

מגמת מערכות בקרה ואנרגיה

מקצוע מוביל

מערכות חשמל

תכנית הלימודים במקצוע

מערכות ספרתיות

סמל מקצוע: 33.003

עדכון: פברואר 2014

תוכן עניינים – מערכות ספרתיות לכיתה י'

מערכות ספרתיות לכיתה י' – לימודים עיוניים

מערכות ספרתיות לכיתה י' – לימודים התנסותיים

מערכות ספרתיות לכיתה יא' – לימודים התנסותיים

חלוקת השעות ללימודי המקצוע **מערכות ספרתיות** בכיתה י' נתונה בטבלה להלן:

סה"כ			כיתה י"א		כיתה י'		שם המקצוע
כללי	ה	ע	ה	ע	ה	ע	
6	3	3	1		2	3	מערכות ספרתיות

תכנית הלימודים במקצוע מערכות ספרתיות

לימודים עיוניים

כיתה י' – 3 ש"ש

1. שיטות ספירה ----- 6
- 1.1 הסבר שיטת הייצוג העשרוני
- 1.1.1 שימוש בסכום של חזקות בבסיס 10 לצורך פירוק מספר עשרוני נתון.
- 1.1.2 שימוש בסדרת מקדמים לצורך תיאור מקוצר של מספר עשרוני.
- 1.2 הצגת מספר בבסיסים לא-עשרוניים: בסיס בינרי (2), בסיס הקסדצימלי (16) ובסיס אוקטלי (8)
- חיבור וחיסור בבסיסים אלה; מעבר משיטת ייצוג אחת לאחרת.
- 1.3 צפנים:
- 1.3.1 הצורך בצפנים
- 1.3.2 צפנים משקליים: בינרי, BCD ושימושיהם
2. מושגי יסוד בלוגיקה ----- 3
- 2.1 מושג הפסוק הבסיסי (האלמנטרי) והפסוק המורכב
- 2.2 מושג האמת והשקר
- 2.3 טבלאות אמת
3. יסודות האלגברה הבוליאנית ----- 16
- 3.1 מושגים ופעולות יסודיות של האלגברה הבוליאנית:
- 3.1.1 מושגי יסוד
- 3.1.2 ערכים בוליאניים ופעולות יסודיות: NOT, OR, AND.
- 3.1.3 ביטויים בוליאניים והסדר לביצוע פעולות בוליאניות.
- 3.1.4 פונקציות בוליאניות.
- 3.2 כללים יסודיים באלגברה בוליאנית:
- 3.2.1 זהויות בוליאניות.
- 3.2.2 כללים בוליאניים לגבי משתנה אחד.
- 3.2.3 פעולות בין משתנה בוליאני לקבועים בוליאניים.
- 3.2.4 כללים לגבי מספר משתנים בוליאניים.
- 3.3 כללי צמצום
- 3.4 כללי דה-מורגן
- 3.5 פעולות בוליאניות נוספות: NOR, NAND, XOR.

4. פונקציות בוליאניות ופישוטן ----- 18

- 4.1 פישוט פונקציות בוליאניות באמצעות כללי האלגברה הבוליאנית:
 - 4.1.1 יצירת פונקציות בוליאניות
 - 4.1.2 פישוט פונקציות בוליאניות באמצעות כללי האלגברה הבוליאנית
 - 4.1.3 צורות קנוניות של פונקציות בוליאניות: סכום של מכפלות, ייצוג מספרי של פונקציות, מכפלת סכומים, הקשר בין הצורות הקנוניות של פונקציות בוליאניות
- 4.2 פישוט פונקציות בוליאניות באמצעות מפות קרנו:
 - 4.2.1 מפות קרנו ל-2, ו-3 משתנים
 - 4.2.2 מיפוי פונקציה שאיננה נתונה בצורתה הקנונית
 - 4.2.3 פישוט פונקציות הנתונות כמכפלת סכומים קנוניים, או כסכום מכפלות
 - 4.2.4 צירופי ברירה

