

משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה
הפיקוח על מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

תכנית לימודים למקצוע

מעבדת גרעין

כיתה י"ד

סמל מקצוע 11.9015

תכנית הלימודים במקצוע מעבדת גרעין – 72 שעות

כיתה י"ד

הנחיות לביצוע המעבדה

מקצועות מעבדת הגרעין הם אלה:

אלקטרוניקה ספרתית ב'

אלקטרוניקה תקבילית ב'

שפה עילית

שפת VHDL

אלקטרוניקה תקבילית ואלקטרוניקה ספרתית

יש לבצע לפחות ארבעה ניסויים מתוך תכנית הלימודים במקצוע "אלקטרוניקה תקבילית ב'".
יש לבצע לפחות ארבעה ניסויים מתוך תכנית הלימודים במקצוע "אלקטרוניקה ספרתית ב'".
בשני המקצועות אפשר לבצע כ- 50% מהניסויים בהדמיה.

שפה עילית

התלמידים נדרשים לבצע לפחות ארבעה ניסויים, או לחילופין לפחות פרויקט אחד מתוך תכנית הלימודים במקצוע. בביצוע הפרויקטים יש לכלול בניית ממשק חומרה שיופעל באמצעות תוכנה מתאימה. הדגש בביצוע הפרויקטים בשפה עילית הוא על כתיבת התכנות ולא על בניית ממשק החומרה. התכנות צריכות לשקף לפחות אחד מן הנושאים שנלמדו במהלך הלימודים העיוניים.

שפת VHDL

הלימודים המעשיים משלימים את הלימודים העיוניים וכוללים יישום של נושאים הכלולים בתכנית הלימודים העיונית. כדי שנושאים מקבילים בתכנית העיונית ובתכנית המעשית יילמדו באותו זמן, נדרש תזמון בין הוראת הנושאים העיוניים להוראת הנושאים המעשיים. התלמידים נדרשים לבצע ארבעה ניסויים מתוך רשימת הניסויים שבתכנית הלימודים המעשית. מומלץ להטיל על התלמידים לבצע ניסויים נוספים במסגרת שיעורי הבית שלהם. לחילופין יכולים התלמידים לבצע לפחות שני פרויקטים* מתוך רשימת הפרויקטים שבתכנית. יש לכתוב את הפרויקט בעזרת שימוש בעורך הגרפי של שפת VHDL, וזאת לשם חיבור של מספר מבניות בתכנון ההיררכי. לצורך בניית המבניות השונות ישתמשו התלמידים אך ורק במבניות שהם עצמם יגדירו. לפרויקט יצורף תיעוד מתאים שיכיל, בין השאר, הסברים מלאים על התכנון, הבנייה, ההפעלה והבדיקות של המערכת, וכן דיאגרמות זמנים של כל אחת מן המבניות ושל המערכת השלמה.

* אפשר לבחור ולבצע פרויקטים שונים מאלו המופיעים בתכנית הלימודים באישור מראש של הפיקוח המקצועי במגמה.

1. ניסויים באלקטרוניקה ספרתית ב'

ניסוי 1.1 אוגר הזזה ומונה

- א. מימוש של אוגר הזזה הפועל כמונה ג'ונסון (כגון 74194).
- ב. הטענת המונה באופן מקבילי וקבלת המידע ממנו באופן מחזורי.
- ג. מימוש של מחלק תדר המבוסס על המעגל המוכלל 4510, או על המעגל המוכלל 4017.

ניסוי 1.2 תכנון ומימוש של מערכת עקיבה סינכרונית

- א. תכנון של מערכת עקיבה סינכרונית כלשהי, הכוללת לפחות שני דלגלים.
- ב. בניית המערכת, הפעלתה ובדיקת נכונות פעולתה.

ניסוי 1.3 מתג טרנזיסטורי

- א. מימוש של מתג טרנזיסטורי.
- ב. מדידת זמני המיתוג של המתג כאשר במוצא המתג מחובר קבל, ומדידת זמני המיתוג של המתג כאשר במוצא המתג לא מחובר קבל.
- ג. חיבור של ממסר אלקטרומגנטי מתאים למתג הטרנזיסטורי והפעלתו (כולל דיודת הגנה).
- ד. מדידה וסרטוט של צורות הגלים המתקבלות במבוא ומוצא המתג הטרנזיסטורי.

ניסוי 1.4 רב-רטט חד-יציב

- א. מימוש של מעגל חד-יציב המבוסס על מעגל מוכלל (כגון 4528).
- ב. הפעלת החד-יציב ובדיקת פעולתו במצב היציב ובמצב הלא יציב, כולל שינוי משך הזמן של המצב הלא יציב.
- ג. מדידה וסרטוט של צורות הגלים במוצא החד-יציב לפני הפעלתו, בזמן פעולתו, ואחרי סיום פעולתו.

