

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

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
התמחות מערכות מחשוב ובקרה

תכנית הלימודים במקצוע

מעבדת התמחות

סמל מקצוע 11.9215

כיתה י"ד

כסלו תשס"ז (דצמבר 2006)

תכנית הלימודים במקצוע
מעבדת התמחות – 84 שעות

כיתה י"ד

הנחיות לביצוע המעבדה

תכנית הלימודים במעבדת התמחות מורכבת מתכניות לימודים מעשיות במקצועות האלה:

- מערכות מחשוב בקרה ורובוטיקה
- תקשורת מחשבים
- תורת הבקרה
- אלקטרואופטיקה

התלמידים נדרשים לבצע:

שבעה מבין 13 הניסויים במקצוע **מערכות מחשוב בקרה ורובוטיקה**

שלושה מבין ארבעת הניסויים במקצוע **תקשורת מחשבים**

שלושה מבין ששת הניסויים במקצוע **תורת הבקרה**

שלושה מבין שמונת הניסויים ב**אלקטרואופטיקה** (או פרויקט אחד מתוך שבעת הפרויקטים)

פרק ראשון – מעבדה במערכות מחשוב בקרה ורובוטיקה

ניסוי 1: מימוש של בקר אינטגרלי בתוכנה

- א. כתיבת תכנית בשפה עילית למימוש של בקר אינטגרלי.
- ב. הרצת התכנית עבור מבוא מדרגה.
- ג. הצגת אות המוצא מהבקר, באופן גרפי או כאוסף של ערכים ספרתיים.
- ד. חזרה על הסעיפים ב' ו-ג' עבור אות מבוא מסוג שיפוע.
- ה. חזרה על הסעיפים ב' ו-ג' עבור אות מבוא מסוג פרבולה.

ניסוי 2: מימוש של בקר נגזרת בתוכנה

- א. כתיבת תכנית בשפה עילית למימוש של בקר נגזרת.
- ב. הרצת התכנית עבור מבוא שיפוע.
- ג. הצגת אות המוצא מהבקר, באופן גרפי או כאוסף של ערכים ספרתיים.
- ד. חזרה על הסעיפים ב' ו-ג' עבור אות מבוא מסוג פרבולה.

ניסוי 3: מימוש של בקר PID בתוכנה

- א. כתיבת תכנית בשפה עילית למימוש של בקר PID.
- ב. הרצת התכנית עבור מבוא מדרגה.
- ג. הצגת אות המוצא מהבקר, באופן גרפי או כאוסף של ערכים ספרתיים.
- ד. חזרה על הסעיפים ב' ו-ג' עבור אות מבוא מסוג שיפוע.
- ה. חזרה על הסעיפים ב' ו-ג' עבור אות מבוא מסוג פרבולה.

ניסוי 4: ויסות עוצמת האור הנפלט מגוף תאורה בשיטת PWM

- א. חיבור ההדקים של גוף תאורה, באמצעות ממשק מתאים, למוצאי מחשב או למוצאי מיקרובקר, באמצעות ממשק מתאים.
- ב. כתיבת תכנית לוויסות עוצמת האור הנפלט מהנורה בשיטת PWM:
1. לוויסות עוצמת האור הנפלט מהנורה במספר דרגות תאורה בדידות.
2. לוויסות רציף של עוצמת האור (DIMMER), להגדלה רציפה ולהקטנה רציפה של עוצמת האור.

ניסוי 5: שינוי מהירות של מנוע לז"י

- א. חיבור ההדקים של מנוע לז"י למוצאי מחשב או למוצאי מיקרובקר, באמצעות ממשק מתאים.
- ב. כתיבת תכנית לשינוי מהירות המנוע בשיטת PWM.
- ג. הפעלת המנוע במהירויות שונות.

ניסוי 6: בקרת מצב של מנוע לז"י

- א. חיבור ההדקים של מנוע לז"י, שעל צירו מותקן מקודד אופטי, למוצאי מחשב או למוצאי מיקרובקר, באמצעות ממשק מתאים.
- ב. כתיבת תכנית לבקרת מצב יחסית המאפשרת את שינוי ההגבר של המערכת בשיטת PWM.
- ג. הפעלת המערכת, שינוי הזווית הרצויה, מדידת הזווית במוצא.
- ד. מדידת שגיאות הזווית במצב היציב עבור הגברים שונים.

