

C/C++

תרגול מקיף למתקדמים

שים לב!

יש להתעלם בספר מכל מה שנאמר
לגבי התקליטור המצורף.
את התוכניות והפתרונות ניתן למצוא
באתר הוד-עמי

www.hod-ami.co.il

בתיקיה "קבצי תרגול לספרים"

בשורה 59291

עורך ראשי: שרה עמיהוד

עריכה לשונית ועיצוב: ענבל אילני, מירב רונן

עריכה מקצועית ולשונית: יעל קגן

עיצוב עטיפה: סטודיו מצגר

שמות מסחריים

שמות המוצרים והשירותים המוזכרים בספר הינם שמות מסחריים רשומים של החברות שלהם. הוצאת הוד-עמי עשתה כמיטב יכולתה למסור מידע אודות השמות המסחריים המוזכרים בספר זה ולציין את שמות החברות, המוצרים והשירותים. שמות מסחריים רשומים (registered trademarks) המוזכרים בספר צוינו בהתאמה.

הודעה

ספר זה מיועד לתת מידע אודות מוצרים שונים. נעשו מאמצים רבים לגרום לכך שהספר יהיה שלם ואמין ככל שניתן, אך אין משתמעת מכך כל אחריות שהיא. המידע ניתן "כמות שהוא" ("as is"). הוצאת הוד-עמי אינה אחראית כלפי יחיד או ארגון עבור כל אובדן או נזק אשר ייגרם, אם ייגרם, מהמידע שבספר זה, או מהתקליטור שמצורף לו.

לשם שטף הקריאה כתוב ספר זה בלשון זכר בלבד. ספר זה מיועד לגברים ונשים כאחד ואין בכוונתנו להפלות או לפגוע בציבור המשתמשים/ות.

☐ טלפון: 09-9564716

☐ פקס: 09-9571582

☐ דואר אלקטרוני: info@hod-ami.co.il

☐ אתר באינטרנט: www.hod-ami.co.il

C/C++ תרגול מקיף למתקדמים

ד"ר גרשון קגן



(C)
כל הזכויות שמורות

הוצאת הוד-עמי
לספרי מחשבים בע"מ
ת.ד. 6108 הרצליה 46160
טלפון: 09-9564716 פקס: 09-9571582

אין להעתיק או לשדר בכל אמצעי שהוא ספר זה או קטעים ממנו בשום צורה ובשום אמצעי אלקטרוני או מכני, לרבות צילום והקלטה, אמצעי אחסון והפצת מידע, ללא אישור בכתב מאת ההוצאה, אלא לשם ציטוט קטעים קצרים בציון שם המקור.

הודפס בישראל 3/2001, 8/2001

All Rights Reserved
HOD-AMI Ltd.
P.O.B. 6108, Herzliya
ISRAEL, 2001

מסת"ב 3-260-965-361-ISBN

תוכן העניינים

9	הקדמה
11	פרק 1: טיפוסים משתנים ופקודות בסיסיות
17	פרק 2: לולאות (Loops)
17	1. שאלות כלליות
27	2. מצא את המספר
37	3. לולאות בתורת המספרים ובאנליזה מספרית
47	פרק 3: מערכי מספרים (Arrays)
47	1. שאלות כלליות
61	2. מערכים בשאלות מתמטיות
68	פרק 4: מיון וחיפוש (Sorting and Searching)
77	פרק 5: מטריצות (Matrices)
77	1. שאלות כלליות
84	2. שורות, עמודות, אלכסונים
91	3. תת-מטריצות
103	פרק 6: פעולות בסיביות (Bitwise Operations)
122	פרק 7: רקורסיה (Recursion)
122	1. שאלות כלליות
127	2. מערכים
134	3. מטריצות
141	4. גרפיקה

