

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

תכנית הלימודים במקצוע

מערכות ספרתיות

סמל מקצוע: 11.002

מעודכן ל- 2026

תוכן העניינים

חלוקת השעות ללימודי מערכות ספרתיות נתונה בטבלה להלן:

סה"כ			כיתה י"א		כיתה י'		שם המקצוע
כללי	ה	ע	ה	ע	ה	ע	
3	1	2	0	0	1	2	מערכות ספרתיות

מערכות ספרתיות - לימודים עיוניים – 60 שעות

1. **שיטות ספירה** 4.
 - 1.1 הצגת מספר עשרוני : פירוק מספר עשרוני נתון לסכום של חזקות בבסיס 10. מקדמים, מקומם והשימוש בהם לתיאור מקוצר של מספר עשרוני
 - 1.2 מספרים בבסיס בינארי (2), ובסיס הקסדצימלי (16)
 - 1.3 הצגת מספרים שליליים
 - א. הצגת מספר שלילי בשיטת המשלים ל-1 ובשיטת המשלים ל-2
 - 1.4 חיבור וחסור בבסיס בינארי.
 - 1.5 ייצוג מספרים עשרוניים בקוד BCD
2. **מושגי יסוד בלוגיקה** 2.
 - 2.1 מושג הפסוק הבסיסי והפסוק המורכב
 - 2.2 מושג האמת והשקר
 - 2.3 טבלאות אמת
3. **יסודות האלגברה הבוליאנית** 8.
 - 3.1 מושגי יסוד ופעולות יסודיות של האלגברה הבוליאנית: NOT, AND, OR. הכרת השערים לביצוע פעולות אלו
 - 3.2 ביטויים בוליאניים והסדר לביצוע פעולות בוליאניות. פונקציות בוליאניות
 - 3.3 כללים יסודיים באלגברה הבוליאנית: זהויות בוליאניות, כללים בוליאניים לגבי משתנה אחד. פעולות בין משתנה בוליאני לקבועים בוליאניים. כללים לגבי מספר משתנים בוליאניים. עקרון הדואליות
 - 3.4 כללי צמצום
 - 3.5 כללי דה-מורגן
 - 3.6 פעולות בוליאניות נוספות: NOR, NAND, XOR, XNOR. הצגת הסמלים של שערים אלו
 - א. יצירת פונקציות בוליאניות
 - ב. פישוט פונקציות בוליאניות באמצעות כללי האלגברה הבוליאנית

- 4. פונקציות בוליאניות ופישוטן.....6**
- 4.1 צורות קנוניות של פונקציות בוליאניות: סכום של מכפלות, ייצוג מספרי של פונקציות קנוניות
- 4.2 פישוט פונקציות בוליאניות באמצעות מפות קרנו:
- א. מפות קרנו ל-2, 3 ו-4 משתנים
- ב. מיפוי פונקציה שאיננה נתונה בצורתה הקנונית
- ג. פישוט פונקציות הנתונות כסכום מכפלות
- ד. צירופי ברירה
- 5. תכנון ומימוש מערכות צירופים8**
- 5.1 מימוש בעזרת שערים לוגיים בסיסיים
- 5.2 ניתוח מערכות צירופים המורכבות משערים שונים. פישוטן על-ידי שימוש בכללי האלגברה הבוליאנית ומפות קרנו. מימוש המערכות המפושטות
- 5.3 ניתוח פעולות מערכת צירופים במישור הזמן. התווית צורות גלים של אותות מוצא בתלות באותות מבוא נתונים
- 6. מסכמים ומשווים4**
- 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 טבלת אמת של משווה לסיבית אחת
- 7. תכנון ומימוש של מערכות צירופים שימושיות6**
- 7.1 מרבבים (Multiplexers) ומפלגים (DeMultiplexers)
- 7.2 מפענחים (Decoders), מפענחי תצוגה, מקודדים (Encoders)
- 7.3 מימוש פונקציות בוליאניות באמצעות מרבבים ומפלגים
- 7.4 מימוש מערכת צירופית לדוגמה מימוש של משווה
- 8. מערכות עקיבה4**

