

# תוכן עניינים מקוצר

1	1. מבוא לתכנות
31	2. הכרת שפת C
57	3. אבני היסוד
85	4. קלט / פלט
107	5. אלגוריתמים ומבני בקרה
131	6. פונקציות
165	7. מערכים
189	8. מצביעים
213	9. מחרוזות
247	10. מבנים
269	11. ניהול קבצי התוכנה בפרוייקט
291	12. הקצאת זיכרון דינמית ורשימות מקושרות
331	13. קלט / פלט עם קבצים
349	14. טיפוסי נתונים מופשטים (ADT)
395	15. הנדסת תוכנה
415	16. תכנות במערכות זמן אמת
431	17. נספח



# תוכן עניינים מפורט

<b>1</b>	<b>1. מבוא לתכנות</b>
2	מערכת המחשב
2	חומרת המחשב
4	מערכת ההפעלה
<b>5</b>	<b>מבנה המעבד (CPU)</b>
5	יחידה חשבונית-לוגית
6	אוגרים כלליים (General Purpose Registers)
7	אוגר מצב (Status Register)
8	מבנה הוראת מכונה
9	אוגר מצביע ההוראות (Instruction Pointer)
10	יחידת הבקרה (Control Unit)
10	הזיכרון (Memory)
11	קטע הנתונים (Data Segment) וקטע קוד התוכנית (Code Segment)
12	רכיבי קלט פלט
14	המבנה הכולל של המעבד, הזיכרון והתקני הקלט/פלט
15	שפת אסמבלר
<b>16</b>	<b>מבוא לחשבון בינרי</b>
16	יחידות בתים: KB, MB ו-GB
17	ייצוג מספרים עשרוני
17	ייצוג מספרים בינרי
18	חיבור מספרים בינריים
19	הפיכה מייצוג עשרוני לייצוג בינרי
19	ייצוג מספרים שליליים בשיטת משלים ל-2 (Two's Complement)
20	תכונות של מספרים בינריים
21	ייצוג מספרים הקסה-דצימלי (בסיס 16)
22	המרה בין בסיסים דצימלי והקסה-דצימלי
22	חיבור מספרים הקסה דצימליים
24	ייצוג מספרים אוקטלי (בסיס 8)
<b>25</b>	<b>יצירת תכנית מחשב</b>
<b>27</b>	<b>אלגוריתמים</b>
27	אלגוריתמים כתכנון תכנית מחשב
<b>30</b>	<b>מבוא לשפת C</b>
30	רקע היסטורי
<b>31</b>	<b>2. הכרת שפת C</b>
<b>32</b>	<b>תכנית ראשונה ב-C</b>
32	הסבר התכנית
33	כתיבה, הידור והרצת התכנית
33	תרגיל

34	<b>הגדרת משתנים, קלט ופלט</b>
34	חישוב והדפסת הממוצע של 3 מספרים
36	הסבר התכנית
39	<b>משפטי תנאי ולולאות</b>
39	משפט if-else
42	לולאת while
44	הסבר התכנית
45	סידור פלט התכנית
47	תרגילים
47	<b>הגדרת קבועים</b>
49	הגדרת קבועים ע"י הקדם-מעבד (Pre-processor)
50	<b>קלט / פלט של תווים</b>
51	שימוש בביטוי הצבה כמחזיר ערך
53	<b>מחרוזות</b>
53	הגדרת טיפוס מחרוזת פשוט
54	פעולות על מחרוזות
55	<b>סיכום</b>
55	<b>תרגילי סיכום</b>

## 57

## 3. אבני היסוד

58	<b>מזהים (Identifiers)</b>
58	הערות (Comments)
59	מילים שמורות (keywords)
60	<b>טיפוסי נתונים</b>
60	טיפוסים שלמים
61	טיפוסים ממשיים
61	טיפוסים תווים
62	גדלי הטיפוסים
62	enum
63	הגדרת טיפוס חדש ע"י typedef
64	<b>קבועים</b>
64	קבועים
65	<b>ליטרלים</b>
65	ליטרלים שלמים
66	ליטרלים ממשיים
66	ליטרלים תווים
67	<b>אופרטורים</b>
68	אופרטורים חשבוניים
70	אופרטורים וביטויים לוגיים
72	אופרטורים הפועלים על סיביות (bitwise operators)
76	אופרטורי הצבה
78	האופרטורים ב-C עפ"י קדימויות

