

# מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

התמחות

## מערכות מחשוב ובקרה

---

תכנית הלימודים בחלופה

מבוא לרובוטיקה

סמל מקצוע: 11.203

עדכון: פברואר 2014

מבוא לרובוטיקה לכיתה י"ב – לימודים עיוניים

מבוא לרובוטיקה לכיתה י"ב – לימודים התנסותיים

חלוקת השעות ללימודי המקצוע **מבוא לרובוטיקה** בכיתה י"ב נתונה בטבלה להלן:

סה"כ			כיתה י"ב		שם המקצוע
כללי	ה	ע	ה	ע	
6	3	3	3	3	מבוא לרובוטיקה

## תוכנית הלימודים במקצוע

### מבוא לרובוטיקה

לימודים עיוניים (כתה י"ב – 90 שעות)

7 שעות	1. מבוא לרובוטיקה
20 שעות	2. מכניקה (פיזיקה)
20 שעות	3. מנועים ומערכות להמרת תנועה
18 שעות	4. חיישנים
25 שעות	5. ראייה ממוחשבת ועיבוד תמונה

## פירוט התכנים – נושאי חובה

7 שעות

### 1. מבוא לרובוטיקה

- 1.1 אפיין סוגי רובוטים ורובוטיקה
- 1.2 הגדרת הרובוט ותרשים המלבנים שלו
- 1.3 סקירת ההתפתחות של רובוטים תעשייתיים
- 1.4 סיווג שדות היישום של רובוטים

20 שעות

### 2. מכניקה (פיזיקה)

- 2.1 גדלים פיסיקליים, יחידות, וקטורים
  - 2.1.1 סטנדרטים ויחידות
  - 2.1.2 התאמה בין יחידות והמרות
  - 2.1.3 דיוק וספרות ערך
  - 2.1.4 אומדנים וסדרי גודל
  - 2.1.5 מערכת הצירים הקרטזית
  - 2.1.6 וקטורים וחיבור וקטורי
  - 2.1.7 רכיבי וקטורים
- 2.2 תנועה לאורך קו ישר
  - 2.2.1 מושג הזמן ומדידתו
  - 2.2.2 מהירות ממוצעת
  - 2.2.3 מהירות רגעית
  - 2.2.4 תאוצה ממוצעת ורגעית
  - 2.2.5 תנועה בתאוצה קבועה
  - 2.2.6 תלות המהירות והמרחק בזמן
  - 2.2.7 מהירות יחסית
- 2.3 חוקי התנועה של ניוטון - דוגמאות וביצוע חישובים מתאימים
  - 2.3.1 כוחות
  - 2.3.2 שיווי משקל והחוק הראשון של ניוטון
  - 2.3.3 מדידת כוחות ושיטות של יחידות
  - 2.3.4 מסה ומשקל
  - 2.3.5 החוק השני של ניוטון
  - 2.3.6 מומנט
  - 2.3.7 מרכז כובד

- 2.4 יישום חוקי ניוטון ושימושם ברובוטיקה
  - 2.4.1 הכוחות בטבע
  - 2.4.2 כוחות מגע וחיכוך
  - 2.4.3 כוח הכובד
  - 2.4.4 דוגמאות יישומיות מתחום הרובוטיקה

- 2.5 תנועה מעגלית
  - 2.5.1 תנועה לאורך קו עקום - הקדמה
  - 2.5.2 מהירות סיבוב ותאוצה סיבובית בתנועה מעגלית
  - 2.5.3 הכוח הצנטריפטלי
  - 2.5.4 דוגמאות לתנועה מעגלית קצובה

## 20 שעות

### 3. מנועים ומערכות המרת תנועה

- 3.1 מבנה ועקרון פעולה של מנועים
  - 3.1.1 מנוע לז"י
  - 3.1.2 מנוע לז"ח
- 3.2 שיקולים בבחירת מנוע הרובוט
  - 3.2.1 השוואת הפרמטרים הקשורים להספק במבוא המנוע: מתח, זרם
  - 3.2.2 השוואת פרמטרים הקשורים להספק מוצא המנוע: מומנט ומהירות סיבוב
  - 3.2.3 שילוב תמסורת והשפעתה על הפרמטרים
  - 3.2.4 אפשרות הבקרה בכל אחד מסוגי המנועים

