

מגמה הנדסה יישומית

מודולה 5 כיתה י"א

תוכנית לימודים בנושא: חיישנים, מנועים ובקרה

30 שעות

מחבר:

מרק ססליצקי

עורכת:

ד"ר אמונה אבו-יונס עלי

ייעוץ מדעי ופדגוגי:

אירנה אוצ'יטל

איתן גרוס

מפמ"ר המגמה:

שלומי אחנין

סמל מגמה: 1150

עדכון: יולי 2026

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים, מור-טק

הפרויקט מבוצע על ידי הטכניון עפ"י מכרז 22/11.2020

הפרויקט מבוצע עבור מינהל חדשנות וטכנולוגיה אגף א' STEM, משרד החינוך

החומר יצא לאור במימון מינהל חדשנות וטכנולוגיה אגף א' STEM, משרד החינוך ומינהלת מל"מ

המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.

תוכן עניינים

1	מבוא לתוכנית הלימודים
1	הגדרת התוכנית
1	מטרות התוכנית
2	חלוקת השעות
2	דגשים דידקטיים
3	תוכנית לימודים בנושא חיישנים, מנועים ובקרה
3	תוכנית לימודים – חלוקה לפרקים
3	פרק 1 – חיישני תנועה (6 שעות)
4	פרק 2 – חיישני סביבה (6 שעות)
4	פרק 3 – מערכות הנעה ומנועים (7 שעות)
5	פרק 4 – עקרונות בקרה (6 שעות)
6	פרק 5 – אינטגרציה ופרויקטון מסכם (5 שעות)
7	הערכה
7	ביבליוגרפיה

מבוא לתוכנית הלימודים

הגדרת התוכנית

תוכנית זו מיועדת לתלמידי כיתה י"א במגמת הנדסה יישומית, לאחר שרכשו ידע בסיסי בתורת חשמל, מערכות ספרתיות ותכנות מיקרו־בקרים. המודולה עוסקת בהיכרות עם מערכות המשלבות חיישנים, מנועים ובקרה בסיסית. במסגרת הלמידה התלמידים יכירו את הקשר בין קליטת נתונים מחיישנים, עיבוד הנתונים במיקרו־בקר, קבלת החלטה לוגית והפעלת מנוע או מפעיל בהתאם לתנאי המערכת. הלמידה תתמקד בקשר שבין:

חיישן - עיבוד נתונים - החלטה לוגית - מנוע/מפעיל - משוב חוזר.

במהלך הלמידה יוצגו דוגמאות למערכות יישומיות כגון רובוט נע, מערכת ייצוב, מערכת מדידה או מערכת אוטונומית בסיסית. הדגש יהיה על הבנת אופן הפעולה של המערכת, שילוב בין רכיביה ובדיקת תקינות פעולתה.

מטרות התוכנית

בסיום המודולה התלמידים יהיו מסוגלים:

1. להסביר את תפקידו של החיישן כמתמר הממיר גודל פיזיקלי לאות חשמלי.
2. להבחין בין אות אנלוגי לבין אות דיגיטלי.
3. לקרוא אותות אנלוגיים ודיגיטליים מחיישנים באמצעות מיקרו־בקר.
4. להסביר את ההבדל בין אות אנלוגי אמיתי לבין אות דמוי־אנלוגי המבוסס על PWM.
5. להפעיל מנוע DC ומנוע סרוו ברמה בסיסית.
6. להסביר את עיקרון הפעולה של לולאת בקרה בסיסית.
7. להבחין בין בקרה ללא משוב לבין בקרה המבוססת על משוב.
8. ליישם בקרה בסיסית בחוג פתוח ובחוג סגור.
9. לחבר ולהפעיל חיישני תנועה וחיישני סביבה בהתאם להנחיות ולמעגלים נתונים.
10. לשלב חיישנים, מנועים או מפעילים ולוגיקת פעולה במערכת אינטגרטיבית בסיסית.
11. להשתמש במידע טכני בסיסי, כגון דפי נתונים, לצורך חיבור רכיבים, בדיקת פעולה ואיתור תקלות.