79	<b>המרת טיפוסים</b>
79	המרה מרומזת
81	המרה מפורשת (casting)
81	האופרטור sizeof
83	<b>סיכום</b>
83	<b>תרגילי סיכום</b>

## 85 .4 קלט / פלט

86	<b>קלט / פלט של תו בודד</b>
88	<b>קריאת תווי קלט וניתוחם</b>
88	תכנית למניית תווים
90	מניית שורות
91	מניית מילים
94	<b>פלט לפי תבנית ע"י printf</b>
96	קביעת תצורת הפלט
97	מציניי פורמט נוספים
98	תרגילים
99	<b>קלט לפי תבנית ע"י scanf</b>
100	מציניי הטיפוס
101	בדיקת הצלחת פעולת הקלט
102	<b>קלט / פלט של מחרוזות</b>
102	קלט / פלט שורת טקסט ע"י gets ו- puts
103	<b>ניתוב קלט / פלט (I/O Redirection)</b>
103	הפעלת התכנית ממערכת ההפעלה
104	קלט / פלט תקני (Standard I/O)
105	<b>סיכום</b>
106	<b>תרגילי סיכום</b>

## 107 .5 אלגוריתמים ומבני בקרה

108	<b>הגדרת אלגוריתם ופירוקו למשימות</b>
109	פירוק למשימות משנה
110	דוגמא : אלגוריתם למציאת ערך מקסימום בקלט
113	<b>סוגי מבני בקרה ב- C</b>
113	<b>משפטי תנאי if-else</b>
115	<b>לולאות</b>
116	לולאות while ו- do-while
119	לולאת for
122	מימוש האלגוריתם לחישוב המספר המקסימלי
124	לולאות כפולות

125	משפטי break ו- continue
126	משפט case-switch
128	סיכום
128	תרגילי סיכום

## 131 .6. פונקציות

132	פירוק אלגוריתם למשימות עצמאיות
133	הגדרת משימה עצמאית ע"י פונקציה
134	מנגנון הפונקציות ב- C
135	הגדרת פונקציה
137	הכרזה על אבטיפוס פונקציה
138	הצהרת הפרמטרים
139	הצהרה על פרמטר כקבוע ע"י const
140	ערך מוחזר
141	המרת הערך המוחזר
141	הפונקציה main
143	משתנים ופונקציות
143	משתנים גלובליים
144	משתנים מקומיים
145	משתנה מקומי - סטטי
146	משתנה מקומי בבלוק
146	איתחול משתנים בברירת מחדל
147	סוגי משתנים - סיכום
147	מבנה זיכרון התכנית
147	קטע הקוד וקטע הנתונים
149	מחסנית הקריאות
151	תמונת הזיכרון הכוללת
156	רקורסיה
159	משחק מגדלי הנוי
162	סיכום
163	תרגילי סיכום

## 165 .7. מערכים

166	הגדרת מערך
166	תכנית למניית מספר הספרות בקלט
168	אתחול מערך
169	כללים
170	פעולות על מערכים
170	מציאת ערך מקסימום
170	בדיקת קיום של ערך מסוים במערך

171	מיון איברי המערך - שיטת מיון "בועות"
176	<b>העברת מערך כפרמטר לפונקציה ושיקולי מודולריות</b>
177	פונקציות מודולריות
179	<b>מערכים רב-ממדיים</b>
180	אתחול מערך רב-ממדי
181	העברת מערך רב-ממדי כפרמטר לפונקציה
182	מיון שורות ועמודות מערך רב-ממדי
187	<b>סיכום</b>
188	<b>תרגילי סיכום</b>

## 189

## 8. מצביעים

190	<b>הגדרת מצביע</b>
193	<b>גישה למשתנה דרך המצביע אליו</b>
194	מצביע למצביע
194	<b>העברת פרמטר לפונקציה ע"י מצביע</b>
194	העברת פרמטרים ע"י ערך והעברה ע"י התייחסות
197	העברת פרמטרים ע"י התייחסות - שימוש במצביעים
199	דוגמא נוספת - שימוש בפונקציה swap במיון
200	שאלת חזרה
200	<b>מצביעים ומערכים</b>
200	שקילות בין מערך ומצביע
203	מצביעים והקצאות זיכרון
204	האם קיים בכל זאת הבדל בין מצביע ומערך?
205	תרגיל
206	<b>פעולות חשבוניות על מצביעים</b>
207	<b>מצביעים לפונקציות</b>
208	שימושים במצביעים לפונקציות
210	הגדרת טיפוס מצביע ומערכי מצביעים לפונקציות
211	<b>סיכום</b>
221	<b>תרגילי סיכום</b>

