

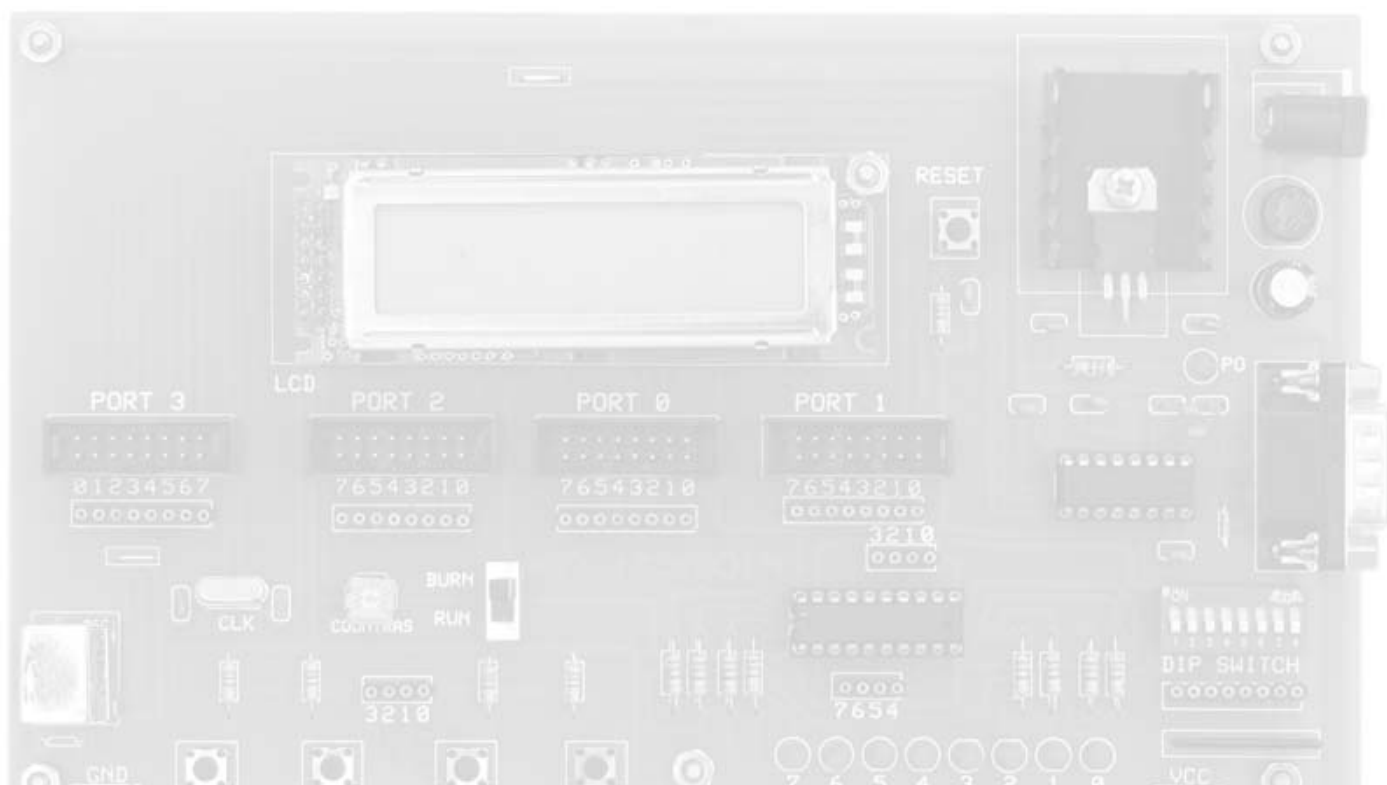
שי מלול

ספר לימוד

מיקרו בקרים

ממשפחת 8051 לפרויקטים

בשפת C



הוצאת שורש

הוצאת שורש (אלי מיטב) 052 – 2671210

email: elmtv@netvision.net.il

web: <http://www.shoresh1.co.il>

©

כל הזכויות על שמורות למחבר

אין לצלם או לסרוק מספר זה ללא אישור מהמחבר או מהמוציא לאור
צילום או סריקה מספר זה ללא אישור הינם עבירה על החוק

(וזה גם לא הוגן)

תוכן עניינים

13	הקדמה.....
14	טכנולוגיית הבקרים ממשפחת 8051.....
15	ייעודו של הספר.....
16	מבנה הספר והמלצות ללומד.....
23	פרק 1: מבוא
24	מבוא למיקרו-בקרים ממשפחת 8051.....
25	מבנה של אריזת DIP של מיקרו-בקר 8051.....
26	פירוט הדקי אריזת DIP של מיקרו-בקר 8051.....
27	מבנה פנימי של מיקרו-בקר ממשפחת 8051.....
28	השוואה בין סוגי מיקרו-בקרים ממשפחת 8051.....
29	חיבור מקור מתח למיקרו-בקר.....
29	חיבור מעגל איפוס – Reset למיקרו-בקר.....
30	חיבור מעגל אקטיבי ליצירת אות שעון.....
32	יחידת עיבוד מרכזית CPU.....
34	מבנה הפורט של הרכיב.....
35	קווי ה-Bus של המיקרו-בקר.....
36	חיבור בין מיקרו-בקר 8051 לרכיב זיכרון חיצוני מסוג ROM.....
37	חיבור בין מיקרו-בקר 8051 לרכיב זיכרון חיצוני מסוג RAM.....
38	כלי פיתוח לסביבת עבודה 8051.....
39	מבוא למיקרו-בקר ממשפחת 89C51.....
40	פירוט הדקי אריזת DIP של מיקרו-בקר 89C51.....
41	מבנה של אריזת DIP של מיקרו-בקר 89C51.....
42	מבנה הפנימי של מיקרו-בקר 89C51.....
43	מבנה הפנימי של היחידות CPU ו-ALU.....
44	הסבר על הרגיסטרים.....
45	הסבר על הדגלים.....
46	הסבר על רגיסטרים כלליים ובנקים.....
47	הסבר כיצד ניתן לכתוב הערות בתוכנת.....
48	כתיבה וקריאה מהפורט.....
53	פרק 2: הכרת מערכת הפיתוח μvision
54	כתיבת תוכנית למיקרו-בקר ממשפחת 8051 בשפת C.....
55	מבוא לסימולציה וקומפילציה.....
56	הפעלת תוכנת μ Vision.....
57	פתיחת פרוייקט.....
60	כתיבת תוכנית עם עורך טכסטים.....
62	הוספת קובץ פרוייקט.....
64	ביצוע קומפילציה לפרוייקט.....
70	שינוי תדר השעון.....
71	יצירת קובץ HEX לצריבה.....

