכנים

שעות	נושא
50	פרק 1: העמקה בשפת תכנות C++
40	פרק 2: כלים מתמטיים בעיבוד תמונה
40	פרק 3: מבוא לעיבוד אות ספרתי
50	פרק 4: עיבוד תמונה
180 (120 שעות עיוני ו-60 שעות התנסות)	סה"כ שעות:

פרק 1: העמקה בשפת תכנות C++

שעות	נושא
6	Pointer – מצביע
4	זיכרון Heap and Stack
4	זיכרון דינמי
4	Pointer as new
4	וקטור כזיכרון דינמי
2	הוראות הקשורות לווקטור
6	קריאה לפונקציה על ידי Reference

6	Object
4	Constructor
4	Destructor
6	פונקציות מחוץ לאובייקט
50	סה"כ שעות:

פרק 2: כלים מתמטיים בעיבוד תמונה

שעות	נושא
4	מטריצות
6	נגזרת
6	פונקציית גאוס
6	שונויות
6	הסטנוגרמה
6	הדגמה חד ממדית של קונבולוציה
6	הדגמה דו ממדית של קונבולוציה
40	סה"כ שעות:

פרק 3: מבוא לעיבוד אות ספרתי

שעות	נושא
2	סוגי אותות: סינוס, מדרגה, הלם
2	הגדרת הלם והזזה בזמן
4	ביטוי $\sum t^{\delta}$ של פונקציית הלם מוזזת בזמן
2	אות דגום של $\sum t f(t)^{\delta}$
4	תיאור של אות במישור התדר של אות דגום (הדגמה ללא ביטוי מתמטי)
2	משפט ניקוויסט (Nyquist)
3	תיאור של אות דגום מעל ופחות מתדר הדגימה במישור התדר (הדגמה ללא ביטוי מתמטי)
3	Aliasing - אות מתחזה
10	סוגי אפנון: ASK, FSK, PSK
2	QAM
2	QAM לפי Buad Rate
4	פרוטוקול RS-232 וקצב ההעברה
40	סה"כ שעות:

פרק 4: עיבוד תמונה

שעות	נושא
4	הגדרת תמונה כמטריצה תלת ממדית
2	תחומי הערכים של צבע לפי 8 ביט
6	הגדרת תמונה לפי RGB, HSV, Grayscale, binary
4	התמרת תמונה ממישור RGB לשאר המרחבים
4	פעולת הקונבולוציה כפעולה בסיסית בתמונה
4	מציאת מרכז מסה על ידי קונבולוציה
6	הגדרת נגזרת בתמונה
4	Edge detection
6	סוגי פילטרים – סובל, לפלסיאן, בלר (blur)
4	מציאת צורות גיאומטריות – Hough Circle, line
6	תרגיל מסכם
50	סה"כ שעות:

חלופה 3 – אלקטרו-אופטיקה

חלוקת שעות

חלוקת השעות ללימודי ההתמחות בחלופה **אלקטרו-אופטיקה** בכיתות יא' ו-יב' נתונה בטבלה שלהלן:

סה"כ	יב'		יא'		שם מקצוע	מקצוע הבחינה
	התנסותי	עיוני	התנסותי	עיוני		
6	1	2	1	2	אלקטרו-אופטיקה	מערכות אלקטרוניות (11.40)

רציונל

פעילות המחקר והפיתוח בתחומי האלקטרו-אופטיקה גדלה מאוד בשנים האחרונות עם כניסתן של טכנולוגיות בתחום זה למגוון רחב של יישומים: מחשוב ותקשורת, רפואה, תאורה, מוזיקה בידור ופנאי, תעשיית הנשק ועוד.

טכנולוגיות אלה הן חלק הולך וגדל מפעילות הפיתוח של תעשיות עתירות מדע בארץ ובעולם, והשימוש במערכות אלו ומתעצם עם השנים ונמצא בכל תחומי החיים.

במסגרת הלימודים התיכוניים המטרה הלימודית העיקרית היא הבנה מדעית ויישומית של המבנה והפעולות של מערכות אלקטרו-אופטיות פשוטות ומורכבות.

התוכנית כוללת מגוון של מושגים הקשורים באופטיקה גיאומטרית ופיזיקלית, חיישנים ומקורות אופטיים שונים.

בתוכנית נכלל מרכיב התנסותי משמעותי, ולפיו נדרשים התלמידים לנתח ולממש מערכות אלקטרו-אופטיות המבוססות על עקרונות פיזיקליים אופטיים בסביבת מערכות משובצות מחשב.

בבחירת הנושאים התחשבנו בשיקולים הבאים: הנושאים ייתנו ראייה מקיפה ומשלימה על עולם האלקטרוניקה, הנושאים רלוונטיים לנעשה בתעשייה, הנושאים ישתלבו בעבודות הפרויקט.

במהלך עבודת הפרויקט יחויבו התלמידים לשלב חלק מהנושאים ולהיבחן עליהם במסגרת הגנת הפרויקט.

תכנים

שעות	נושא
40 (30 שעות עיוני ו-10 שעות התנסותי)	פרק 1: מבוא לאלקטרו-אופטיקה
20 (20 שעות התנסותי)	פרק 2: מבוא ל-MATLAB
45 (35 שעות עיוני ו-10 שעות התנסותי)	פרק 3: תקשורת תקבילית
20 (20 שעות עיוני)	פרק 4: תקשורת ספרתית
25 (20 שעות עיוני ו-5 שעות התנסותי)	פרק 5: תקשורת אלקטרו-אופטית
30 (15 שעות עיוני ו-15 שעות התנסותי)	פרק 6: עיבוד תמונה
180 (120 שעות עיוני ו-60 שעות התנסותי)	סה"כ שעות:

פרק 1: מבוא לאלקטרו-אופטיקה

שעות	נושא
4	<p>האות הסינוסואידלי</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ מאפיינים, תיאור גרפי ומתמטי במישור הזמן והתדר (ספקטרום) ◁ הצגת אותות וסכום אותות סינוסואידלים במישור התדר והזמן
8	<p>חיישני אור ומתמרים אלקטרו-אופטיים</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ המרת אותות, חיישן אור LDR, פוטו-דיודה, פוטו-טרנזיסטור, ◁ דפ"א (LED) ◁ אופייני מתח זרם עבור רמות תאורה שונות, מעגלים אופייניים, וחישוב נקודת עבודה

18	אופטיקה גיאומטרית ותופעות יסודיות של האור < אפיון האור, חוקי ההחזרה, שבירת אור, עדשות < מבנה של מערכות אופטיות פשוטות, כגון עין, מיקרוסקופ
5	ניסוי: מעגל גילוי אור
5	ניסוי: אופטיקה גיאומטרית < חוק סנל ומדידת מקדם שבירה של פרספקט < עדשות דקות / מכשירים אופטיים
40	סה"כ שעות:

פרק 2: מבוא ל-MATLAB

שעות	נושא
4	מספרים מרוכבים – הרחבה מתמטית הגדרה, תיאור וקטורי, ייצוג קוטבי וקרטיזי, מעבר בין שיטות ייצוג שונות; חיבור, חיסור, כפל, חילוק, העלאה בחזקה; נוסחת אוילר
4	וקטורים ומטריצות
4	MATLAB – הכרת סביבת העבודה ופעולות בסיסיות
4	MATLAB – ייצוגים גרפיים
4	MATLAB – ביצוע פעולות חשבון במספרים מרוכבים
20	סה"כ שעות:

פרק 3: תקשורת תקבילית

שעות	נושא
6	מבוא לתקשורת <ul style="list-style-type: none"> < הצורך באפנון להעברת השמע בצורה אלחוטית < מבנה בסיסי של משדר ומקלט אלחוטי
10	אפנון AM <ul style="list-style-type: none"> < תיאור האפנון בציר הזמן וציר התדר
7	אפנון FM <ul style="list-style-type: none"> < תיאור האפנון בציר הזמן וציר התדר
10	תרשים מלבנים משדר ומקלט <ul style="list-style-type: none"> < תרשים מלבנים של משדר AM/FM, מאפייני משדר < תרשים מלבנים של מקלט AM/FM ישיר < מאפייני מקלט – רגישות, ברירות, רוחב פס, נאמנות, חסינות לרעש
4	MATLAB – אות הרמוני מרוכב
4	MATLAB – אפנון AM/FM
4	MATLAB – פירוק ספקטרלי של אות AM
45	סה"כ שעות:

פרק 4: תקשורת ספרתית

שעות	נושא
10	<p>האות הספרתי</p> <ul style="list-style-type: none"> < פעולות דגימה ושמירה, תיאור מעגל דגימה ותיאור צורות הגלים במוצאו, משפט הדגימה – משפט ניקויסט, תיאור גרפי של אותות בזמן ביצוע פעולות הדגימה והשמירה < פעולת הכימיו, פעולת הקידוד, שיטות לקידוד האות
10	<p>שיטות אפנון וריבוב ספרתי</p> <ul style="list-style-type: none"> < עקרונות של אפנון דפקים: אפנון תנופת הדופק (PAM), אפנון דופק מקודד (PCM) < שיטות ספרתיות בסיסיות למפתוח ואפנון (ASK, FSK, PSK); תיאור גרפי של האותות בשיטות האפנון השונות; דיאגרמות עקרוניות לתיאור מערכות לייצור האפנונים הדרושים; דיאגרמה עקרונית לתיאור גילוי של אות מאופנן
20	סה"כ שעות:

פרק 5: תקשורת אלקטרו-אופטית

שעות	נושא
10	<p>מקורות אור לתקשורת אופטית</p> <ul style="list-style-type: none"> < מאפיינים של מקור אור < מאפייני LED – תכונות ושימושים < לייזר – מבנה ועקרון פעולה
8	<p>גלאי אור</p> <ul style="list-style-type: none"> < תיאור המאפיינים של גלאי אופטי < פוטו-דיודה < תא שמש – מבנה ועקרון פעולה
7	רשת תקשורת סיב-אופטית
25	סה"כ שעות:

פרק 6: עיבוד תמונה

שעות	נושא
6	<ul style="list-style-type: none"> ◀ מבנה תמונה כמערך דו ממדי של שורות ועמודות של ערכי דגימה ◀ מרווחי הדגימה ומבנה סריג הדגימה ◀ מהו PIXEL – הגדרת הפיקסל בתמונת שחור לבן ובתמונה צבעונית, רמות הערכים של פיקסלים בתמונות שחור לבן, תחום והגדרת רמות האפור, ייצוג הצבע בכל פיקסל בתמונה צבעונית
8	<p>שיפור תמונה, החלקה וסינון</p> <ul style="list-style-type: none"> ◀ בהירות (brightness) וניגוד (contrast) של תמונה; הגדרה, שימושים והשפעות על התמונה ◀ שיפור איכות תמונה בעזרת המרות של רמות האפור להפרדת פרטים בעלי חשיבות. ◀ יצירת דיאגרמת פילוג של רמות האפור (היסטוגרמה) ושימושיה ◀ עקרונות החלקת תמונה בשיטת הממוצע הנע עם מסננים שונים ◀ חידוד קצוות כשיטה הפוכה להחלקה
6	<p>פעולות סינון מרחביות</p> <ul style="list-style-type: none"> ◀ פעולת הקונבולוציה: קונבולוציה עם מסכה, מסנן מעביר נמוכים, מסנן מעביר גבוהים, זיהוי והדגשת קצוות באמצעות מסכות Sobel ◀ הפחתת רעש בתמונה: באמצעות מיצוע מרחבי, מסנן חציון
2	<p>פעולות גיאומטריות</p> <ul style="list-style-type: none"> ◀ הגדלה/הקטנה של תמונה ◀ סיבוב התמונה, הזזה של תמונה

8	<p>עיבוד תמונה – MATLAB (כל הסעיפים יבוצעו עבור תמונה בעלת 256 רמות אפור) < הצגת דיאגרמת פילוג של רמות האפור (היסטוגרמה) < הצגת התמונה בשחור לבן בלבד או 2 רמות אפור < הצגת התמונה עם 16 רמות אפור בלבד < יצירת תמונה המייצגת את התשליל (negative) של התמונה המקורית < סינון: העברת התמונה דרך מסננים שונים < החלקת התמונה בשיטת הממוצע הנע < פעולות גיאומטריות: < הקטנה של התמונה פי 2, פי 4 ופי 8 < הגדלה של התמונה באמצעות אינטרפולציה ליניארית < סיבוב התמונה ב-90° וב-45° < חידוד קצוות באמצעות מסכות שונות והצגת התמונה המתקבלת</p>
30	סה"כ שעות:

חלופה 4 - הנדסה רפואית

חלוקת שעות

חלוקת השעות ללימודי ההתמחות בחלופה הנדסה רפואית בכיתות יא' ו-יב' נתונה בטבלה שלהלן:

סה"כ	יב'		יא'		שם מקצוע	מקצוע הבחינה
	התנסותי	עיוני	התנסותי	עיוני		
6	1	2	1	2	הנדסה רפואית	מערכות אלקטרוניות (11.40)

רציונל

תוכנית לימודי ההתמחות מכילה בסיס חשוב לביצוע פרויקטים בתחום הנדסה רפואית. התלמידים ילמדו את עיקרי הנושאים המשמשים תשתית לעולם התוכן של מקצוע זה, וכן הם ייחשפו למערכות רפואיות מתקדמות בתחום בתעשייה ובבתי חולים.

בתחום העיוני יילמדו האנטומיה והפיזיולוגיה של מערכות בגוף האדם, יסודות באלקטרוניקה ובתקשורת בין מערכות ביו-רפואיות, וכן מבוא הכרחי לרשתות תקשורת בין מחשבים, לתקשורת באינטרנט ולתקשורת באמצעים אלחוטיים מתקדמים.

הלימודים בפרק 1 בתחום "מבוא להנדסה רפואית" נלמדים בכיתה יא' על פי חלוקת שעות זו, אך המלצתנו היא שחלק נכבד מפרק זה, כולל ההדגמות והניסויים בתחום, יילמדו במידת האפשר בכיתה י'.