ניסוי 1.5 רב-רטט חופשי

- א. מימוש של רב-רטט חופשי באמצעות שערים לוגיים או באמצעות מעגלי שמיט מוכללים (כגון: 4093).
- ב. מדידת תדר הפעולה של רב-הרטט ומשרעת מתח האות הריבועי המתקבל במוצא רב-הרטט.
- ג. סרטוט צורות הגלים המתקבלות במוצא רב-הרטט.

ניסוי 1.6 מחולל שן- מסור מסוג "שרוך נעל" הממומש באמצעות מגבר שרת

- א. מימוש של מחולל ליצירת גל שן-מסור מסוג "שרוך נעל" באמצעות מגבר שרת, ומתג טרנזיסטורי המשמש לפריקת הקבל במערכת.
- ב. חישוב המשרעת מתח של גל שן- המסור בתלות בתדר המחולל.
- ג. מדידת תדר גל שן-המסור ומדידת משרעתו.
- ד. סרטוט גל שן-המסור בתלות בזמן.

ניסוי 1.7 מחולל שן- מסור מסוג MILLER

- א. מימוש של מחולל שן-מסור מסוג MILLER.
- ב. חישוב של משרעת אות שן המשור בתלות תדר המבוא.
- ג. מדידת תדר אות המחולל ומשרעתו.

ניסוי 1.8 ממיר מתח לתדר – f/V

- א. מימוש של ממיר מתח לתדר באמצעות רכיבים בדידים.
- ב. מדידה וסרטוט של צורות הגלים במבוא הממיר ובמוצאו.
- ג. סרטוט אופיין ההמרה של הממיר.
- ד. מדידת המתח והתדר המרביים האפשריים בממיר.
- ה. מימוש של הממיר באמצעות מעגלים מוכללים (כגון 4151, או AD650).
- ו. סרטוט אופיין ההמרה של הממיר.

ניסוי 1.9 ממיר מתדר למתח – V/f

- א. מימוש של ממיר מתדר למתח באמצעות רכיבים בדידים.
- ב. מדידה וסרטוט של צורות הגלים במבוא הממיר ובמוצאו.
- ג. סרטוט אופיין ההמרה של הממיר.
- ד. מדידת המתח והתדר המרביים האפשריים בממיר.
- ה. מימוש של הממיר באמצעות מעגל מוכלל (כגון 4151).
- ו. סרטוט אופיין ההמרה של הממיר.

2. ניסויים באלקטרוניקה תקבילית ב'

ניסוי 2.1 מימוש של מקור זרם באמצעות מגבר שרת

- א. מימוש של מקור זרם באמצעות מגבר שרת.
- ב. חיבור של נגד עומס משתנה למקור הזרם, מדידת זרם המקור בתלות בשינויים בהתנגדות נגד העומס, R_L .
- ג. מציאת ההתנגדות המזערית של נגד העומס המאפשרת שמירה של זרם קבוע במקור הזרם.

ניסוי 2.2 מימוש של מקור זרם מסוג "ראי זרם"

- א. מימוש של מקור זרם מסוג "ראי זרם".
- ב. חיבור של נגד עומס משתנה למקור הזרם, מדידת זרם המקור בתלות בשינויים בהתנגדות נגד העומס, R_L .

ניסוי 2.3 גלאי שיא ומיישר חצי גל מדויק

- א. מימוש של גלאי שיא באמצעות מגבר שרת, דיודה וקבל.
- ב. חיבור של מתח ישר ומתח חילופין למבוא הגלאי ומדידת מתח המוצא.
- ג. מימוש של מיישר חצי גל מדויק.
- ד. מדידה וסרטוט של אות המוצא מהמיישר עבור אות סינוסיאדלי במבוא.

ניסוי 2.4 מימוש של סוכם וגוזר באמצעות מגברי שרת

- א. מימוש של סוכם באמצעות מגבר שרת.
- ב. מדידה וסרטוט של אות המוצא עבור גל ריבועי ואות סינוסיאדלי המחברים למבוא.
- ג. מימוש של גוזר באמצעות מגבר שרת.
- ד. מדידה וסרטוט של אות המוצא עבור גל ריבועי ואות סינוסיאדלי המחברים למבוא.

ניסוי 2.5 מימוש של מתנד RC באמצעות מגבר שרת

- א. מימוש של מתנד RC באמצעות מגבר שרת.
- ב. מדידת תדר התנודות של המתנד בתלות במכפלה RC.
- ג. מדידת ההגברה המזערית המאפשרת את קיום התנודות.