72	.....חלון הסימולציה לפרוייקט
75	.....תרגום שפת C לשפת אסמבלי
76	.....הרצת סימולציה לפרוייקט בעזרת פקודות step
78	.....הוספת משתנים לחלון watch
80	.....פתיחת חלון פורט
81	.....נקודות עצירה
85	.....פרק 3: מבוא לשפת C
86	.....הגדרת קובץ כותרת
87	.....קבצי כותרת
88	.....הוראה srf הוראה sbit
89	.....קובץ כותרת REG_89C51.h
96	.....כתיבת תוכנית למיקרו בשפת C
98	.....הגדרת משתנה
99	.....פקודת השמה / הצבה (assignment)
100	.....סוג הזיכרון
101	.....זיכרון ה-ROM (Read-only Memory)
102	.....הגדרת משתנים בזיכרון ה-RAM (Random Access Memory)
103	.....זיכרון DATA
104	.....זיכרון IDATA
105	.....זיכרון XDATA
106	.....בחירת שם למשתנה
107	.....הגדרת תווית על ידי שימוש בהוראת #define
107	.....קבועים
110	.....משתנים לוקאליים (מקומיים)
110	.....הגדרת כתובת מוחלטת למשתנה
111	.....Casting (הסבה \ המרה)
112	.....אופרטורים (מפעילים)
112	.....אופרטורים אריתמטיים
114	.....הצבה מקוצרת
115	.....ביטויים לוגיים
116	.....אופרטורים לוגיים
117	.....אופרטורים לפעולות לוגיות בסיביות
121	.....אופרטורים של הזזת סיביות
124	.....טבלת קדימויות וסדר ביצוע של אופרטורים
125	.....משפטי תנאי (conditional statement)
125	.....משפט בקרה if
127	.....ביצוע מספר הוראות בפסוק if
128	.....משפט בקרה if _ else
130	.....ביצוע מספר הוראות בפסוק if else
131	.....תנאים מקוננים סולמות if _ else _ if
135	.....ביטוי מותנה
136	.....תרגול

137	פרק 4: לולאות וצריבת פרויקט.....
138	לולאה – while.....
140	לולאה - do while.....
141	לולאה – for.....
144	פקודת break.....
145	הפקודה continue.....
146	משפט הבקרה – switch.....
147	דוגמא לתוכנית המממשת רכיב 8=>3 decoder.....
153	צריבת לוח התרגול.....
153	תוכנת צריבה flash Magic.....
154	הגדרת התקשורת בין המיקרו-בקר למחשב ה-PC.....
157	מחיקת אזורי זיכרון במיקרו-בקר.....
157	בחירת קובץ לצריבה (* .HEX).....
158	פעולות נוספות לביצוע בסיום הצריבה.....
158	הפעלת הצריבה.....
165	דוגמא לתוכנית המשמשת להשהיה.....
169	תרגול.....
171	פרק 5: עבודה עם סיביות וחיבור מתגים לבקר.....
172	משתנה מסוג bit.....
172	הגדרת משתנים מסוג bit.....
174	חלון Logic Analyzer.....
175	חלון configuration של תוכנת Logic Analyzer.....
178	הוספת פרמטר לדגימה לחלון ה- Logic Analyzer.....
183	דוגמא לביצוע סימולציה למונה בחלון Logic Analyzer.....
185	חיבור מתגים למיקרו-בקר ופתרון בעיות ריטוטים.....
185	צורות חיבור אפשריות של מתג למערכת ספרתית.....
186	מניעת ריטוטים בחומרה באמצעות Latch.....
189	מניעת ריטוטים בחומרה באמצעות Scmitt-Trigger.....
192	מימוש מערכת de-bounce בתוכנה.....
192	דוגמאות לתוכניות המשמשות למניעת ריטוטים.....
196	תרגול.....
199	פרק 6: מערכים.....
200	הגדרת מערך.....
202	הגדרת מערך בזיכרון ROM.....
205	הגדרת מערך בזיכרון ה- RAM.....
211	מיון בועות.....
217	הגדרת כתובת מוחלטת למערך.....
218	מחרוזות.....
221	פונקציות ספריה.....
221	ספריה string.h.....
221	פונקציה strcpy.....

222	פונקציה strcpy
223	פונקציה strlen
223	פונקציה strcat
224	מערכים רב-ממדיים
228	מיון מערך דו-ממדי
229	אתחול מערך דו-ממדי במחרוזת
230	תרגול
233	פרק 7: פונקציות
234	פונקציות
236	הגדרת פונקציות
236	פונקציה ללא פרמטרים ואינה מחזירה ערך (void)
238	מחסנית (stack)
240	דוגמא לתוכנית המשמשת להדלקת נוריות LED
243	קריאה לפונקציה מפונקציה משנית
244	הצהרת פונקציות
245	הצהרה על פונקציה
247	משתנים לוקאליים (מקומיים)
248	משתנה סטטי (static)
249	משתנים גלובליים (כלליים)
250	פונקציה המקבלת פרמטרים ואינה מחזירה ערך (void)
254	העברת מערך כפרמטר לפונקציה
256	פונקציה המחזירה ערך
259	כתיבת פונקציות בקבצים נפרדים
262	משתנים חיצוניים (external variable)
264	מימוש shift register
271	תרגול
273	פרק 8: הגדרת קבצי כותרת ומצבעים
274	הכללת קבצי הגדרות (Header File)
277	פקודה typedef
278	קובץ type_var_H.h
279	מצביעים (Pointer)
279	הגדרת משתנה מסוג מצביע
282	העברת פרמטרים לפונקציה על ידי מצביעים
283	מצביעים ומערכים
284	העברת מערך כפרמטר לפונקציה
285	תרגול
287	פרק 9: כתיבה לתצוגת LCD
288	מבוא לתצוגת LCD
289	פירוט הדקי רכיב אריזת התצוגה
293	פקודות בקרה של התצוגה
294	הסבר על הפונקציות הסטנדרטיות לתפעול התצוגה

307	קוד הפונקציות
314	קובץ lcd_play.h
314	פונקציה delay_lcd
315	תוכנית דוגמא לכתיבת הודעה על גבי תצוגת ה- LCD
317	תוכנית דוגמא לכתיבת הודעה תו אחר תו
318	תוכנית דוגמא להופעת הסמן
319	תוכנית דוגמא להבהוב הסמן
320	תוכנית דוגמא להפעלה וכיבוי המסך
321	תוכנית דוגמא להעברת הסמן לתחילת התצוגה
322	תוכנית דוגמא לניקוי מסך התצוגה
323	תוכנית דוגמא למחיקת תו אחד
324	תוכנית דוגמא לכתיבת הודעה החל משורה שנייה
325	תוכנית דוגמא להזזת סמן התצוגה אחורה
326	תוכנית דוגמא להזזת סמן התצוגה קדימה
327	תוכנית דוגמא לכתיבת תווים החל מכתובת מסוימת בתצוגה
328	תוכנית דוגמא להורדת הסמן לשורה שנייה תוך שמירה על מיקום הסמן
328	תוכנית דוגמא להעברת הסמן לשורה ראשונה תוך שמירה על מיקום הסמן ..
329	תרגיל מסכם
331	טבלת סיכום פונקציות התצוגה
332	תרגול
333	פרק 10: עבודה עם פסיקות
334	מבוא לפסיקות
335	ההבדלים בין שיטת הסריקה לשיטת הפסיקה
336	טבלת מקורות פסיקה
336	רגיסטר IE
337	רגיסטר TCON
338	כתיבת שגרת פסיקה
338	דוגמא לתוכניות המשתמשות בפסיקה חיצונית מספר 0
339	הרצת סימולציה לתוכנית אשר מחוברת לפסיקה חיצונית 0
342	חיבור פסיקה חיצונית מספר 0 ללוח התרגול
343	דוגמא לתוכניות המשתמשות בפסיקה חיצונית מספר 1
344	הרצת סימולציה לתוכנית אשר מחוברת לפסיקה חיצונית 1
347	חיבור פסיקה חיצונית מספר 1 ללוח התרגול
348	דוגמא לתוכנית ששגרת הפסיקה כתובה בקובץ נפרד
351	סדר עדיפויות של קבלת פסיקה
352	שינוי סדר קבלת בקשות הפסיקה
352	דוגמאות לתוכניות המשנות את סדר קבלת הפסיקות
360	תרגול
361	פרק 11: הפעלת מוניס ברי תכנות
362	מבוא למונה
362	רגיסטר טיימר 0
362	רגיסטר טיימר 1