ניסוי 7: בקרת המהירות של מנוע לז"י

- א. חיבור ההדקים של מנוע לז"י, שעל צירו מותקן טכומטר אופטי, למוצאי מחשב או למוצאי מיקרובקר, באמצעות ממשק מתאים.
- ב. כתיבת התוכנה הדרושה לביצוע בקרת מהירות יחסית בשיטת PWM, ויצירת אות התיקון הדרוש.
- ג. הפעלת המערכת, מדידת השגיאה המתקבלת עבור הגברים שונים.

ניסוי 8 : הפעלת רכיב שעון זמן אמת (RTC) באמצעות מיקרובקר

- א. חיבור הרכיב RTC למיקרובקר או למחשב.
- ב. חיבור תצוגת שבעה מקטעים או LCD למיקרובקר.
- ג. כתיבת התוכנה הדרושה לאתחול השעון ולכילול התאריך והזמן, הצגת המידע בתצוגת שבעה מקטעים או על מסך.

ניסוי 9: ביצוע מדידה של אות תקבילי באמצעות מיקרובקר ומחשב

- א. הקמת ערוץ תקשורת טורית בין מיקרובקר למחשב (פרוטוקול RS232).
- ב. חיבור של ממיר מאות תקבילי לאות ספרתי (A/D) להדקי המבוא של מיקרובקר, כאשר במיקרובקר לא מותקן ממיר אינטגרלי כזה.
- ג. חיבור של חיישן תקבילי (למשל חיישן טמפרטורה כדוגמת LM35, או חיישן דומה) לממיר A/D, או ישירות למיקרובקר, אם קיים בו A/D.
- ד. כתיבת תכנית עבור המיקרובקר להמרת האות התקבילי המתקבל מהחיישן לנתון ספרתי ושליחתו למחשב באמצעות ערוץ התקשורת הטורית.
- ה. כתיבת תכנית למחשב המציגה את הנתון המתקבל מהמיקרובקר על מסך המחשב.

ניסוי 10: מערכת זמן אמת לבקרת מצב של שני מנועי לז"י בו-זמנית – באמצעות מיקרובקר

- א. חיבור של רכיב שעון זמן אמת להדקי המבוא של מיקרובקר.
- ב. כתיבת תכנית מתאימה לאתחול השעון ולכילול.
- ג. חיבור ההדקים של שני מנועי לז"י, שעל צירם מותקן מקודד אופטי, להדקי המוצא של המיקרובקר, באמצעות ממשק מתאים.
- ד. כתיבת תכנית הדוגמת במרווחי זמן הניתנים לשינוי את המצב המצוי בשני המנועים, ומבצעת בו-זמנית על שני המנועים בקרת מצב יחסית בשיטת PWM.
- ה. הפעלת המערכת ומדידת השגיאות המתקבלות.

ו. שינוי מרווחי זמן הדגימה ובדיקת השפעת השינוי על תהליך הבקרה ועל השגיאות המתקבלות.

ניסוי 11: הפעלת זרוע רובוטית באמצעות מצלמה

- א. חיבור של מערכת משולבת המורכבת מזרוע רובוטית ומצלמה.
- ב. כתיבה והרצה של תכנית לתיאום בין המצלמה לזרוע הרובוטית.
- ג. כתיבת תכנית לזיהוי כמה גופים על-פי צורתם הגיאומטרית, וסידורם בסדר רצוי.
- ד. כתיבת תכנית לזיהוי גופים על-פי צבעם או על-פי הגוון האפור שלהם, וסידורם בסדר רצוי.

ניסוי 12: פתרון של משוואות דיפרנציאליות באמצעות תוכנת MATLAB

- א. פתרון של משוואה דיפרנציאלית בדידה כלשהי מסדר ראשון, בשיטת טורי חזקות, באמצעות תוכנת MATLAB.
- ב. פתרון של משוואה דיפרנציאלית בדידה כלשהי מסדר שני, בשיטת טורי חזקות, באמצעות תוכנת MATLAB.