8.1 מושגי יסוד במערכות עקיבה:

- א. מודל בסיסי של מערכת עקיבה, תיאור של מערכת עקיבה כמכונת מצבים
- ב. מערכות סינכרוניות ואסינכרוניות
- ג. ההבדל בין מערכות סינכרוניות ואסינכרוניות

9. התקני זיכרון - דלגלים (Flip-Flop) 8

- 9.1 מושג הזיכרון
- 9.2 עקרון פעולתם של דלגלים
- 9.3 סוגי דלגלים: FF-FF, T-FF, D-FF, JK-SR וטבלאות מצבים
- 9.4 דרבון קצה חיובי וקצה שלילי
- 9.5 מבואות ישירים לדלגלים
- 9.7 הכרת רכיבים מוכללים של דלגלים – תוך שימוש בדפי נתונים
- 9.6 תאור וניתוח פעולת הדלגלים באמצעות דיאגרמות זמנים.

10. אוגרים 4

- 10.1 אוגרים מקביליים
- 10.2 טבלאות מעקב ודיאגרמות זמנים של אוגר הזזה מקבילי-טורי
- 10.3 טבלאות מעקב ודיאגרמות זמנים של אוגר טורי ומקבילי

11. מונים 8

- 11.1 סיווג מונים, המונה כמכונת מצבים
- 11.2 מונה אסינכרוני – מונה מעלה ומונה מטה
- 11.4 טבלאות מעקב ודיאגרמות זמנים של מונה אסינכרוני.
- 11.5 מונים סינכרוניים: מונה מעלה עם נשא, מונה מטה, מונה עם טעינה מקבילית, מונה בעל מחזור השונה מ- 2^N

תכנית הלימודים במקצוע

מערכות ספרתיות - לימודים התנסותיים – 30 שעות

כללי

ההתנסות תכלול הן ניסויים מובנים סטנדרטיים והן פרויקטים.

מערכות ספרתיות (כיתה י' - 30 שעות)

הניסויים יבוצעו חלקם באמצעות צב"ד ממשי (ספקי-כוח, מבניות, מכשירי מדידה ורכיבים חשמליים), חלקם באמצעות תוכנת הדמיה וחלקם באמצעות רכיבים מתכנתים. במקרה שלא נכתב אחרת, הכוונה לביצוע בצב"ד ממשי.

רשימת הניסויים:

ניסוי 1: הכרת שערים מסוג AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR (הניסוי ייערך הן בחומרה והן בהדמיה)

- א. הכרת הרכיבים הספרתיים בתוכנת ההדמיה
- ב. חיבור מבוא שער NOT לרמות לוגיות באמצעות מתג. חיבור נורית למוצא השער.
- ג. רישום טבלת האמת של השער, והשוואתה עם התיאוריה
- ד. חזרה על סעיף 1 עבור השערים: AND, OR, NAND, NOR, XOR

ניסוי 2: תכנון ומימוש מערכות צירופיות באמצעות שערים לוגיים

- א. מימוש פתרון לבעיה לוגית נתונה, באמצעות שערים לוגיים
- ב. מימוש טבלת אמת נתונה באמצעות שערים לוגיים, במינימום ליטרלים. חיבור מתגים ונוריות למעגל הממומש ואימות טבלת האמת הנתונה
- ג. פישוט מערכת שערים לוגיים נתונה. בניית המערכת הנתונה והמערכת המפושטת, ובדיקת טבלאות האמת של שתי המערכות, לאימות השוויון ביניהן.