363	..... רגיסטר TMOD
364	..... אופן העבודה של המונים
364	..... הסבר מבנה המונים
367	..... רגיסטר TCON
368	..... חישוב זמנים ליצירת השהיה במונה
369	..... דוגמא ליצירת השהיה
370	..... logic Analyzer בחלון
377	..... שגרת פסיקה של מונים
379	..... דוגמאות לתוכניות המשתמשות בשגרת פסיקה של מונה
381	..... דוגמא לתוכנית ששגרת הפסיקה כתובה בקובץ נפרד
383	..... שימוש ב - Timer ליצירת פעולת Time-Out
383	..... דוגמא לתוכנית המשתמשת בפעולת Time – Out
388	..... תרגול
389	..... פרק 12: חיבור לוח מקשים 4X4 למיקרו-בקר
390	..... מבוא ללוח מקשים
390	..... מבנה לוח המקשים
391	..... סריקת לוח מקשים בשיטת אפס רץ
392	..... הסבר על הפרוצדורה לסריקת מקשים
396	..... פונקציה לסריקת לוח המקשים
398	..... כתיבת מספרים שנקלטים מלוח המקשים והצגתם בתצוגה
399	..... סימולציה לקובץ קליטת מספרים מלוח מקשים
405	..... דוגמא לשימוש במקש D למחיקת תווים מהתצוגה
407	..... תוכנית דוגמא לניהול הודעות בעזרת לוח מקשים
418	..... תוכנית מחשבון המבצעת פעולת חיבור בעזרת לוח מקשים
426	..... תרגול
427	..... הסבר תוכנית המשמשת לכתיבת אותיות ספרות ותווים
427	..... טבלה לייצוג תווים, אותיות ומספרים בהתאם למקש שנלחץ
428	..... תוכנית המשמשת לכתיבת אותיות, ספרות ותווים
438	..... תרגול
439	..... פרק 13: עבודה עם תקשורת טורית והתחברות למחשב PC
440	..... מבוא לתקשורת טורית
441	..... תקן RS232
443	..... המשדר ומבנה התשדורת הטורית של UART
445	..... מידע חשמלי ופיסי נוסף על RS232
446	..... סכימת החיבור של רכיב MAX232
447	..... רגיסטר SCON
449	..... רגיסטר SBUF
449	..... דוגמא לשליחת תו בתקשורת טורית
454	..... דוגמא לשליחת הודעה בתקשורת טורית
455	..... דוגמא לשליחת תו בתקשורת טורית על ידי שימוש בפסיקה
457	..... דוגמא לשליחת הודעה בתקשורת טורית על-ידי פסיקה
462	..... דוגמא לקבלת מידע בתקשורת טורית
465	..... דוגמא לקבלת מידע בתקשורת טורית על ידי שימוש בפסיקה

467	.....	LoopBack	בדיקת המחשב והכבל המוצלב באמצעות
469	.....	Terminal	מבוא להפעלת (מסוף)
470	.....	Terminal	פעולות בסיסיות שתכניות מבצעות
473	.....	COMSH	יצירת תקשורת טורית לבדיקת המערכת באמצעות התכנית
478	....	Tera-Term	יצירת תקשורת טורית לבדיקת המערכת באמצעות התוכנה
481	.....	PuTTY	יצירת תקשורת טורית לבדיקת המערכת באמצעות התוכנה
483	.....	HyperTerminal	יצירת תקשורת טורית עם
486	.....	Labview	יצירת תקשורת טורית בתוכנת
497	.....		תרגול
499	.....	פרק 14: פונקציות ספריה	
500	.....		מבוא לפונקציות ספריה
500	.....	stdio.h	פונקציה ספריה
501	.....	printf()	פונקציה
503	.....		תווים לעיצוב מסך הפלט
505	.....		תווי בקרה
509	.....	Casting	(הסבה \ המרה)
510	.....	putchar()	פונקציה
510	.....	puts()	פונקציה
512	.....		פונקציות לקליטה
512	.....	getchar()	פונקציה
512	.....	_getkey()	פונקציה
512	.....	scanf()	פונקציה
512	.....	gets()	פונקציה
515	.....		תרגול
516	.....	math.h	ספריה
517	.....		פונקציות המבצעות פעולת ערך מוחלט
520	.....	pow	פונקציה
522	.....	sqrt()	פונקציה
523	.....	ceil	פונקציה
523	.....	floor	פונקציה
524	.....	modf	פונקציה
525	.....	exp	פונקציה
525	.....	log	פונקציה
525	.....	log10	פונקציה
526	.....	cos	פונקציה
526	.....	sin	פונקציה
526	.....	tan	פונקציה
527	.....	intrins.h	פונקציה ספריה
527	.....	(Rotate)	פונקציות לסיבוב
528	.....	_nop_	פונקציה
529	.....	_testbit_	פונקציה

530	.....string.h ספרייה
532	.....תרגול
533	.....stdlib.h ספרייה
533	.....פונקציות להמרת מחרוזות
534	.....פונקציות ליצירת מספר אקראי
535	.....פרק 15: פרוטוקול PS2
536	..... פרוטוקול PS2
537	..... מבוא ונתונים על הממשק בין מקלדת PS/2 ו Host ברמת ה bit
538	..... בדיקת חיבור מקלדת ללוח התרגול
561	..... הסבר על פונקציה זיהוי מקש
543	..... שיטות לבדיקת זוגיות
546	..... מבוא לתשדורת של המקלדת ברמת ה byte
551	..... טבלת המידע המשודר מהמקלדת ומקודד ב- scan code
554	..... תרגול
555	..... המרה מקוד scan code לקוד ASCII
557	..... טבלה המשמשת להמרה של אותיות קטנות ומספרים
557	..... טבלה המשמשת להמרה של אותיות גדולות ותווים (Caps lock)
560	..... תוכנית להצגת אותיות ומספרים שנקלטים מהמקלדת על התצוגה
563	..... תרגול
564	..... חיבור מיני מקלדת PS2 ללוח התרגול
566	..... המרה מקוד scan code לקוד ASCII
570	..... תוכנית להצגת אותיות ומספרים שנקלטים מהמקלדת על התצוגה
572	..... כתיבת אותיות תווים ומספרים בעזרת מיני מקלדת
573	..... טבלה לייצוג תווים, אותיות ומספרים בהתאם למקש שנלחץ
574	..... תוכנית להצגת אותיות, תווים ומספרים שנקלטים מהמקלדת מיני PS2
576	..... תרגול
577	..... פרק 16: פרוטוקול I2C
578	..... פרוטוקול I2C
579	..... פעולות בסיסיות ברמת הביטים
580	..... הרגישות לתדרים ותזמונים של ה BUS
581	..... פעולת כתיבה וקריאה ברמת ה Bytes
583	..... רכיב I2C-Master
585	..... הסבר פונקציה START והרצת סימולציה
587	..... הסבר פונקציה STOP והרצת סימולציה
590	..... הסבר פונקציה WRITE והרצת סימולציה
598	..... הסבר פונקציה READ והרצת סימולציה
608	..... סיכום תקשורת בפרוטוקול I2C
609	..... חיבור התקני I/O בעזרת רכיבים חיצוניים למיקרו-בקר
609	..... חיבור בין המיקרו-בקר לרכיב 8255
610	..... רכיב הרחבה PCF8574 הפועל בפרוטוקול I2C
610	..... מבנה של אריזת DIP של רכיב PCF8574