ניסוי 13: פתרון של משוואות דיפרנציאליות באמצעות תכנית הכתובה בשפה עילית

- א. כתיבת תכנית בשפה עילית לפתרון של משוואה דיפרנציאלית בדידה מסדר ראשון בשיטת Sequential Procedure.
- ב. כתיבת תכנית בשפה עילית לפתרון של משוואה דיפרנציאלית בדידה מסדר שני בשיטת Sequential Procedure.

פרק שני – מעבדה בתקשורת מחשבים

ניסוי 1: הפעלת יישומי רשת

- א. הפעלת יישום הרשת Ping ליעדים שונים על-ידי שימוש בכתובת IP ובכתובת URL, מעקב אחר תוצאות ההפעלה.
- ב. הפעלת יישום הרשת Tracrt ליעדים שונים, מעקב אחר ניתובי התקשורת בין מחשב המקור למחשב היעד.

ניסוי 2: זיהוי שגיאות

- א. כתיבת תכנית בשפה עילית המדמה שידור של מחרוזת סיביות הכוללת סיביות לאיתור שגיאות במחרוזת, בשיטת CRC או בשיטת LRC-VRC.
- ב. הפעלת התכנית ומעקב אחר הסיביות לאיתור השגיאות במחרוזת תקינה.
- ג. הפעלת התכנית ומעקב אחר הסיביות לאיתור שגיאות במחרוזת המכילה מידע משובש.

ניסוי 3: תקשורת טורית בפרוטוקול RS232

- א. התקנה של כבל למפתח ה-COM של המחשב הכולל קצר בין ההדק TXD להדק RXD במחבר DB25.
- ב. הפעלת תוכנת HyperTerminal והגדרת מצב של תקשורת טורית במפתח ה-COM.
- ג. שידור של תווים מהמקלדת וקליטה שלהם על מסך תוכנת ה-HyperTerminal.
- ד. חיבור המבוא של משקף תנודות להדק TXD במחבר והצגת האותות המתקבלים.
- ה. ניתוח האותות המתקבלים במשקף התנודות עבור: תווים שונים, קצבי עבודה שונים, סוגים שונים של בדיקת זוגיות ואורך שונה של סיביות העצירה.

ניסוי 4: תקשורת טורית בין מחשב ובין התקן חומרה כלשהו

- א. חיבור של התקן חומרה, לדוגמה מיקרובקר, למפתח ה-COM של המחשב.
- ב. הפעלת תוכנת HyperTerminal והגדרת מצב של תקשורת טורית בין המחשב להתקן.
- ג. קליטה של מידע מההתקן והצגתו, כתווים, על-גבי מסך תוכנת ה-HyperTerminal.
- ד. כתיבת תכנית בשפה עילית הקולטת מידע מההתקן ומציגה אותו על המסך (רשות).

פרק שלישי – מעבדה בתורת הבקרה

ניסוי 1: בקרת מצב מנוע D.C. עם משוב טכומטרי (בנוסף למשוב מצב)

- א. הרכבת מערכת לבקרת מצב למנוע לז"י הכוללת משוב מצב בלבד.
- ב. הגדלת הגבר הבקר עד לקבלת תנודות מתרסנות במוצא המערכת, רישום ההגבר שהתנודות המתרסנות מתקבלות בו ראשונות.
- ג. הוספת משוב טכומטרי למערכת ובדיקת השפעתו על הופעת התנודות המתרסנות.

ניסוי 2: חקירה בהדמיה של תגובת מערכות מסדר ראשון ומסדר שני למבואות שונים

- א. תכנון, סרטוט ובנייה של מערכת מסדר ראשון במחשב אנלוגי (באמצעות מעגל סוכם).
- ב. חיבור של אות הלט למבוא המערכת והרצת המערכת.
- ג. מדידה של אות המוצא וסרטוטו.
- ד. שינוי קבוע הזמן של המערכת למספר ערכים שונים וחזרה על מדידה וסרטוט של אות המוצא.
- ה. חזרה על ביצוע הסעיפים ב'-ד עבור המבואות מדרגה ושיפוע.
- ו. תכנון, סרטוט ובנייה של מערכת מסדר שני במחשב אנלוגי (באמצעות מעגל סוכם).
- ז. חיבור של אות הלט למבוא המערכת והרצת המערכת.
- ח. מדידה של אות המוצא וסרטוטו.
- ט. שינוי מקדם הריסון של המערכת למספר ערכים שונים וחזרה על המדידה והסרטוט של אות המוצא.
- י. חזרה על ביצוע הסעיפים ז' – ט' עבור חיבור של אות מדרגה במבוא.