149.....	פרק 8 : מחרוזות (Strings)
149.....	1. שאלות כלליות
157.....	2. מחרוזות ומספרים
162.....	3. מילים
171.....	4. חלקים מינימליים ומקסימליים
176.....	פרק 9 : מצביעים וייחוסים (Pointers & References)
176.....	1. שאלות כלליות
195.....	2. נתונים משורת הפעולה (Command line arguments)
199.....	3. פונקציות עם מספר ארגומנטים לא קבוע (Ellipses)
205.....	4. מצביעים לפונקציות
215.....	פרק 10 : מבנים (Structures)
215.....	1. שאלות כלליות
225.....	2. מלבנים ועיגולים
236.....	פרק 11 : איגודים ושדות הסיביות (Union and Bit Fields)
246.....	פרק 12 : קבצים
256.....	פרק 13 : גרפיקה
263.....	פרק 14 : מחלקות (Classes)
263.....	1. טיפוסים נתונים מופשטים
283.....	2. קומפוזיציות של מחלקות
291.....	3. איברים סטטיים ופונקציות סטטיות
301.....	פרק 15 : תורשה (Inheritance)
301.....	1. פונקציות וירטואליות
309.....	2. תורשה מרובה (Multiple Inheritance)
318.....	3. RTTI (Run-Time Typing Information)

327	פרק 16 : תבניות (Templates)
327	1. פונקציות Template
333	2. מחלקות Template
342	3. תורשה Template
352	פרק 17 : חריגות (Exceptions)
352	1. פונקציות
358	2. מחלקות ותורשה
365	פרק 18 : רשימות מקושרות (Linked Lists)
365	1. שאלות כלליות
375	2. מיזוג רשימות מקושרות
381	3. מחק את האיברים
387	4. מיון וחיפוש
393	פרק 19 : מחסניות (Stacks)
393	1. שאלות כלליות
403	2. מחק את האיברים
409	פרק 20 : עצים בינאריים (Binary Trees)
409	1. שאלות כלליות
420	2. רמות בעץ
428	3. מסלולים בעץ ושרשרות איברים
435	4. ענפים בעץ
446	פרק 21 : עצים בינאריים - הצגה על ידי מערך
446	1. שאלות כלליות
452	2. עצים מלאים וערמות

458.....	נספח: התקליטור המצורף
460.....	הפעלת התקליטור
460.....	קטלוג ספרים
461.....	קוד מקור
461.....	הרצת תוכניות מהתקליטור
462.....	התקנת תוכנות
462.....	התוכנות המומלצות להתקנה
462.....	Adobe Acrobat Reader
463.....	שאלות נפוצות
463.....	הערה חשובה!
464.....	צור קשר

הקדמה

הספר **C / C++ תרגול מקיף למתקדמים** מיועד לסטודנטים באוניברסיטאות ובמכללות אקדמיות ולכל לומדי התכנות באופן יסודי ומעמיק.

הספר מכיל תרגול מקיף לשלושת הקורסים הסטנדרטיים:

■ תכנות בשפות C / C++ ;

■ תכנות מוכוון-עצמים (Object Oriented Programming) ;

■ מבני נתונים (Data Structures).

בנוסף, יש בספר שאלות תרגול ללומדים בקורס גרפיקה ממוחשבת (Computer Graphics).

הספר מכיל **למעלה מ-700 בעיות**, אשר לכשליש מהן יש **פתרונות** בספר ובתקליטור המצורף.

כדי להקל על מציאת השאלות ופתרונותיהן, השאלות ממוספרות באופן הבא:

■ 5.3.14 - פרק 5, סעיף 3, שאלה 14 (כאשר לפרק מסוים יש מספר סעיפים);

■ 4.12 - פרק 4, שאלה 12 (כאשר הפרק אינו מחולק לסעיפים).

בכל יחידת תרגול הבעיות מסודרות לפי רמת קושי עולה: **"רמה בסיסית"**, **"רמה מתקדמת"**, **"העשרה"**.

לפי ניסיוני כמרצה, רמת הדרישות בעבודות הבית ובמבחנים היא:

■ סטודנטים בפקולטות "מדעי המחשב" נדרשים לפתור תרגילים ברמת **"העשרה"**;

■ סטודנטים בפקולטות "מתמטיקה", "פיסיקה" ו"אלקטרוניקה" - שאלות ברמה **"מתקדמת"**;

■ סטודנטים בפקולטות "כימיה", "מדעי החיים" ו"כלכלה" - שאלות ברמה **"בסיסית"**.