## 213

## 9. מחרוזות

214	<b>הגדרת מחרוזת</b>
214	<b>כללים</b>
216	<b>קלט / פלט מחרוזות</b>
219	הפונקציות scanf ו-sprintf
220	<b>פעולות על מחרוזות</b>
220	דוגמא 1: חיקוי פעולת strcpy
222	דוגמא 2: חיקוי פעולת gets ו-puts
223	דוגמא 3: השוואה בין מחרוזות

226	פונקציות הספרייה string.h
228	פונקציות לפעולות חיפוש טקסט
231	פונקציות לבדיקת סוג התו
232	תרגילים
<b>232</b>	<b>מערכי מחרוזות</b>
233	מערך מצביעים לעומת מערך של מערכים
235	מיון מערך מחרוזות
237	פרמטרים לתכנית : argv ,argc ו- env
239	תכנית דוגמא : FTP
<b>241</b>	<b>תמיכה בשפות בינלאומיות ו-Unicode</b>
242	תקן Unicode
<b>244</b>	<b>סיכום</b>
<b>245</b>	<b>תרגיל מסכם</b>

**247****10. מבנים**

<b>248</b>	<b>הגדרת מבנה והתייחסות לשדותיו</b>
248	דרך א': הגדרת מבנה כטיפוס
250	דרך ב': הגדרת מבנה כשם תג
251	איזו דרך עדיפה?
251	גישה לשדות המבנה
254	הצבת מבנה למבנה אחר
255	מבנה המכיל משתנה ממבנה אחר
<b>258</b>	<b>מערכי מבנים</b>
<b>261</b>	<b>מצביעים למבנים</b>
<b>262</b>	<b>העברת מבנים כפרמטרים לפונקציות</b>
<b>264</b>	<b>פעולות על מבנים במערך</b>
264	מציאת מבנה עם ערך מקסימום
264	חיפוש מבנה
265	מיון מערך המבנים
266	התכנית המשתמשת
<b>267</b>	<b>union</b>
267	כללים
<b>268</b>	<b>סיכום</b>
<b>268</b>	<b>תרגילי סיכום</b>

**269****11. ניהול קבצי התוכנה בפרוייקט**

<b>270</b>	<b>חלוקת התוכנה למספר קבצים</b>
271	קבצי ממשק וקבצי מימוש
<b>271</b>	<b>הכללת קבצי ממשק</b>
272	פרישת הקובץ המוכלל בקובץ המקור
273	הכרזה על משתנה גלובלי



274	הכללת קבצי h. בקבצי h.
275	מניעת הכללה מרובה
<b>276</b>	<b>שלב הקישור</b>
277	מה מתבצע בקישור?
<b>277</b>	<b>דוגמא: חלוקת תוכנית לקבצים</b>
277	קובץ הממשק : cd_arr.h
278	קובץ המימוש : cd_arr.c
281	קובץ התכנית המשתמשת : cd_main.c
<b>282</b>	<b>הקדם-מעבד (Pre-Processor)</b>
283	הכללות קבצים
283	הגדרות קבועים
284	הגדרת פונקציות מאקרו
286	הידור מותנה
287	מקראים מוגדרים מראש
288	הוראות נוספות
<b>288</b>	<b>סיכום</b>
<b>289</b>	<b>תרגילי סיכום</b>