5. מערכות צירופים ואמצעים למימושן ----- 20

- 5.1 ייצוג המצבים הלוגיים '0' ו-'1' באמצעות מתח חשמלי. לוגיקה חיובית.
- 5.2 הגדרת שערים לוגיים אלקטרוניים לביצוע הפעולות הלוגיות הבסיסיות: AND OR ו-NOT. סמלים מוסכמים לשערים הנ"ל.
- 5.3 תכנון ומימוש מערכות צירופים:
 - 5.3.1 מימוש באמצעות מערכות מתגים
 - 5.3.2 מימוש בעזרת שערים לוגיים בסיסיים
 - 5.3.3 ניתוח מערכות צירופים ופישוטן על-ידי שימוש בכללי האלגברה הבוליאנית ובמפות קרנו
- 5.4 שערים לוגיים נוספים:
 - 5.4.1 שערי NOR, NAND ו-XOR
 - 5.4.2 סמלים מוסכמים לשערים הנ"ל
 - 5.4.3 ניתוח ומימוש מערכות צירופים הבנויות משערים מסוג אחד או משערים מסוגים שונים

6. מסכמים ומשווים ----- 5

- 6.1 מסכמים
 - 6.1.1 מסכם למחצה (HA)
 - 6.1.2 מסכם מלא (FA)
 - 6.1.3 מסכם לשני מספרים בני שתי סיביות
 - 6.1.4 טבלאות אמת של מסכם למחצה ומסכם מלא
- 6.2 משווים
 - 6.2.1 משווה לסיבית אחת
 - 6.2.2 משווה לשני מספרים בני שתי סיביות
 - 6.2.2. טבלת אמת של משווה לסיבית אחת ושתי סיביות

7. מערכות עקיבה ----- 8

7.1. התקני זיכרון – דלגלים (Flip-Flops)

7.1.1 מושג הזיכרון

7.1.2 עקרון פעולתם של דלגלים

7.1.3 סוגי דלגלים ומימושם באמצעות שערים לוגיים: SR-FF, JK-FF, D-FF, T-FF

7.1.4 דרבון קצה חיובי וקצה שלילי

7.1.5 מבואות ישירים לדלגלים

7.1.7 הכרת רכיבים מוכללים של דלגלים – תוך שימוש בדפי נתונים

7.1.6 תאור פעולת הדלגלים באמצעות דיאגרמות זמנים

8. אוגרים ----- 6

8.1 אוגרים מקביליים

8.2 אוגר הזזה מקבילי-טורי

8.3 טבלאות מעקב ודיאגרמות זמנים של אוגר טורי ומקבילי

9. מונים ----- 8

9.1 מונה אסינכרוני – מונה מעלה

9.2 מונה אסינכרוני – מונה מטה

9.3 טבלאות מעקב ודיאגרמות זמנים של מונה אסינכרוני מעלה

[בחזרה לתפריט הראשי](#)

תכנית הלימודים במקצוע

מערכות ספרתיות

לימודים התנסותיים

כיתה י' – 2 ש"ש

א. ניסויים

כללי

הניסויים יבוצעו חלקם בציוד בדיקה ורכיבים ממשיים (ספקי כוח, מפסקים, נוריות, ממסרים, מעגלים מוכללים, מכשירי מדידה), וחלקם באמצעות תוכנת הדמיה. בתחילת כל ניסוי רשומות הוראות כיצד יש לבצע את הניסוי.

ניסוי 1: פעולות יסוד באלגברה בוליאנית - יבוצע באמצעות מפסקים ונוריות

1. ביצוע פעולת OR לשני משתנים ומימושה באמצעות מפסקים ונורה.
2. רישום טבלת אמת של השער והשוואתה לתיאוריה.
3. ביצוע פעולת AND לשני משתנים ומימושה באמצעות מפסקים ונורה.
4. רישום טבלת אמת של השער והשוואתה לתיאוריה.
5. הכרת המבנה ואופן הפעלה של ממסר.
6. מימוש פעולת NOT באמצעות ממסר, ורישום טבלת אמת של הפעולה.
7. מימוש הפעולות AND ו-OR לשלשה משתנים באמצעות מפסקים.
8. בניית מערכות לוגיות בשני משתנים, כדוגמת מערכת להפעלת מכשיר תעשייתי (פעולת AND) הממומשת באמצעות מפסקים ובדיקה באמצעות דפ"א (דיודה פולטת אור- נורת LED) במימוש המערכות ייעשה שימוש בפעולות הלוגיות AND, OR, ו-NOT.