לספר מצורפים שני תקליטורים:

■ **מהדר (compiler)**: Visual C++ 6 בגירסה מיוחדת, שמאפשר ללומד להריץ את כל התרגילים שבספר; המהדר מצורף לתרגול ולימוד ואנו ממליצים לרכוש תוכנה.

■ **פתרונות לתרגילים** המוצגים בפרקי הספר השונים. הפתרונות מחולקים בתיקיות לפי מספרי השאלות. לדוגמה, התיקיה 3a_ARRAY כוללת את הפתרונות לשאלות שמספרן 3.1.X. התיקיה 3b_ARRAY כוללת את הפתרונות לשאלות שמספרן 3.2.X, וכך הלאה.

הסברים נוספים ניתנים בנספח

הרצת תוכניות מהתקליטור (אחרי התקנת המהדר 6 Visual C++):

א. תוכניות שאינן משתמשות בגרפיקה (פלט על-ידי `printf()` או `cout <<`):

- העתק קובץ מהתקליטור לדיסק הקשיח;
- הפעל את 6 Visual C++, ופתח את הקובץ `(File ⇐ Open)`;
- הפעל את התוכנית `(Build ⇐ Compile)`, ופתח סביבת עבודה לפרויקט (כברירת מחדל);
- הרץ את התוכנית `(Build ⇐ Execute)`;
- סגור את החלון עם התוצאה;
- סגור את סביבת העבודה `(File ⇐ Close Workspace)`.

ב. תוכניות המשתמשות בגרפיקה (6 Visual C++ עם MFC):

- העתק מהתקליטור לדיסק הקשיח את כל התיקיה המכילה את פתרון השאלה, למשל, לשאלה 7.4.8 העתק את התיקיה `7_4_8` שתחת התיקיה `07d_RECUR`;
- הפעל את 6 Visual C++, ופתח את סביבת העבודה `(File ⇐ Open Workspace)`. פתח את הקובץ בעל הסיימות `X.dsw`;
- הרץ את התוכנית `(Build ⇐ Execute)`;
- סגור את החלון עם התוצאה;
- סגור את סביבת העבודה `(File ⇐ Close Workspace)`.

להרצת קובץ בעל סיומת `.exe` (כדי לראות את תוצאת התוכנית בלי פתיחת סביבת העבודה), דרך סייר Windows עבור לתיקיה Debug והפעל את הקובץ `X.exe`.

כסביבת עבודה ניתן להשתמש גם במהדרים של חברת Borland, למשל 5 Borland C++ אם משתמשים במהדר 3.1 Borland C++ ל-DOS, צריך לזכור ש:

- ב-3.1 Borland C++ לא ניתן לטפל בחריגות (פרק 17) ולהשיב לשאלות בסגנון RTTI (סעיפים 15.3 ו-16.3);
- לשאלות גרפיות נתונים פתרונית ל-6 Visual C++ וגם ל-3.1 Borland C++ (בעזרת הספרייה `graphics.h` ודרייבר `egavga.bgi`).

על המחבר: ד"ר גרשון קגן Ph.D., התמחה בשפות תכנות, גרפיקה ממוחשבת ובמשוואות דיפרנציאליות. ד"ר קגן הינו מרצה בכיר במכללה אקדמית נתניה, מרצה במכללה אקדמית יהודה ושומרון (אריאל) ובאוניברסיטת בר-אילן.

כתובת דואר אלקטרוני של המחבר לתגובות ולהצעות: kagan@netanya.ac.il.

טיפוסי משתנים ופקודות בסיסיות

רמה בסיסית

1.1 נתון מספר `float a`. העתק את החלק השלם שלו ל-`int b` ואת השאר (החלק אחרי הנקודה העשרונית) ל-`float c`.