## 12. הקצאת זיכרון דינמית ורשימות מקושרות 291

<b>292</b>	<b>הקצאות מקום למשתנים ושיקולי צריכת זיכרון</b>
293	מנגנון הקצאת זיכרון דינמית
<b>298</b>	<b>תכנית דוגמא: ספרייה</b>
298	דרישות
298	הקצאה דינמית של מחרוזות
299	הפונקציה strdup
<b>301</b>	<b>מערכי מצביעים</b>
302	הגדרת מבנה מערך מודולרי
304	מיון מערך מצביעים
307	הוספת ממשק למשתמש
310	חלוקת התכנית לקבצים
316	הרחבת מערך ע"י realloc
318	תרגילים
<b>318</b>	<b>רשימות מקושרות</b>
320	רשימות מסוגים נוספים
321	מימוש רשימה מקושרת בתכנית הספרייה
328	חלוקת התכנית לקבצים
<b>329</b>	<b>סיכום</b>
<b>330</b>	<b>תרגילי סיכום</b>

## 331

## 13. קלט / פלט עם קבצים

332	סוגי קבצים
332	פתיחת קובץ
333	קריאה / כתיבה לקובץ
334	קריאת וכתיבת טקסט לקובץ
335	קריאה וכתיבה בינריים לקובץ
337	חיפוש בקבצים בינריים
341	הוספת שמירה לקובץ לתוכנית הספרייה
341	הוספת פונקציות שמירה (Save)
342	פונקציות טעינה מהקובץ
344	הפונקציה הראשית main()
345	שמירה ביציאה מהתכנית
347	סיכום
348	תרגילי סיכום

## 14. טיפוסים נתונים מופשטים (ADT)

350	טיפוסים מופשטים
351	הפרדה בין מימוש לממשק
353	מדד ליעילות: סיבוכיות
353	סיבוכיות כפרמטר ביצועי
355	השוואה בין מערך ורשימה
355	מבנה יישום ADT
355	קובץ הגדרות כללי
356	טיפוס איבר כללי Data
358	רשימה מקושרת
359	קובץ הממשק, list.h
360	קובץ המימוש, list.c
365	סיבוכיות זמן פעולות על הרשימה המקושרת
367	מחסנית
368	פעולות על המחסנית
369	מימוש המחסנית ע"י מערך
370	פונקציות הבדיקה
373	מימוש המחסנית ע"י רשימה
374	פונקציות הבדיקה
374	סיבוכיות זמן פעולות על המחסנית
375	תור
376	פעולות על התור
378	פונקציות הבדיקה
379	סיבוכיות זמן פעולות על התור
381	עץ בינרי
381	פעולות על העץ
382	אתחול העץ
382	הוספת איבר לעץ
385	האם איבר מסוים קיים בעץ
386	שחרור זיכרון העץ

386	סיורים רקורסיביים בעץ
391	פונקצית הבדיקה
391	סיבוכיות זמן פעולות על העץ הבינרי
392	סוגי עצים נוספים
<b>393</b>	<b>סיכום</b>
<b>394</b>	<b>תרגילי סיכום</b>

## 395 .15. הנדסת תוכנה

<b>396</b>	<b>תהליך פיתוח תוכנה</b>
396	מדדים בפיתוח תוכנה
397	קטגוריות מערכות ויישומי תוכנה
398	מסמכים וסקירות
398	יחידות עפ"י תקן 2167A
399	פיתוח תוכנה איטרטיבי
400	משך הפיתוח
<b>402</b>	<b>ניתוח (Analysis)</b>
402	ניתוח דרישות המערכת
403	ניתוח דרישות התוכנה
403	מסמכים נוספים
<b>404</b>	<b>תיכון (Design)</b>
404	שלבי התיכון
404	תרשימי תיכון
<b>406</b>	<b>מימוש (Implementation)</b>
407	שימוש חוזר בקוד
<b>407</b>	<b>בדיקות (Testing)</b>
407	מה בודקים?
408	בדיקות יחידה (Unit Testing)
410	בדיקות שילוב ובדיקות מערכת
410	בדיקות קבלה (Acceptance Testing)
<b>411</b>	<b>תיעוד (Documentation)</b>
411	תיעוד חיצוני
411	תיעוד פנימי
<b>411</b>	<b>תחזוקה (Maintenance)</b>
<b>412</b>	<b>פיתוח תוכנה מונחה עצמים (Object Oriented Development)</b>
413	תכנות מונחה עצמים ב-C
<b>413</b>	<b>כלי פיתוח ממוכנים</b>
<b>414</b>	<b>סיכום</b>
<b>414</b>	<b>מקורות</b>