ניסוי 2.6 מגבר הספק

- א. מימוש של מגבר הספק. המגבר כולל קדם מגבר הממומש באמצעות מגבר שרת.
- ב. מדידת מתח המוצא המרבי ללא עיוותים.
- ג. מדידה של ההספק היעיל המרבי ושל פיזור ההספק בדרגת המוצא, וחישוב של ונצילות המעגל.

ניסוי 2.7 מייצב ממותג

- א. מימוש של מייצב ממותג מסוג STEP DOWN באמצעות מעגל מוכלל, סליל ודיודה מהירה.
- ב. מדידה וסרטוט של צורות הגלים במבוא ובמוצא.
- ג. מדידת ההתנגדות של מוצא המייצב: $dV_o / di_L = R_o$.

3. ניסויים ופרויקטים בשפה עילית

ניסויים

ניסוי 3.1 גישה לקובץ

- א. יצירת קובץ המיועד לערכים מספריים, כתיבת נתונים לקובץ (שימוש בעורך של השפה).
- ב. הקצאת חוצץ והעברת הנתונים לזיכרון, סריקת הקובץ על-פי תנאי כלשהו, הוצאת נתונים מהקובץ והעברתם למערך. על-פי אלגוריתם נתון ביצוע עיבוד על אברי המערך והצגת תוצאות העיבוד על-גבי הצג. לדוגמה: קליטת מספר רב של נתוני מדידת טמפרטורה של חולה, אחסון הנתונים שערכם שונה מ-0 במערכים, איתור ערכי הטמפרטורה המרבית או ערכי מדידה חריגים של החולה ואחסונם במערך מתאים, הצגת תוצאות האיתור על-גבי צג המחשב, או הדפסתן.

ניסוי 3.2 תקשורת טורית אסינכרונית

- א. חיבור בין מחשב למיקרובקר באמצעות מצמד אופטי, או בתקשורת רדיו, RF.
- ב. העברת נתונים למיקרובקר באופן טורי, מתוך קובץ השמור במחשב, והצגתם בצג המיקרובקר.

ניסוי 3.3 הפעלת ממיר מאות ספרתי לאות תקבילי – DAC

- א. יצירת אות מדרגה באמצעות ממיר מאות ספרתי לאות תקבילי.
- ב. יצירת אות סינוסיאדלי או אות אחר, על-ידי המרת נתונים המאוחסנים בקובץ או במערך ומוזנים לממיר.

ניסוי 3.4 הפעלת ממיר מאות תקבילי לאותספרתי – ADC

- א. קליטת אות מחיישן אור או מחיישן טמפרטורה והצגתו על-גבי צג המחשב או צג המיקרובקר.
- ב. קליטת 20 נתוני מדידה, בפרקי זמן שווים, מחיישן אור או מחיישן טמפרטורה, והצגתם על-גבי הצג.

ניסוי 3.5 הפעלת שעון דפקים מתכנת (כגון 8254) כמחלק תדר

- א. תכנות השעון כמחלק תדר, טעינת המונה בערכים המוצגים בשיטת BCD וגם בערך הקסאדצימלי.
- ב. הפעלת השעון, מדידת תדר המוצא ותדר המבוא ובדיקת התקינות של פעולת המחלק.

ניסוי 3.6 הפעלת שעון מתכנת (כגון 8254) כמחולל דפקים

- א. תכנות השעון ליצירת דפקים בעלי יחס מחזור של 0.2 לפחות.
- ב. הפעלת הרכיב במצב Auto reload לקבלת דפקים בתדרים שבין מספר קילוהרצים לבין מאות קילוהרצים, מדידת רוחב הדפקים במוצא השעון.
- ג. בצוע שרשור של שעונים לשם קבלת דפקים בתדרים של עשיריות הרץ. חיבור דפ"א במוצא הרכיב ומדידת משך פעולתה.

