

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

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

התמחות מערכות מחשוב ובקרה

תכנית לימודים למקצוע

מעבדה במחשוב ובקרה ובמדידות

סמל מקצוע 11.9203

כיתה י"ג

טבת תשס"ז (ינואר 2007)

תכנית הלימודים במקצוע
מעבדה במחשוב ובקרה ובמידות – 60 שעות
כיתה י"ג

<u>מס' שעות</u>	
40	<u>חלק א – מעבדה במחשוב ובקרה</u>
20	<u>חלק ב – מעבדה במידות</u>
<u>סה"כ 60 שעות</u>	

הנחיות לביצוע המעבדה

למעבדה שני חלקים: מעבדה במחשוב ובקרה (חלק א') ומעבדה במידות ומכשור (חלק ב').

חלק א' - מעבדה במחשוב ובקרה

על תלמיד לבצע את כל 8 הניסויים בתכנית הניסויים במעבדה למחשוב ובקרה.

חלק ב' - מעבדה במידות

על התלמיד לבצע את ניסויים 1, 2 ו-3 שהם ניסויי חובה, ולבחור ניסוי אחד לביצוע מתוך הניסויים 4 ו-5.

תכנית הלימודים ההתנסותית במקצוע
חלק א' – ניסויים במחשוב ובקרה (40 שעות)

כיתה י"ג

ניסוי א'1: בדיקת מתמר טמפרטורה

בדיקת מתמר טמפרטורה המבוסס על נגד שהתנגדותו משתנה בתלות בטמפרטורה (RTD). חיבור הנגד בגשר ווטסטון.

לדוגמה: שימוש בנגד מסוג Pt-100 ש התנגדותו ב- 0° היא 100Ω .
א. בניית גשר לקבלת רגישות גבוהה על-ידי חיבור המתמר ו-3 נגדים שהתנגדות 100Ω כנגדי הגשר. מדידת מתח המוצא של המתמר עבור, לפחות, 5 טמפרטורות שונות. סרטוט האופיין של תלות מתח המוצא בטמפרטורה. מדידה וחישוב של הרגישות וסטיית הלינאריות של המתמר.
ב. בניית גשר לקבלת לינאריות גבוהה על-ידי חיבור המתמר ו-2 נגדים בני 1000Ω ונגד של 100Ω כנגדי הגשר. מדידת מתח המוצא של המתמר עבור, לפחות, 5 טמפרטורות שונות. סרטוט האופיין של תלות מתח המוצא בטמפרטורה. מדידה וחישוב של הרגישות וסטיית הלינאריות של המתמר.

ניסוי א'2: הדמיה* של מערכות בקרה מסדר ראשון ומערכות בקרה מסדר שני

הדמיה של תגובת מערכת מסדר ראשון ותגובה של מערכת מסדר שני (עבור מקדמי ריסון שונים) עבור אות מבוא מסוג מדרגה.

א. בנייה, בהדמיה, של מעגל RC טורי, מדידת המתח על הקבל, בתלות בזמן, עבור אות מבוא מסוג מדרגה. סרטוט של גרף תלות מתח הקבל בזמן, מציאת קבוע הזמן של המערכת מתוך הגרף.
ב. בנייה, בהדמיה, של מעגל RLC טורי (עם מקדם ריסון ξ גדול מ-1), מדידת המתח על הקבל בתלות בזמן עבור אות מבוא מסוג מדרגה. סרטוט של גרף תלות מתח הקבל בזמן, מציאת קבוע הזמן ומקדם הריסון של המערכת מתוך הגרף.
ג. חזרה על ביצוע סעיף ב' עבור מקדמי הריסון: $\xi = 1$; $0 < \xi < 1$; $\xi = 0$.

* ניתן להשתמש בתכנת הדמיה למעגלים אלקטרוניים, או בתכנת הדמיה מתמטית כדוגמת אלו הנלמדות במסגרת לימודי הגרעין במעבדת תיב"ם ורכיבים מתכנתים.

ניסוי א3: בדיקת בקר יחסי (פרופורציונלי) - P

- חיבור בקר יחסי (P) תעשייתי (המבקר טמפרטורה לחץ וכדומה) למערכת בקרה וביצוע מדידות במערכת. בדיקת השפעת שינוי ההגבר של הבקר על: השגיאה, זמן התגובה, היציבות של המערכת.
- א. הכרת בקר יחסי P תעשייתי, אופן תכנותו, הכרת אותות המבוא והמוצא מהבקר, אופן חיבור הבקר למתמר ולמפעיל.
- ב. קביעת הגבר הבקר והערך המבוקר הרצוי במוצא המערכת. הפעלת המערכת, מדידה של הערך המבוקר המצוי בתלות בזמן. סרטוט גרף של הערך המבוקר המצוי בתלות בזמן.
- הסקת מסקנות לגבי השגיאה, זמן התגובה והיציבות של המערכת.
- ג. הגדלת הגבר הבקר וחזרה על ביצוע סעיף ב'.