## 415 .16. תכנות במערכות זמן אמת

416	<b>מבוא</b>
416	<b>תמיכת שפת C במערכות משובצות מחשב</b>
416	volatile
416	register
417	שדות סיביות במבנים
418	enum של ערכי סיביות
418	asm הוראת
419	<b>דוגמא: מבנה ופעולת מערכת תקשורת אלחוטית משובצת מחשב</b>
420	חלוקת משימות בין התוכנה והחומרה במערכת
421	הפעלת החומרה ע"י התוכנה
422	מבנה המערכת
423	תוכנת המערכת
429	<b>סיכום</b>
429	<b>תרגילי סיכום</b>

## 431.17 נספח

432	<b>שפת C - טבלאות שונות</b>
432	המילים השמורות בשפת C
432	פקודות ה- pre-processor
433	האופרטורים ב-C עפ"י קדימויות
434	טבלת תווי ASCII
435	תווים מיוחדים
436	<b>הספרייה התקנית</b>
436	assert.h - מקרו לאיבחון ולניפוי התכנית
437	ctype.h - פונקציות לטיפול בתווים
437	errno.h - טיפול בשגיאות
438	float.h - קבועי גבול ממשיים
438	limits.h - קבועי גבול שלמים
438	locale.h - הגדרות מקומיות עבור מדינה/איזור
439	math.h - פונקציות מתמטיות
441	setjmp.h - קפיצות בין פונקציות
441	signal.h - טיפול באירועים
442	stdarg.h - טיפול במספר משתנה של פרמטרים לפונקציה
442	stddef.h - הגדרות שכיחות
443	stdio.h - קלט / פלט
444	stdlib.h - הגדרות שימושיות שונות
446	string.h - טפול במחרוזות
447	time.h - טיפול בתאריך ובשעה
449	<b>אינדקס</b>

# הקדמה

שפת C היא שפת תכנות מבנית פשוטה, פופולרית בעולם התוכנה ובסיס לשפות מתקדמות אחרות (C++, Java). בכך היא מספקת יתרון משולש בלימודה כשפה ראשונה במסלול לימוד תוכנה. ספר זה הוא ראשון מסוגו בנושאים הנלמדים בו, מלבד שפת C בשלמותה:

- פרק מבוא לתכנות למתחילים - מבנה המחשב והמעבד, מערכת ההפעלה, חשבון בינרי, יצירת תכניות מחשב ואלגוריתמים.
- ניהול הקבצים בפרוייקטי תוכנה.
- פרקים בטיפוסי נתונים מופשטים (ADT) ובהנדסת תוכנה.
- שיפורים ב-C++ שניתן לנצל בשפת C (מבלי לעבור לתכנות מונחה עצמים).
- תמיכת שפת C במערכות זמן אמת.

הספר כתוב בשפה העברית במקור ומשלב הסברים, תרשימים, דוגמאות, סיכומים בסוף כל פרק ותרגילים לחזרה ולהבנה מעמיקה.

הספר מתאים למתחילים, לסטודנטים ולמפתחי תוכנה המעוניינים ללמוד את עקרונות היסוד בהנדסת תוכנה בשפת C. אין צורך בידע קודם ללימוד שפה זו.

הספר מחולק לפרקים באופן הבא:

- פרק 1, "מבוא לתכנות", הוא לטובת המתחילים חסרי הרקע במחשבים, ובו מוסברים מבנה המחשב והמעבד, מערכת ההפעלה, חשבון בינרי, יצירת תכניות מחשב ואלגוריתמים.
- פרק 2 הוא סקירה כללית של שפת C. מובאות מספר תכניות דוגמא, תוך הסבר מנגנוני התכנות העיקריים של השפה.
- פרק 3 הוא מפרט אבני היסוד של C: מזהים, טיפוסים, קבועים, אופרטורים וכו'. בעלי רקע בתכנות יכולים לדלג על חלקים של פרק זה, או לסקור אותם בזריזות.
- פרק 4 מתאר את ספריית הקלט/פלט של C.
- פרק 5 הוא פרק מבוא לאלגוריתמים. בהמשכו מוסברים מבני הבקרה של שפת C - משפטי תנאי, לולאות והוראות נוספות הנדרשות במימוש אלגוריתמים בסיסיים.
- פרק 6 מטפל בפונקציות - הגדרה והכרזה, העברת פרמטרים, החזרת ערך, חקירת מבנה זיכרון התכנית בזמן ריצה, משתנים מקומיים וגלובליים. סעיף הרקורסיה חותם את הפרק.
- פרק 7 מסביר את מנגנון המערך ב-C - הגדרה, איתחול, העברה כפרמטר לפונקציה וביצוע פעולות שונות על האיברים במערך. מיון מערכים בשיטת "מיון בועות" נסקר בפירוט, וכן שימוש בפונקצית ספרייה למיון בשיטת "מיון מהיר". בהמשך מתוארים מערכים רב-מימדיים.