### 3.3 שיטות הנעה

- 3.3.1 השוואה בין הנעה סינכרונית לבין הנעה אסינכרונית
  - א. הנעה והיגוי
  - ב. שיקולים בבחירת כיוון הגלגלים
  - ג. ביצוע פניות ומשמעותן לבקרת התנועה
- 3.3.2 היגוי מנוע אחד ושני מנועים
- 3.3.3 תצורות מבנה ההנעה
  - א. הנעה דיפרנציאלית
  - ב. הנעת מכונת
  - ג. הנעת תלת-אופן
  - ד. הנעת סינכרו
  - ה. הנעה רגלית

תמסורות ומערכות העברת הספק מכני	3.3.4
א. שימוש בגלגלי שיניים ויחס תמסורת (ביצוע של חישובים מתאימים)	
ב. שימוש ברצועות, בשרשראות ובגלגליות (ביצוע של חישובים מתאימים)	
ג. המרת תנועה סיבובית בתנועה קווית וחישוב ההספק הנדרש מן המנוע	
מקורות הספק והמרת אנרגיה	3.4
סוגי התאים המתאימים לשימוש כמקור הספק לרובוט	3.4.1
שיקולים בבחירת תאים, לעומת שימוש בספק כוח, כמקור הספק לרובוט	3.4.2
המרת אנרגיה חשמלית באנרגיה מכנית ברובוט	3.4.3
נצילות ופיזור הספק	3.4.4
א. אנרגיה מבזבזת ההופכת לחום	
ב. משמעות החימום של רכיבים חשמליים	
ג. שיטות לפיזור חום יעיל	
בקרת המנועים ברובוט	3.5
הסבר מעגלי H-BRIDGE לשליטה על מהירות (PWM) וכיוון מנוע ז"י	3.5.1
תיאור בקרי מנועים – סוגי בקרים, רכיבים מוכללים (H-BRIDGE)	3.5.2
לבקרת מנוע זרם ישר, בקר מנוע צעד	
הסבר המישקים הנדרשים בין המנועים לבקר	3.5.3

## 18 שעות

## 4. חיישנים

חיישני מגע וקרבה	4.1
תיאור המבנה ואופן הפעולה של חיישני מתגים ומישוקם למעבד	4.1.1
תיאור מבנה ואופן הפעולה של חיישני קרבה מגנטיים	4.1.2
תיאור המבנה ואופן הפעולה של חיישני קרבה IR	4.1.3
דוגמאות	4.1.4
חיישני טווח	4.2
הגדרת מושג "טריאנגולציה"	4.2.1
תיאור המבנה ואופן הפעולה של חיישני IR המתבססים על טריאנגולציה	4.2.2
תיאור המבנה ואופן הפעולה של חיישנים אולטראסוניים המתבססים על מהירות הקול	4.2.3
תיאור מבנה ואופן הפעולה של חיישנים המבוססים על אפנון תדר	4.2.4
דוגמאות	4.2.5

4.3	חיישני אור/חום
4.3.1	תיאור מבנה ואופן פעולת חיישנים מבוססים על קרינה אולטרא סגולה
4.3.2	תיאור מבנה ואופן פעולת חיישנים המבוססים על קרינת IR
4.3.3	דוגמאות
4.4	חיישנים נוספים
4.4.1	תיאור מבנה ואופן פעולת חיישן מיקרופון עם המרת תדר למתח
4.4.2	תיאור מבנה ואופן פעולת חיישן פס לבן
4.4.3	תיאור מבנה ואופן פעולת חיישן צבע
4.4.4	דוגמאות
4.5	מישקי חיישן-רובוט
4.5.1	ביצוע תיאום מתחים בין מוצא החיישן למבוא הבקר
4.5.2	המרת תדר למתח מתאים למבוא הבקר
4.5.3	המרת אות תקבילי לאות ספרתי

## 25 שעות

## 5. ראייה ממוחשבת ועיבוד תמונה

5.1	דוגמאות למערכות ראייה ממוחשבת
5.1.1	מערכי CCD
5.1.2	המצלמה הדיגיטלית
5.2	מבוא לעיבוד תמונה
5.2.1	ספרור התמונה: דגימה וכימוי
5.2.2	שיפור התמונה ועיבוד קדם
5.2.3	רעש בתמונה וסילוק רעשים
5.3	שימושי ראייה ממוחשבת במערכות רובוטיות
5.3.1	בקרת איכות ומדידה
5.3.2	זיהוי רכיבים
5.3.3	הנחיית הרובוט
5.3.4	זיהוי אוטומטי של צורות

## תכנית הלימודים במקצוע

### מבוא לרובוטיקה

#### לימודים התנסותיים (כיתה י"ב – 90 שעות)

##### רציונל

הניסויים עם רובוט אוטונומי יערכו בשיטת ה"רובוט הצומח". תחילה יבצעו התלמידים, באמצעות תכנה מתאימה, ניסויים פשוטים הכוללים הפעלת רכיב בודד. בהמשך יבצעו התלמידים ניסויים מורכבים הכוללים: בקרת תנועה, חישה ובקרה בחוג סגור.