פרויקטים

- **אזעקה שקטה:** המערכת מורכבת מחיישן (לדוגמה חיישן מגנטי) המותקן בדלת כניסה. עם פתיחת הדלת, נשלחת הודעה מהחיישן לתכנת לקוח המותקן במחשב סמוך לדלת, ומשם, באמצעות רשת תקשורת, לתכנת שרת במחשב מרוחק.
- **משדר מורס:** המערכת שולחת הודעה בצופן מורס. ההודעה בנויה ממחרוזת טקסט ששמורה בקובץ חיצוני למחשב, ונשלחת, באמצעות ממשק מתאים, אל נורת ליבון, או אל דפ"א המחוברת לאחד ממוצאי המחשב.
- **שעון צלצולים:** המערכת כוללת מאגר מידע של לוח הצלצולים של בית-הספר. התוכנה סוקרת באופן מתמיד את לוח הצלצולים, ומפעילה פעמון או זמזם למשך מספר שניות, על-פי לוח הצלצולים. השמעת הזמזום, או הצלצול, מתבצעת באמצעות פעמון או זמזם המחוברים, באמצעות ממשק מתאים, לאחד ממוצאי המחשב שהתכנית "רצה" עליו.
- **בקרת עומסים מרוחק:** המערכת כוללת שני עומסים המחוברים, באמצעות ממשק מתאים, למוצאי מחשב שהתכנית לבקרת עומסים "רצה" עליו. ההפעלה והכיבוי של כל אחד מהעומסים היא הפעלה מרוחק. היא נעשית על-ידי שליחת הוראה מתאימה ממחשב מרוחק המקושר למחשב שהעומסים מחוברים אליו באמצעות רשת האינטרנט.
- **Data Logger:** המערכת כוללת מאגר נתונים ובו נתוני טמפרטורה או נתוני עוצמת אור הנדגמים בתדירות על-ידי חיישן טמפרטורה או על-ידי חיישן עוצמת אור. החיישניים מחוברים באמצעות ממשק מתאים אל מחשב שמאגר הנתונים נמצא בו. על-פי הנתונים האגורים יש לסרטט את גרף השתנות הגודל הנמדד בתלות בזמן. יש להריץ על הנתונים האגורים שתי בדיקות סטטיסטיות לפחות.

4. שפת VHDL

ניסויי חובה – הכרת סביבת העבודה

ניסוי 4.1 הכרת תוכנת הפיתוח MAXPLUS II *

- א. הכרת השלבים של תכנון פרויקט: כתיבה, הידור, סינתזה, הדמיה וצריבה.
- ב. כתיבה ושמירה של תכנית פשוטה (למשל, תכנית המממשת שער לוגי).
- ג. ביצוע הידור ראשוני ותיקון טעויות תחביר (SYNTAX).
- ד. ביצוע הדמיה של התכנית באמצעות יצירת דיאגרמת זמנים (WAVEFORM EDITOR).

ניסוי 4.2 הכרת ערכת התרגול וסביבת החומרה

- א. הכרת מרכיבי החומרה של ערכת התרגול: מחולל תדר, רכיבי תצוגה, לחצנים, מפסקים ורכיב בר-תכנות.
- ב. כתיבת תכנית פשוטה (שער לוגי, למשל).
- ג. ביצוע הידור וסינתזה על התכנית שברכיב בר-התכנות שבערכה.
- ד. הקצאת הדקי מבוא ומוצא ברכיב בר-התכנות (PIN A LOCATION I/O) לפי דרישת המתכנן.
- ה. ביצוע הדמיה של התכנית לבדיקת נכונותה.
- ו. צריבת התכנית ברכיב בר-התכנות.
- ז. חיבור מפסקים ודפ"א למבואות ולמוצא הרכיב בר-התכנות באמצעות מוליכים מתאימים.
- ח. בדיקת התקינות של פעולת המערכת השלמה.

תכנון וצריבה של מערכות צירופיות א'

יש לבצע ניסוי אחד לפחות מבין שלושת הניסויים האלה.

בניסויים שלהלן מתורגל תהליך התכנון המקבילי (מחוץ ל-PROCESS) תוך כדי שימוש בפקדים (לוגיים ואריתמטיים) בלבד.

ניסוי 4.3 מחבר מלא

- א. תכנון של מחבר מלא (FULL ADDER) באמצעות שימוש בפקדים בלבד (ללא התניות).
- ב. כתיבת תכנית למימוש המחבר המלא באמצעות שימוש בפקדים לוגיים, כתיבת הפונקציות הלוגיות המתאימות הקובעות את המצב של כל אחד ממוצאי המחבר המלא בתלות במצב של מבואותיו.
- ג. ביצוע סינתזה והדמיה של המחבר המלא באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ד. צריבת הרכיב בר-תכנות.
- ה. בדיקת תקינות פעולת המחבר המלא.

* אפשר להשתמש בכלי פיתוח חילופי, במקום זה הרשום בתכנית, המאפשר את ביצוע תכנית הלימודים כלשונה.

