



משרד החינוך  
המינהל למדע ולטכנולוגיה

# תכנית לימודים

מכטרוניקה      התמחות:

מכשור לבקרה      מקצוע:

י"ג      כיתה:

תשס"ז 2007

# מכשור לבקרה

שעות לימוד:	טכנאי 72 שעות הנדסאי 120 שעות
טרימסטרים:	א, ב, ד, ה
דרישות קדם:	אין
מבחן חיצוני:	לטכנאים – מערכות מכטרוניות א (710921) להנדסאים – מערכות מכטרוניות ב (710923)

## א. מבוא

- מכשירי הבקרה מקשרים בין העולם הווירטואלי של המחשב ובין העולם הפיזי שבו נעשה התהליך המבוקר. את המכשור מחלקים לכן לשתי קטגוריות:
  - חיישנים המעבירים מידע מן העולם הפיזי למחשב
  - מפעילים המעבירים מידע מן המחשב לעולם הפיזי.
- רוב המכשור לבקרה מיוצר על ידי יצרנים שונים ואיש המכטרוניקה צריך להיות מסוגל לבחון את מידת ההתאמה שלהם למערכת על סמך דף הנתונים של הרכיב. קשת השיקולים צריכה לכלול שיקולים הנדסיים, כלכליים ועוד.
- לכן, את ההרצאות יש לקיים תוך שימוש רב ככל האפשר בדוגמאות של שימוש ברכיבי מכשור. בכל מקרה יש להדגיש את הקשר בין העקרונות הפיזיקליים השונים ובין מבנה ואופן הפעולה של המכשיר. יש להדגיש, יתרונות חסרונות, מידת התאמה ליישום (אפליקציה). כאמור, מומלץ מאוד להשתמש בדפי הנתונים שמספק היצרן data sheet (באנגלית) של הרכיבים שבהם דנים. כך יכיר הסטודנט את הסביבה האמיתית של המקצוע ויוכל להשתלב בקלות במגזרים רבים.
- סביבה לימודית. הסביבה הלימודית צריכה לאפשר לסטודנט גישה לאינטרנט, שם יש כמויות אדירות של מידע בנושא מכשור לבקרה.

## ב. מטרות

1. הכרת מושגי יסוד המאפיינים מערכות מכשור.
2. הכרת רכיבי המדידה שבתוכנית לפי תת הנושאים האלה:
  - עקרון פיזיקלי
  - מטרות המכשיר
  - מבנה המכשיר
  - יתרונות וחסרונות
  - אופן פעולתו
3. הכרת מפעילים

## ג. פירוט התכנים (הנושאים)

שעות	נושאי הלימוד	שבוע מס'
3	תפקיד מערכות המכשור במערכות מכטרוניות חשיבות תקנים בממשקי תת המערכות	1
3	מבנה מערכת מידות SI <ul style="list-style-type: none"> <li>■ הגדרת גדלים בסיסיים</li> <li>■ הגדרת ערכים פיזיקליים הנגזרים מהם</li> </ul>	2
3	תחומי אותות מוצא תקניים של מכשירי מדידה <ul style="list-style-type: none"> <li>■ הגבר (רגישות)</li> <li>■ כשר הבחנה (כשר הפרדה) רזולוציה</li> </ul>	3
3	שגיאות מדידה נפוצות <ul style="list-style-type: none"> <li>■ דיוק</li> <li>■ חזרתיות (הדירות)</li> <li>■ חשל (היסטרזיס)</li> <li>■ קוויות והתאמה (לינאריות וקונפורמיות)</li> </ul>	4
	<b>מתמרים</b>	
3	נגד משתנה <ul style="list-style-type: none"> <li>■ מבנה ואופן פעולה</li> <li>■ סוגים וחומרים</li> <li>■ חישובי רגישות</li> </ul>	5
3	מתמר קיבולי <ul style="list-style-type: none"> <li>■ הגדרת קבל וגורמים המשפיעים על קיבול</li> <li>■ שימושים ואופן פעולה איכותי</li> <li>■ שגיאות חזרתיות וחשל</li> </ul>	6
3	מתמר השראתי <ul style="list-style-type: none"> <li>■ הגדרת סליל וגורמים המשפיעים על השראות</li> <li>■ שימושים ואופן פעולה איכותי</li> <li>■ שגיאות חזרתיות וחשל</li> </ul>	7

