



משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה

תכנית לימודים

מכטרוניקה

התמחות:

מיקרו-בקרים

מקצוע:

י"ד

כיתה:

תשע"א 2011

מיקרו-בקרים (8051)

שעות לימוד:	הנדסאי 48 שעות עיוני + 48 שעות התנסות
טרימסטרים:	ד, ה
דרישות קדם:	לימוד נושאים מתחום האלקטרוניקה הספרתית (בסיסי ספירה, לוגיקה, אלגברה בוליאנית, אוגרים, מונים)
מבחן חיצוני:	מערכות מכטרוניות ה (710923)

א. מבוא ורציונל

מערכת משולבות מיקרו-בקר משמשת כיום בתחומים רבים של חיינו החל במערכות ביתיות שבהם מתקיים תהליך בקרה (כגון בקרת פעולה של מכונות כביסה, בקרת מנוע מדפסת, בקרת סמפרטורה במזגן, במקרר, במכשיר DVD) וכלה במערכות תעשייתיות וציבוריות שונות (כגון רובוטיקה, תעופה, בקרת תנועה בכבישים, דלתות אוטומטיות בקניון).

הבקר עצמו הוא רכיב אלקטרוני המשלב בתוכו מעבד מרכזי, זיכרונות, טיימרים והתקני קשר לעולם החיצון. יכולת שילובו הפשוטה באופן יחסי במערכות אלקטרוניות ומכטרוניות והעובדה ששילובו מייעל את מבנה המערכת וחוסך ברכיבים עושים את המיקרו-בקר למרכיב מרכזי וחשוב במערכות המכטרוניות. לכן יש חשיבות רבה להכרת המאפיינים של הבקר הזעיר וללימוד עקרונות תכנותו, תפעולו ושילובו המערכות השונות, בהתאם לתיכון המערכת.

משפחת 8051 היא אחת ממשפחות המיקרו-בקרים השכיחה ביותר. המשפחה פותחה במקור על ידי חברת אינטל כבר בשנות ה-80 ועל אף שעבר זמן רב מאז היא עדיין פופולרית ביותר ובעלת יותר מ-100 גרסאות. לימוד תחום המיקרו בקרים דרך משפחת 8051 יאפשר לסטודנטים להכיר ולהתמצא בטווח נרחב של מערכות מכטרוניות משובצות בקרים זעירים וכן להתמצא בתכנות בסיסי של הרכיב בשפה עילית ובשפת סף.

ב. עקרונות

- התכנית תתרכז בהבנת עקרונות פעולתו של המיקרו-בקר, מבנה פנימי, פקודות וכתובת תכניות העושות שימוש בקבלת מידע מהתקני קלט והפעלה של יציאות פלט. דגש מרכזי יינתן להבנת המבנה הפנימי של הרכיב, אפשרויות השיבוץ שלו במערכות בקרה ועקרונות תכנותו בשפת סף ובשפה עילית (C) (48 שעות לימוד תיאורטי).
- התכנית תשלב התנסות מעשית בתכנות והפעלה של מיקרו-בקר מסוג 8031/8051, המשובץ בתוך ערכות ניסויים והדגמה (48 שעות התנסות).

- שילוב החומר התיאורטי וההתנסותי יהיו על בסיס 4 שעות לימוד שבועיות (שעתיים תיאוריה ושעתיים מעבדה) בסמסטר לימודים ארוך (24 שבועות לימוד)
- יש להקפיד על מתן דוגמאות רלוונטיות לחומר הנלמד בקורס זה מתחום המכטרוניקה והרובוטיקה המשלבים מיקרו-בקר עם חיישנים, רכיבי בקרה ומכניקה, יחידות קצה וכיוצא בזה.