באמצעות לימוד בגישה זו רוכשים התלמידים תחילה את הכלים שיאפשרו להם בהמשך הלימוד להפעיל את הרובוט הנייד. לשם כך הם לומדים את מבנה הבקר, מתנסים בתכנות בשפת C (ההנחה היא שהתלמידים למדו את יסודות השפה במסגרת לימודיהם בכיתה י"א), בהפעלת המהדיר ובתהליכי צריבת התכנית בזיכרון הבקר שברובוט. בהמשך מרכיבים התלמידים על בסיס הרובוט רכיבים ומתמרים וכותבים תכניות, ברמת מורכבות הולכת וגדלה, להפעלת הרובוט. במקביל לתהליך ההעמקה של השליטה בהפעלת התכנה מתקיים תהליך של העמקה בהבנת אופן פעולתם של החיישנים השונים המחוברים לרובוט.

בחלק השני של ההתנסות עוסקים התלמידים בראיה ממוחשבת. עיקר הניסויים עוסקים ביישום של אלגוריתמים שונים הקשורים בניתוח ובעיבוד של תמונה.

ההמלצה היא שביצוע הניסויים והפרויקטונים יעשה על-ידי קבוצת תלמידים שמספר חבריה אינו עולה על שלושה.

##### הנחיות לביצוע התכנית

ניתן לבצע את התכנית בשלושה אופנים:

- א. ביצוע ניסויים. בתכנית מוצעים כ-20 ניסויים. היקף הזמן הדרוש לביצוע ניסוי הוא כ-3-4 שעות, למעט ניסויים שנדרש זמן ממושך יותר לביצועם, כמפורט בתכנית.
- ב. ביצוע של שמונה פרויקטונים.
- ג. שילוב בין ביצוע של פרויקטונים ומספר מצומצם של ניסויים.

##### ההתנסות מתבצעת בשלושה אופנים

- א. בדיקה והפעלת חיישנים וציוד מדידה תקני: מחולל אותות, משקף תנודות, רב-מודד וכדומה. באופן זה של ביצוע ההתנסות לא ייעשה שימוש בבקר הרובוט. במהלך ההתנסות יחברו התלמידים חיישנים, במעגלים טיפוסיים להפעלתם, ויבצעו מדידות במעגל.
- ב. הרכבת חיישנים, אביזרים ומפעילים בבסיס הרובוט והפעלתם בשפת C. בין שאר האביזרים שיוקנו יהיה כרטיס הבקר.
- ג. הפעלת מצלמת רשת וכתובת תכנית בשפת C לניתוח התמונות המתקבלות.

##### בביבת העבודה



ההתנסות תתבצע באמצעות הציוד הבא:

- א. ציוד מעבדתי תיקני לבדיקת החיישנים השונים : ספק-כוח, משקף תנודות ורב-מודד.
- ב. חיישנים ומנועים. החיישנים הדרושים הם:חיישן פס לבן, חיישני קרבה מסוגים שונים. מנוע לזרם ישר עם תמסורת גלגלי שיניים (גיר). רצוי שבמנוע יהיה מותקן מקודד אופטי (אנקודר) לביצוע מדידות של דרך ומהירות. לשם הפעלת החיישנים נדרשים רכיבים נוספים.
- ג. כרטיס בקר. כרטיס שבו מותקן בקר זעיר ורכיבים היקפיים נוספים. החלטה לגבי סוג המעבד והכרטיס הרצויים תיעשה בבית הספר.
- ד. בסיס הרובוט. בבסיס יותקנו הרכיבים השונים היוצרים את הרובוט, לרבות: כרטיס הבקר, מנועים, גלגלים, חיישנים. ההתקנה תיעשה באמצעות הברגה, או הדבקה של הרכיבים לבסיס.
- ה. מצלמת רשת, באמצעותה מתבצעים הניסויים בראיה ממוחשבת.

## רשימת הניסויים

לניסויים שלא מצוין לגביהם משך ביצועם ימשכו 3-4 שעורים. לא האחרים מצוין שמשכם כפול

### **ניסוי 1: הדגמת פעולת רובוט**

- א. הדגמה של פעולת רובוט (כדוגמת זה שיבנה במהלך ההתנסות).
- ב. הסבר תהליך ביצוע ההתנסות על אופניו השונים.