611	.....	מבנה פנימי של רכיב PCF8574
611	.....	פירוט הדקי אריזת DIP של רכיב PCF8574
612	.....	סכימת החיבור של לוח מקשים 4x4 ושמונה led's לרכיב הרחבה
612	.....	הסבר תוכנית להפעלת שמונה LED's שחוברו לרכיב הרחבה
617	.....	סכימת החיבור בין לוח התרגול לבין לוח Wire Wrap שמכיל רכיבי הרחבה
617	.....	סריקת לוח מקשים שמחובר לרכיב הרחבה
627	.....	רכיב טמפרטורה TC74 הפועל בפרוטוקול I2C
628	.....	תרגול
629	.....	פרק 17: פרוטוקול SPI
630	.....	פרוטוקול SPI
631	.....	מבנה התשדורת בפרוטוקול
631	.....	הרגישות לתדרים ותזמונים של ה-BUS
631	.....	רכיב SPI-Master
632	.....	צורת החיבור של Master אחד לכמה רכיבי Slave
632	.....	הסבר פונקציה read_write_spi והרצת סימולציה
640	.....	חיבור זיכרון חיצוני 25AA256 הפועל בפרוטוקול SPI
640	.....	מבנה של אריזת DIP של רכיב 25AA256
640	.....	פירוט הדקי אריזת DIP של רכיב 25AA256
640	.....	טבלה המרכזת את הוראות הכתיבה והקריאה מרכיב הזיכרון
641	.....	הסבר על תהליך הכתיבה
642	.....	הסבר על תהליך הקריאה
642	.....	דוגמא לתוכנית שמבצעות כתיבה וקריאה מרכיב זיכרון 25AA256
647	.....	סכימת החיבור בין לוח התרגול לרכיב הזיכרון 25AA256
649	.....	תרגיל מסכם
650	.....	חיישן הטמפרטורה LM74
650	.....	רעיון לפרוייקט ב-SPI
651	.....	פרק 18: שילוב בין כתיבה בשפת C ושפת אסמבלי
652	.....	מבוא לשפת אסמבלי
655	.....	ריכוז פקודות באסמבלי למיקרו-בקר 8051
660	.....	כתיבת תוכנית למיקרו-בקר ממשפחת 8051 בשפת C ושפת אסמבלי
662	.....	כללים לשילוב כתיבה בין שפת C לשפת אסמבלי
663	.....	דוגמאות לתוכניות המשלבות קבצים הכתובים בשתי השפות
674	.....	תרגיל מסכם
675	.....	פרק 19: נספחים
676	.....	טבלת ASCII
679	.....	פונקציות ספריה של הקומפיילר של חברת Keil
679	.....	פונקציה ספריה ABSAACC.H
680	.....	פונקציה ספריה ASSERT.H
681	.....	פונקציה ספריה INTRINS.H
682	.....	פונקציה ספריה MATH.H

683	.....	SETJMP.H	פונקציה ספריה
683	.....	STDDEF.H	פונקציה ספריה
684	.....	STDIO.H	פונקציה ספריה
685	.....	STDLIB.H	פונקציה ספריה
686	.....	STRING.H	פונקציה ספריה

הקדמה

מידע על ספר נלווה לספר הנוכחי

ספר זה הוא אחד משני ספרים של המחבר שי מלול בהוצאת שורש שנכתב בנושא מיקרו-בקרים 8051.

- ספר לימוד: מיקרו בקרים ממשפחת 8051 לפרויקטים בשפת אסמבלי.
- ספר לימוד: מיקרו בקרים ממשפחת 8051 לפרויקטים בשפת C (ספר זה)

למרות שמדובר בשני ספרים נפרדים, הספרים יכולים להילמד כיחידות משלימות אחת את האחרת. כל אחד משני הספרים הני"ל מלמד את הארכיטקטורה של המיקרו-בקר, את המשאבים הפנימיים שלו ואת היכולות שלו, ומביאים את הקורא עד לרמה של יכולת ביצוע פרויקטים.

נוח לפתח פרויקטים גם באופן משולב, כלומר הן בשפת C והן בשפת אסמבלי. צורת עבודה כזו מאפשרת לפתח פרויקטים מורכבים ביעילות רבה יותר. כאשר אנו עובדים באופן משולב בין שתי השפות אנו נהנים משני העולמות. קטעי קוד בהם יש חשיבות למהירות הביצוע או גודל התוכנית יכתבו בשפת האסמבלי. קטעי קוד מורכבים יוכלו להיכתב באופן ידידותי למשתמש ובנוחות רבה בשפת C. בנוסף לכך השימוש בשפת C פותח בפנינו את היכולת להשתמש במשאבים שונים של שפת C, כגון פונקציות ספרייה.

טכנולוגיית הבקרים ממשפחת ה - 8051

ספר זה מתמקד במיקרו-בקרים ממשפחת ה - 8051 ובעיקר בנגזרות המודרניות שלו שנקראות – 89C51. הנגזרות המודרניות של מעבד זה, מיוצרות כיום על ידי חברות רבות, כגון:

Analog Devices ,Oki ,SST ,Hynix ,TDK ,TI ,Infineon ,Philips ,Dallas ,Atmel ,Winbond ,ST Microelectronics ,ISSI ,Cypress ,Acer Lab והן גרסאות משופרות של הארכיטקטורה המקורית של חברת אינטל. בקרים אלו שימושיים בפרויקטים מעשיים רבים בתעשייה. מדובר באחד מהבקרים הנפוצים ביותר בתעשיית האלקטרוניקה!

למיקרו בקרים ממשפחת ה - 8051 קיימות מערכות פיתוח (Development Systems) מאוד משוכללות, שרצות תחת Windows. מדובר בדרך כלל בסביבות עבודה שכוללות בתוכן באופן מובנה, מספר כלי תוכנה (Integrated Design Environment) כגון: Editor, מערכת ניהול פרויקטים, תכנית אסמבלר, קומפיילר משפות גבוהות (כמו C), מקשר (Linker), סימולאטור גרפי ומנפה שגיאות (Debugger). כלים אלו מאפשרים לפתח פרויקטים מורכבים בזמן קצר יחסית, ועוזרים ללומד להכיר את הארכיטקטורה ושפת האסמבלי של הבקר הנלמד. מדובר בכלים של חברות כדוגמת: Keil, Raisonance, Hi-Tech Software, SPJ Systems, Avocet Systems, Crosssware, BiPOM Electronics וכלים דומים של חברות אחרות. לכלי תוכנה מסוג זה יש בדרך כלל גם גרסאות חופשיות מוקטנות או גרסאות מאוד מוזלות למוסדות לימוד. בדרך כלל הלומדים יכולים גם לתרגל בעצמם בבית באמצעות גרסאות מיוחדות לסטודנטים. ניתן למצוא באינטרנט גם מגוון כלי תוכנה נפרדים (כגון אסמבלר, קומפיילר, סימולטור), שהם חופשיים וניתנים להורדה (למשל: SDCC, ASEM-51, JSIM-51, Crimson). עבודה עם כלים נפרדים היא כמובן פחות נוחה.

