

## מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

תוכנית לימודים בחלופה

### רכיבים ברי תכנות

במסגרת לימודי ההתמחות

במערכות אלקטרוניות (11.40)

במגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

(מהדורה להערות)

## תוכן עניינים

3	מבוא לתוכנית הלימודים.....
3	חלוקת שעות.....
3	תוכנית לימודים בנושא : רכיבים ברי תכנות- כיתה 'א' ו- 'ב'.....
3	רקע.....
3	מבוא :.....
3	רציונל.....
4	חלוקת שעות עיוניות לפי פרקים :.....
4	פרק 1 : מבוא והכרת כלי התוכנה.....
5	פרק 2 : מבוא לשפה, לפעולותיה ולסוגי המידע שלה.....
5	פרק 3 : תיאור התנהגותי מקבילי וסדרתי ושימוש בתהליך.....
6	פרק 4 : אבני בניה לסינתזה.....
7	פרק 5 : אבני בניה לסימולציה.....
7	פרק 6 : תיאורים מבניים.....
8	פרק 7 : מימוש בעזרת מכונת מצבים.....
9	פרק 8 : מערכים ורכיבי זיכרון.....
10	פרק 9 : פונקציות ופרוצדורות והרחבות לשפה.....
10	פרק 10 : התנסות.....

## מבוא לתוכנית הלימודים

### חלוקת שעות

חלוקת השעות בלימודי ההתמחות בחלופה רכיבים ברי תכנות בכיתות י"א ו- י"ב נתונה בטבלה להלן:

סה"כ כללי	י"ב		י"א		שם מקצוע	מקצוע הבחינה
	ה	ע	ה	ע		
6	1	2	1	2	רכיבים ברי תכנות	מערכות אלקטרוניות (11.40)

### תוכנית לימודים בנושא: רכיבים ברי תכנות- כיתה י"א ו- י"ב

#### רקע

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

#### מבוא:

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

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

#### רציונל

מטרת המקצוע היא להכשיר את הלומד להכיר שפה לתיאור חומרה (VHDL) תוך שימוש במערכת פיתוח הכוללת כלי הדמיה (Simulation) -ולאפשר ללומד לפתח חומרה באמצעות רכיבים מתוכנתים (FPGAs). פרט להכרת השפה (כולל הכרת סגנונות כתיבה לסימולציה ולסינתזה) והפעלת הכלים הנ"ל, התלמיד יתרגל גם "צריבה" (Programming) של התכן 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 וכו...).

## חלוקת שעות עיוניות לפי פרקים :

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 בניה לסינתזה
8	פרק 5 : אבני בניה 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 עשות עיוני ו- 60 שעות התנסות)	סה"כ שעות :

## פרק 1 : מבוא והכרת כלי התוכנה

### יעדים

בפרק זה התלמיד יכיר 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.

### חלוקת שעות

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

תחילתו של הפרק, מבצע הכרות 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 בניהן ובין סוגי המידע (Strongly Typed Language). בפרק זה התלמיד יכיר את סוגי הפעולות שיש בשפה וסוגי המידע השונים שיש בשפה והקשרים בניהם. הוא יכיר אלו שילובים מותרים ואלו אסורים. השפה גם כוללת חבילות סטנדרטיות, שמעשירות עוד יותר את היכולות של השפה. הידע הזה יעשיר את יכולות התלמיד ויאפשר לו לתאר מערכות מורכבות יותר וגם בסגנון כתיבה שמתאים לסינתזה.

### חלוקת שעות

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

## פרק 3 : תיאור התנהגותי מקבילי וסדרתי ושימוש בתהליך

### יעדים

בפרק זה הלומד יכיר 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 הלומד גם יכיר את האופן שבו מתבצעות ההשמות לאותות מחוץ לתהליך ובתוך התהליך וכן ההשמות למשתנים שבתוך התהליך. הלומד גם ילמד מהו התפקיד הרצוי של משתנים (אובייקטים זמניים לחישובי ביניים) לעומת השימוש באותות (כאובייקטים שמתארים חוטי חומרה). הלומד גם יכיר בפרק זה את התחביר והמשמעות של התניה ובחירה (הן בתוך התהליך והן מחוץ לתהליך) וכן את התחביר והמשמעות של חוגים.

## חלוקת שעות

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 בניה לסינתזה

### יעדים

בפרק הקודם, הלומד הכיר באופן כללי, סגנונות כתיבה התנהגותיים. הפרק הנ"ל עסק בעיקר במשמעות של הקוד ובמה 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" שכולנות (templates) לכתיבה מסוימות, ורק אותן הם מסוגלים לסנתז. בפרק זה מתמקדים בחלק מסגנונות הכתיבה שהם מתאימים (או ידידותיים) לכתיבה עבור כלי סינתזה ובעיקר בתיאורים שיוצרים מערכות צירופיות ומערכות סינכרוניות.

## חלוקת שעות

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

## פרק 5 : אבני בניה 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 לסמלץ מערכות של חומרה ספרתית. ללא שימוש במערכות בדיקה כאלו, קשה לדבג מערכות חומרה מורכבות בפרויקטים.

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

## פרק 6 : תיאורים מבניים

### יעדים

בפרק זה, מכירים 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 נעמיק 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	חלוקת שעות נושא
4	חיווט והיררכיה
2	חיווט לקבוע וניתוק הדקים
2	סינתזה וקשר לתיאור גרפי

2	פרמטרים גנריים
2	הקשר לתכן גרפי
4	שיכפול באמצעות generate
4	התניה של חומרה באמצעות generate
2	שילוב בין הטכניקות
2	יצירת Test Bench
<hr/>	
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 כל שהיא מבלי שתהיה בה מכונת מצבים כללית כל שהיא ושתפקידה להוות בקרה (Controller) על מסלול הנתונים ותפקידה הוא גם בדרך כלל ליצור את החלק האלגוריתמי של העיבוד. פרק זה מתחיל בעצם בפרק עיוני שמכין את הידע הנדרש 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) ושרשומות על החצים השונים בדיאגרמת הזמנים. בפרק זה גם נלמדים סוגי מכונות ומודגשת המשמעות המעשית של סוג המכונות הללו, ומתואר מבנה רכיבים מתוכנתים, והצורך בהקצאת מצבים One-Hot. בפרק הנוכחי לומדים 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 מכונות מצבים וכן לנושא של הקצאת מצבים וטכניקות לשמור על מהירות גבוהה של מכונת מצבים, כך שהיא לא תהווה צוואר בקבוק ביכולת לעבד מידע בקצב גבוה.

### חלוקת שעות

שעות	נושא
2	מכונת 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 מכונת מצבים
2	עבודה עם הקצאות מצבים
2	סגנונות כתיבה נוספים
4	בניית מערכת עם מכונת 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 גם בדרך כלל ישתמשו באופן אוטומטי בשאבי חומרה של מימוש זיכרון על גבי הרכיב המתוכנת. לעתים נשעה שימוש 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.

### חלוקת שעות

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 שלא מובנות בשפה.

### חלוקת שעות

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 (המורה יבחר 4 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. בקרה טמפ' דו מצבית – קריאה מחיישן טמפ' LM35 והפעלת מאורר.
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
11. קריאת נתון מחיישן מרחק אנלוגי (כמו GP) או דיגיטלי (אולטרסוניק למשל)
12. בקרת על מנוע צעד.
13. רובוט עוקב פס .
14. רובוט עוקב קיר.
15. רובוט עוקב אור .
16. בקרת מהירות מנוע DC באמצעות PWM וחיישן אינקודר.