### **ניסוי 2: הכרת מבנה ועיקרון הפעולה של כרטיס החומרה הכולל את הבקר (ניסוי כפול)**

- א. תיאור הדקי המעבד ויעודם.
- ב. תיאור המבנה הפנימי של המעבד
- ג. תיאור המעגל החשמלי של הכרטיס.

### **ניסוי 3: ממשק המשתמש וכתובת תכנות בסיסיות (ניסוי כפול)**

- א. הכרת ממשק המשתמש של הבקר והתקשרות מחשב מעבד.
- ב. הפעלת מפתחי הקלט/פלט של המעבד אליהם מחוברים מפסקים ונוריות (גם דפ"א) באמצעות תכנה מתאימה.
- ג. חיבור של חיישן אופטי (LDR) למבוא הפסיקה של המעבד והפעלת החיישן, באמצעות תכנה מתאימה, בשיטת השאילתא ובשיטת הפסיקה.

### **ניסוי 4: הרכבת הרובוט על-גבי בסיס נתון (ניסוי כפול)**

- א. הרכבת המנועים והגלגלים לבסיס הרובוט.
- ב. חיבור המנועים לספק הכוח והפעלתם במתחים שונים, בדיקת השפעת הקוטביות על כיוון הסיבוב.
- ג. חיבור מקודד אופטי לציר המנוע (או שימוש במקודד מובנה במנוע). בדיקת תלות מהירות המנועים במתח המסופק להם. סרטוט גרף תלות מהירות המנוע במתח המסופק.
- ד. העמסת המנוע בעומסים שונים ובדיקת השפעת העמסה על מהירות הסיבוב. (רשות: סרטוט גרף תלות מהירות במומנט המעמס).
- ה. בדיקת תלות ההספק הנצרך מהספק בהעמסה.

### **ניסוי 5: הפעלת המנועים בחוג סגור באמצעות שימוש במקודד**

- א. כתיבת תכנית למניית מספר הדפקים המגיעים מהמקודד.
- ב. שימוש בתכנית שנכתבה לבקרת מצב של הרובוט. לדוגמה, סיבוב במספר מעלות מדויק, תנועה למרחק רצוי.
- ג. חקירת השפעת ההעמסה על מהירות הרובוט. מדידת המהירות תיעשה באמצעות חישוב תדירות הדפקים (מספר הדפקים לשנייה). את ההעמסה ניתן ליצור על-ידי הגדלת השיפוע בזוויות משתנות בדרך בה נע הרובוט.

## ניסוי 6: תנועה לאורך פס לבן

- א. כתיבת תכנית שתניע את הרובוט עד שיאתר את הפס הלבן.
- ב. כתיבת תכנית שתעשה שימוש באופן מדידה דו-ערכי להנעת הרובוט לאורך פס ישר ועקלתוני.

## ניסוי 7: הנעת הרובוט במרחק קבוע מקיר 1

תנועה במקביל לקיר במרחק ללא מכשולים

- א. כתיבת תכנית לבקרת מרחק בחוג סגור כאשר מדידת המרחק נעשית באמצעות חיישן מרחק IR תקבילי.
- ב. כתיבת תכנית לבקרת מרחק בחוג סגור כאשר מדידת המרחק נעשית באמצעות שני חיישני מרחק.
- ג. השוואה בין "איכות" התנועה באמצעות חיישן אחד ושני חיישנים.

## ניסוי 13: שימוש בחיישן אולטרה-סוני (ניסוי כפול)

### ניסוי 8: הנעת רובוט באמצעות בקרת מרחק ובקרת כיוון לאורך מסלול עם מכשולים (ניסוי כפול)

- ניסוי זה נועד לתרגל תנועת רובוט תוך התגברות על מכשולים הניצבים במסלול תנועתו.
- א. כתיבת תכנית להנעת הרובוט מנקודה נתונה לנקודה נתונה אחרת בזמן הקצר ביותר תוך עקיפת מכשולים. התכנית תשתמש לשם הנעת הרובוט בנתונים המתקבלים משלושה סוגי חיישנים שונים. למשל, מצפן אלקטרוני, זוג חיישני מרחק וחיישן פס לבן.

## פרויקטונים

- א. בניית רובוט מרקד
- ב. בניית רובוט Segway
- ג. בניית רובוט עכביש
- ד. בניית מערכת המשלבת בין ראייה ממוחשבת לבין רובוט