ניסוי 3: פתרון של משוואות דיפרנציאליות בתוכנת MATLAB

- א. כתיבה של משוואה דיפרנציאלית מסדר ראשון בתוכנת MATLAB.
- ב. הרצת התוכנה עבור מבוא מסוג הלט.
- ג. הפקת פתרון גרפי של המשוואה.
- ד. חזרה על ביצוע הסעיפים ב' – ג' עבור מקדמים שונים של המשוואה.
- ה. חזרה על ביצוע הסעיפים ב' – ד' עבור מבוא מסוג מדרגה.
- ו. חזרה על ביצוע הסעיפים ב' – ד' עבור מבוא מסוג שיפוע.
- ז. כתיבה של משוואה דיפרנציאלית מסדר שני בתוכנת MATLAB.
- ח. הרצת התוכנה עבור מבוא מסוג הלט.
- ט. הפקת פתרון גרפי של המשוואה.
- י. חזרה על ביצוע הסעיפים ח' – ט' עבור מקדמים שונים של המשוואה.
- יא. חזרה על ביצוע הסעיפים ח' – י' עבור מבוא מסוג מדרגה.
- יב. חזרה על ביצוע הסעיפים ח' – י' עבור מבוא מסוג שיפוע.

ניסוי 4: ביצוע תהליך בקרה באמצעות בקר פניאומטי.

- א. הכרת המאפיינים ואופן החיבור של בקר הפניאומטי.
- ב. חיבור הבקר במערכת בקרה לבקרת מפלס (או בכל מערכת בקרה אחרת כדוגמת מערכת לבקרת לחץ או מערכת לבקרת מצב).
- ג. קביעת פרמטרי הבקר: הגבר, זמן אינטגרציה, וקבוע הגזירה.
- ד. הפעלת המערכת ומדידת הערכים: מוצא הבקר, השגיאה וערך מצוי.
- ה. שינוי מספר פרמטרים של הבקר ובדיקת השפעת השינוי על: מוצא הבקר, השגיאה וערך מצוי.

ניסוי 5: חקירה בהדמיה של מסנן מעביר נמוכים LP אקטיבי מסדר שני ומסנן מעביר פס BP אקטיבי

מסדר שני

- א. תכנון, סרטוט ובנייה של מסנן אקטיבי LP מסדר שני בתוכנת ההדמיה.
- ב. חיבור של מחולל לאות סינוסי למבוא המסנן LP ושל משקף תנודות למוצא המסנן.
- ג. הרצת ההדמיה, קבלה וסרטוט של אופייני בודה (הגבר וזווית של המסנן LP).
- ד. תכנון, סרטוט ובנייה של מסנן אקטיבי BP מסדר שני בתוכנת ההדמיה.
- ה. חיבור של מחולל לאות סינוסי למבוא המסנן BP וחיבור של משקף תנודות למוצא המסנן.
- ו. הרצת ההדמיה, קבלה וסרטוט של אופייני בודה (הגבר וזווית של המסנן BP).

ניסוי 6: חקירת המקום הגיאומטרי של שורשי המשוואה האופיינית

- א. כתיבת תכנית בשפה עילית למציאת שורשי משוואה אופיינית מסדר שני כתלות במקדם K.
- ב. הרצת התכנית עבור כמה משוואות.
- ג. מיפוי גרפי בתוכנה של השורשים שהתקבלו בסעיף ב', במישור המרוכב.
- ד. כתיבת תכנית בשפה עילית למציאת שורשי משוואה אופיינית מסדר שלישי כתלות במקדם K.
- ה. הרצת התכנית עבור משוואה אופיינית ובדיקת הפתרון.