ההתנסות מבוצעת באמצעות מערכות ניסויים בתחומים המוזכרים לעיל, ולחלופין ניתן ואף רצוי, מפאת מורכבות ומחיר המערכות הטכנולוגיות הרפואיות, לבצע את חלקם כהדגמה במפעלים, בבתי חולים, מרפאות. במסגרת ההתנסות יבוצעו גם פרויקטונים בשיטת מעגל הפרויקט הצומח, והם יכולים לשמש תשתית לפרויקט עתידי בסיום הלימודים.

הפרויקטים המבוצעים הם תכלול של בקרה ממוחשבת על מתקנים/חיישנים ביו-רפואיים דרך קביעת הממשק למערכות אלו, תכנון החמרה וכתובת קוד הפעולה למימוש אלגוריתמים לעיבוד אותות ולביצוע הבקרה של המערכת עם דגש על עזרה לאנשים עם מוגבלויות רפואיות.

תכנים

שעות	נושא
90 (60 שעות עיוני ו-30 שעות התנסותי)	פרק 1: מבוא להנדסה רפואית - כיתה יא'
90 (60 שעות עיוני ו-30 שעות התנסותי)	פרק 2: עקרונות ויישומים בתקשורת ובביו-רפואה. - כיתה יב'
180 (120 שעות עיוני ו-60 שעות התנסותי)	סה"כ שעות:

פרק 1: מבוא להנדסה רפואית - כיתה יא'

שעות	נושא
4	מבוא לגוף האדם < מקומו של האדם בקרב היצורים החיים, התא ותהליכי החיים, יסודות המבנה של גוף האדם, הרקמות השונות שבגוף האדם.
6	אנטומיה של מערכת העצבים < מבנה רקמת העצבים, תכונות תא עצב, אקסון ודנידרוט וההבדלים ביניהם, סינפסה, מבנה מערכת העצבים המרכזית, מבנה מערכת העצבים האוטונומית, קשת רפלקס
4	אנטומיה של מערכת השרירים < סוגי השרירים, התכווצות שרירי השלד, המבנה המיקרוסקופי של שרירי השלד, השוואה בין התכונות הפיזיולוגיות של השרירים השונים
5	פיזיולוגיה של שריר ועצב < פוטנציאל פעולה בתא עצב, מעבר האימפולס העצבי בעצב, מעבר האימפולס בסינפסה, פיזיולוגיה של רפלקסים, עקרונות ההרדמה
7	המערכת הקרדיווסקולרית < חשיבות הדם בקיום החיים, מבנה הדם, חלקי רשת התובלה, מבנה הלב, שריר הלב - מבנה ותכונות אופייניות, התכווצות שרירי הלב, אלקטרו קרדיוגרפיה, מחלות לב וניתוחי לב, מחזורי הדם
4	מערכת הנשימה < אנטומיה של מערכת הנשימה, מכניזם הנשימה, הובלת הגזים בדם, עקרונות ההנשמה המלאכותית

4	מערכת ההפרשה < אנטומיה של הכליה, פיזיולוגיה של הנפרון, מחלות כליה, דיאליזה, תופעת לחץ דם גבוה שמקורו בכליה, מדידת לחץ דם
8	מערכות אחרות בגוף האדם < מערכת העיכול - אנטומיה ופיזיולוגיה, השלד - אנטומיה, הורמונים ואנזימים, מערכת הרבייה - אנטומיה, העין - אנטומיה, עקרונות אופטיים, פיזיולוגיה, תיקוני ראייה
6	מבוא לאלקטרוניקה (סקירה) < המרת אותות ביו-רפואיים לאותות חשמליים: חיישנים, ממירים, מעגלי הגברה אלקטרוניים, מגברי שרת, רעשים במעגלי הגברה אלקטרוניים, גברי מכשור, סינון במעגלי הגברה אלקטרוניים
10	מבוא לסריקה ממוחשבת < העקרונות הפיזיקליים והחשמליים של הטומוגרפיה הממוחשבת (TC), הדימות - IRM (תהודה מגנטית), והאלטרה סאונד - SU
60	סה"כ שעות:

מבוא להנדסה רפואית – לימודים התנסותיים – כיתה יא'

השימוש במושג תצפית: "תצפית" ככלל תיערך באמצעות מיקרוסקופ אלא אם כן צוין אחרת. התצפית מטרתה להכיר את האנטומיה של האובייקט הנצפה. התלמידים יתארו באמצעות איור ותיאור מילולי את מרכיבי האובייקט הנצפה. חלק מן הניסויים ימומשו בהדגמות באמצעות מערכות מולטילוג או צפייה בביקור במפעלים/בתי חולים, וחלק מן הניסויים ימומשו באמצעות ערכות מיקרו-בקר, כמו למשל כרטיס בקר ממשפחת Arduino, הבנויות בתצורה מינימלית, אך מאפשרות הרחבה לפרויקט צומח והמחוברות לממשקים מוכנים ו/או הנבנים במעבדה. יש לבצע לפחות מחצית מהניסויים בכל תחום (ביולוגיה, מיקרו-בקרים, ביקור במפעל/בית חולים).

ניסוי 1 – מיקרוסקופ
<ul style="list-style-type: none"> א. הכרת מבנה המיקרוסקופ ב. תפעול המיקרוסקופ ג. תצפיות במיקרוסקופ (כדוגמת תאי גלד בצל)
ניסוי 2 – מערכת העצבים ובדיקתה
<ul style="list-style-type: none"> א. ניסוי רפלקסים לבדיקת פעולה ותגובה כדוגמת הרפלקס בברך או התכווצות האישון ב. תצורת חיבור החיישנים/אלקטרודות אל גוף האדם בבדיקת EEG
ניסוי 3 – המערכת הקרדיוסקולרית א
<ul style="list-style-type: none"> א. תצפית באמצעות מכשיר ECG או תפעול ותצפית בגל הנשמה מכני בזמן הפעלת מנשם
ניסוי 4 – המערכת הקרדיוסקולרית ב
<ul style="list-style-type: none"> א. שימוש במעגל כדוגמת ad8232 לקבלת גל ECG, חיבור החיישנים/אלקטרודות אל גוף האדם, חיבור לערכת מיקרו בקר והצגת הגלים באוסצילוסקופ
ניסוי 5 – המערכת הקרדיוסקולרית ג
<ul style="list-style-type: none"> א. חיבור חיישן מד דופק לכניסה אנלוגית במיקרו בקר, חיבור החיישנים/אלקטרודות אל גוף האדם, המרה לערכים דיגיטליים, עיבוד התוצאות, הצגת צורות הגלים באוסצילוסקופ והצגת קצב הדופק/לב של נבדקים שונים בתצוגת המיקרו-בקר
ניסוי 6 – בדיקת מערכת הנשימה – Pulmonary Function
<ul style="list-style-type: none"> א. תיאור עקרונות הניסוי ב. תצורת חיבור חיישנים אל גוף האדם ג. חיבור חיישן לזיהוי נשימה