ג. מטרות

1. הכרת מושגי יסוד, מבנה ועקרונות פעולה של מיקרו-בקרים ממשפחת 8051 במערכות אלקטרוניות / מכטרוניות ובמערכות משובצות.
2. לימוד שלבי כתיבת תכנית לבקר תוך היכרות עם סוגי ההוראות השונות בשפת C ובאסמבלי והרצתם בהתאם לדרישות התכנית.
3. תרגול הפעלת מיקרו-בקר בערכת ניסוי תוך כתיבה והרצה של תכניות לשליטה על יחידות הבקר, יחידות קצה וחיישנים (התקני קלט ופלט).
4. הבנת ההבדלים העקרוניים בין מערכות והתקנים משובצי מיקרו מעבד, מיקרו-בקר ורכיבים מתוכנתים ואופן השימוש בהם במערכות השונות.

11. פירוט התכנים (הנושאים) – לימוד עיוני

שעות	נושאי הלימוד
	מיקרו-בקרים ממשפחת 8051 (48 שעות)
3	<p>1 מבוא למבנה המחשב:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ חזרה: יצוג מספרים במחשב, עקרונות אלגברה בוליאנית, שערים לוגיים, צופן BCD ו-ASCII, אוגרים ■ מבנה מלבני של מחשב, יחידות עיקריות ואמצעי הקשר ביניהן ■ שלבים בביצוע הוראות
2	<p>2 מבנה המיקרו-בקר ועקרון פעולתו:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ תרשים מלבנים – תת יחידות זרימת מידע (קלט, CPU, זיכרון לסוגיו, פלט, שעון, פסי נתונים, כתובת ובקרה) ■ עקרון פעולת המיקרו בקר. ■ הבדלים עקרוניים בין מיקרו-בקרים שונים. ■ אוגרים ב-8051.
2	<p>3 שלבים בכתיבת תוכנית:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ אלגוריתמים ■ תרשימי זרימה, כללים וסימנים מוסכמים.
2	<p>4 מבוא לשפות תכנות:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ שפת מכונה (machine Language), שפת סף (Assembly) והקשר בינן. ■ הבדלים עקרוניים בין שפת סף ומכונה לשפות עיליות. ■ מבנה הוראה בשפת מכונה
6	<p>5 אסמבלי: (דוגמאות עיקריות בלבד מכל קבוצת הוראות)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הוראות העברת נתונים ■ הוראות אריתמטיות-לוגיות ■ שיטות מיעון ■ דגלים ■ הוראות קפיצה, לולאה וקפיצה מותנית
2	<p>6 דוגמאות לטיפול בסיביות יחידות</p>

שעות	נושאי הלימוד
2	7 ארגון הזיכרון הפנימי, המחסנית ומילת הסטטוס
2	8 עבודה עם מונים פנימיים במיקרו-בקר
2	9 פסיקות (סוגי פסיקה, מיסוך, טבלת כתובות, סדר טיפול, אוגר פסיקות)
2	10 עקרונות עבודה עם פורטים (מפתחים) במיקרו-בקר
3	11 UART – עקרונות תקשורת טורית עם המיקרו-בקר
3	12 עקרונות בתכנות בשפת C51/C: <ul style="list-style-type: none"> ■ מבנה תכנית ■ הנחיות הידור (ספריות פקודות) ■ טיפוסים משתנים וקבועים ■ רישום הערות לתכנית
3	13 פקודות חישוב, פלט לצג, אחסון ערכים
3	14 פקודות קלט ופלט (קליטת נתונים ממקלדת / מפסקים והוצאתם להתקן חיצוני (נוריות, זמזם, מנוע וכיוצא באלה)
4	15 תכניות המכילות הסתעפות ומשפטי תנאי (IF ELSE, IF)
3	16 שימוש בלולאות (For, Do, Do While)
2	17 השוואה / הדגמה בין תפקידי מיקרו מעבדים, מיקרו בקרים ורכיבים מתוכנתים (אלטרה) בהתאם לדרישות המערכת והמשימות. דגמי מיקרו-בקרים והבדלים בניהם (יצרנים, זיכרונות, מפתחים, רכיבי תקשורת טורית, מהירויות עבודה וכיוצא באלה)
2	18 חזרה וסיכום
2	19 מבחן
48	סה"כ