ניסוי 2: פעולות יסוד באלגברה בוליאנית - יבוצע באמצעות מעגלים מוכללים

1. הכרת התיאור הסכמתי והדקי המעגלים המוכללים לביצוע הפעולות AND, OR, ו-NOT הכרת חיבורי המתחים הדרושים לפעולתם. הכרת אותות המבוא והמוצא המתקבלים בזמן פעולתם.
2. מימוש פעולת NOT באמצעות מעגל מוכלל.
3. רישום טבלת אמת של השער והשוואתה לתיאוריה.
4. מימוש פעולת OR לשני משתנים באמצעות מעגל מוכלל.
5. רישום טבלת אמת של השער והשוואתה לתיאוריה.
6. מימוש פעולת AND לשני משתנים באמצעות מעגל מוכלל.
7. רישום טבלת אמת של השער והשוואתה לתיאוריה.

8. בנייה – באמצעות שערים – של מערכות לוגיות בשני משתנים, כדוגמת מערכת להפעלת מכבש תעשייתי (פעולת AND), הממומשת באמצעות שערים לוגיים ממשיים. כמבואות למערכת ישמשו מפסקים. מוצא המערכת יחובר לדפ"א.

ניסוי 3: תיכון מערכת משווה לשתי ספרות בינאריות בהדמיה

1. הכרת סביבת העבודה הספרתית בתוכנת ההדמיה.
2. בדיקת שער NOT על-ידי חיבור מבוא למפסק ומוצא לדפ"א.
3. בדיקת צירופי המבוא האפשריים ורישום טבלת אמת של הפעולה.
4. חזרה על הסעיפים 2 ו-3 עבור השערים OR ו-AND.
5. חזרה על הסעיפים 2 ו-3 לגבי השערים NOR ו-NAND.
6. תיכון משווה לשתי ספרות בינאריות. התיכון יכלול סוגי שערים שונים.
7. בדיקת טבלת האמת של המערכת באמצעות מפסקים במבואות ודפ"א במוצא.

ניסוי 4: מימוש מערכת אזעקה באמצעות שערים ממשיים

- בניסוי זה התלמיד יממש מערכת אזעקה, שפעולתה מתוארת באמצעות טבלת אמת בארבעה משתנים. מפסקים ידמו את פעולתם של חיישנים, זמזם ודפ"א ידמו את התקני ההתראה.
1. מציאת הביטוי הקנוני מתוך טבלת אמת נתונה.
 2. פישוט הביטוי באמצעות מפת קרנו.
 3. מימוש המערכת המפושטת באמצעות שערים ממשיים. במבוא למערכת יחוברו מפסקים ובמוצא המערכת יחוברו דפ"א וזמזם (הזמזם והדפ"א צריכים להיות בעלי צריכת זרם מינימלית).
 4. רישום טבלת אמת של המערכת הממומשת והשוואתה לטבלת האמת הנתונה.

ניסוי 5: מערכת לוגית המדמה פעולת הדלקת וכיבוי של נורה משלושה מקומות

- בניסוי זה התלמיד יתכנן ויפעיל, באמצעות תוכנת ההדמיה, מערכת לוגית להדלקה וכיבוי של נורה משלושה מקומות. פעולת המערכת תתבסס על שער XOR.
1. בדיקת טבלת האמת של שער XOR. במבוא לשער יחוברו מפסקים ובמוצא דפ"א.
 2. תיכון מערכת להדלקה וכיבוי נורה משלושה מקומות – באמצעות שער XOR.
 3. הפעלת המערכת בהדמיה ורישום טבלת האמת שלה.
 4. סעיף רשות: מימוש המערכת באמצעות שערים שאינם שער XOR. השוואה בין שני אופני המימוש.