ניסוי א4: בדיקה של בקר סוכם- (אינטגרלי) יחסי - PI

- חיבור של בקר PI תעשייתי למערכת בקרה, הפעלה ובדיקה של המערכת על-ידי שינוי ההגבר וזמן הסכימה של הבקר ובדיקת השפעת השינויים על תגובת הבקר לאות מבוא מסוג מדרגה.
- א. הכרת בקר PI תעשייתי: אופן תכנותו, הכרת אותות המבוא והמוצא של הבקר, אופן חיבור הבקר למתמר ולמפעיל.
- ב. קביעת ההגבר, זמן הסכימה של הבקר. קביעת הערך המבוקר הרצוי במערכת. הפעלת המערכת, מדידה של הערך המצוי בתלות בזמן. סרטוט גרף של ערך המבוקר המצוי בתלות בזמן. הסקת מסקנות לגבי השגיאה, זמן התגובה והיציבות של המערכת.
- ג. הגדלת הגבר הבקר וחזרה על ביצוע סעיף ב'.
- ד. הקטנת זמן הסכימה של הבקר וחזרה על ביצוע סעיף ב'.

ניסוי א5: בדיקה של בקר יחסי- סוכם-גזר (דיפרנציאלי) - PID

- חיבור של בקר PID תעשייתי למערכת בקרה, הפעלה ובדיקה של המערכת על-ידי שינוי ההגבר, זמן הסכימה וזמן הגזירה של הבקר ובדיקת השפעת השינויים על תגובת הבקר לאות מבוא מסוג מדרגה.
- א. הכרת בקר PID תעשייתי: אופן תכנותו, הכרת סוגי אותות המבוא והמוצא מהבקר, אופן חיבור הבקר למתמר ולמפעיל.
- ב. קביעת ההגבר, זמן הסכימה וזמן גזירה של הבקר. קביעת הערך המבוקר הרצוי במערכת. הפעלת המערכת, מדידת הערך המבוקר המצוי בתלות בזמן. סרטוט גרף של הערך המבוקר המצוי בתלות בזמן. הסקת מסקנות לגבי השגיאה, זמן התגובה והיציבות של המערכת.
- הגדלת הגבר הבקר וחזרה על ביצוע סעיף ב'.
- ג. הקטנת זמן הסכימה של הבקר וחזרה על ביצוע סעיף ב'.
- ד. הקטנת זמן הגזירה וחזרה על ביצוע סעיף ב'.

ניסוי א6: כתיבת תכנית בשפה עילית להצגת גודל פיזיקלי הנמדד באמצעות מתמר

- א. חיבור מתמר ספרתי למבוא של מחשב או למבוא של מיקרובקר (או חיבור מתמר תקבילי לממיר A/D), המתמר ממיר טמפרטורה, לחץ, או פרמטר פיזיקלי אחר, למתח.
- ב. כתיבת תכנית בשפה עילית (C למשל) להצגת הערך הנמדד על גבי מסך מחשב או תצוגת מיקרובקר.

ניסוי א7: כתיבת תכנית בשפה עילית להפעלת יחידת קצה תקבילית

- א. חיבור יחידת קצה של מפעיל תקבילי (גוף תאורה, גוף חימום, מנוע) למפתח הפלט של מחשב, או למפתח הפלט של מיקרובקר.
 - ב. כתיבת תכנית מחשב, או תכנית למיקרובקר בשפה עילית לבקרת המפעיל בשיטת PWM.
 - ג. חיבור דוחף זרם למפתח הפלט של המחשב/ מיקרובקר. חיבור גוף תאורה/חימום (הפועל במתח של עד 24 Volt), או מנוע DC לדוחף זרם.
- הפעלת המערכת והרצת תכנית המחשב ובדיקת תקינותה.

ניסוי א8: בנייה והפעלה של מערכת ממוחשבת

- בנייה והפעלה של מערכת ממוחשבת לבקרת ההספק בשיטת PWM, המערכת פועלת בחוג סגור. מעגלי המוצא והמבוא של המערכת מבוססים על המערכות שנבנו עבור ניסויים 6 ו-7.
- א. בניית מערכת בקרה הכוללת מחשב, מעגלי ממשק, מעגלי מבוא ומעגלי מוצא.
- ב. כתיבת תכנית מחשב בשפה עילית להפעלת המערכת. הפעלת המערכת ובדיקת תקינותה.
- ג. בדיקת השפעת שינוי קצב הדגימה של הממיר A/D על הפרמטר המבוקר.