חלוקת שעות

חלוקת השעות ללימודי מודולה 5 – חיישנים, מנועים ובקרה בכיתה י"א נתונה בטבלה שלהלן:

שם המקצוע	כיתה י"א	סה"כ
	מחצית א	מחצית ב
חיישנים, מנועים ובקרה	1 ש"ש	1 ש"ש
		כללי
		30 שעות

סוג למידה	עיוני	התנסותי	סה"כ
חיישנים, מנועים ובקרה	10 ש'	20 ש'	30 שעות

החלוקה מדגישה למידה המשלבת בסיס עיוני עם התנסות מעשית. החלק העיוני יוקדש להבנת עקרונות פעולה, מושגים מרכזיים ורצף הפעולה של המערכת. החלק ההתנסותי יוקדש לחיבור רכיבים, קריאת נתונים, הפעלת מנועים, בדיקת פעולה ואיתור תקלות.

דגשים דידקטיים

1. הלמידה תתמקד בהבנת מערכת משולבת, ולא בלמידה מבודדת של רכיב בודד.
2. יש להדגיש את הקשר בין חיישן, עיבוד נתונים, החלטה לוגית, מנוע או מפעיל ומשוב.
3. יש לשלב התנסויות מעשיות הכוללות חיבור רכיבים, קריאת נתונים, הפעלת מנועים ובדיקת תקינות.
4. ניתוח תקלות יהיה חלק מובנה מתהליך הלמידה, כולל בדיקת חיבורים, בדיקת קוד ובדיקת קריאות חיישנים.
5. יש לעשות שימוש במדידות בסיסיות באמצעות כלים כגון מולטימטר, ובמידת האפשר גם אוסצילוסקופ.
6. יש לשלב בין ידע בתכנות, בתורת החשמל, במערכות ספרתיות ובעקרונות פיזיקליים בסיסיים.
7. ההתנסויות והפרויקטון המסכם יתבססו על מערכות פשוטות המדמות צורך הנדסי יישומי.
8. הדגש המרכזי יהיה על הבנת הלוגיקה של פעולת המערכת, ולא רק על ביצוע חיבורים טכניים.

תוכנית לימודים בנושא חיישנים, מנועים ובקרה

תוכנית לימודים – חלוקה לפרקים

פרק	נושא	עיוני/ש'	התנסותי/ש'	שעות
1	חיישני תנועה	2	4	6
2	חיישני סביבה	2	4	6
3	מערכות הנעה ומנועים	2	5	7
4	עקרונות בקרה	2	4	6
5	אינטגרציה ופרייקט מסכם	2	3	5
	סה"כ	10	20	30

פרק 1 – חיישני תנועה (6 שעות)

יעדים

1. הגדרת והבנת המושגים תאוצה, מהירות זוויתית וזווית נטייה בהקשר של תנועת גוף.
2. זיהוי תפקידם של מד תאוצה וג'ירוסקופ במערכת למדידת תנועה.
3. קריאת נתונים מחיישן תנועה באמצעות תקשורת I2C או SPI
4. ביצוע כיוול בסיסי של חיישן תנועה וזיהוי חריגות או רעשים במדידה.
5. חישוב או הצגת זווית נטייה על בסיס נתוני החיישן.
6. התנסות מעשית בפיתוח יישום פשוט, כגון מד זווית דיגיטלי או מערכת לזיהוי נפילה.

תכנים

1. מושגי יסוד במדידת תנועה: תאוצה, מהירות זוויתית וזווית נטייה.
2. מד תאוצה: תפקיד החיישן, סוג הנתונים המתקבלים ממנו ושימושים בסיסיים.
3. ג'ירוסקופ: תפקיד החיישן במדידת סיבוב ומהירות זוויתית.
4. קריאת נתונים מחיישני תנועה באמצעות תקשורת I2C או SPI .
5. כיוול בסיסי של חיישן תנועה וזיהוי סטיות במדידה.
6. רעשים במדידת חיישנים וסינון בסיסי של נתונים.
7. חישוב או הצגה של זווית נטייה על בסיס נתוני החיישן.

8. **התנסות:** בניית מד זווית דיגיטלי או מערכת בסיסית לזיהוי נפילה.