ניסוי 4.4 מרבב

- א. תכנון של מרבב (MULTIPLEXER) באמצעות השימוש בפקדים בלבד (ללא התניות).
- ב. כתיבת תכנית למימוש המרבב באמצעות שימוש בפקדים לוגיים. כתיבת הפונקציות הלוגיות המתאימות הקובעות את המצב של כל אחד ממוצאי המרבב בתלות במצב של מבואותיו.
- ג. ביצוע סינתזה והדמיה של המרבב באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ד. צריבת הרכיב בר- התכנות.
- ה. בדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.5 ביצוע פעולות חשבוניות

- א. תכנון של מערכת לביצוע פעולה חשבונית כלשהי בין שני מספרים.
- ב. כתיבת תכנית למימוש המערכת, הגדרת המבואות והמוצאים של המערכת כמשתנים מסוג BIT_VECTOR או INTEGER.
- ג. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ד. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

תכנון וצריבה של מערכות צירופיות ב'

בניסויים שלהלן מתורגל תהליך התכנון המקבילי (מחוץ ל-PROCESS) תוך כדי שימוש בפקדים (לוגים ואריתמטיים) בלבד.

ניסוי 4.6 מפענח לוגי (LOGIC DECODER)

- א. תכנון של מפענח לוגי באמצעות טבלת אמת.
- ב. כתיבת תכנית למימוש המפענח, הגדרת המבואות כמשתנים מסוג BIT_VECTOR או INTEGER.
- ג. מימוש המערכת באמצעות שימוש בהתניית WITH...SELECT.
- ד. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ה. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.7 מקודד (ENCODER)

- א. תכנון של מקודד באמצעות טבלת אמת.
- ב. כתיבת תכנית למימוש המפענח, הגדרת המבואות והמוצאים כמשתנים מסוג BIT_VECTOR או INTEGER.
- ג. מימוש המערכת באמצעות שימוש בהתניית WITH...SELECT.
- ד. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ה. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.8 מפענח תצוגה (DISPLAY DECODER)

- א. תכנון של מפענח תצוגה באמצעות טבלת אמת.
- ב. כתיבת תכנית למימוש המפענח, הגדרת המבואות והמוצאים כמשתנים מסוג BIT_VECTOR או INTEGER.
- ג. מימוש המערכת באמצעות שימוש בהתניית WITH...SELECT.
- ד. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ה. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.9 מקודד עדיפות (PRIORITY DECODER)

- א. תכנון של מקודד עדיפות באמצעות טבלת אמת.
- ב. כתיבת תכנית למימוש מקודד העדיפות, הגדרת המבואות והמוצאים כמשתנים מסוג BIT_VECTOR או INTEGER.
- ג. מימוש המערכת באמצעות שימוש בהתניית WHEN...ELSE.
- ד. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ה. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.10 הצגת מספרים דו-ספרתיים

- א. תכנון של מערכת אשר ממירה מספר עשרוני דו-ספרתי לשתי ספרות BCD מתאימות ומציגה אותו בתצוגת שבעה מקטעים.
- ב. כתיבת תכנית למימוש הממיר ומעגל התצוגה, הגדרת המבואות והמוצאים כמשתנים מסוג BIT_VECTOR או INTEGER.
- ג. מימוש המערכת באמצעות שימוש בהתניית WHEN..ELSE.
- ד. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ה. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

תכנון וצריבה של מערכות עקיבה (מערכות עם זיכרון) באמצעות שימוש

בהליך סדרתי (PROCESS)

ניסוי 4.11 דלגלג JKFF

- א. תכנון של דלגלג מסוג JKFF הפעיל בדרכון קצה חיובי, בעל מבואות ישירים הפעילים ב"גבוה".
- ב. כתיבת תכנית למימוש המערכת באמצעות שימוש בתנאי IF בהליך PROCESS, עם רשימת רגישויות.
- ג. שימוש בתכונה EVENT לצורך בדיקת דרכון קצה חיובי.
- ד. שימוש במשתנה עזר פנימי (SIGNAL או VARIABLE).
- ה. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ו. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.12 מונה מעלה/מטה

- א. תכנון של מונה מעלה/מטה הפעיל בדרבון קצה חיובי, בעל כניסת איפוס אסינכרונית.
- ב. כתיבת תכנית למימוש המערכת באמצעות שימוש בתנאי IF בהליך PROCESS, עם רשימת רגישויות.
- ג. שימוש בתכונה EVENT לצורך בדיקת דרבון קצה חיובי.
- ד. שימוש במשתנה עזר פנימי (SIGNAL או VARIABLE).
- ה. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ו. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.13 מכונת מצבים א'