בספר זה בחרנו להתמקד בכלי הפיתוח iVision של חברת Keil, שנחשב לאחד מכלי הפיתוח החזקים ביותר והנפוצים ביותר בתעשייה. כל התרגילים בספר זה ניתנים להרצה באמצעות גרסת הסטודנטים של הכלי, שניתנת להורדה באתר הבא:

www.keil.com/demo/eval/c51.htm

למרות מה שנאמר כאן, גם לומדים שברשותם כלי פיתוח אחרים יוכלו להפיק מספר זה תועלת רבה.

רכיבים ישנים של משפחת ה-8051 תוכנתו בעבר באמצעות צריבת רכיב זיכרון חיצוני מסוג EPROM. בנגזרות המודרניות של רכיבים אלו, רכיבים המכילים באופן מובנה בתוכם זיכרון מסוג Flash. ניתן לצרוב רכיבים אלו באופן ישיר ובנוחות רבה - מבלי שיש צורך לשלוף אותם מהלוח. הספר מדגים שימוש בתוכנות צריבה Flash Magic של חברת Philips שניתן להורידה חינם באינטרנט. למרות הבחירה הנ"ל ניתן לצרוב רכיבים של חברות מקבילות באופן דומה.

ייעודו של הספר

ספר זה הינו ספר מעשי ומטרתו העיקרית היא ללמד כתיבה בשפת C, למשפחת מיקרו-בקרים 8051. כמו כן, ספר זה מקנה את הידע הדרוש להכנת פרויקט. יתרה מכך, ניתן להשתמש בדוגמאות ובקודים המוצגים בספר, לשם הכנת פרויקטים בתחום המיקרו-בקרים.

הקניית הידע בספר זה מתבצעת על ידי תרגול מובנה, שנעשה הן באמצעות סימולציה והן באמצעות הרצה על לוח תרגול, תוך מתן הסברים רבים ודוגמאות.

ספר זה יסייע להנדסאים ומהנדסים לבצע היכרות מעמיקה עם אחד מהמיקרו-בקרים, הנפוצים ביותר בתעשייה.

הספר מתאים לשימוש כספר לימוד לסטודנטים במכללות של מה"ט ומשרד החינוך, במכללות אקדמיות ובאוניברסיטאות הן במעבדות והן במסגרת מקצועות תיאורטיים.

הקורא ייחשף בספר לנושאים מגוונים, כגון:

- ◆ מבנה הבסיסי של משפחת מיקרו-בקר 8051 ונגזרות מודרניות של 89C51.
- ◆ הכרת מערכת הפיתוח μ Vision.
- ◆ הכרת פקודות שפת C וכתיבת תוכניות.
- ◆ יצירת פרויקט והירכייה.
- ◆ צריבת פרויקטים לכרטיס התרגול.
- ◆ כתיבת תוכניות שונות להפעלת נוריות LED.
- ◆ חיבור מתגים וקריאתם ומניעת ריטוטים.
- ◆ עבודה עם רכיבי זיכרון פנימיים של המיקרו-בקר.
- ◆ כתיבת פונקציות והכרת המחסנית.
- ◆ כתיבה לתצוגת LCD.
- ◆ סריקת לוח מקשים (למשל לוח מקשים 4X4).
- ◆ עבודה עם פסיקות.
- ◆ הפעלת מונים ברי תכנות וטיימרים.
- ◆ עבודה עם תקשורת טורית והתחברות למחשב PC.
- ◆ הכרת פונקציות ספרייה.
- ◆ התחברות למקלדת בפרוטוקול PS2 ודוגמאות לקריאת תווים מהמקלדת.
- ◆ פרוטוקול I2C ודוגמאות לרכיבים שונים כולל רכיבי הרחבה.
- ◆ פרוטוקול SPI ודוגמאות לכתיבה וקריאה מרכיבי זיכרון.
- ◆ שילוב בין כתיבה בשפת C ושפת האסמבלי.

מבנה הספר והמלצות ללומד

הגישה המקובלת בקורסים רבים במיקרו-בקרים, במכללות ובאוניברסיטאות, היא לחשוף את הלומד לנושא זה, **תחילה באמצעות שפת האסמבלי**. תיאורים בשפת אסמבלי נחשבים לקרובים יותר לעולם החומרה (בהשוואה לתיאור בשפות גבוהות). לעומת זאת, פרויקטים שנעשים באופן מעשי באקדמיה ובתעשייה, נעשים בדרך כלל בשילוב בין שפת האסמבלי ושפת C או ++C. במלים אחרות, החשיפה לשפות הגבוהות נעשית בדרך כלל בשלב מאוחר יותר של הלימוד, כאשר הלומד נמצא בשלב פיתוח פרויקטים. ספר זה מלמד כתיבה בשפת C למיקרו-בקרים ממשפחת 8051 לשם פיתוח פרויקטים. ספר זה מציג גם את נושא השילוב עם שפת אסמבלי בפרק 18 בלבד. לימוד **מלא** של כתיבת תוכניות בשפת אסמבלי, יעשה כפי שנאמר קודם, בספר נוסף שנקרא "ספר לימוד מיקרו-בקרים ממשפחת 8051 לפרויקטים בשפת אסמבלי".

להלן רשימת הפרקים שבספר:

1. מבוא.
2. הכרת מערכת הפיתוח µvision.
3. מבוא לשפת C.
4. לולאות וצריבת פרויקט.
5. עבודה עם סיביות וחיבור מתגים לבקר.
6. מערכים.
7. פונקציות.
8. הגדרת קבצי כותרת ומצביעים.
9. כתיבה לתצוגת LCD.
10. עבודה עם פסיקות.
11. הפעלת מונים ברי תכנות.
12. חיבור לוח מקשים 4x4 למיקרו-בקר.
13. עבודה עם תקשורת טורית והתחברות למחשב PC.
14. פונקציות ספריה.
15. פרוטוקול PS2.
16. פרוטוקול I2C.
17. פרוטוקול SPI.
18. שילוב בין כתיבה בשפת C ושפת אסמבלי.
19. נספחים.

להלן תיאור קצר של פרקי הספר :

פרק 1- מבוא

בפרק זה נעשית היכרות בסיסית עם החומרה של המיקרו בקר. בפרק זה תלמד כיצד בנוי הבקר באופן פנימי וכיצד מחברים אותו לרכיבים חיצוניים. כמו כן, בפרק זה תכיר כמה מההבדלים הקיימים בין המשפחות של 8051 ו-89C51.

פרק 2 - הכרת מערכת הפיתוח μ vision

בפרק זה תבצע היכרות בסיסית עם מערכת הפיתוח μ Vision. הפרק דן בכמה מהיכולות המרכזיות של מערכת הפיתוח כגון: פתיחת פרויקט, כתיבה עם עורך טכסטים, קומפילציה, סימולציה, יצירת קובץ לצריבה. בנוסף לכך פרק זה עוסק בהכרת המבנה הבסיסי של תכנית בשפת C.

פרק 3 - מבוא לשפת C

פרק זה עוסק בהכרת שפת C. שפת C היא שפה סטנדרטית שאולי מוכרת לך ממסגרת של קורסים קודמים שבהם ככל הנראה כתבת קוד בסביבת מחשב PC. למרות שבפרק זה מדובר באותה שפה, בפרק זה יינתנו כמובן דגשים על כתיבה מול מיקרו-בקר שעשויה להיות מעט שונה מכתובה בסביבה של מחשב PC. פרק זה עוסק בנושאים הבאים: הגדרת קובץ כותרת המשמש להקצאת הרגיסטרים הכלליים, הרגיסטרים המיוחדים, הפורטים, הדקי הרכיב וכו'. כתיבת תוכנית למיקרו בשפת C, הגדרת משתנים, שימוש בהוראות #define, אופרטורים אריתמטיים (חשבוניים), אופרטורים לוגיים, פעולות של הזזת של סיביות. הכרות עם נושאים אלו יאפשרו לך ליצור בעצמך תכניות פשוטות. באמצעות תכניות פשוטות אלו תוכל לבצע תרגול נוסף של הכלים הבסיסיים שמצויים בכלי הפיתוח Keil.