פרק 2 – חיישני סביבה (6 שעות)

יעדים

1. הגדרת והבנת תפקידם של חיישני סביבה למדידת טמפרטורה, לחץ, גובה וטווח.
2. חיבור והפעלה של חיישן סביבה אחד לפחות וקריאת נתונים.
3. מיפוי ערכי חיישן לערכים פיזיקליים או לערכים שימושיים במערכת.
4. הבחנה בין קריאת אות אנלוגי לבין קריאת נתונים מחיישן דיגיטלי.
5. זיהוי מצבים של מדידה לא תקינה וביצוע בדיקה בסיסית של מקור התקלה.
6. מימוש מערכת מדידה פשוטה המשלבת שני חיישנים לפחות.

תכנים

1. חיישני סביבה ותפקידם במדידת תנאים פיזיקליים.
2. מדידת טמפרטורה: קריאת ערכים, יחידות מידה ובדיקת תקינות המדידה.
3. חיישן ברומטרי: מדידת לחץ ושימוש בלחץ לצורך הערכת גובה.
4. חיישני טווח: מד טווח אולטרסוני וחיישן ToF
5. אות אנלוגי לעומת נתונים דיגיטליים בקריאת חיישנים.
6. קריאת ערך אנלוגי ממיקרו-בקור ומיפוי הערך לטווח שימושי.
7. שילוב מספר חיישנים במערכת מדידה אחת.
8. **התנסות:** מערכת מדידה רב-חיישנית פשוטה.

פרק 3 – מערכות הנעה ומנועים (7 שעות)

יעדים

1. הסברת עקרון הפעולה הבסיסי של מנוע DC ושל מנוע סרוו.
2. הבחנה בין שליטה במהירות מנוע DC לבין שליטה בזווית של מנוע סרוו.
3. הפעלת מנוע DC באמצעות PWM והסברת כיצד שינוי אות ה- PWM משפיע על פעולת המנוע.
4. חיבור מנוע לדרייבר מתאים וזיהוי תפקידו של H-Bridge בשליטה על כיוון הסיבוב.
5. בדיקת השפעת העומס על פעולת המנוע ותיאור הקשר בין עומס, מהירות וציבוק פעולה.

6. מימוש התנסות בסיסית במערכת הנעה או במערכת ייצוב ציר.

תכנים

1. עקרון פעולה בסיסי של מנוע DC.
2. שליטה במהירות מנוע DC באמצעות אות PWM.
3. מנוע סרוו: מבנה פעולה בסיסי ושליטה בזווית.
4. דרייבר מנוע ותפקידו בהפעלת מנועים ממיקרו־בקר.
5. גשר H: שליטה בכיוון סיבוב של מנוע DC.
6. בקרת מהירות ותפקידה במערכת הנעה.
7. השפעת עומס על פעולת מנוע: מהירות, יציבות וצריכת זרם.
8. **התנסות:** הפעלת מנוע ויישום בסיסי של מערכת ייצוב ציר.

פרק 4 – עקרונות בקרה (6 שעות)

יעדים

1. הבנת ההבדל בין בקרה בחוג פתוח לבין בקרה בחוג סגור.
2. תיאור תפקיד המשוב במערכת בקרה פשוטה.
3. זיהוי במערכת נתונה את הערך הרצוי, הערך הנמדד והשגיאה.
4. הסברת כיצד תיקון שגיאה משפיע על פעולת מנוע או מפעיל.
5. הכרת עקרון הפעולה הכללי של PID ללא פיתוח מתמטי.
6. מימוש לולאת בקרה בסיסית המשלבת חיישן, החלטה לוגית ומנוע.

תכנים

1. בקרה בחוג פתוח ובקרה בחוג סגור.
2. מושג המשוב ותפקידו במערכת בקרה.
3. מרכיבי לולאת בקרה: חיישן, ערך רצוי, ערך נמדד, שגיאה ותגובה.
4. Set Point - הערך הרצוי במערכת.
5. Error - ההפרש בין הערך הרצוי לערך הנמדד.
6. תיקון שגיאה באמצעות שינוי פעולת המנוע או המפעיל.
7. מבוא עקרוני ל־ PID ללא פיתוח מתמטי.