- א. תכנון, באמצעות דיאגרמת מצבים, של מכונת מצבים הפעילה בדרבון קצה חיובי ועוברת, באופן מחזורי, בין המצבים : $2 \leftarrow 4 \leftarrow 5 \leftarrow 3$.
- ב. הגדרת משתנה חדש מסוג טיפוס (TYPE) שיכיל את שמות המצבים.
- ג. כתיבת תכנית למימוש המערכת באמצעות שימוש בתנאי CASE בתוך PROCESS עם רשימת רגישויות (CASE בתוך IF).
- ד. שימוש במשתנה עזר פנימי (SIGNAL או VARIABLE).
- ה. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ו. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.14 מכונת מצבים – ב'

- א. תכנון, באמצעות דיאגרמת מצבים, של מכונת מצבים אשר מזהה סדרת סיביות באורך של ארבע סיביות (לדוגמה, זיהוי הסדרה "1101"). למבוא הטורי של המערכת, הפעיל בעת עליית שעון, מחובר מוצא של מחולל סיביות. בעת זיהוי הסדרה החדשה יתקבל במוצא מכונת המצבים '1'.
- ב. הגדרת משתנה חדש מסוג טיפוס (TYPE) שיכיל את שמות המצבים.
- ג. כתיבת תכנית למימוש המערכת באמצעות שימוש בתנאי CASE בתוך PROCESS עם רשימת רגישויות (CASE בתוך IF).
- ד. שימוש במשתנה עזר פנימי (SIGNAL או VARIABLE).
- ה. ביצוע סינתזה והדמיה באמצעות דיאגרמות זמנים מתאימות.
- ו. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

תכנון היררכי של מערכות

את התרגול של תכנון היררכי של מערכות נבצע בשני אופנים:

- שימוש בעורך גרפי לשם חיבור בין הרכיבים השונים במערכת.
- כתיבת תכנית טקסטואלית ושימוש בפקודה PORT MAP לשם חיבור בין הרכיבים השונים במערכת.

ניסוי 4.15 אורות רצים

- א. תכנון היררכי של מערכת "אורות רצים". המערכת מורכבת מתת-המערכות האלה: מחלק תדר לתדרים נמוכים (למספר תדרים בסביבת התדר 1Hz), מונה בינארי, מפענח לוגי ומספר נוריות דפ"א. מוצא מחלק התדר מחובר למבוא השעון של המונה. מוצאי המונה מחוברים למבואות של המפענח הלוגי. מוצאי המפענח הלוגי מחוברים לנוריות הדפ"א.
- ב. תכנון, כתיבה, הידור ובדיקה של מחלק התדר.
- ג. תכנון, כתיבה, הידור ובדיקה של המונה הבינארי.
- ד. תכנון, כתיבה, הידור ובדיקה של המפענח הלוגי.
- ה. חיבור של תת-המערכות באמצעות העורך הגרפי.
- ו. ביצוע סינתזה והדמיה של התכנית הגרפית באמצעות דיאגרמת זמנים מתאימה.
- ז. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.16 חד- יציב

- א. תכנון היררכי של חד-יציב (ONE-SHOT). המערכת מורכבת מתת-המערכות האלה: דלגלג DFF עם מבוא איפוס, מונה בינארי עם מבוא
- ב. CE (Counter Enable) ומבוא איפוס אסינכרוניים ומשווה לוגי.
- ג. תכנון, כתיבה, הידור ובדיקה של הדלגלג.
- ד. תכנון, כתיבה, הידור ובדיקה של המונה הבינארי.
- ה. תכנון, כתיבה, הידור ובדיקה של המשווה.
- ו. חיבור בין תת-המערכות באמצעות העורך הגרפי.
- ז. ביצוע סינתזה והדמיה של התכנית הגרפית באמצעות דיאגרמת זמנים מתאימה.
- ח. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

ניסוי 4.17 מונה עשרוני

- א. תכנון היררכי של מונה עשרוני. המערכת מורכבת מתת-המערכות האלה:
- ב. ארבעה דלגלגים מסוג TFF בעלי מבואות איפוס, מערכת זיהוי למודולו 10 הממומשת באמצעות שערים לוגיים מתאימים ותצוגת שבעה מקטעים.
- ג. תכנון, כתיבה, הידור ובדיקה של הדלגלג TFF
- ד. תכנון, כתיבה, הידור ובדיקה של מערכת השערים לזיהוי מודולו 10.
- ה. כתיבת תכנית טקסטואלית, שימוש בפקודה PORT MAP לשם חיבור בין הרכיבים השונים במערכת.
- ו. ביצוע סינתזה והדמיה של התכנית הגרפית באמצעות דיאגרמת זמנים מתאימה.
- ז. צריבת הרכיב ובדיקת תקינות המערכת.