פרק 4 - לולאות וצריבת פרויקט

פרק זה עוסק בלולאות (Loops). בפרק זה גם תלמד על לולאות מסוג while, do while ו-for. כמו כן, בפרק זה תלמד על פקודות break ו-continue. וכיצד להשתמש בתוכנת הצריבה Flash Magic של חברת Philips, לשם צריבת פרויקט ללוח התרגול.

פרק 5 - עבודה עם סיביות וחיבור מתגים לבקר

פרק זה מחולק לשלושה חלקים:

בחלק הראשון של הפרק תלמד להגדיר משתנים מסוג Bit וכיצד ניתן לפנות לסיבית מסוימת מרגיסטר ACC או מפרוט מסוים. בנוסף, תלמד כיצד ניתן ליצור לולאות המושפעות מסיביות. החלק השני של הפרק מבצע הכרות עם כלי מאוד חשוב של תכנת ה- μ Vision. מדובר ב- Logic Analyzer פנימי שמובנה בכלי הפתוח. כלי זה מאפשר לסמלץ תוכניות מורכבות יותר, כולל בדיקה של זמני הבצוע. החלק השלישי בפרק עוסק בחיבור מתגים ומניעת ריטוטים. בחלק זה תלמד על חיבור מתגים למיקרו-בקר ופתרון בעיות ריטוטים, צורות חיבור אפשריות של מתג למערכת ספרתית, מניעת ריטוטים בחומרה באמצעות Latch, מניעת ריטוטים בחומרה באמצעות Schmitt-Trigger, מימוש מערכת de-bounce בתוכנה ודוגמאות לתוכניות המשמשות למניעת ריטוטים.

פרק 6 – מערכים

בפרק זה תכיר כיצד ניתן לעבוד עם מערכים. כמו כן פרק זה עוסק בנושאים הבאים הגדרת מערך בזיכרון ROM ובזיכרון RAM, הגדרת מחרוזות, שימוש בפונקצית ספריה string.h לטיפול במחרוזות ומערך דו ממדי.

פרק 7 - פונקציות

פרק זה עוסק בפונקציות. פונקציות עוזרות לנו לפרק תוכנית גדולה ומסובכת למספר תתי-תוכניות קטנות ופשוטות (פונקציות) אשר כל אחת מהן אחראית על חלק אחר של התוכנית הגדולה. תפקידה של התכנית הראשית הוא לאחד ולנהל את כל תתי-התוכניות (פונקציות). בפרק זה תלמד כמה סוגים של פונקציות וכיצד ניתן להגדיר ולכתוב פונקציות ומשתנים בקובץ משותף ובקבצים נפרדים.

פרק 8 בהגדרת קבצי כותרת ומצביעים

פרק זה עוסק בהגדרת קבצי כותרת (Header File). קובץ כותרת הינו קובץ המכיל הצהרות לפונקציות/משתנים גלובליים וכדומה. בנוסף, פרק זה עוסק גם במצביעים (Pointers). מצביע הינו משתנה המכיל את כתובת הזיכרון של משתנה אחר. שימוש במצביעים מאפשר גמישות בעת עבודה עם משתנים ומערכים.

פרק 9 - כתיבה לתצוגת LCD

פרק זה עוסק בתצוגת LCD. זוהי אחת מהתצוגות הנפוצות ביותר בפרויקטים שנעשים עם מיקרו בקרים. בפרק זה תכיר את הדקי התצוגה ואופן פעולתם. בנוסף לכך, פרק זה בונה מערכת של פונקציות סטנדרטיות שיאפשרו לך במהלך לימוד הספר לכתוב לתצוגה בצורה קלה ונוחה. פונקציות אלו כוללות פעולות כגון: אתחול התצוגה, כתיבת תו, מחיקת תו, ניקוי מסך התצוגה, הצגת הסמן, הבהוב הסמן, הפעלה וכיבוי של המסך, העברת הסמן לתחילת התצוגה, העברת הסמן לשורה השנייה, הזזת סמן התצוגה אחורה, הזזת סמן התצוגה קדימה, הורדת הסמן לשורה השנייה תוך שמירה על מיקום הסמן והעברת הסמן לשורה הראשונה תוך שמירה על מיקום הסמן. לימוד השימוש בפונקציות מתבצע על ידי הסבר וצריבת תוכניות לדוגמא על לוח התרגול.

פרק 10 - עבודה עם פסיקות

פרק זה עוסק בפסיקות חומרה. פסיקה בחומרה היא פסיקה אשר מגיעה מחוץ למיקרו-בקר, כלומר מרכיב חיצוני. קיימות שתי שיטות שבעזרתן המיקרו-בקר קורא רכיב פריפריאלי: שיטה אחת נקראת סריקה והשיטה השנייה נקראת פסיקה. בשיטת הסריקה, המיקרו-בקר יוזם את הפנייה אל התקן ושואל האם הוא צריך שירות (כפי שנלמד בפרק 5). בשיטת הפסיקה, ההתקן יוזם את הפנייה למיקרו-בקר ומבקש שירות. בפרק, תלמד כיצד ניתן לאפשר פסיקות חיצוניות על ידי אפשר הרגיסטרים IE ו- TCON. בנוסף, תלמד כיצד לכתוב שגרת פסיקה בקובץ משותף ובקובץ נפרד וכיצד ניתן לסמלך תוכניות הכוללות פסיקות חיצוניות. כמובן שגם פרק זה כולל תוכניות שניתנות לסימולציה ולצריבה על גבי לוח התרגול.

פרק 11 - הפעלת מונים ברי תכנות

עוסק במונים/טיימרים ברי תכנות. למיקרו בקר 89C51 ישנם שלושה מונים אשר יכולים לשמש כמונים לספירת מאורעות או כקוצבי זמן (timer). בפרק זה נעסוק בשני מונים: מונה 0 ומונה 1. כמו כן, תלמד על מבנה המונה ו-mode (אופן עבודתו). בנוסף לכך, תלמד כיצד ניתן לאתחל את הרגיסטרים של המונה (TMOD ו-TCON) ליצירת השהיות, בדיקת ההשהיות בזמן הרצת הסימולציה בחלון Logic Analyzer ואפשר שגרת פסיקה של מונים. כמובן שגם פרק זה כולל תוכניות שניתנות לסימולציה ולצריבה על גבי לוח התרגול.

פרק 12 – חיבור לוח מקשים 4x4 למיקרו-בקר

פרק זה עוסק בחיבור לוח מקשים 4x4 למיקרו-בקר. חיבור זה יאפשר לך למשל, ליצור תפריטים שונים בפרויקטים. בפרק זה נראה כיצד ניתן לכתוב תוכניות אשר יבצעו סריקה של לוח המקשים בשיטת אפס רץ. לימוד השיטה יעשה על ידי הסברים וסימולציה בתוכנת μ Vision. הפרק כולל גם דוגמאות לתוכניות שונות, המופעלות בעזרת לוח מקשים והן כמובן ניתנות לצריבה על גבי לוח התרגול.