- פרק 8 מטפל במצביעים ובדמיונם למערכים ב-C. באמצעות מצביעים מוסבר עיקרון העברת פרמטרים לפונקציות ע"י התייחסות. נושא מתקדם, "מצביעים לפונקציות" חותם את הפרק.
- פרק 9 עוסק במחרוזות ובביצוע פעולות שונות עליהן ע"י פונקציות הספרייה `string.h`. כמו כן מטפלים במערכי מחרוזות ובמיון. בסוף הפרק מתוארת תמיכת שפת C בשפות בינלאומיות ותקן Unicode.
- פרק 10 מתאר את המבנה (`struct`) בשפת C כאמצעי לייצוג רשומות ולהרכבת מבני נתונים לא הומוגניים. הפרק כולל טיפול במערכי מבנים ובמצביעים למבנים. לבסוף מוסבר מנגנון ה-`union`.
- פרק 11 קוטע את העיסוק במנגנוני התכנות הבסיסיים לטובת הבנת תהליכי ההידור והקישור, אופן חלוקת התוכנה למספר קבצי מקור וניהולם בפרוייקט, ועבודה עם הקדם-מעבד.
- פרק 12 מטפל במנגנון הקצאות זיכרון דינמיות - תוך הבנת שיקולי צריכת הזיכרון בתכנית. מבנה הנתונים "רשימה מקושרת" נלמד בהרחבה בהמשך הפרק.
- קלט/פלט עם קבצים בפרק 13 משלים את מנגנוני התכנות הבסיסיים של C: הוא כולל הבנת עיקרון הסידרות (`Serialization`), טיפול בקבצי טקסט ובקבצים בינריים, שמירת נתונים לקבצים ושיחזורם ע"י פונקציות ספרייה ב-C.
- פרק 14 הוא פרק הרחבה מתקדם העוסק בטיפוסי נתונים מופשטים (`ADT`) - רשימה מקושרת, מחסנית, תור ועץ בינרי. הפרק מתאר את עקרון הפשטת הנתונים, הסתרת מידע והפרדה לממשק ולמימוש, תוך הכרת מבני נתונים שימושיים. כמו כן מוסבר מדד הסיבוכיות (זמן ומקום), ונמדדת סיבוכיות הפעולות השונות על מבני הנתונים הנ"ל.
- פרק 15 מטפל במחזור החיים של פיתוח תוכנה - ניתוח, תיכון ומימוש. כל אחד מהשלבים מתואר בפירוט, תוך התייחסות לתקן 2167A ולמדדי איכות בפיתוח תוכנה. הפרק כולל הסברים לגבי שיטות בדיקת תוכנה. סוף הפרק כולל מבוא לתכנות מונחה עצמים תוך תיאור עקרונות העצם.
- הפרק האחרון, פרק 16, עוסק בתכנות במערכות זמן אמת: הוא כולל את התמיכה הקיימת בשפת C בתכנות במערכות משובצות מחשב, תכנון מערכת משובצת מחשב, חלוקה לתוכנה ולחומרה, וממשקים בין החומרה לתוכנה. בסוף הפרק מובאת דוגמה עקרונית של מערכת תקשורת אלחוטית.
- פרק הנספח (פרק 17) כולל טבלאות שונות בשפת C, מפרט השפה ואינדקס מילות מפתח.

תכניות הדוגמא שבספר, פתרונות תרגילים וחומר עזר נוסף ניתנים להורדה מאתר האינטרנט של "מרכז ההדרכה 2000", [www.mh2000.co.il](http://www.mh2000.co.il).

כמו כן ניתן לשלוח email בכל עניין ל- [mh2000@mh2000.co.il](mailto:mh2000@mh2000.co.il).

אנו מאחלים לך לימוד יעיל ומהנה.