פרויקטים

1. מערכת בקרה למנוע צעד

- מימוש של מערכת בקרה למנוע צעד בעל ארבעה קטבים.
- המערכת תבקר את גודל זווית הסיבוב של המנוע ואת כיוון הסיבוב שלו.
- המערכת כוללת את המנוע, ורכיבים נוספים, חיצוניים, כנדרש.

2. מחבר/מחסר לשלוש סיביות

- מימוש של מחבר-מחסר לשלוש סיביות.
- הצגה של תוצאת החישוב באמצעות רכיב שבעה מקטעים או מערך של דפ"א.
- המערכת כוללת את הרכיב המתכנת, ורכיבים נוספים, חיצוניים, כנדרש.

3. מערכת סינכרונית לגילוי סדרת סיביות

- מימוש של מערכת לגילוי סדרה של סיביות באורך של שלוש סיביות.
- גילוי של הסדרה "101" או של הסדרה "110", לפי בחירת המשתמש. המערכת תציג חיזוי מתאים לסדרה שנבחרה לגילוי.
- המערכת כוללת את הרכיב המתכנת, ורכיבים נוספים, כנדרש.

4. זיכרון לקריאה-כתיבה

- מימוש של זיכרון לקריאה-כתיבה בגודל של חמישה זיכרונות ברוחב של שמונה סיביות כל אחד.
- בקרה של המשתמש על מספר הזיכרון שקוראים ממנו או שכותבים אליו, בקרה של המשתמש לבחירת מצב קריאה או מצב כתיבה, הקלדת המילים על-גבי המקלדת או על-גבי לוח מקשים מתאים לשם העברה לזיכרון, תצוגת מילה נקראת ברכיבי תצוגה מתאימים.
- המערכת כוללת את הרכיב המתכנת, ורכיבים נוספים, כנדרש.
- * הרחבת הפרויקט – ביצוע השקה של המערכת למחשב וכתיבת תכנית לבקרה דינמית של הזיכרון שבפרויקט על-ידי כתיבת קוד מתאים בשיטת "Write-Verify_Read".

5. מד-תדר

- מימוש של מד-תדר למדידת תדרים בטווח תדרים נתון.
- הצגת התדר הנמדד בתצוגת שבעה מקטעים.
- יצירת בסיס זמן למניית הדפקים.
- כתיבת תכנית המממשת מכונת מצבים למניית הדפקים, נעילת המידע הסופי ואיפוס המונה לשם ביצוע מנייה חדשה.
- תכנון של מערכת הפענוח ברכיב המתכנת.
- התדר הנמדד מסופק לרכיב המתכנת ממחולל אותות חיצוני.

* פרויקט שיכיל את ההרחבה המפורטת ייחשב כפרויקט כפול.

6. משדר-מקלט הפועל על-פי עיקרון של מדידת תדר ("אפנון תדר")

(Multi-Frequency Shift Keying) MFSK

- מימוש של מערכת קידוד ושידור של תדרים ומערכת לקליטה ולפענוח של תדרים המייצגים את מידע ספרתי בעל ארבע רמות לפחות.
- המערכת ממומשת באמצעות שני רכיבים בני-תכנות, אחד למשדר ואחד למקלט.
- מערכת המשדר מבוססת על עיקרון של חלוקת התדר למספר תדרים רצויים, בהתאם למספר הרמות של אות המידע הספרתי.
- מערכת המקלט מבוססת על המערכת שמומשה בפרויקט "מד תדר" בהתאמת פענוח מתאים למקודד המשדר.
- כל רכיב מציג בתצוגה מתאימה את התדר המשודרה הנקלט ולא את האות ששודר.
- השידור נעשה באמצעות מוליך יחיד, או באמצעות מערכת משדר-מקלט שאפשר לקנותה מוכנה או להרכיבה כערכה (קיט).

7. משדר-מקלט הפועל כ-UART בתקן RS232

- בניית משדר, TRANSMITTER, המוזן, מקבילית, במילה ברוחב שמונה סיביות, שהוא משדר, טורית, בתקן RS232.
- בניית מקלט, RECEIVER, הקולט, טורית, מילה ברוחב שמונה סיביות.
- המערכת ממומשת באמצעות שני רכיבים בני-תכנות, אחד למשדר ואחד למקלט.
- כל רכיב מציג בתצוגה מתאימה את המילה המשודרת הנקלטת.

8. שעון – מד-עצר

- בניית מד-עצר בתצוגת זמן של: שעות\דקות\שניות\מאות שנייה.
- הפעלת מד-העצר ועצירתו נעשית על-ידי לחיצה על לחצן יחיד.
- תצוגת הזמן נעשית באמצעות רכיב שבעה מקטעים, או באמצעות רכיב LCD.