פרק 13 - עבודה עם תקשורת טורית והתחברות למחשב PC

פרק זה עוסק בתקשורת טורית. בפרק זה, תכיר מושגים בסיסיים בתקשורת הטורית כגון: Stop Bit, Start Bit, Baud Rate וכו'.. כמו כן, בפרק זה תלמד את אופן ביצוע התקשורת הטורית עם הבקר, תכיר את הרגיסטרים שמעורבים בתקשורות. פרק זה יאפשר לך למשל, לחבר את המערכת שלך למחשב PC. באופן כזה תוכל ליצור פרויקטים מעניינים ושימושיים יותר. בדיקת התקשורת הטורית תיעשה באמצעות תוכניות Terminal Emulator נפוצים, כמו Tera-Term, Hyperterm או PuTTY. בפרק זה גם נדגים כיצד ניתן לבצע תקשורת טורית עם LabView!

פרק 14 - פונקציות ספריה

פרק זה עוסק בפונקציות ספריה. הקומפיילר (מהדר) בשפת C מכיל פונקציות ספריה רבות (למשל פעולות קליטה והדפסה, פעולות חשבוניות מורכבות ופעולות מורכבות על מחרוזות תווים וכו'..) והמפתח יכול להיעזר בהן ואף להרחיבן. פונקציה ספריה אלו מקבלות פרמטרים (ערכים), מבצעות פעולות אשר מוגדרות מראש ומחזירות ערך. בפרק זה תכיר כמה ספריות שימושיות כגון: ספריה stdio.h, ספריה math.h, ספריה intrins.h וספריה string.h שימוש בספריות ופונקציות אלה בפרויקטים מאפשר לקצר את זמן הפיתוח של הפרוייקט וניתן ליצור פרויקטים מסובכים יותר בזמן קצר.

פרק 15 - פרוטוקול PS2

פרק זה עוסק בחיבור מקלדת PS2 ללוח התרגול. בהשוואה ללוחות מקשים שכמותם הכרת בפרק 12, מקלדות PS/2 (מקלדות של מחשבי PC) הן מאוד עשירות במקשים למרות שעלותן אינה גבוהה. שימוש במקלדות אלו בפרויקטים, יפתח בפניך מגוון עצום של אפשרויות. בפרק זה מודגמת פונקציה נוחה לשימוש לקריאת תווים מהמקלדת ותאפשר לך לשלב אותה בפרויקטים.

פרק 16 - פרוטוקול I2C

פרק זה עוסק בפרוטוקול I2C. פרוטוקול זה מאוד נפוץ בשימוש במיקרו בקרים היות והוא מאפשר לחבר מספר גדול של רכיבים מבלי לבזבז הדקי I/O רבים. בפרק זה נסביר כיצד ניתן ליצור פונקציות סטנדרטיות לכתיבה וקריאה בפרוטוקול הנ"ל. פונקציות אלו יאפשרו לך לחבר כל רכיב שמופעל בפרוטוקול זה בנוחות רבה. בנוסף לכך, נסביר בצורה רחבה על שימוש ברכיב ההרחבה PCF8574 שממיר בין פרוטוקול טורי זה להדקי I/O במקביל. בנוסף לכך, נדגים למשל כיצד ניתן לחבר שמונה נוריות LED בעזרת רכיב הרחבה בפרוטוקול I2C וכיצד ניתן אף לחבר לוח מקשים בעזרת רכיב ההרחבה הנ"ל.

פרק 17 - פרוטוקול SPI

פרק זה עוסק בפרוטוקול SPI. פרוטוקול זה נפוץ מאוד בשימוש במיקרו בקרים היות והוא מאפשר לחבר מספר גדול של רכיבים מבלי לבזבז הדקי I/O רבים. בפרק זה נסביר כיצד ניתן ליצור פונקציות סטנדרטיות לכתיבה וקריאה בפרוטוקול הנ"ל. פונקציות אלו יאפשרו לך לחבר כל רכיב שמופעל בפרוטוקול זה בנוחות רבה. בנוסף לכך, בפרק זה נדגים כיצד ניתן לכתוב לזיכרון ולקרוא מזיכרון EEPROM בעזרת שימוש בפרוטוקול SPI. לצורך הדגמה, בחרנו ברכיב זיכרון 25AA256 של חברת Microchip.

פרק 18 - שילוב בין כתיבה בשפת C ושפת אסמבלי

פרק זה עוסק בשילוב בין כתיבה בשפת C ושפת אסמבלי. בתחילת הפרק נדגים כיצד ניתן לכתוב תוכניות בסיסיות בשפת אסמבלי. בהמשך פרק זה, נלמד כיצד ניתן לשלב בין שתי השפות תוך מתן הסברים ודוגמאות לפרויקטים אשר ניתנים לצריכה על גבי לוח התרגול. כאשר אנו עובדים באופן משולב בין שתי השפות אנו נהנים משני העולמות. קטעי קוד בהם יש חשיבות למהירות הביצוע או גודל התוכנית יכתבו בשפת האסמבלי. קטעי קוד המורכבים יוכלו להיכתב באופן ידידותי למשתמש ובנוחות רבה בשפת C. בנוסף לכך השימוש בשפת C פותח בפנינו את היכולת להשתמש במשאבים שונים של שפת C, כגון פונקציות ספרייה.

פרק 19 – נספחים

פרק זה מכיל טבלת ASCII ורשימה מלאה של פונקציות ספרייה של הקומפיילר של חברת Keil.

תודות

ברצוני להודות לאנשים הבאים, שקראו חלקים שונים מהטכסט והעירו הערות מועילות: מיכאל נייש, כפיר שוויקי, טל משה, נמרוד כהן ג'מילה, מורן שני, ז'ורבלוב ויקי, עדי זוארץ, קופפר ליטף, פבל קוצ'רז'וק, בידס עלא, בידס תאמר, לייזרמן רימה, אסאד אבו חאטום, מירילאשביל אסתר, יונה נטלי, בשארה עוייד, אירינה קולקוב, בן שמואל דנית, כהן שנהב, ילנה רוגובנקו, גיא קדוש, יפתח אברהם, יצחק אברמוב, מחמוד זועבי, מוחמד תביבאללה, כרמלי קורל, חן לוי, אלכסיי זמליאנסקיך, פלדמן פבל, קרן ברקו, ג'ויסי סמואל, דיאנה מושאילוב, חן טורג'מן, דקלה לבקוביץ, שוקחה באסל, חילו פייר, בגדדי ויטה, הרוש יניב, דקה אל-נתן, שוקרי מוחמד, סייד אחמד חאמד ויונה אנג'לה.

כמו כן תודה מיוחדת מגיעה לאנשים הבאים: עדי בראל, יסמין קדארי, עבד אלמונעם זועבי עומרי אגוזי, ורועי זנו שהעירו הערות בונות רבות ואף הציעו הצעות רבות לשיפורים.

כמו כן תודה מיוחדת מגיעה לאנשים הבאים: חופית דדון, לעתליה זיו, לאוריין אדרי, לזי מלול ואורן חן, שעזרו במלאכת הניסוח.

תודה נוספת מגיעה לאנשים המצוינים ובעיקר לצוות הפיתוח של חברת "שיא מערכות", שהיא יצרנית של לוח התרגול המעולה שמלווה את הספר. לוח זה הופך את הלימוד בספר לחווייתי ומעניין יותר ללומד.