<p>ניסוי 7 – בדיקת מערכת השרירים</p> <ul style="list-style-type: none"> ‏ ‹ תצפית בתא שריר ‏ ‹ בדיקת מערכת השרירים EMG ‏ ‹ תיאור עקרונות הניסוי ‏ ‹ תצורת חיבור החיישנים/אלקטרודות אל גוף האדם ‏ ‹ ביצוע מדידות וניתוח התוצאות
<p>ניסוי 8 – מערכת ההפרשה (הדגמה בבתי חולים / מרפאות / מכונים)</p> <ul style="list-style-type: none"> ‏ ‹ א. תצפית בתאי כליה ‏ ‹ ב. תצפית בתהליך שבמכונת דיאליזה ‏ ‹ ג. מדידת לחץ דם
<p>ניסוי 9 – סורקים (הדגמה בבתי חולים / מרפאות / מכונים)</p> <ul style="list-style-type: none"> ‏ ‹ CT – לימוד עקרונות הבדיקה, הדגמת ציוד שבשימוש, יתרונות וחסרונות
<p>ניסוי 10 – סורקים (הדגמה בבתי חולים / מרפאות / מכונים)</p> <ul style="list-style-type: none"> ‏ ‹ US – לימוד עקרונות הבדיקה, הדגמת ציוד שבשימוש, יתרונות וחסרונות
<p>ניסוי 11 – סורקים (הדגמה בבתי חולים / מרפאות / מכונים)</p> <ul style="list-style-type: none"> ‏ ‹ MRI – לימוד עקרונות הבדיקה, הדגמת ציוד שבשימוש, יתרונות וחסרונות
<p>סה"כ שעות: 30</p>

פרק 2: עקרונות ויישומים בתקשורת ובביו-רפואה.

שעות	נושא
4	<p>מבוא לתקשורת</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ תיאור אות שמע ותרשים מערכת שמע הכוללת מיקרופון, מגבר ורמקול ◁ הצורך באפנון להעברת השמע בצורה אלחוטית ◁ מבנה בסיסי של משדר ומקלט אלחוטי ◁ מאפיינים עיקריים של רשת תקשורת אלחוטית: סוג מידע, טווח, תדרי עבודה, רוחב פס, רעש ומקורותיו, יחס אות לרעש ◁ אופני התפשטות של גלי הרדיו - גלי קרקע, גלי רקיע
8	<p>אפנון AM</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ תיאור האפנון בציר הזמן וציר התדר ◁ תרשים מלבנים של משדר AM - אפנון, מגבר RF, מאפייני משדר ◁ תרשים מלבנים של מקלט AM - מגבר RF, ערבול, גלאי, מגבר שמע AGC ◁ מאפייני מקלט - רגישות, ברירות, רוחב פס, נאמנות, חסינות לרעש
6	<p>אפנון FM</p> <p>תיאור האפנון בציר הזמן ובציר התדר</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ תרשים מלבנים של משדר FM - אפנון, מגבר RF, מאפייני משדר ◁ תרשים מלבנים של מקלט FM - מגבר RF, ערבול, גלאי, מגבל, מגבר שמע AFC ◁ מאפייני מקלט - רגישות, ברירות, רוחב פס, נאמנות, חסינות לרעש ◁ השוואה בין שיטות שידור AM ו-FM

6	<p>האות הספרתי</p> <ul style="list-style-type: none"> ◀ הפיכת אות מידע אנלוגי לאות מידע ספרתי; תיאור גרפי של שיטות להצגת מידע ספרתי; פעולות דגימה ושמירה; דיאגרמת מלבנים עקרונית של מערכת לדגימה ושמירה; תיאור מעגל דגימה ותיאור צורות הגלים במוצאו; משפט הדגימה – משפט ניקוויסט ◀ פעולת הכימיו, רעש כימיו, מדדי קצב (b/s, baud) ◀ פעולת הקידוד, שיטות לקידוד האות; שיטת RZ ושיטת NRZ, קידוד מנצ'סטר, ◀ שחזור האות; מערכות סינכרוניות ואסינכרוניות ◀ דיאגרמת מלבנים של מערכת שידור וקליטה של ערוץ תקשורת ספרתי ◀ סיבות לשגיאות בהעברת מידע ספרתי
6	<p>שיטות אפנון וריבוב ספרתי</p> <ul style="list-style-type: none"> ◀ עקרונות של אפנון דפקים: אפנון דופק מקודד (PCM), ריבוב אותות ספרתיים, ריבוב בזמן (TDM), שיטות ספרתיות בסיסיות למפתוח ואפנון (ASK, FSK, PSK), תיאור גרפי של האותות בשיטות האפנון השונות; דיאגרמות עקרוניות לתיאור מערכות לייצור האפנונים הדרושים; דיאגרמה עקרונית לתיאור גילוי של אות מאופנן
6	<p>מבוא לרשתות תקשורת בין מחשבים</p> <ul style="list-style-type: none"> ◀ מושגים בתקשורת נתונים ◀ שירותי תקשורת ומודל שרת-לקוח ◀ שכבות וארכיטקטורה של מערכות תקשורת
4	<p>Wi-Fi</p> <ul style="list-style-type: none"> ◀ הכרת התקני הרשת ◀ כללים לפעולת הרשת ◀ הכרת פרוטוקול גישה לרשת אלחוטית ◀ תקן 802.11
4	<p>Bluetooth</p> <ul style="list-style-type: none"> ◀ ההיסטוריה של Bluetooth ◀ טווח התקשורת, סוגי תדרים, הספקים, כמות מכשירים מרבית לחיבור ◀ חיבור Bluetooth ל-UART, חומרה, פרוטוקול, קצב סל"ש

4	<p>טלמטרייה ביו-רפואית</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ הצורך בטלמטרייה במערכות הנדסיות ביו-רפואיות, דוגמאות של מערכות טלמטרייה בהנדסה ביו-רפואית, תוך מעבר הטלמטריה - קווית ואלחוטית (מאפיינים, מגבלות, שדה יישום) ◁ טלמטרייה חד-כיוונית - מבנה עקרוני ומאפיינים של מערכת טלמטרייה חד-כיוונית ◁ טלמטריה דו-כיוונית - מבנה עקרוני ומאפיינים של מערכת טלמטרייה דו-כיוונית
4	<p>מדידה, הגברה וסינון של אותות חשמליים אנלוגיים</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ מדידת אות כחוליה ראשונה במערכת ביו-אלקטרונית (דוגמה במערכת EXG): מבנה אופייני של אלקטרודה/חיישן ומגבר דיפרנציאלי, שיטת המדידה (ישירה או עקיפה) נקודות המדידה (נקודה יחידנית, רב נקודתית), ביצוע המדידה (גשר, מחלק מתח, מחלק זרם, דגימת מתח, דגימת זרם), אופן המדידה והשפעת הרעש על המדידה - מדידה באופן משותף Common Mode (CM), מדידה יחסית Differential Mode (DM), השפעת הרעש באופני המדידה השונים, דיוק המדידה והגורמים המשפיעים עליה (גורמי המערכת וגורמי הביצוע)
4	<p>תקנים במערכות משולבות אלקטרוניקה ורפואה</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ מבוא לבטיחות במכשיר רפואי, סוגי תקנים: ◁ א. מה נדרש מציווד כדי להבטיח שיבצע את הנדרש ◁ ב. אי גרימת נזק לציווד אחר או לבני אדם; ◁ הצורך בהוראות בטיחות, תקני בטיחות ארציים ובין-לאומיים (גורמי סיכון, שיטות הגנה), בטיחות רפואית, תקני בטיחות ארציים ובין-לאומיים; ◁ תקני בטיחות
4	<p>מגברי מכשור במערכת ביו-אלקטרונית</p> <ul style="list-style-type: none"> ◁ תיאור המאפיינים החשמליים של מגבר מכשור (הגבר, עכבת מבוא/מוצא, ◁ רוחב פס, היסטם ו-CMRR), חישובי הגבר של מגבר מכשור, דוגמאות של ◁ מגברי הפרש ומגברי מכשור במערכות EXG
60	<p>סה"כ שעות:</p>