ניסוי 7: סרטוט עקום ניקויסט של מערכות מסדר ראשון ושל מערכות מסדר שני באמצעות תוכנת

מחשב

- א. * כתיבת תוכנה בשפה עילית למציאה של הערך המוחלט ושל הזווית של מערכת מסדר 0 בעלת קוטב יחיד (שונה מאפס), כתלות בתדר.
- ב. הצגת פתרון גרפי במערכת צירים פולארית.
- ג. חזרה על הסעיפים א' – ב' עבור מערכת מסוג 1 וקוטב יחיד (שונה מאפס).
- ד. חזרה על הסעיפים א' – ב' עבור מערכת מסוג 2 וקוטב יחיד (שונה מאפס).
- ה. ** חזרה על הסעיפים א' – ב' עבור מערכת מסוג 1 ושני קטבים מרוכבים.

* אפשר להשתמש בתוכנות, או בתכניות קיימות, לשם ביצוע הניסוי.
** לשם קבלת השתקפות של עקום ניקויסט יש להתייחס לתדרים שליליים

פרק רביעי – - מעבדה בתקשורת אלקטרואופטית

סביבת העבודה נדרשת לשם ביצוע המעבדה

אפיון המחשב ותכנות ייעודיות

- מחשב אישי הכולל כרטיס קול
- תוכנת MATLAB ו- 2-3 חבילות ייעודיות

מעבדה אופטית

- ספסל אופטי בסיסי
- מקורות אור לייזריים – הליום ניאון, לייזר דיודה אדום (מצביע לייזר)
- כרטיס מצלמה
- אביזרים לספסל האופטי - מתאמים מכניים, שולחנות אופטי סובב.
- רכיבים אופטיים – עדשות, מראה, מקטב, מסובב, מפצל אלומה, מנסרה משולשת, שקופיות מתאימות (חריץ, חריר, חריץ כפול, סריג), סיב אופטי פלסטי (באור של 2-3 מטרים) ומחברים, סיב זכוכית רב-אופני ו מחברים, לוח פלסטי שקוף קטן (בעובי של מספר מ"מ).
- רכיבים אלקטרו אופטיים – פוטודיודה, דפ"א אדום, מקלט ומשדר לסיב פלסטי

מכשירים אלקטרוניים

- ספק כוח (עם בקרת זרם קבוע)
- מחולל אותות - רצוי עם יכולת לחולל פולסים צרים (של מספר nS – ליצורך הדגמת הנפיצה בסיב).
- משקף תנודות - רצוי משקף של 100 MHz.
- מסנן מעביר פס מתכוונן – לתחום השמע.

ניסוי 1: ניסויים באופטיקה גיאומטרית

- א. החזרה באמצעות מראה מישורית.
- ב. שבירה - חוק סנל.
 - ב.1. שבירה במעבר מאוויר למים (האוויר והמים עכורים, כדי לראות את מסלול הקרן).
 - ב.2. מדידת זווית השבירה.
 - ב.3. מציאת הזווית הקריטית במעבר בין מים לאוויר.
 - ב.4. הנחיית אור בתוך פיסת זכוכית.
 - ב.5. הסחת אור שפוגע בניצב ללוח שקוף.
- ב.5.1. ההסחה בתלות בזווית הפגיעה.
- ב.5.2. חישוב מקדם השבירה של לוח הזכוכית מתוך תוצאות המדידה.
- ב.5.3. 3 מטלת MATLAB: חישוב של משפחת גרפי הסחה (עם מקדם השבירה כפרמטר) בתלות בזווית, מציאת, מתוך הגרף שנמדד, מקדם השבירה שעבורו מתקבל ההפרש המזערי.

ניסוי 2: ניסויים ברכיבים אופטיים

- א. מיקבול (קולימציה) של אלומה ממקור נקודתי, באמצעות עדשה מרכזת.
- ב. הדמיה באמצעות עדשה:
 - ב.1. מרכזת.
 - ב.2. מפזרת.
- ג. מדידת ההגדלה של עדשה.

ניסוי 3: ניסויים באופטיקה פיזיקלית

- א. נפיצה – הדגמת נפיצת האור במנסרה
- ב. הדגמת תופעת העקיפה ב:
 - ב.1. חריץ.
 - ב.2. חריר.
 - ב.3. סריג.
- ב.4. החזרת אור לבן ואור אדום מפני תקליטור.