לדוגמה: $a = 123.45678 \Leftrightarrow b = 123, c = 0.45678$

1.2 `Swapping`. נתונים שני מספרים `int a = 2, b = 5`. בדרך כלל, כדי להחליף את הערכים ביניהם משתמשים במשתנה עזר `int temp`, כך:

```
temp = a;
a = b;
b = temp;
```

בסוף נקבל: $a = 5, b = 2$

שאלה: איך להחליף בין הערכים של `a` ו-`b` ללא שימוש במשתנים נוספים?

```
#include <stdio.h>
void main ( )
{ int a = 5 , b = 2 ;
  a += b ;
  b = a - b ;
  a -= b ;
  printf ( "a = %d b = %d" , a , b ) ;
}
```

```
void main ( ) // פתרון בעזרת פעולות בסיביות
{ int a = 5 , b = 2 ;
  a ^= b ;
  b ^= a ;
  a ^= b ;
  printf ( "a = %d b = %d" , a , b ) ;
}
```

1.3 Remainder. נניח בשפת C חסרה הפעולה % - שארית. חשב את השארית אחרי חילוק מספר שלם a במספר שלם b.

דוגמה: $\text{remainder}(25, 7) = 4 \Leftrightarrow a = 25, b = 7$.

1.4 נתון מספר תלת-ספרתי a.int. הדפס את סכום ספרותיו.

דוגמה: a = 468, פלט: 18.

1.5 נתונים שלושה מספרים חיוביים float a, b, c. בדוק:

(א) האם קיים משולש שאורך צלעותיו הם a, b, c.

(ב) האם קיים משולש ישר זווית שאורך צלעותיו הם a, b, c.

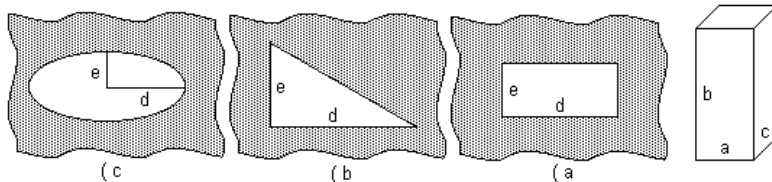
1.6 נתונים חמישה מספרים חיוביים unsigned int a, b, c, d, e.

בדוק: האם התיבה בעלת הצלעות {a, b, c} יכולה להיכנס ל:

(א) חור בצורת מלבן בעל הצלעות {d, e};

(ב) חור בצורת משולש ישר זווית בעל הניצבים {d, e};

(ג) חור בצורת אליפסה בעלת הרדיוסים {d, e}.



1.7 נניח שעברו k שניות מתחילת היממה, מה השעה המדויקת?

דוגמה: k = 49635, פלט: 13:47:15 (15 שניות: 47 דקות: 13 שעות).

הפתרון מופיע בתקליטור המצורף.

1.8 זמן נוכחי: a שעות ו-b דקות. כמה דקות יעברו עד שהשעה תהיה c שעות ו-d דקות? (התחשב בכל האפשרויות: $a < c$, $a = c$, $a > c$).

1.9 בעזרת הפקודה switch כתוב "מחשבון" עם הפעולות '+', '-', '*', '/'.
 המשתמש מקליד שני מספרים (למשל שלמים) וסימן הפעולה ביניהם, ומקבל את תוצאת הפעולה. לדוגמה: קלט 34 - 40, פלט 6.

הפתרון מופיע בתקליטור המצורף.

1.10 (א) קלוט מספר a.int, $20 \leq a \leq 99$ ובעזרת הפקודה switch הדפס אותו במילים. דוגמה: a = 64, פלט: "sixty four".

(ב) אותה שאלה, כאשר $0 \leq a \leq 99$.

1.11 שנת 2000 התחילה מיום שבת. נניח היום - יום d ($d > 0$ $366 > d$) מתחילת השנה. איזה יום בשבוע היום? כתוב תשובתך בעזרת הפקודה switch בצורת: "Monday" ... "Sunday".