ניסוי 6: תכנון מערכת לוגית לחיווי גובה נוזל באמצעות שער NAND ממשיים

- בניסוי זה יתכנן התלמיד, מתוך תיאור מלולי, מערכת לוגית בשלושה משתנים לחיווי גובה נוזל במיכל (לשם החיווי יחולק המכל לשלושה גבהים). למוצא המערכת יחוברו שלוש דפ"א שידמו את שלושת תחומי הגבהים האפשריים של הנוזל. המערכת תמומש באמצעות שער NAND בלבד.
1. רישום טבלת אמת המתארת את המערכת.
 2. העברת טבלת האמת למפת קרנו ופישוטה.

3. מימוש המערכת המפושטת באמצעות שערי NAND ממשיים.
4. בדיקת המערכת והשוואת טבלת האמת שלה לטבלת האמת שהתקבלה בסעיף 2.

ניסוי 7: מימוש מערכת להנעה והיגוי של מכונית זעירה

בניסוי זה התלמיד יתכן ויבנה מכונית זעירה ומערכת להנעתה והיגוייה. מערכת ההנעה וההיגוי תכלול מערכת לוגית, דוחפים (drivers) ושני מנועים. המערכת הלוגית תשלוט על ההנעה וההיגוי של המכונית באמצעות שניים או שלושה מפסקים.

1. הכרת דוחפים, הדקיהם ואופן השימוש בהם.
2. תיאור פעולת המערכת באמצעות טבלת אמת.
3. פישוט המערכת בעזרת מפת קרנו.
4. בניית המכונית הזעירה והתקנת המנועים בה.
5. מימוש המערכת הלוגית בעזרת שערים ממשיים המחוברים במבואה למפסקים. במוצאה מחוברים השערים לדוחפים ולמנועים הזעירים שבמכונית.
6. בדיקת פעולת המערכת.

ניסוי 8: הצגת מספרים בתצוגת שבעה מקטעים – ממיר מ-BCD ל שבעה מקטעים.

התלמיד יוכל לבחור בין ביצוע הניסוי בהדמיה לבין ביצועו ברכיבים ממשיים. בניסוי זה התלמיד יכיר את רכיב התצוגה הבסיסי הקיים בכל מכשיר מדידה ספרתי ואת המערכת הדרושה להפעלתו. התלמיד יבנה מערכת להמרת מספרים, באמצעות מעגלים מוכללים, מקוד BCD לקוד המתאים לתצוגתם ברכיב שבעה-מקטעים. בכניסה למערכת יחוברו מפסקים, ובמוצא המערכת יחובר רכיב התצוגה ונגדים.

1. הכרת מבנה התצוגה והדקי הרכיבים – שבעה-מקטעים, רכיב מסוג CA (אנודה משותפת) ורכיב מסוג CC (קתודה משותפת).
2. תיאור הטבלה בה מופעלים המקטעים הדרושים עבור כל אחת מהספרות העשרוניות.
3. יצירת טבלה של המרה מקוד BCD לקוד הצגה ברכיב שבעה-מקטעים.
4. תיאור מעגל מוכלל, כדוגמת הרכיב 7447, המשמש להמרה של מספר עשרוני מקוד BCD לקוד המתאים לתצוגה ברכיב שבעה-מקטעים. התיאור יכלול את הדקי הרכיב ואופן חיבורו למעגל האלקטרוני.
5. מימוש מערכת להמרה מקוד BCD לרכיב שבעה-מקטעים באמצעות מעגל מוכלל. המערכת תכלול ארבעה מפסקים, רכיב המרה מ-BCD לשבעה-מקטעים, נגדים ורכיב תצוגה.
6. בדיקת פעולת המערכת. מילוי טבלת אמת של המערכת הכוללת את סרטוט המספר, או הצורה המתקבלים ברכיב התצוגה.

[בחזרה לתפריט הראשי](#)

תכנית הלימודים במקצוע

מערכות ספרתיות

לימודים התנסותיים

כיתה י"א – 1 ש"ש

תיכון רכיבי חומרה ספרתיים

כללי

ההתנסות תתבצע בסביבת מערכת תיכון חומרה לרכיבים מתכנתים ספרתיים. המערכת כוללת תוכנת הדמיה וכרטיס חומרה לביצוע צריבה והפעלת הרכיב מתכנת ומשטח עבודה המאפשר חיבור רכיבים חיצוניים כדוגמת דוחפים, מנוע לזרם-ישר ומנוע צעד. במהלך ההתנסות יילמדו עקרונות ההפעלה של המערכת, תוך ביצוע ניסויים בנושאים הבאים: מערכות צירופים שימושיות, דלגלים ומונים.