ניסוי 1 – תרגול שימוש בציוד מעבדה ובמערכי מדידה ובדיקה

הפעולות המתוארות להלן יבוצעו על כרטיס המיקרו-בקר שבשימוש בכיתה יא': שימוש בציוד בדיקה אלקטרוני מעבדתי, הפעלת משקף תנודות, הפעלת מחולל, בדיקת גלים מחזוריים בנקודות בדיקה במעגלים (TP), כתיבת תוכניות בדיקה קצרות בלולאה; הזרקה של אותות לצמתים במטרה לתרגל בדיקת מכלולים

ניסוי 2 – מערכת משדר-מקלט מבוססת על IR

שידור מידע מאופן למרחק מספר מטרים באמצעות מערכת משדר-מקלט הפועלת בתחום תדרי אינפרא אדום; הפעלת מכלולים במערכת, קבלת צורות גלים של גל נושא וגל מאופן, הצגתם על גבי מסך האוסצילוסקופ

ניסוי 3 – תקשורת ספרתית בערוץ אנלוגי – המחשת שיטות מפתוח

שימוש ברכיבים מוכללים, יצירת אותות בשיטות המפתוח הבאות: ASK, FSK, קבלת צורות גלים של גל נושא וגל מאופן, הצגתם על גבי מסך האוסצילוסקופ

ניסוי 4 – חיבור רכיבים וחיישנים ביו-רפואיים לכרטיס המיקרו-בקר ובדיקתם

הפעילות המתוארת כאן תבצע לאחר חיבורם של רכיבים נוספים לכרטיס / המיקרו-בקר. המערכת הנבנית תכלול בקרה בחוג סגור של פרמטר ביולוגי/ פיזיקלי מעולם התוכן של החלופה ביו-רפואה, למשל טמפרטורה / לחץ דם / דופק / כמות אור / מהירות / צפיפות (ריכוז) גז וכדומה. הפעולות הנדרשות כוללות: תכנון המעגלים, סרטוט חומרה, בניית המכלול כולל אמצעי תצוגה, בדיקות עצמיות בזמן שהמערכת עולה ומימושן עם דיווח על תקלה בתצוגה המתאימה, תיעוד התהליך בספר הפרויקט כולל רפלקציה

ניסוי 5 – תרגול מערך תקשורת בין כרטיסי מיקרו-בקר

הפעילות המתוארת כאן תקשר אלחוטית בין שני כרטיסי מיקרו-בקר או בין כרטיס מיקרו-בקר לאנדרואיד או בין מיקרו-בקר למערכת המחוברת לרשת האינטרנט. הלך ביצוע התקשורת יועברו נתונים בכיוון אחד או בשני כיוונים. הנתונים יישמרו במבני נתונים, יבוצע עיבוד על המידע. תוך כדי העברת המידע הוא יוצג, ויתקבל חייווי על תקינות התהליך באמצעות רכיב תצוגה מתוך אלו הנלמדים בתוכנית הלימודים.

סה"כ שעות: 30

חלופה 5 – בקרה ורובוטיקה

חלוקת שעות

חלוקת השעות ללימודי ההתמחות בחלופה בקרה ורובוטיקה בכיתות יא' ו-יב' נתונה בטבלה שלהלן:

סה"כ	יב'		יא'		שם מקצוע	מקצוע הבחינה
	התנסותי	עיוני	התנסותי	עיוני		
כללי						
6	1	2	1	2	בקרה ורובוטיקה	מערכות אלקטרוניות (11.40)

רציונל

מטרות תוכנית הלימודים במקצוע בקרה ורובוטיקה הן:

- לתת ראייה מקיפה ומשלימה על עולם האלקטרוניקה.
- להביא לידי יישום נושאים שנלמדו בתוכנית הגרעין ובנושאים נוספים "רב תחומיים", המכילים בתוכם פרקים במכניקה, בקרה, רובוטיקה, אלקטרוניקה ותכנות.
- להקנות לתלמידים את הידע והמיומנויות הדרושות בתחום, כך שיהיו מסוגלים בסוף תהליך התוכנית שמה דגש סביב שני נושאים מרכזיים – בקרה ממוחשבת ועולם הרובוטיקה.

לא רק שנושאים אלה מענייניים ומאפשרים מגוון רחב של פרויקטים, הם גם חלק מרכזי מהעולם האמיתי המתהווה מולנו.

כיום התחומים שתופסים תאוצה רבה הם: רכבים אוטונומיים שבהם משולבות מערכות בקרה מתוחכמות, האינטרנט של הדברים (IoT), הכולל מערכות חיישנים מתחומים שונים, מערכות בקרה לסוגיהן ורובוטיקה המתקשרות ביניהן דרך הרשת ועוד.

התוכנית מקיפה מצד אחד את כל הנושאים העקרוניים בהתמחות, אך מאידך היא מאפשרת גמישות וחופש בחירה למורה באמצעים למימוש והמחשת הנושאים.

למורים יש חופש בחירה רחב לשימוש בסוגי חיישנים שונים אנלוגיים או דיגיטליים, פרוטוקולים לתקשורת עם מודולים בשיטת I²C, SPI, RS-232 - שהם בסיס לחיבור חיישנים לבקרים ומשמם לרשת. בתחום הרובוטיקה התוכנית מאפשרת התנסות עם מגוון רחב של מפעילים, כמו מנועי DC, מנועי סרוו, מנועי צעד ומגוון חיישנים רלוונטיים לעולם הרובוטיקה.

בתוכנית נכלל מרכיב התנסותי משמעותי, ולפיו נדרשים התלמידים לבנות מוצר טכנולוגי בתחום הבקרה בסביבת מערכות משובצות מחשב.

בדרך זו בלמידה מבוססת פרויקטים נטפח למידה משמעותית ונמשך תלמידים רבים להמשך לימודים טכנולוגיים.