2. פירוט התכנים (הנושאים) – לימוד התנסותי

שעות	נושאי הלימוד
	מעבדה במיקרו-בקרים (48 שעות)
2	1 היכרות עם כרטיס הניסוי: <ul style="list-style-type: none"> ■ תיאור וזיהוי רכיבים, כניסות ויציאות ■ הוראות חיבור והפעלה ■ תוכנות הפעלה
2	2 תוכנת Debugger (ניפוי): <ul style="list-style-type: none"> ■ פתיחה וזיהוי חלונות ■ בדיקה ושינוי תוכן זיכרון ■ מילוי בלוק זיכרון ■ תרגול העברת נתונים בפקודות MOV והרצת תכנית הניפוי
2	3 עבודה עם עורך תכנית: <ul style="list-style-type: none"> ■ כללי כתיבת תוכנית באסמבלי – הוראות, תוויות אסמבלי, הנחיות פענוח (EQU, ORG, END), הגדרות בית/מילה, פקודות עזר לעריכת התכנית.
2	<ul style="list-style-type: none"> ■ פנייה להתקני קלט / פלט (קריאת מפסקים והפעלת נוריות מתאימות)
2	4 עבודה עם פקודות ה-Debugger לניפוי שגיאות, הרצה עד לנקודת שבירה, הצגה ושינוי של תאי זיכרון ואוגרים דוגמה לתכנית הכוללת פקודות הסתעפות / קפיצה
2	5 הכרת אופן עבודת הערכה בתכנות על ידי שפת C הידור, מיקום ויצירת קובצי HEX
2	6 כללי כתיבת תוכנית בשפת C, בדיקתה והרצתה
2	*7 הפעלת צרכן/ים (נוריות Led, ממסר חיצוני) המחוברים לפורט מוצא: הפעלת הצרכנים עם השהיות זמן
4	*8 הפעלת מנוע DC המחובר לפורט המוצא: <ul style="list-style-type: none"> ■ שליטה על מהירות סיבוב המנוע ■ שליטה על כיוון הסיבוב של המנוע

שעות	נושאי הלימוד
4	9* חיבור מפסקים / חיישנים לפורט מבוא (מפסקי P.B ,OFF/NO) הדגמת פתרון לבעיית ריטוטי מפסקים
4	10 עבודה עם אותות אנלוגיים ושימוש בממירי DAC, ADC: לדוגמה: קליטת נתוני תרמיסטור או פוטו-טרנזיסטור והמרתם למצב נוריות
4	11 כתיבה והרצה של תוכנית העושה שימוש בהפעלת טיימרים בבקר
4	12 כתיבה והרצה של תוכנית העושה שימוש בפסיקות
4	13 בקרת מהירות מנוע באמצעות טיימרים ו PWM
4	14 הדגמת פרוטוקולים מתקדמים (SPI, I2C, 2PS) להפעלת רכיבי קלט/פלט (דוגמאות למערכות / פרויקטים מבוקרות מיקרו-בקר העושות שימוש בפרוטוקולים אלו). הדגמת השימוש במיקרו-בקר במערכת משובצת עצמאית.
2	15 חזרה והשלמות
2	16 מבחן
48	סה"כ

ה. דרכי הוראה

1. בזמן הוראת המקצוע יש להדגיש את חשיבות השליטה בשפה, במושגים ובראייה הכוללת של המיקרו-בקר כחלק ממערכת מכטרונית כוללת.
2. יש להציג לסטודנטים דוגמאות רבות ככל האפשר של מעגלים יישומיים בזמן הלימוד, להראות ולהדגים את רלוונטיות הנושאים הנלמדים לתחום העיסוק, לנעשה בתעשייה ולחיים בכלל.
3. מאחר שהלימוד התיאורטי בשפת סף ובשפת C אינו מקיף את כל מאגר הפקודות בשפה, מומלץ להכין לתלמידים קובץ פקודות אסמבלי (הוראות חשבוניות, לוגיות, העברת נתונים, הסתעפות) וקובץ פקודות דומה בשפת C. קבצים אלו יסייעו בידם להשתמש בפקודות בהתאם לצורך וללמוד בעצמם פקודות / הוראות נוספות.