רשימת הניסויים

בניסויים 1 עד 4 יערוך התלמיד הפרות עם מערכת תיכון החומרה תוך הדגמת פתרון שבו יבוצע תיכון ומימוש של מערכת לוגית. במהלך ההכרות יתכנן ויממש התלמיד משוואה-לוגי לסיבית אחת. המימוש ילווה בדוגמאות לשימוש במשוואה, כגון: השוואה של גובה נוזל בשני מכלים (שני מצבים אפשריים – מכל מלא, מכל ריק), השוואה בפעולת שני מנועים (שני מצבים אפשריים – מנוע פועל, מנוע לא פועל). במהלך ביצוע הניסויים ניתן להשתמש בכל צרף אפשרי של הדוגמאות המובאות, או בדוגמאות אחרות, שיבחרו על-ידי המורה.

ניסוי 1: הכרות עם מערכת תיכון חומרה ושימוש בעורך הגרפי

בחלקו הראשון של הניסוי יכיר התלמיד מערכת לתיכון חומרה על מרכיביה ואת שלבי הפיתוח של מערכת ספרתית בה. בחלקו השני של הניסוי יכיר התלמיד עורך גרפי ויתנסה בהפעלתו.

1. הכרת המבנה של מערכת לתיכון חומרה ברמה תיאורית של כרטיסי החומרה.
2. הכרה (ברמה תיאורית) של שלבי הפתוח בסביבת מערכת תיכון חומרה.
3. הכרת עורך גרפי. הצגת סרטוטי מעגלים של מערכות לוגיות מוכרות, כדוגמת מערכת המדמה הדלקה וכיבוי של נורה משלושה מקומות.
4. הכרת מבנה, עקרון פעולה, טבלת אמת ואותות מבואות ומוצאים של משוואה – לוגי לסיבית אחת.
5. סרטוט משוואה-לוגי לסיבית אחת באמצעות עורך גרפי ושמירת הסרטוט.

ניסוי 2 : הכרה וביצוע של פעולות הידור והדמיה

1. הדגמת פעולת הידור על קובץ דוגמה – הדמית הדלקה וכיבוי של נורה משלושה מקומות.
2. הכרת תהליך הידור (קומפילציה) ודרך הטיפול בניפוי שגיאות.
3. ביצוע הידור על הקובץ משווה-לוגי לסיבית אחת שכתב התלמיד בניסוי 1. ניפוי ותיקון שגיאות ולבסוף שמירת הקובץ ההידור.
4. הדגמת פעולת ההדמיה על קובץ הדוגמה: הדלקה וכיבוי של נורה משלושה מקומות.
5. ביצוע הדמיה על הקובץ משווה-לוגי לסיבית אחת.
6. בדיקת האותות המתקבלים לאחר ביצוע ההדמיה, והשוואתם לאותות שהתקבלו בעת בתכנון המעגל.

ניסוי 3: תכנות רכיב בר-תכנות במערכת תיכון חומרה – צריבה ובדיקת תקינות

1. הדגמת תהליך ההכנה לצריבה והצריבה על קובץ הדוגמה: הדלקת נורה משלושה מקומות.
2. קביעת שינוי הקצאת הדקי מערכת שבקובץ הדוגמה.
3. הפעלה של מערכת להדלקת נורה משלושה מקומות כאשר המבואות הם המפסקים המותקנים במערכת והמוצאים הם דיודות פולטות האור (דפ"א) המותקנות בכרטיס המערכת.
4. הכנה וצריבה של מערכת משווה-לוגי לסיבית אחת ברכיב המתכנת.
5. קביעת הקצאת הדקי מערכת משווה-לוגי לסיבית אחת ברכיב המתכנת.
6. בדיקת טבלת האמת של משווה-לוגי לסיבית אחת ברכיב המתכנת והשוואתה בטבלת האמת הנדרשת על-פי התכנון.
7. בדיקת פעולתו של משווה-לוגי לסיבית אחת באמצעות המפסקים והדפ"א שבמערכת תיכון החומרה.