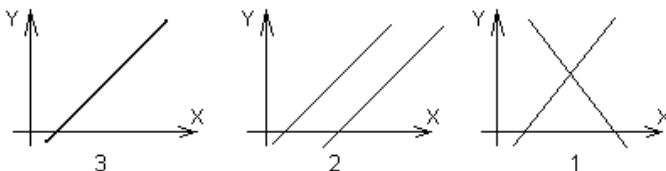
1.12 פתור את המשוואה הריבועית $ax^2 + bx + c = 0$. שים לב לאפשרויות הבאות: למשוואה אין פתרון, יש פתרון אחד, יש שני פתרונות. את השורש הריבועי חשב בעזרת הפונקציה סטנדרטית $\text{sqrt}()$ מהספרייה `math.h`.

רמה מתקדמת

1.13 נתונה מערכת של שתי משוואות לינאריות עם שני נעלמים $\{x, y\}$:

$$\begin{cases} a * x + b * y = c \\ d * x + e * y = f \end{cases}$$

כאשר ששת המספרים $\{a, b, c\}$, $\{d, e, f\}$ מסוג `float`, משמשים כמקדמים.

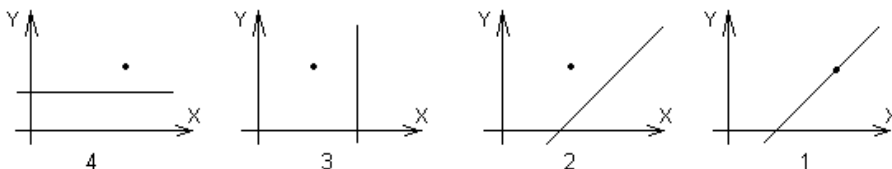


פתור את מערכת המשוואות - מצא $\{x, y\}$.

שים לב לשלוש האפשרויות הבאות:

1. למערכת יש פתרון אחד.
2. למערכת אין פתרונות.
3. למערכת יש אינסוף פתרונות.

1.14 נתונים חמישה מספרים $\{a, b, c\}$, $\{x_0, y_0\}$: מקדמים של קו ישר $a * x + b * y = c$ וקואורדינטות של הנקודה $\{x_0, y_0\}$.



מצא את המיקום היחסי של הנקודה (ביחס לישר).

שים לב לאפשרויות הבאות :

1. הנקודה על הישר.
 2. כאשר הקו נטוי, קיימות ארבע אפשרויות, הנקודה נמצאת : משמאל - למעלה, משמאל - למטה, מימין - למטה או מימין - למעלה ביחס לישר.
 3. כאשר הקו מאונך, הנקודה נמצאת : משמאל או מימין ביחס לישר.
 4. כאשר הקו מאוזן, הנקודה נמצאת : מעל או מתחת לישר.
- 1.15 ניכויי מס הכנסה. נתון המספר – float salary משכורת חודשית, למשל, 8432.28 (8432 שקלים ו-28 אגורות). חשב את המספר float tax-הניכוי החודשי למס הכנסה לפי הנוסחה הבאה (ל-01.02.1999) :
- עד 1,920.00 ש"ח 10%
- מ- 1,920.01 ש"ח ועד 3,830.00 20%
- מ- 3,830.01 ש"ח ועד 10,110.00 30%
- מ- 10,110.01 ש"ח ועד 18,300.00 45%
- מ- 18,300.00 50%

1.16 חישוב שנה בגימטרייה (למשל השנה 5756 היא (ה) תשנ"ו). ידועה שיטת הספירה בגימטרייה :

100 = ק	10 = י	1 = א
200 = ר	20 = כ	2 = ב
300 = ש	30 = ל	3 = ג
400 = ת	40 = מ	4 = ד
500 = תק	50 = נ	5 = ה
600 = תר	60 = ס	6 = ו
700 = תש	70 = ע	7 = ז
800 = תת	80 = פ	8 = ח
900 = תתק	90 = צ	9 = ט

■ הגדר שלושה משתנים unsigned int hundreds ,dozens ,units ובעזרת הפעולה שארית (%) העתק ל- hundreds את ספרת המאות, ל- dozens את ספרת העשרות, ול- units את ספרת האחדות (במקרה שלנו 7 = hundreds ,units = 6 ,dozens = 5).