8. התנסות: ייצוב זווית בעזרת חיישן ומנוע.

פרק 5 – אינטגרציה ופריקטון מסכם (5 שעות)

יעדים

1. תכנון מערכת פשוטה המשלבת חיישן אחד או יותר, מנוע או מפעיל, ולוגיקת פעולה בסיסית.
2. מימוש אב-טיפוס בסיסי הפועל על פי תנאי קלט ותגובה מוגדרת.
3. שילוב במערכת משוב למשתמש, כגון תצוגה, נורית, צליל או הודעה.
4. ביצוע בדיקות פעולה בסיסיות וזיהוי תקלות חיבור, תכנות או קריאת חיישנים.
5. תיעוד בקצרה את מבנה המערכת, רכיביה, אופן הפעולה והבדיקות שבוצעו.
6. הצגת מערכת פועלת ברמת הדגמה בסיסית, בהתאם להיקף הזמן שהוגדר.

תכנים

1. תכנון מערכת אינטגרטיבית פשוטה המשלבת חיישן, מנוע או מפעיל ולוגיקת פעולה.
2. בחירת רכיבי המערכת והגדרת תפקידו של כל רכיב.
3. בניית תרשים פעולה בסיסי: קלט, עיבוד, החלטה ותגובה.
4. מימוש אב-טיפוס בסיסי של מערכת פועלת.
5. שילוב משוב למשתמש: תצוגה, נורית, צליל או הודעה.
6. בדיקת תקינות המערכת ואיתור תקלות בסיסיות בחומרה או בתוכנה.
7. תיעוד קצר של מבנה המערכת, שלבי העבודה ותוצאות הבדיקה.
8. הצגת המערכת ברמת הדגמה בסיסית.

דרישות לפרויקטון

בפרק זה התלמידים יתכננו ויממשו אב-טיפוס בסיסי של מערכת המשלבת חיישן, מנוע או מפעיל, ולוגיקת בקרה פשוטה. הדגש יהיה על שילוב בין רכיבי המערכת, בדיקת פעולה בסיסית, איתור תקלות ותיעוד קצר של תהליך העבודה.

דוגמאות לפרויקטונים:

מערכת דמוית רחפן (ייצוב)

רובוט מגיב לסביבה

מערכת ייצוב מצלמה

מערכת מדידה אוטונומית

הערכה

עבודות ביניים – 30%
דוחות מעבדה – 30%
פרויקטון מסכם – 40%

ביבליוגרפיה

חוברת חיישנים ורכיבי קצה:

https://elctronstudy.wordpress.com/wp-content/uploads/2024/07/sensor_projectbook.pdf

ספר לימוד בנושא מערכות בקרה:

<https://meyda.education.gov.il/files/free%20books/%D7%9E%D7%A2%D7%A8%D7%9B%D7%95%D7%AA%20%D7%91%D7%A7%D7%A8%D7%94.pdf>

מערכות בקרה אוטומטי:

<https://campus.ort.org.il/course/view.php?id=27§ion=9>

חומרי עזר בשפה אנגלית.

Engineering and manufacturing control systems. IET – The Institution of Engineering and Technology.

https://education.theiet.org/secondary/teaching-resources/engineering-and-manufacturing-control-systems?utm_source=chatgpt.com

Understanding Control Systems (Playlist):

https://www.youtube.com/playlist?list=PLn8PRpmsu08q8CE0pbZ-cSrMm_WYJfVGd

Webots - Open Source Robot Simulator:

<https://www.cyberbotics.com/>

Onu, P. (2023). *Sensors and actuators (MCT 414 course compact)*. Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Landmark University.

https://www.researchgate.net/publication/374974660_Lecture_Notes_on_Sensors_and_Actuators

de Silva, C. W. (2015). *Sensors and actuators: Engineering system instrumentation* (2nd ed.). CRC Press. ISBN-13: 978-1466506817

Encyclopedia of Electronic Components Volume 3: Sensors for Location, Presence, Proximity, Orientation, Oscillation, Force, Load, Human Input, Liquid ... Light, Heat, Sound, and Electricity by Charles Platt , Fredrik Jansson ISBN-13: 978-1449334314