תודה לחברת א.צ. אורקול על התמיכה והעזרה בפיתוח פרויקטים.

תודה לחברת EG-Tech ובמיוחד לארז שגב והנק שר על התמיכה ורכיבי החומרה הרבים שעזרו לפתח ולדבג חלקים גדולים מהקודים (בעיקר אלו שקשורים לפרוטוקולים השונים) בפרויקטים מעשיים רבים.

תודה מיוחדת מגיעה גם למיכאל ארבל, לאבינועם קרומהולץ, יעקב מלול וראובן מלכה על העזרה המקצועית הרבה שלהם בבניית חומרה לפרויקטים ובעבודת הדיבוג החומרה שעשו לחלק מהפרויקטים. תמיכה זו אפשרה לפתח את הספר במהירות וביעילות רבה יותר.

תודה מיוחדת מגיעה למיכאל קונגה (שהוא מרצה מצוין ומחבר של ספר בנושא מבנה מיקרו מחשבים) על כך שערך לי היכרות עם העולם המרתק של מיקרופרוססורים.

תודה מיוחדת ליאן לרון שהוא כותב ספרים פורה בפני עצמו (שהוציא את הספר האולטימטיבי בנושא בקרה). תודה על ההשראה והמוטיבציה לכתיבת הספרים ועל העזרה הרבה בשילוב תכנת LabView בפרויקטים.

תודה מיוחדת מגיעה לגברת אירנה לבילב, שהיא בעלת ניסיון עשיר בהוראה של שפת C ושפת ++C, על היעוץ המקצועי ועל הערותיה הבונות.

המון תודות מגיעות גם לערן סקלי, על היעוץ המקצועי בכתיבת קודים, היעוץ המקצועי בכתיבת הספר, העזרה העצומה בדיבוג, הרעיונות המקוריים לפרויקטים וכמובן גם על העידוד.

המון תודות מגיעות גם לאיש היקר מר עמוס זסלבסקי, תודות על: היעוץ, ההכוונה והמעורבות במהלך כתיבת הספר. העזרה העצומה במציאת הרעיונות המקוריים לכתיבה. עמוס, תודה על הסבלנות, ההקשבה וכמובן גם על העידוד. אני מאחל לך הצלחה בשני ספריך המצוינים בנושאי שפת VHDL ותכן ספרתי עם רכיבי Altera.

תודות רבות מגיעות לסטודנטים הרבים מבית הספר הארצי להנדסאים שהשתתפו בקורסים בנושא 8051 שהעברתי במעבדות במכללה. המשוב המועיל שקיבלתי מסטודנטים אלו סייע לי לשפר את איכות ההסברים שלי. כמו כן מגיעות תודות גם לקבוצות הפרויקטים הרבות שהנחתי במכללה זו. פרויקטנטים רבים עזרו לדבג חלק מהקודים בספר ובעיקר אלו שקשורים לפרוטוקולים השונים.

תודה אחרונה מגיע גם למוציא לאור: אלי מיטב על האמון וגם על הסבלנות.

המלצות ללומד

קיימת תלות חזקה בין פרקי הספר השונים עד לפרק 15. כלומר בכל הפרקים הללו מניחים שהקורא כבר מכיר את הפרקים הקודמים. לכן, מומלץ שהלומדים לא ידלגו על הנושאים השונים במהלך הלימוד של פרקים אלו. בפרקים המתקדמים קיימת תלות נמוכה יותר בין הפרקים וניתן לבחור בפרק הרצוי בהתאם לסוגי הפרוטוקולים שמעניינים את הקורא.

למרות שבספר מוצגות דוגמאות קוד רבות שהן מוסברות היטב ושהן מלוות בתוצאות של הסימולציה, מומלץ מאוד שלא להסתמך בתהליך הלימוד על קריאה בלבד. במלים אחרות כדאי מאוד להריץ את הקודים בסימולציה וכן מומלץ גם לבצע הרצה על חומרה אמיתית!

חשוב לדעת, שניתן להוריד קודים רבים וקבצי עזר שונים מאתר אינטרנט של המחבר. כדאי לבדוק מדי פעם באתר זה לגבי עדכונים (למשל נושאים נוספים שלא נכללו בספר, רעיונות לפרויקטים ועוד ..).
להלן כתובת האתר

www.shai.eguru-il.com

אני מאחל לכל הקוראים קריאה מועילה ולא פחות חשוב מכך - הנאה וסיפוק בהפנמה של לימוד המעבד והשפה שלו והצלחה בפתוח פרויקטים.

תוכן הספר עבר דיבוג אינטנסיבי על ידי מספר רב של קוראים. למרות כל המאמצים שלי בכתיבת הספר ולמרות המשוב המועיל הרב של האנשים המצוינים שהעירו לי הערות ותיקנו שגיאות בגרסאות השונות של הספר, עדיין עלולות להיות בספר זה טעויות והן כמובן כולן באחריותי הבלעדית וכמובן איני חולק אחריות זו עם אחרים.

אודה לכל מי שישלח לי הערות בקשר לטעויות שכאלה או לכל מי שיצביע על בעיות כלשהן בהבנה של הטכסט או יציע לי הערות בונות כל שהן. כל הערה קטנה כגדולה, תתקבל על ידי בברכה. ליצירת קשר ניתן להשתמש בכתובת הדואר האלק' הבאה:

shai@eguru-il.com

הספר מוקדש למשפחתי היקרה.



ספר הנייל הינו ספר מעשי ומטרתו העיקרית היא ללמד את שפת האסמבלי, ממשפחת מיקרו-בקרים 8051. כמו כן, ספר זה מקנה את הידע הדרוש להכנת פרויקט. יתרה מכך, ניתן להשתמש בדוגמאות ובקודים המוצגים בספר, לשם הכנת פרויקטים בתחום המיקרו-בקרים. הקניית הידע בספר זה מתבצעת על ידי תרגול מובנה, שנעשה הן באמצעות סימולציה והן באמצעות הרצה על לוח תרגול, תוך מתן הסברים רבים ודוגמאות. ספר זה יסייע להנדסאים ומהנדסים לבצע היכרות מעמיקה עם אחד מהמיקרו-בקרים, הנפוצים ביותר בתעשייה. הספר מתאים לשימוש כספר לימוד לסטודנטים במכללות של מה"ט ומשרד החינוך, במכללות אקדמיות ובאוניברסיטאות הן במעבדות והן מקצועות תיאורטיים. להלן רשימת הפרקים שבספר:

1. מבוא.
2. הכרת מערכת הפיתוח μ vision.
3. פקודות בסיסיות של המיקרו-בקר.
4. פקודות קפיצה ולולאות.
5. שימוש בפקודות לוגיות ועבודה עם סיביות.
6. זיכרונות.
7. מחסנית ופרוצדורות.
8. חיבור מתגים למיקרו-בקר ומניעת ריטוטים.
9. כתיבה לתצוגת LCD.
10. חיבור לוח מקשים 4x4 למיקרו-בקר.
11. עבודה עם פסיקות.
12. הפעלת מונים ברי תכנות.
13. עבודה עם תקשורת טורית והתחברות למחשב PC.
14. דוגמאות להרצת סימולציה לשאלות מה"ט בנושא 8051.
15. פרוטוקול I2C.
16. פרוטוקול PS2.
17. פרוטוקול SPI.
18. שילוב בין כתיבה בשפת אסמבלי ושפת C.
19. נספחים.