שעות	נושאי הלימוד	שבוע מס'
	<b>מדידת כוח, תאוצה, מהירות ומיקום</b>	
3	חשיבות מדידת כוח תאוצה מהירות ומיקום במערכות מכטרוניות <ul style="list-style-type: none"> <li>■ דוגמאות למערכות מכטרוניות שבהן מודדים כוח, תאוצה, מהירות ומיקום</li> <li>■ הקשר האנליטי בין ארבעת המשתנים</li> <li>■ יחידות המידה של המשתנים ומשמעותן</li> </ul>	8
3	מדידת כוח ותאוצה בעזרת מד מעוות <ul style="list-style-type: none"> <li>■ שימוש בגשר ויטסטון להגברת אות המוצא</li> </ul>	9
3	מדידת תאוצה בעזרת רכיב גמיש <ul style="list-style-type: none"> <li>■ חישוב מהירות והעתק על סמך תאוצה</li> </ul>	10
3	מדידת מהירות בעזרת מקודד הפרשי incremental encoder <ul style="list-style-type: none"> <li>■ חישוב תדר אותות ביחס לקצב סיבוב</li> <li>■ מדידת תאוצה ודרך בעזרת מקודד הפרשי</li> </ul>	11
3	מדידת מהירות בעזרת טכוגנרטור <ul style="list-style-type: none"> <li>■ טכוגנרטור מתח ישר ומתח חליפין</li> <li>■ תחום מת</li> <li>■ עקרון פעולה</li> <li>■ חישוב מהירות והעתק</li> </ul>	12
3	מדידת מיקום בעזרת מקודד מוחלט <ul style="list-style-type: none"> <li>■ השפעת מספר ערוצים על כושר ההבחנה</li> <li>■ מדידת תאוצה ומהירות בעזרת מקודד מוחלט</li> </ul>	13
3	שנאי הפרשי LVDT <ul style="list-style-type: none"> <li>■ עקרון פעולה של שנאי</li> <li>■ הקטנת חשל</li> </ul>	14
	<b>מדידות טמפרטורה</b>	
3	סולמות למדידת טמפרטורה <ul style="list-style-type: none"> <li>■ המרת יחידות</li> <li>■ הבדל בין חום (אנרגיה) ובין טמפרטורה</li> </ul>	15

שעות	נושאי הלימוד	שבוע מס'
3	מכשירים המבוססים על שינוי נפח או אורך <ul style="list-style-type: none"> <li>■ טרמומטר עם מילוי נוזל</li> <li>■ דו-מתכת</li> </ul>	16
3	מכשירים המבוססים על שינוי בנפח ובלחץ <ul style="list-style-type: none"> <li>■ מערכות עם מילוי גז</li> <li>■ מבנה מד לחץ צינור בורדון</li> </ul>	17
3	חיישנים המבוססים על שינוי בהתנגדות <ul style="list-style-type: none"> <li>■ הכרת נגד פלטינה תקני Pt100</li> <li>■ שימוש בגשר ויטסטון להגברת אות המוצא</li> <li>■ שימוש במגבר חוצץ לבטל העמסת מעגל</li> </ul>	18
3	חיישנים המבוססים על אפקט סייבק – צמד תרמי <ul style="list-style-type: none"> <li>■ עקרון פעולה (אפקט סייבק)</li> <li>■ סוגים תקינים של צמדים תרמיים</li> </ul>	19
3	מדידות ללא מגע <ul style="list-style-type: none"> <li>■ מדידות ללא מגע המבוססות על מדידת אור</li> <li>■ הדמיה תרמית</li> </ul>	20
3	חזרות ומבחנים	21
3	חזרות ומבחנים	22
3	חזרות ומבחנים	23
3	חזרות ומבחנים	24
72	סה"כ	

## ד. דרכי הוראה

1. בזמן הוראת המקצוע יש להדגיש את הזיקה בין העולמות השונים שהמערכת מקשרת ביניהם.
2. חשוב להדגיש שיש קשת רחבה של מוצרים השונים זה מזה בתכונותיהם, בעקרון הפיזיקלי שבו הם משתמשים וכמובן במחיר. תכנון מערכת טוב הוא תכנון המתחשב בצורכי המערכת וביחס עלות תועלת.
3. יש להקפיד על חיבור מתמיד בין תכני השיעור ובין חומר המצוי באינטרנט. מומלץ להקים מאגר מידע של דפי נתונים של רכיבים המצוינים בקורס ולאפשר לסטודנט לבוא אתם במגע ישיר.

## ה. ספרי לימוד מומלצים

מכשור לבקרת תהליכים. מיטלמן יוסף הוצאת אורט.

## ו. רשימת מושגים ומילות מפתח

1. מערכת יחידות תקנית SI
2. הגבר, כשר הבחנה, דיוק, חזרתיות, חשל, קוויות והתאמה.
3. התנגדות, קיבול והשראות
4. תאוצה, מהירות ודרך
5. מד מעוות
6. גשר וויטסטון
7. מקודד הפרשי
8. טכוגנרטור
9. מקודד מוחלט
10. שנאי הפרשי
11. סולמות טמפרטורה
12. דו מתכת
13. צינור קפילרי וצינור בורדון
14. חיישן Pt100
15. צמד תרמי