■ שים לב, שבעמודת האחדות (העמודה הימנית) האותיות הן בעלות סימני ASCII עוקבים (בניגוד לעמודה האמצעית - ראה המשך ההסבר). לכן אין צורך ב- switch() להדפסתן.

- בעמודת העשרות (העמודה האמצעית), סימני האותיות לא עוקבים בטבלת ASCII, כי לפני האותיות 'כ', 'מ', 'ני', 'פי', 'צ', בטבלת ASCII מופיעות הגרסאות הסופיות שלהן: 'ד', 'ס', 'י', 'ף', 'ץ'. לכן להדפסתן השתמש ב- switch().
- לעמודת המאות (העמודה השמאלית) השתמש ב- switch () . שים לב שאפשר לקצר את כמות ה- case : ההבדל בהדפסה בין 100 ו- 500, ... , 400 ו- 800 הוא רק האות 'ת'. לכן $4 > \text{hundreds}$ מדפיסים בלי האות 'ת' ולאחר מכן, מדפיסים 'ת' בנפרד.
- להכנסת אותיות בעברית לתוכנית, השתמש בשיטה Alt + ASCII . כלומר, מקש Alt וקוד ASCII של התו מהמספרים בחלק הימני של מקלדת. למשל בשביל האות 'א': Alt ו- 128.

```
#include <stdio.h>
void main()
{ unsigned int year = 5756 , hundreds , dozens , units ;
  units = year % 10;
  dozens = year % 100 / 10;
  hundreds = year % 1000 / 100;
  printf ("%c\\\" , 'א' + units - 1);
  switch (dozens) {
    case 1 : printf ("י"); break;
    case 2 : printf ("כ"); break;
    case 3 : printf ("ל"); break;
    case 4 : printf ("מ"); break;
    case 5 : printf ("נ"); break;
    case 6 : printf ("ס"); break;
    case 7 : printf ("ע"); break;
    case 8 : printf ("פ"); break;
    case 9 : printf ("צ");
  }
  switch ( hundreds) {
    case 1 : case 5: printf ("ק"); break ;
    case 2 : case 6: printf ("ר"); break ;
    case 3 : case 7: printf ("ש"); break ;
    case 4 : case 8: printf ("ת"); break ;
    case 9 : printf ("תק");
  }
  if (hundreds > 4)      printf ("ת");
}
```

1.17 כתיבת מספרים שלמים חיוביים בשיטה רומית.

מספר בשיטה רומית מורכב מהסימנים M, D, C, L, X, V, I שערכם :

$$M=1000, D=500, C=100, L=50, X=10, V=5, I=1$$

ישנם שני כללי כתיבה :

■ אם בזוג סימנים ערך הסימן השמאלי גדול מערך הסימן הימני, אז מחברים בין שני הערכים (כלל חיבור). לדוגמה : $DCVI = 500 + 100 + 5 + 1 = 606$;

■ אם בזוג סימנים ערך הסימן השמאלי קטן מערך הסימן הימני, אז מחסרים בין שני הערכים (כלל חיסור). לדוגמה : $XLIX = (50 - 10) + (10 - 1) = 49$.

שים לב, שלא כותבים צמוד יותר משלושה סימנים זהים, בשביל זה קיים כלל חיסור. לדוגמה, במקום XXXX כותבים XL.

כדי לכתוב מספר בשיטה רומית, פרק אותו ל- אלפים, מאות, עשרות, אחדות והשתמש בטבלה הבאה :

C = 100	X = 10	I = 1
CC = 200	XX = 20	II = 2
CCC = 300	XXX = 30	III = 3
CD = 400	XL = 40	IV = 4
D = 500	L = 50	V = 5
DC = 600	LX = 60	VI = 6
DCC = 700	LXX = 70	VII = 7
DCCC = 800	LXXX = 80	VIII = 8
CM = 900	XC = 90	IX = 9
M = 1000		

שאלה : נתון מספר עשרוני שלם הקטן מ- 4000. הצג אותו בשיטה רומית.

לדוגמה : $MMCMXCVII = 1000 + 1000 + (1000 - 100) + (100 - 10) + 5 + 1 + 1 = 2997$.