ניסוי 4: הרחבת מערכת המשווה – שימוש במערכת המשווה כרכיב מוגדר

על-ידי המשתמש

- בניסוי זה יערוך התלמיד הכרות עם עקרון בניית מערכת מתת-מערכות נתונות, וילמד לתאר מערכת היררכית.
1. הדגמת תהליך השמירה של רכיב המוגדר על-ידי המשתמש.
 2. הדגמת השימוש ברכיב שמוגדר על-ידי המשתמש: שימוש במערכת לכיבוי והדלקה משלושה מקומות, כרכיב במערכת לכיבוי והדלקה של נורה מארבעה מקומות.
 3. שמירת מערכת של משווה-לוגי לסיבית אחת כרכיב המוגדר על-ידי המשתמש.
 4. הרכבת מערכת משווה-לוגי לשתי סיביות על-ידי שימוש ברכיב משווה לסיבית אחת שהוגדר קודם.
 5. הדגמת שלבי הבדיקה של מערכת להדלקה וכיבוי של נורה מארבעה מקומות.
 6. בדיקה של מערכת משווה לשתי סיביות.

ניסוי 5: תיכון מסכם למחצה ומסכם מלא – במערכת תיכון חומרה

הניסוי יתבצע תוך הדגמת השימוש במסכם במערכת ממשיית, לדוגמה, הצגת מצב פעולה של מערכת משאבות הכוללת שתיים או שלוש משאבות. (משאבה כבויה – "0", משאבה פועלת – "1"). המערכת תסכם את מספר המשאבות הפועלות בכל רגע.

1. סרטוט המסכם-למחצה באמצעות עורך הגרפי. ביצוע הדמיה של פעולת המערכת.
2. צריבה, הקצאת הדקי המערכת ובדיקה המערכת.
3. שמירת המסכם למחצה כרכיב המוגדר על-ידי המשתמש.
4. תיכון, הפעלה ובדיקה של מסכם מלא, FA, תוך שימוש במסכם-למחצה כרכיב שהוגדר על-ידי המשתמש.
5. רשות: הרחבת המערכת למסכם במערכת המורכבת מארבע משאבות.

ניסוי 6: בדיקת פעולתם של דלגלים ואוגר מקבילי (רשות) – הדמיה במערכת

תיכון חומרה

התלמיד יתנסה בהדמיה ובהפעלה של שלשה סוגי דלגלים: SR,D,JK. ההדמיה כוללת: סרטוט באמצעות עורך גרפי, הידור, ניפוי שגיאות ולבסוף בדיקה בהדמיה. בפעילות הרשות יוכל התלמיד להתנסות בבדיקתו בהדמיה של מעגל מוכלל המדמה פעולתו אוגר מקבילי.

1. הפעלה בהדמיה של דלגלים מסוג SR, D.
2. מבנה של דלגל מסוג JK ועקרון פעולתו. הפעלה בהדמיה ובדיקה של הדלגל.
3. המרה של דלגל מסוג JK לדלגל T. בדיקתו בהדמיה של דלגל T. הדגמה של פעולת דלגל T להפעלה וכיבוי של נורה.
4. רשות: הפעלה ובדיקה בהדמיה של מעגל מוכלל הפועל כאוגר מקבילי לארבע סיביות.

ניסוי 7: הדמית מונים במערכת תיכון החומרה. הרחבת מונה (רשות)

בניסוי זה יערוך התלמיד הכרה עם מערכות מונים ומקומן בתעשייה, לדוגמה – מסוע שעליו נעים מוצרים במפעל לייצור שימורים. התלמיד יכיר את מבנה המונה המורכב מכמה דלגלים המחוברים זה לזה.

1. סרטוט, הידור, ניפוי שגיאות, הדמיה וצריבה של מונה מודולו 4 הבנוי משני דלגלים.
2. הכרה, הפעלה ובדיקה בהדמיה של מעגל מוכלל למונה עשרוני המורכב מארבע סיביות, למשל, 4 bit decade counter - 74160.
3. רשות: הרחבת המונה העשרוני למונה מודולו 100, הפעלתו ובדיקתו בהדמיה.

[בחזרה לתפריט הראשי](#)