תכנית הלימודים ההתנסותית במקצוע
חלק ב' – ניסויים במדידות ובמכשור (20 שעות)

כיתה י"ג

הנחיות לביצוע הניסויים:

יש לבצע את שלושת הניסויים 1, 2 ו-3 ואחד מהניסויים 4, 5.

ניסוי ב' 1: הכרה הפעלה ובדיקה של ספקי כוח

- א. הכרה של מבנה ועקרון הפעולה של ספק כוח. הפעלה ובדיקה של ספק כוח כפול במצבים: חיבור של ספק כוח יחיד (SINGLE), חיבור מקבילי של ספקי כוח (PARALLEL), חיבור טורי של ספקי כוח (SERIAL). הפעלה ובדיקה של מערכת המורכבת משני ספקי כוח עם הארקה משותפת.
- ב. הכרה של מבנה ואופן הפעולה של רב מודד ספרתי. שימוש ברב המודד למדידה של מתח וזרם במעגל הפועל בזרם-ישר ובמעגל הפועל בזרם חילופין. יש לבצע את המדידה, בכל אחד מהמעגלים, עבור מספר ערכים. ניתוח מתמטי של המדידות הכולל חישובי שגיאות.
- ג. שימוש ברב מודד למדידת התנגדות באמצעות רב המודד עבור מספר התנגדויות. ניתוח מתמטי של המדידות הכולל חישובי שגיאות.

ניסוי ב' 2: הכרה ושימוש במשקף תנודות ומחולל אותות/מונה

- א. הכרת מבנה ועקרון הפעולה של משקף תנודות והבקרים המותקנים בו.
- ב. הכרת מבנה ועקרון הפעולה של מחולל אותות, כולל השימוש במצב מונה (COUNTER) במחולל.
- ג. הכרה ותרגול של בקרי המחולל/מונה.
- ד. חיבור המחולל אל משקף התנודות לשם הכרה ותרגול של אופני העבודה הבאים במשקף התנודות:
1. מדידת מתח צף
 2. X-Y
 3. Auto/Normal
 4. מדידה רב ערוצית
- ה. הכרה ושימוש במצבי צימוד מבוא שונים של משקף התנודות.
- ו. הכרה ושימוש בשיטות דרבון שונות (כולל שיפוע – SLOPE) במשקף התנודות.

ניסוי ב3: ביצוע מדידות באמצעות משקף תנודות המחובר למחולל אותות

- א. מדידה, באמצעות משקף תנודות המחובר למחולל אותות, של:
מתח ישר, מתח חילופין, זמן מחזור של אות מחזורי, הפרש מופע (וחשוב הפרש הזמנים בין האותות הנמדדים).
- ב. קבלת צורות ליסז'ו עבור אות סינוסואידלי וניתוח המידע המתקבל מהן.
- ג. מדידה של זמני עלייה וירידה במעגל ספרתי כתגובה לאות ריבועי המחובר במבואו.
- ד. מדידה של גורם המחזור במעגל ספרתי (DUTY CYCLE).

ניסוי ב4: ביצוע מדידות של רכיבים או מערכות

- א. מדידה וקבלה של עקום הענות של מגבר, או מסנן על מסך משקף התנודות.
- ב. מדידה של אופיין מעבר של רכיב, או מערכת והצגתו על צג משקף התנודות.

ניסוי ב5: הכרה ושימוש בנתח ספקטראלי* (spectrum Analyzer)

- א. הכרה של המבנה של נתח ספקטראלי ואופן השימוש בו.
- ב. הכרה של בקרי הנתח הספקטראלי ואופן השימוש בהם.
- ג. מדידת הספקטרום של אותות מחזוריים והסקת מסקנות מתוך הניתוח המתקבל.
- ד. מדידת הספקטרום של אות המתקבל במגבר והסקת מסקנות מתוך התוצאה המתקבלת במשקף הנתח.

* ניתן להשתמש במשקף תנודות ספרתי המכיל מצב נתח לוגי, או להשתמש בנתח ממוחשב.

ספרות מומלצת (חלק א)

1. **מערכות בקרה ואוטומציה**, פרופ' ד. פסן, הוצאת מכלול (טכניון חיפה).
2. **מערכות משוב ובקרה**, סדרת שאום.
3. **בקרה לינארית**, חלקים א', ב', ג', פרופ' א. פויאר, הוצאת האוניברסיטה הפתוחה.
4. **אלקטרוניקה תעשייתית**, ו. רוזנבלום, הוצאת אורט.
5. **Linear Control System – Convention and Modern**, D'Azzo & Houpis, McGraw-Hill