תכנים

שעות	נושא
20	פרק 1: מערכות בקרה
50	פרק 2: מערכות בקרה ממוחשבות
50	פרק 3: רובוטיקה
60	פרק 4: התנסות
180 (120 שעות עיוני ו-60 שעות התנסותי)	סה"כ שעות:

פרק 1: מערכות בקרה

1.1 מבוא למערכות בקרה קלאסית

נושא זה נלמד בתוכנית הלימודים בנושא מיקרו-בקרים – פרק 7: עקרונות במערכת בקרה ממוחשב

1.2 חיישנים במערכות בקרה

שעות	נושא
3	<p>חיישנים למדידת טמפרטורה</p> <ul style="list-style-type: none"> < חיישן דו-מתכת < חיישן חום התנגדותי טרמיסטור < חיישן טמפרטורה – LM35
2	<p>חיישנים למדידת אור</p> <ul style="list-style-type: none"> < נגד רגיש לאור – LDR < פוטו-טרנזיסטור
5	סה"כ שעות:

1.3 מפעילים ומעגלי ויסות

שעות	נושא
2	בקרת הספק בשיטת PWM – מקור מתח DC
3	בקרת הספק עם רכיבי SCR ו-TRIAC – מקור מתח AC
5	סה"כ שעות:

1.4 סוגי בקרה

שעות	נושא
2	בקרה דו-מצבית – תיאור ודוגמאות
2	בקרה רציפה – תיאור ודוגמאות
6	סוגי בקרה – P, PI, PID – תיאור עקרוני של המערכות ושימושן
10	סה"כ שעות:

פרק 2: מערכות בקרה ממוחשבות

2.1 הממשק בין המחשב והעולם החיצוני

שעות	נושא
2	תיאור מלבני של המערכת הכוללת רכיבי מדידה, רכיבי התמרה, רכיבי הגברה ורכיבי הפעלה
2	המרת אותות מרכיבי מדידה, כמו חיישנים אנלוגיים ופוטנציומטר באמצעות ממיר A/D
2	קריאת נתוני מדידה באמצעות תדר, רוחב פולס
2	קריאת נתוני מדידה באמצעות פרוטוקול תקשורת טורי - I ² C, SPI, RS-232
2	בקרה של רכיבי הפעלה דו מצבית באמצעות רכיבי מיתוג, כמו ממסר, טרנזיסטור
2	בקרה על רכיב הפעלה רציף באמצעות D/A
3	בקרה על רכיב הפעלה רציף באמצעות בקרת PWM
15	סה"כ שעות

2.2 עקרונות שיטות בקרה

שעות	נושא
1	השוואה בין שיטות הבקרה והתאמתן ליישומים שונים
1	אלגוריתם בקרה דו-מצבית עם תחום מת
2	אלגוריתם בקרה רציפה
2	אלגוריתם בקרת זווית הצתה
4	אלגוריתם בקרת PID
10	סה"כ שעות:

2.3: מימוש אלגוריתם בקרה (נושאים מתקדמים)

שעות	נושא
2	מימוש בתוכנת אלגוריתם בקרה דו-מצבית עם תחום מת
3	מימוש בתוכנת אלגוריתם בקרה רציפה
10	מימוש אלגוריתם בתוכנת בקרת PID
10	בקרת PID לשליטה על מנוע DC באמצעות תוכנת MATLAB-Simulink
25	סה"כ שעות:

פרק 3: רובוטיקה

3.1 מערכות רובוטיות

שעות	נושא
2	מבוא ומושגים
2	סוגי רובוטים
6	מרכיבי הרובוט <ul style="list-style-type: none"> < מרכיבים מכניים – אבני בניין, צירים, גלגלים, תמסורות < מרכיבים חשמליים ואלקטרוניים – מנועים, בקר, חיישנים < תוכנה
10	סה"כ שעות:

3.2 חיישנים ברובוטיקה

הערה: המורים יבחרו ארבעה חיישנים מהרשימה – חיישן אנלוגי, חיישן נוסף בתקשורת I²C, חיישן בתקשורת SPI וחיישן נוסף בתגובת תדר/רוחב פולס.

המורים יוכלו להוסיף לרשימה עוד חיישנים.

שעות	נושא
	<ul style="list-style-type: none"> ◁ מפסק / חיישן גבול ◁ חיישן מרחק אולטרסוניק ◁ חיישן מרחק אופטי ◁ חיישן פס ◁ חיישן צבע ◁ מתמרים פוטנציומטריים למדידת זווית ◁ מקודד אופטי ◁ חיישן אפקט HALL ◁ מצפן דיגיטלי ◁ חיישן ג'ירו ◁ חיישן תאוצה ◁ חיישן זווית
20	סה"כ שעות:

3.3 מנועים חשמליים

שעות	נושא
2	מנוע DC – מבנה ועקרון פעולה, בקרת מהירות על ידי PWM
2	מנוע צעד – מבנה ועקרון פעולה, בקרת צעדי המנוע
2	מנוע סרוו – מבנה ועקרון פעולה, בקרת זווית המנוע
6	סה"כ שעות:

3.4 דוגמאות למערכות בקרה רובוטיות

הערה: המורים יבחרו שלוש דוגמאות מהרשימה, חלקן תיאורטית כמו רחפן וחלקן מעשית.

אפשר להוסיף לרשימה עוד דוגמאות.

שעות	נושא
	<ul style="list-style-type: none"> ◁ בקרה על סיבוב מנוע באמצעות אנקודר ◁ רובוט עוקב אחרי פס – בקרה דו-מצבית עם חיישן אחד, בקרה רציפה עם כמה חיישנים ◁ רובוט עוקב אחרי קיר – בקרה דו-מצבית, בקרה רציפה ◁ עקיבה אחרי אובייקט ◁ רובוט עוקב אחרי אור – חיישני אינפרה ◁ גילוי עצם – חיישן מגע, חיישן אופטי, ◁ רובוט נייח – זרוע (מפרקים, מערכת צירים ודרגות חופש) ◁ שמירת איזון Segway – בקרת PID באמצעות חיישני זווית וג'יירו ◁ רחפן – עיקרון בלבד של הבקרה
14	סה"כ שעות:

פרק 4: התנסות

רשימת ניסויים (המורים יבחרו ארבעה ניסויים, אפשר להוסיף לרשימה עוד ניסויים)

1. בקרה טמפרטורה דו-מצבית – קריאה מחיישן טמפרטורה LM35 והפעלת מאוורר
2. בקרה אור דו-מצבית – קריאה מחיישן אור LDR והפעלת נורה או LED
3. בקרה אור רציפה – קריאה מחיישן אור LDR והפעלת נורה באמצעות PWM
4. קריאת נתון מחיישן בכל אחד מהפרוטוקולים – I^2C , SPI, UART
5. קריאת נתון מחיישן מרחק אנלוגי (כמו GP) או דיגיטלי (אולטרסוניק למשל)
6. בקרת מנוע סרוו באמצעות ג'ויסטיק או חיישן גמיש התנגדותי
7. בקרה על מנוע צעד

רשימת פרויקטונים (המורים יבחרו שני פרויקטונים, אפשר להוסיף לרשימה עוד פרויקטונים)

1. רובוט עוקב פס
2. רובוט עוקב קיר
3. רובוט עוקב אור
4. בקרת מהירות מנוע DC באמצעות PWM וחיישן אנקודר

חלופה 6 - רכיבים בני תכנות

חלוקת שעות

חלוקת השעות בלימודי ההתמחות בחלופה רכיבים בני תכנות בכיתות יא' ו-יב' נתונה בטבלה שלהלן:

סה"כ	יב'		יא'		שם מקצוע	מקצוע הבחינה
	התנסותי	עיוני	התנסותי	עיוני		
כללי						
6	1	2	1	2	רכיבים בני תכנות	מערכות אלקטרוניות (11.40)

רציונל

החלופה **רכיבים בני תכנות** נכתבה כחלק מחלופה חדשה בהתמחות מערכות אלקטרוניות.

המטרה הלימודית העיקרית היא הבנה של מערכות משובצות רכיבים מתוכנתים. התוכנית סוקרת את המושגים החשובים הקשורים לרכיבים מתוכנתים. המושגים העיקריים הם: תכנות מקבילי וסדרתי, תכנון מבני, ביצוע סימולציה וסינתזה, התקנים היקפיים וחיישנים.