9. מד-מהירות-תגובה

- בניית מערכת לבדיקת זמן התגובה של האדם. במערכת שני לחצנים. על הנבדק ללחוץ על הלחצן הראשון, ובמהירות המרבית ללחוץ על הלחצן השני.
- לחיצה על הלחצן הראשון תתחיל את מניית הזמן, לחיצה על הלחצן השני תפסיק את מניית הזמן ותציג את הזמן שעבר בין הלחיצה על הלחצן הראשון ובין הלחיצה על הלחצן השני, בתצוגת שבעה מקטעים.
- המערכת תכלול מעגלים מתאימים למניעת ריטוטי הלחצנים בזמן הלחיצה עליהם.

10. מערכת לשמירה ולזיהוי של רצף של שלוש ספרות

- תכנון ובנייה של מערכת הקולטת מלוח המקשים (לדוגמה לוח 3X4) קוד בן שלוש ספרות, ומדליקה נורית זיהוי כאשר הרצף שנלחץ זהה לרצף של שלוש ספרות השמור במערכת.
- המערכת מאפשרת שמירת רצף חדש על-פי דרישת המשתמש.
- התכנית מבצעת סריקה קבועה של לוח המקשים לצורך זיהוי המקש שנלחץ.

11. מעגל לפענוח מקש נלחץ בלוח מקשים

- תכנון ובנייה של מערכת המזהה ומציגה את המקש הנלחץ בלוח מקשים 4X4.
- לחיצה על מקש כלשהו תופיע בתצוגת שבעה מקטעים של המערכת.
- מימוש המערכת הוא באמצעות המעגל המוכלל 74C922 (מפענח מקלדת) או באמצעות הוספת קוד תוכנה מתאים המחליף אותו.
- יש לתכנן מעגלים למניעת הריטוט של הלחצנים בעת הקשה עליהם.
- הרחבה: המקשים A, B, C, D משמשים לייצוג של ארבע פעולות החשבון בהתאמה (+, -, *, /), כך שהמערכת מסוגלת לבצע את כל אחת מן הפעולות על שני מספרים חד-ספרתיים.

12. מעגל להפעלת מטריצה של דפ"א בגודל 8X8

- תכנון ובנייה של מערכת המדליקה, באמצעות מעגל דוחף זרם, מערך של דפ"א בגודל 8X8.
- הפעלת של הנוריות תיעשה באחת משלוש האפשרויות האלה:

אפשרות 1

- הצגה של צורות הנדסיות במטריצה (לדוגמה: ריבוע, מלבן, משולש, מעוין, טרפז וכדומה).
- בחלק מן ההצגות נדרש שימוש בריבוב בזמן.

אפשרות 2

- הדלקת הנוריות באופן שיוצר אשליה של תנועה, באופנים האלה: צורה חלזונית ממרכז המטריצה החוצה, צורה חלזונית מהיקף המטריצה לפנים המטריצה. הדלקת הנוריות מתבצעת בכיוון השעון או נגד כיוון השעון.

אפשרות 3:

- הצגת של מנייה מטה בתחום 10 עד 0.

13. מערכת אוטומטית לבקרת עוצמת האור

- תכנון ובנייה של מערכת השומרת על עוצמת אור קבועה מראש באזור נתון.
- במבוא למערכת מחובר נגד שהתנגדותו תלויה בעוצמת האור הנופל עליו (LDR). המתח על הנגד מוגבר, מוצא המגבר מחובר למבוא של ממיר מאנלוגי לדיגיטאלי (A/D) ומוצא הממיר מחובר למבוא הרכיב המתכנת. על התכנית להשוות בין עוצמת האור בפועל לעצמת האור שנקבעה מראש, ולהדליק נורה של 12 V בשיטת אפנון רוחב הדופק (PWM), כך שעצמת האור הנופל על החיישן תהייה הקרובה ביותר לזו שנקבעה מראש.
- המערכת מבצעת בדיקה ועדכון של עוצמת האור במוצא כל שתי שניות, או כל זמן אחר שנקבע.

14. משדר מורס לשידור של ארבע הודעות קבועות מראש

- תכנון ובנייה של מערכת לשידור קולי של ארבע הודעות, קבועות וידועות מראש, בצופן מורס.
- למערכת מחובר מגבר שמע שלמוצאו מחובר רמקול.
- כל אחת מן ההודעות תהיה באורך של 10 תווים לפחות.
- מהירות השידור ניתנת לשינוי על-ידי המשתמש (שתי מהירויות לפחות).