ניסוי 3: מרבבים ומפלגים הניסוי ייערך בהדמיה

1. מרבב שמונה-ערוצי
א. חיבור לחצנים למבואות מרבב 8_ערוצי. חיבור קווי הבקרה של המרבב למתגים. חיבור המוצא לנורית
ב. קביעת מילת בקרה 000 באמצעות המתגים
ג. לחיצה על הלחצנים, לפי הסדר, לבדיקה מי מהם מדליק את הנורית במוצא. רישום התוצאה בטבלת אמת.
ד. חזרה על סעיפים 2, 3 עבור מילות הבקרה מ-001 עד 111.
2. מימוש פונקציה בוליאנית באמצעות מרבב

- א. תכנון מימוש מערכת לוגית נתונה באמצעות מרבב
 - ב. חיבור המרבב לפי התכנון
 - ג. בדיקת תפקוד המרבב בהתאם לפונקציה של המערכת הלוגית המקורית
3. מפלג ל-8 ערוצים
- א. חיבור מבוא המפלג ללחצן, המוצאים - לשמונה נוריות, וקווי הבקרה - למתגים.
 - ב. שינוי מילת הבקרה מ-000 עד 111. לחיצה על הלחצן עבור כל מילת בקרה, ומילוי טבלת אמת
4. מימוש פונקציה בוליאנית באמצעות מפלג
- א. תכנון מימוש מערכת לוגית נתונה באמצעות מפלג
 - ב. חיבור המפלג לפי התכנון
 - ג. בדיקת תפקוד המפלג בהתאם לפונקציה של המערכת הלוגית המקורית

ניסוי 4: התקני זיכרון

- הניסוי ייערך הן בחומרה והן בהדמיה
1. נועל (Latch) מסוג D
 - א. חיבור מבואות הנועל למתגים, ומוצאי - לנוריות
 - ב. ביצוע נעילה של המידע $D = 1$. שינוי המידע D, ווידוא שהמוצא לא משתנה (נעול).
 - ג. חזרה על הפעולה עבור מידע $D = 0$.
 2. דלגלג מסוג D (D-FF)
 - א. חיבור מבוא הדלגלג למתג. חיבור מבוא השעון ללחצן, והמוצא - לנורית
 - ב. בדיקה לפי טבלת האמת של הדלגלג, שחל עדכון מידע רק בזמן דרבון על-ידי השעון
 3. דלגלג מסוג JK (JK-FF)
 - א. חיבור המבואות J, K, S, R של דלגלג JK למתגים. חיבור מבוא השעון ללחצן. חיבור המוצאים לנוריות.
 - ב. חיבור מצב $S = R = 0$. בדיקת הפעולה הסינכרונית (מבוקרת על-ידי השעון) של הדלגלג, לפי טבלת אמת
 - ג. בדיקת קביעה (SET) ואיפוס (RESET) באמצעות המתגים S ו-R. ווידוא שאין השפעה למבואות האחרים במצבים האלה.
 - ד. הסבת דלגלג JK לדלגלג T באמצעות חיבור המבואות $J = K = 1$. בדיקת פעולת הדלגלג לאישור שכל לחיצה על הדק השעון גורמת להיפוך מצב מוצא הדלגלג

ניסוי 5: תיכון חומרה - משווה לסיבית אחת

1. היכרות עם מערכת תיכון חומרה ושימוש בעורך גרפי
2. הכרה וביצוע פעולת הידור והדמיה
3. צריבת רכיב ובדיקה

פרויקטונים מערכתיים – יכולים להתבצע בחומרה או ברכיב מיתכנת.

1. אורות רצים
 - מחולל אותות ריבועיים (חיצוני) מחובר למונה טבעתי ומקדם אותו. מוצאי המונה מחוברים לנוריות. כל קידום של המונה מדליק נורית שונה, כך שבכל רגע דולקת רק נורית אחת.
2. מונה מעלה/מטה
 - מקדמים מונה בינרי באמצעות לחצן. מוצא המונה הוא מילה בת 4 סיביות. מילה זו נכנסת למפענח לתצוגת 7 מקטעים. מוצא המפענח מחובר לתצוגת 7 מקטעים. כל לחיצה מקדמת את התצוגה, מ-0 עד 9.
3. שעון ל-60 דקות
 - תכנון ובנייה באמצעות רכיב מיתכנת
 - השעון מורה דקות ושניות
 - אפשרות לכיוון הזמן ההתחלתי
 - אפשרות לשעון מעורר
4. בקרת רמזור
 - לתכנון ובנייה באמצעות רכיב מיתכנת
 - אפשרות הרחבה – רמזור לכלי רכב ורמזור הולכי רגל.