בתוכנית נכלל מרכיב התנסותי משמעותי, ולפיו נדרשים התלמידים לדמות מעגלים אלקטרוניים בעזרת תוכנת VHDL, לצרוב את הרכיב המתוכנת.

מטרת המקצוע היא להכשיר את הלומדים להכיר שפה לתיאור חומרה (VHDL) תוך כדי שימוש במערכת פיתוח הכוללת כלי הדמיה (Simulation), ולאפשר ללומדים לפתח חומרה באמצעות רכיבים מתוכנתים (FPGAs). פרט להכרת השפה (כולל הכרת סגנונות כתיבה לסימולציה ולסינתזה) והפעלת הכלים שלעיל, התלמידים יתרגלו גם "צריבה" (Programming) של התוכן על רכיב מתוכנת ובדיקת פעולת המערכת בחומרה באמצעות לוח תרגול פיתוח הכולל אביזרים, כגון מתגים, לחצנים, נורות LED ו-Seven Segment ותצוגות נוספות ומחברים נוספים.

מומלץ שלכל מהלך לימוד המקצוע תוקצה מעבדה הכוללת מחשבים שמותקנת בהם (פרט למערכת הפיתוח) גם תוכנת השתלטות וציוד הקרנה מתאים, אך בנוסף גם מכשור אלקטרוני הכולל לוחות תרגול וכן מכשור אלקטרוני מעבדתי (ספק מתח, אוסצילוסקופ, רב מודד וכדומה).

תכנים

שעות	נושא
8	פרק 1: מבוא והכרת כלי התוכנה
12	פרק 2: מבוא לשפה, לפעולותיה ולסוגי המידע שלה
12	פרק 3: תיאור התנהגותי מקבילי וסדרתי ושימוש בתהליך
8	פרק 4: אבני בנייה לסינתזה
8	פרק 5: אבני בנייה לסימולציה
24	פרק 6: תיאורים מבניים
28	פרק 7 : מימוש בעזרת מכונת מצבים
12	פרק 8: מערכים ורכיבי זיכרון
8	פרק 9: פונקציות ופרוצדורות והרחבות לשפה
60	פרק 10: התנסות
180 (120 שעות עיוני ו-60 שעות התנסות)	סה"כ שעות:

פרק 1: מבוא והכרת כלי התוכנה

יעדים

בפרק זה התלמידים יכירו מושגים בסיסיים של סימולציה וסינתזה של חומרה על גבי רכיב מתוכנת, תוך כדי התנסות מעשית פעילה עם כלי פיתוח לסימולציה וסינתזה והתנסות מעשית פעילה בצריבה של הרכיב ובדיקתו באמצעות מתגים ונורות LED על גבי לוח התרגול.

שעות	נושא
2	מבוא לשפת תיאור חומרה
3	כתיבת קובץ וסימולציה
3	ביצוע סינתזה ובדיקה בחומרה
8	סה"כ שעות:

פרק 2: מבוא לשפה, לפעולותיה ולסוגי המידע שלה

יעדים

בתחילת הפרק היכרות עם יחידות הקומפילציה של הישות והארכיטקטורה והמושג של אותות בישות ואותות פנימיים בארכיטקטורה. שפת VHDL היא שפה שיש בה לא מעט סוגי מידע ופעולות רבות, שיש קשר קשוח ביניהן ובין סוגי המידע (Strongly Typed Language). בפרק זה התלמידים יכירו את סוגי הפעולות שיש בשפה וסוגי המידע השונים שיש בה והקשרים ביניהם. הם יכירו אילו שילובים מותרים ואילו אסורים. השפה גם כוללת חבילות סטנדרטיות שמעשירות עוד יותר את היכולות של השפה. הידע הזה יעשיר את יכולות התלמידים ויאפשר להם לתאר מערכות מורכבות יותר וגם בסגנון כתיבה שמתאים לסינתזה.

שעות	נושא
2	הישות והארכיטקטורה
2	כיוון הדקים ואותות פנימיים
6	הכרת סוגי מידע ופעולות
2	שימוש בחבילות סטנדרטיות
12	סה"כ שעות:

פרק 3: תיאור התנהגותי מקבילי וסדרתי ושימוש בתהליך

יעדים

בפרק זה הלומדים יכירו את מכניזם התיאור ההתנהגותי המרכזי שבו נעשה שימוש בשפת VHDL שהוא התהליך (process). בתהליך הפעולות נעשות בצורה סדרתית, ומחוץ לתהליך (בארכיטקטורה) הפעולות נעשות בצורה מקבילית. בפרק זה הלומדים גם יכירו את האופן שבו מתבצעות ההשמות לאותות מחוץ לתהליך ובתוך התהליך, וכן ההשמות למשתנים שבתוך התהליך. כמו כן הלומדים ילמדו מהו התפקיד הרצוי של משתנים (אובייקטים זמניים לחישובי ביניים) לעומת השימוש באותות (כאובייקטים שמתארים חוטי חומרה). נוסף לכך הלומדים יכירו את התחביר והמשמעות של התניה ובחירה (הן בתוך התהליך והן מחוץ לתהליך), וכן את התחביר והמשמעות של חוגים.

שעות	נושא
1	אופן הפעולה של תהליך
1	הכרת השמות לאותות ומשתנים בתהליך
4	התניה ובחירה מחוץ לתהליך
4	התניה ובחירה בתוך תהליך
2	לולאות
12	סה"כ שעות:

פרק 4: אבני בנייה לסינתזה

יעדים

בפרק הקודם הלומדים הכירו באופן כללי סגנונות כתיבה התנהגותיים. הפרק עסק בעיקר במשמעות של הקוד, מה מותר או אסור לכתוב בשפה, ואיך יפרשו זאת כלי סימולציה (למשל Modelsim) "שמבינים" את המשמעות הכללית של התיאורים ההתנהגותיים בשפה. כלי סינתזה בדרך כלל מוגבלים יותר, והם "מחפשים" שבלונות מסוימות (templates) לכתיבה, ורק אותן הם מסוגלים לסנתז. פרק זה מתמקד בחלק מסגנונות הכתיבה המתאימים (או ידידותיים) לכתיבה עבור כלי סינתזה, ובעיקר בתיאורים שיוצרים מערכות צירופיות ומערכות סינכרוניות.

שעות	נושא
2	מערכות צירופיות וסינכרוניות
2	רכיבי Tri-State, Open Collector ו-Gated-Latch
1	שבלונת הכתיבה הסינכרונית
3	כללי תכן סינכרוני
8	סה"כ שעות:

פרק 5: אבני בנייה לסימולציה

יעדים

אבני הבנייה שנלמדים בפרק זה אינם מסוגלים לעבור סינתזה, אך הם מאוד חשובים ליכולת לתאר מערכת בדיקה (Test Bench) שהיא הדרך הטובה ביותר והמקובלת ביותר להדמות ("לסמלץ") מערכות של חומרה ספרתית. ללא שימוש במערכות בדיקה כאלו קשה "לדבג" מערכות חומרה מורכבות בפרויקטים.