- ב.5. מטלת MATLAB: צילום תבנית העקיפה המקבלת בחריץ באמצעות חיישן CMOS, הפקת קובץ תמונה, והפקת גרף חתך פילוג עוצמת האור. השוואה של הגרף המתקבל מחישוב על - פי נוסחת העקיפה בממד אחד, לגרף המתקבל בניסוי).
- ג. הדגמת תופעת ההתאבכות בין שני חריצים סמוכים.
- ג.1. השפעת קוהרנטיות המקור על איכות תבנית ההתאבכות - ביצוע של ניסוי עבור שלושה מקורות אור: שני מקורות לייזריים (הליום ניאון, דיודה) ו-דפ"א אדום.
- ד. התאבכות של גל עומד – סינון של אורכי גל במעבר דרך שכבה דקה.

ניסוי 4: אפיון של אלומת לייזר

- א. ביצוע של מדידות באמצעות דיודת לייזר אדומה.
- א.1. מדידת התבדרות האלומה.
- א.2. מדידת מעבר אלומה בעדשה מרכזת.
- א.1.1. מיקוד.
- א.2.1. מיקבול (קולימציה).
- א.3. מדידת הספק האלומה בתלות בזרם.
- א.4. בדיקת הקיטוב של האלומה.
- א.1.4. מידת הקיטוב.
- א.4.2. כיוון הקיטוב.
- א.5. יצירת מד התאבכות פשוט – אינטרפרומטר מייקלסון.
- א.6. מדידת אורך הקוהרנטיות (?)
- ב. חזרה על המדידות עבור לייזר הליום ניאון.
- ג. הרחבת האלומה באמצעות בניית טלסקופ פשוט.

ניסוי 5: אפיון של סיב אופטי

- א. סיב פלסטי
- א.1. מדידת המפתח הנומרי.
- א.2. מדידת הפרש מקדמי השבירה בסיב.
- א.3. מדידת הניחות.
- א.4. יעילות הצימוד לסיב – של דפ"א לעומת היעילות של דיודת לייזר.

א.5. המחשת תופעת הנפיצה על רוחב הדפקים בסיב (לשם ביצוע הניסוי נדרשים מחולל ומשקף תנודות לתדר של 100 MHz לפחות).

ב. סיב זכוכית רב אופני – חזרה על ביצוע סעיף 5.1 (למעט בדיקת נפיצה).

ניסוי 6: אפיון של פוטודיודה

א. תגובתיות – ותלותה באורך הגל.

ב. מדידת הספק שווה הרעש (NEP).

ג. השפעת רוחב פס הגילוי על הרגישות - מדידת אות אופטי מחזורי (למשל, דפ"א מאופננת בהתאם) תוך שימוש במסנן מעביר פס (תקבילי) בעל רוחבי פס שונים.

ג.1. מטלת MATLAB: סינון האות הגולמי באמצעות סדרת מסננים ספרתיים.

ד. מדידת שיפור איסוף האור - ע"י הוספת עדשה לפני הגלאי.

ד.1. מדידת התלות במספר המוקד של העדשה

ניסוי 7: ניסויים בערוץ תקשורת סיב-אופטית בסיסי (סיב פלסטי)

א. מדידת ההספק במקלט, בתלות ביעילות הצימוד.

ב. מדידת יחס האות לרעש במוצא – בתלות בניחות, ובעוצמת מקור האור.

ג. מדידת BER – בתלות ביחס האות לרעש.

ד. מטלת MATLAB: חישוב וסרטוט של גרף ה-BER, בתלות ביחס אות לרעש (בהנחה שהרעש הוא גאוס).

ניסוי 8: היכרות עם כלי העבודה של טכנאי מערכת סיבים

א. חיבור סיב למחבר.

ב. חיבור בין שני סיבים.

ג. מדידת ההשפעה של חיבור לא תקין על הניחות.

פרויקטים

א. שלט רחוק אינפרא-אדום

ב. ערוץ קולי אווירי אופטי

ג. ערוץ חוזי אווירי אופטי (אות וידאו ממצלמת CMOS)

ד. ערוץ קול בתקשורת בסיב פלסטי

ה. ערוץ חוזי (אות וידאו) בתקשורת בסיב פלסטי

ו. מצביע לייזר

ז. מד טווח לייזרי.