1. רשימת מושגים ומילות מפתח

לנושא מבוא למחשב ולמיקרו-בקרים:

- | | |
|-----------------------------|--|
| 24. הוראה אריתמטית / לוגית | 1. מבנה מחשב |
| 25. קפיצה קרובה / רחוקה | 2. יע"מ – CPU |
| 26. לולאה | 3. פס כתובות, נתונים, בקרה |
| 27. מחסנית | 4. מיקרו בקר / מיקרו מעבד, רכיב מתוכנת |
| 28. סטטוס | 5. זיכרון (RAM, ROM) |
| 29. פסיקה | 6. קלט/פלט |
| 30. מיסוך | 7. שעון |
| 31. פרוצדורה (תת שגרה) | 8. אוגר |
| 32. מפתח / פורט | 9. צובר |
| 33. פרוטוקול | 10. יחידה אריתמטית לוגית (ALU) |
| 34. ניפוי – Debug | 11. מונה מצביע תכנית (PC) |
| 35. עורך – Editor | 12. שפת מכונה |
| 36. מהדר – Compiler | 13. שפת סף |
| 37. צרכנים | 14. שפה עילית |
| 38. מנוע DC, מנוע צעד | 15. מהדר (compiler) |
| 39. PWM (אפנון רוחב פולס) | 16. הבאה וביצוע (Execute, Fetch) |
| 40. מפסקי ON / OFF, PB | 17. אלגוריתם |
| 41. ממירי A/D, D/A | 18. תרשים זרימה |
| 42. תצוגת LCD | 19. תא (סיבית), בית, מילה, איזור בזיכרון |
| 43. פוטו-טרנזיסטור | 20. מצביע אוגר DPTR |
| 44. תרמיסטור (נגד תלוי חום) | 21. מיעון |
| 45. מערכת משובצת | 22. דגלים |
| | 23. הוראת הזזה |

2. ספרי לימוד מומלצים

1. מלול, ש'. **מיקרו בקרים ממשפחת 8051 לפרויקטים בשפת C**. הוצאת שורש, 2009.
2. נחום, א'. **רובוטיקה ומערכות ממוחשבות עם ה-8051**. הוצאות SES מערכות לימוד מדעיות, 2008.
3. נחום, א'. **יסודות הבקר הזעיר 8051**, לימוד ותרגול. הוצאת SES, 1995.
4. נחום, א'. **שפת C ומערכות משובצות**. הוצאת SES, 2007.

ח. הערות

1. את העבודה המעשית יש לבצע במעבדה, על גבי ערכות ניסוי משובצות מיקרו-בקר. **דוגמאות** לערכות נפוצות (נכון לדצמבר 2010)

■ ערכת ניסוי DSM-2095 של חברת SES + ערכת רכיבי קלט/פלט APPLIC-71

■ ערכת ניסוי u-vision של חברת Keil

■ ערכת ניסוי 3CE או CRD2 חברת שיא מערכות (C-Systems)

בכל הערכות שצוינו, כרטיס הניסוי מלווה בספר לימוד, תוכנה, עורך ומהדר לשפת C ולשפת סף ומוצרים נלווים להפעלת התקני קלט/פלט (כרטיסי נוריות / מפסקים / מנועי ז"י או מנועי צעד, תצוגת LCD וכיוצא באלה).

2. בחלק ההתנסותי, **לפחות אחד** מן הסעיפים 7–9 יבוצעו ב-2 אפשרויות (פעם בכתובה בשפת C ופעם בכתובה באסמבלי).

סעיף 14 מתייחס לפרוטוקולים המצויים בחלק מכרטיסי הניסוי בלבד (בתלות במיקרו בקר המשובץ בו). אם אי אפשר להדגים, מומלץ לתאר את אפשרויות השימוש בהם וכן להדגים את תפקוד המיקרו-בקר במערכת משובצת (צריבת תכנית ב-EPROM והפיכת הכרטיס לעצמאי, ללא תלות במחשב שבו נכתבת התוכנה).