שעות	נושא
2	פסוקי assert
2	פסוקי wait
4	גנרטורים
8	סה"כ שעות:

פרק 6: תיאורים מבניים

יעדים

בפרק זה הלומדים יכירו את צורת התיאור המבני. החשיבות של התיאור המבני היא בתיאור פרויקטים מורכבים מכיוון שהיא מאפשרת לתאר מערכות גדולות באמצעות היררכיה ובפשטות, והיא גם מאפשרת להפריד תיאור של מערכת לחלקים שמיועדים לעבור סינתזה ולחלקים נוספים שמכילים מחוללי בדיקה עבור כתיבת Test Bench. בפרק הלומדים יעמיקו את יכולת התיאור, כך שהיא תאפשר ליצור תיאורים חזקים וגמישים יותר עם יכולת העברה של פרמטרים (למשל רוחב של מונה), וכן יכולת לשכפל תיאורים מבניים ולהתנות תיאורים מבניים פנימיים בפרמטרים.

שעות	נושא
4	חיווט והיררכיה
2	חיווט לקיבוע וניתוק הדקים
2	סינתזה וקשר לתיאור גרפי
2	פרמטרים גנריים
2	הקשר לתכן גרפי
4	שכפול באמצעות generate
4	התניה של חומרה באמצעות generate
2	שילוב בין הטכניקות
2	יצירת Test Bench
24	סה"כ שעות:

פרק 7: מימוש בעזרת מכונת מצבים

יעדים

במהלך הלימודים הכרנו רכיבים סינכרוניים שונים, כמו מונים ורגיסטרים, שהם בעצם מקרים פרטיים של מכונות מצבים. רכיבים אלו ביחד עם רכיבים צירופיים שונים אפשרו לנו ליצור מערכות שהן מסוג מסלול נתונים (Data Path). קשה ליצור מערכות חומרה מורכבות מבלי שתהיה בהן מכונת מצבים כללית שתפקידה לשמש בקרה (Controller) על מסלול הנתונים, ובדרך כלל גם ליצור את החלק האלגוריתמי של העיבוד. פרק זה מתחיל בעצם בפרק עיוני שמכין את הידע הנדרש כדי להשתמש במכונות מצבים (היות והנושא לא נלמד במסגרת המקצוע מערכות ספרתיות). פרט להכנת הרקע נלמדים בפרק מושגים חשובים נוספים שקשורים לאילוצי תזמון, תיאור מכונות שמשמשות כבקר (Controller), ושבדרך כלל יש להן הרבה כניסות, אך התלות בכניסות אלו במעבר בין כל מצב למצב נמוכה. המעברים מתוארים במכונות כאלה בדרך כלל באמצעות פונקציות (שאינן מכפלות קנוניות) שרשומות על החיצים השונים בדיאגרמת הזמנים. בפרק זה גם נלמדים סוגי מכונות, מודגשת המשמעות המעשית של סוג המכונות הללו, ומתואר מבנה רכיבים מתוכנתים והצורך בהקצאת מצבים One-Hot. בפרק הנוכחי נלמד סגנונות כתיבה של מכונות מצבים. מכונת המצבים היא

בדרך כלל גם המקום הנוח ביותר "לדבג" את המערכת ברמה גבוהה (High Level Debug). מכאן החשיבות של הכרת השימוש בסגנונות כתיבה שמאפשרים לשמור על ייצוג סימבולי של שמות המצבים (בניגוד לצירופים של אפסים ואחדים). משתמשים לשם כך ב-Enumerated Data Type. הפרק גם מתייחס לנושאים של סוגי מכוונות מצבים וכן לנושא של הקצאת מצבים וטכניקות לשמור על מהירות גבוהה של מכוונות מצבים, כך שהיא לא תהיה צוואר בקבוק ביכולת לעבד מידע בקצב גבוה.

שעות	נושא
2	מכוונות מצבים
2	תזמונים
2	בקרים
2	תכן סינכרוני
4	תכן עם FPGAs והקצאה One-Hot
4	סוגי מידע Enumerated Data Type
4	תיאור בסיסי של מכוונות מצבים
2	עבודה עם הקצאות מצבים
2	סגנונות כתיבה נוספים
4	בניית מערכת עם מכוונות מצבים
28	סה"כ שעות:

פרק 8: מערכים ורכיבי זיכרון

יעדים

פרק זה מציג את האופן שבו ניתן לתאר רכיבי זיכרון שונים בצורה התנהגותית. יש בפרק גם התייחסות לנושא של כתיבה בסגנון שמתאים לסינתזה. אם מקפידים על סגנון כתיבה כזה, כלי הסינתזה בדרך כלל גם ישתמשו באופן אוטומטי במשאבי חומרה של מימוש זיכרון על גבי הרכיב המתוכנת. לעיתים נשתמש בסגנונות כתיבה התנהגותיים דווקא לתאר רכיבים שאינם סטנדרטיים, ובצורה כזו ניתן לממש רכיבי זיכרון בעלי מבנים מיוחדים ומעניינים. סוג המידע שמוצג בהרחבה בפרק זה הם המערכים וכן מוצגים ה-Attributes של מערכים שמאפשרים לכתוב תיאורי חומרה גמישים וחזקים יותר.

שעות	נושא
4	מערכים
2	תיאור ROM
2	שימוש ב-Attributes של מערכים
2	רכיבי RAM ו-DPRAM
2	רכיבי זיכרון מיוחדים
12	סה"כ שעות:

פרק 9: פונקציות ופרוצדורות והרחבות לשפה

יעדים

המטרה של פרק זה היא לאפשר הרחבה של השפה, כך שנוכל להשתמש בפעולות שאינן מובנות בשפה.

שעות	נושא
2	כתיבת פונקציות
2	כתובת פרוצדורות
2	מיקום פונקציות במקומות הצהרתיים שונים
2	מיקום ושימוש בחבילה
8	סה"כ שעות:

פרק 10: התנסות

רשימת ניסויים/פרויקטונים (המורים יבחרו ארבעה ניסויים, אפשר להוסיף לרשימה ניסויים נוספים)

- 1 מחבר בינארי מלא FULL ADDER
- 2 מונה בינארי מעלה/מטה
- 3 מחלק תדר
- 4 מונה עשרוני - מכונת מצבים
- 5 מונה עשרוני - תכנון היררכי (שימוש בדלגלים מסוג TFF)
- 6 "אורות רצים" - תכנון היררכי (שימוש במחלק תדר, מונה בינארי ומפענח לוגי)
- 7 בקרת טמפרטורה דו-מצבית - קריאה מחיישן טמפרטורה LM35 והפעלת מאוורר
- 8 בקרה אור דו-מצבית - קריאה מחיישן אור LDR והפעלת נורה או LED
- 9 בקרה אור רציפה - קריאה מחיישן אור LDR והפעלת נורה באמצעות PWM
- 10 קריאת נתון מחיישן בכל אחד מהפרוטוקולים - I2C, SPI, UART

קריאת נתון מחיישן מרחק אנלוגי (כמו GP) או דיגיטלי (אולטרסוניק למשל)	11
בקרה על מנוע צעד	12
רובוט עוקב פס	13
רובוט עוקב קיר	14
רובוט עוקב אור	15
בקרת מהירות מנוע DC באמצעות PWM וחיישן אנקודר	16