

Exam number: _____ מספר בחינה:

I.D. Number: _____ מספר ת"ז:

Interdisciplinary Center Herzliya המרכז הבינתחומי הרצליה

Efi Arazi School of Computer Science בית ספר אפי ארזי למדעי המחשב

Spring semester, 2018 סמסטר אביב, 2018

Final Exam – System Programming in C מבחן מסכם – תכנות מערכות בשפת C

Lecturers: Ilan Gronau and Sara H. Geizhals **מרצים:** אילן גרונאו ושרה גייצהאלס
Date: 2 August 2018 **תאריך:** 2 באוגוסט 2018

Duration: 3 hours. No extensions will be given – plan your time wisely!

Material: Four double-sided pieces of paper with written or typed material

Instructions: All answers should be written on the exam form only

משך הבחינה: 3 שעות. לא תינתן הארכת זמן – תכננו את זמנכם בקפידה!
חומר עזר: ארבעה דפים דו-צדדיים של חומר מודפס או כתוב
הנחיות מיוחדות: יש לענות על כל השאלות על גבי טופס המבחן בלבד

→ Notebooks are for draft only
and will not be checked

← מחברות הן לטיטוט בלבד ולא תיבדקנה

Question 1	/10	שאלה 1
Question 2	/20	שאלה 2
Question 3	/15	שאלה 3
Question 4	/20	שאלה 4
Question 5	/25	שאלה 5
Question 6	/15	שאלה 6
Final grade	/105	ציון סופי

Good luck!

בהצלחה!

Question 1 (10 points):

שאלה 1 (10 נקודות):

► Examine the script below, named `myFavoriteNumber.sh`.

◀ בחנו את הסקריפט הבא בשם `.myFavoriteNumber.sh`

```
num=$1

((start++))
while [ $start -le $num ]
do
    echo "($start) my favorite number is $num"
    ((start=start*2))
done
```

a) (5 pts.) The script is executed as follows:

(א) (5 נק') מריצים את הסקריפט באופן הבא:

```
==> start=1
==> source myFavoriteNumber.sh 8
```

What will the output be? Briefly explain your answer.

מה יהיה הפלט? הסבירו את תשובתכם בקצרה.

b) (5 pts.) The script is now executed as follows:

(ב) (5 נק') כעת מריצים את הסקריפט באופן הבא:

```
==> start=1  
==> bash myFavoriteNumber.sh 8
```

What will the output be now? Compare the output to the one in (a) and briefly explain your answer.

מה יהיה הפלט עכשיו? השוו את הפלט לזה של סעיף (א) והסבירו בקצרה את תשובתכם.

Question 2 (20 points):

שאלה 2 (20 נקודות):

► Examine the following C program:

◀ בחנו את התוכנית הבאה:

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main() {
    int i = 6, j = 5, k;
    char arr[] = "comp sci";

    printf("%d\n", i&j);           //line A
    printf("%d\n", i<<4);          //line B
    printf("%d\n", i>>4);          //line C

    printf("%c\n", arr[2]);         //line D
    printf("%c\n", arr[20]);        //line E

    k = strlen(arr);
    printf("%d\n", k);              //line F
    k = sizeof(arr);
    printf("%d\n", k);              //line G

    k = i*1.2;
    printf("%d\n", k);              //line H

    printf("%d\n", 'm'-'n');        //line I

    for (i = 6; i < 10; i++)
        for (i++; i < 10; ++i)
            printf("%d", i);        //line J

    printf("\n");
    return 0;
}
```

- Specify the output in each of the ten marked lines. Specify “undetermined” if the output depends on an uninitialized value. There is no need to explain your solution.

◀ ציינו את הפלט בכל אחת מעשר השורות המסומנות. רשמו "לא ידוע" אם הפלט תלוי בערך לא מאותחל. אין צורך להסביר את תשובתכם.

Line A: _____

Line B: _____

Line C: _____

Line D: _____

Line E: _____

Line F: _____

Line G: _____

Line H: _____

Line I: _____

Line J: _____

Question 3 (15 points):

שאלה 3 (15 נקודות):

- a) (7 pts.) Freddy, a computer science student, learned in his C class about the character data type and type conversion. He then wrote the following C program.

א) (7 נק') סטודנט למדעי המחשב בשם פרדי למד בשיעור על שפת C על טיפוס char והמרות טיפוסים. הוא כתב את תוכנית המחשב הבאה בשפת C:

```
1:  #include <stdio.h>
2:
3:  char int2char(int i) {
4:      return i;
5:  }
6:
7:  int main() {
8:      int i = 'A';
9:      printf("%c\n", int2char(i));
10:     i += _____;
11:     printf("%c\n", int2char(i));
12:     return 0;
13: }
```

- What will the program print in line 9? Which positive number (>0) can be written in the blank space in line 10, such that line 11 will produce the exact same output as line 9? Explain your answer.

◄ מה התוכנית תדפיס בשורה 9? איזה מספר חיובי (>0) ניתן לכתוב ברווח הריק בשורה 10 כדי ששורה 11 תפיק את אותו הפלט של שורה 9? הסבירו את תשובתכם.

Question 4 (20 points):

שאלה 4 (20 נקודות):

- Consider a file named `favoriteNumbers.txt`, which contains a list of Freddy's favorite numbers. Each line in the file either has a single number, or multiple numbers separated by commas (','), and/or spaces (' '). You may assume that there are no blank lines in the file.

◀ נתון קובץ בשם `favoriteNumbers.txt` המכיל רשימה של המספרים האהובים על פרדי. כל שורה בקובץ מכילה מספר בודד או כמה מספרים המופרדים ע"י פסיקים (','), ו/או תווי רווח (' '). אתם יכולים להניח שבקובץ אין שורות ריקות.

- The contents of file `favoriteNumbers.txt` תוכן הקובץ

```
21 2,32, 93, 37 38
26,64 2885
2424242
3320 703, 8049 571,, 2548,9446
9609
3838 3320
22,20,21 2442
```

- a) (5 pts.) Write a piped sequence of commands that creates a file named `favoriteNumbers2.txt`, which contains the same numbers as in file `favoriteNumbers.txt`, but with only one number per line. The two files should contain the exact same numbers in the same order, and file `favoriteNumbers2.txt` should contain no commas, no spaces, and no empty lines.

א) (5 נק') כתבו רצף פקודות משורשרות שיוצר קובץ בשם `favoriteNumbers2.txt`, שמכיל את אותם המספרים כמו בקובץ `favoriteNumbers.txt` רק עם מספר אחד בלבד בכל שורה. שני הקבצים צריכים להכיל בדיוק את אותם המספרים באותו הסדר, בעוד שקובץ `favoriteNumbers2.txt` לא מכיל פסיקים, סימני רווח, או שורות ריקות.

b) (4 pts.) Write a piped sequence of commands that takes the file `favoriteNumbers2.txt` created as described in (a) above, and prints to the screen the number of distinct numbers in the file. For instance, in the example file given above the number 21 appears twice (in first and last lines of the file `favoriteNumbers.txt`) but it should be counted only once.

(ב) (4 נק') כתבו רצף פקודות שלוקח את הקובץ `favoriteNumbers2.txt` שנוצר על פי התיאור בסעיף (א) למעלה, ומדפיס למסך את מספר המספרים השונים בקובץ. למשל, בדוגמא למעלה המספר 21 מופיע פעמיים (בשורה הראשונה והאחרונה של הקובץ `favoriteNumbers.txt`) אבל הוא צריך להיספר רק פעם אחת.

c) (3 pts.) Write a piped sequence of commands that takes the file `favoriteNumbers2.txt` created as described in (a) above, and prints to the screen the number of numbers that end in digit 0 (meaning that they are integer multiples of 10). In the example file given above there are three such numbers (3320, 3320, 20), so the output should be 3.

(ג) (3 נק') כתבו רצף פקודות שלוקח את הקובץ `favoriteNumbers2.txt` שנוצר על פי התיאור בסעיף (א) למעלה, ומדפיס למסך את מספר המספרים שמסתיימים בספרה 0 (כלומר שהם כפולות שלמות של 10). בדוגמא למעלה ישנם שלושה מספרים כאלה (3320, 3320, 20), כך שהפלט אמור להיות 3.

d) (3 pts.) Write a piped sequence of commands that takes the file `favoriteNumbers2.txt` created as described in (a) above, and prints to the screen all the three-digit numbers in the file (one number per line). In the case of the example given above, the output should be `703 571` (on two separate lines).

(ד) (3 נק') כתבו רצף פקודות שלוקח את הקובץ `favoriteNumbers2.txt` שנוצר על פי התיאור בסעיף (א) למעלה, ומדפיס למסך את כל המספרים בעלי שלוש ספרות בקובץ (מספר אחד בכל שורה). במקרה של הדוגמא למעלה, הפלט אמור להיות `703 571` (בשתי שורות שונות).

e) (5 pts.) Write a piped sequence of commands that takes the original file `favoriteNumbers.txt` and prints to the screen a version of it, in which the segment between the first and last comma in every line is replaced by the text `--some numbers here--`. If there are fewer than two commas in a line then it is printed as is. In the case of the example file given above, the first two lines of the output should be as indicated below.

(ה) (5 נק') כתבו רצף פקודות שלוקח את הקובץ המקורי `favoriteNumbers.txt`, ומדפיס למסך גרסא של הקובץ שבה המקטע בין הפסיק הראשון והאחרון בכל שורה מוחלף בטקסט `--some numbers here--`. אם ישנם פחות משני סימני פסיק בשורה, אז השורה מודפסת כמו שהיא. במקרה של הדוגמא למעלה, שתי השורות הראשונות של הפלט אמורות להיות כדלהלן:

```
21 2,--some numbers here--, 37 38
26,64 2885
```

Question 5 (25 points):

שאלה 5 (25 נקודות):

- This question deals with a linked list similar to the one we saw in class. Each node in this list holds information about a different academic department at IDC. For each department, the node stores its name (e.g. "computer science") and the building in which it is located (e.g. "Efi Arazi"), as well as a four-digit phone extension (whose first digit is guaranteed not to be a zero). The object representing a node is based on the two types defined below.

◀ שאלה זו עוסקת ברשימה מקושרת הדומה לזו שראינו בכיתה. כל חוליה ברשימה הזאת מכילה פרטים על מחלקה אקדמית שונה במרכז הבינתחומי. לכל מחלקה, החוליה שומרת את שמה (למשל "מדעי המחשב"), את הבניין שלה (למשל "אפי ארזי"), וגם מספר שלוחת טלפון בן ארבע ספרות (הספרה הראשונה בהכרח שונה מאפס). האובייקט המייצג חוליה מבוסס על שני הטיפוסים המוגדרים לעיל.

```
typedef struct DeptNode_st* DeptNode;

struct DeptNode_st {
    char* name;           // name of dept.
    char* building;       // building of dept. office
    int extension;        // phone extension for dept. secretary
    DeptNode next;        // next node in the list
};
```

- Implement the four functions for this object type, as specified in (a)-(d).
- Your code may directly access the members of struct DeptNode_st.
 - There is no need to write documentation.

◀ ממשו את ארבעת הפונקציות עבור טיפוס האובייקט הזה, לפי התיאור בסעיפים (א)-(ד).

- הקוד שלכם יכול להניח גישה ישירה לשדות טיפוס המבנה struct DeptNode_st.
- אין צורך בכתיבת תיעוד לקוד.

- a) (5 pts.) Implement a C function named `isPalindrome()` that accepts a single parameter `d` of type `DeptNode` and returns 1 iff `d`'s extension is a palindrome, and returns 0 otherwise. A palindrome is a word (or number) that when read forward is identical to when it is read in reverse. The extensions 4004 and 7337 are palindromes and the extensions 2048 and 1010 are not. If `d` is NULL then the function should return 0.

(א 5 נק') ממשו פונקציה בשם `isPalindrome()` שמקבלת כקלט פרמטר יחיד `d` מטיפוס `DeptNode`, ומחזירה 1 אם"ם השלוחה של `d` היא פלינדרום, ומחזירה 0 בכל מקרה אחר. פלינדרום הוא מילה (או מספר) שכאשר קוראים אותו קדימה ואחורה הוא נשאר אותו דבר. השלוחות 4004 ו 7337 הן פלינדרומים, והשלוחות 2048 ו 1010 הן לא. אם `d` הוא NULL אז הפונקציה צריכה להחזיר 0.

```
int isPalindrome(DeptNode d) {
```

```
}
```

- b) (5 pts.) Implement a C function named `numDeptsInBuilding()` that accepts a parameter (`d`) representing the head of a linked list (`d` can be NULL if the list is empty), and a string parameter (`name`). The function returns the number of departments in the linked list starting at `d` that are located in a building with name equal to `name`. You may assume that the "building" members of all departments in the list are not NULL.

Note: Your function should contain code for comparing two strings and you may not use calls to any library function to do this.

(ב) (5 נק') ממשו פונקציה בשם `numDeptsInBuilding()` שמקבלת כקלט פרמטר (`d`) שמייצג ראש של רשימה מקושרת (`d` יכול להיות NULL אם הרשימה ריקה), ופרמטר מחרוזת (`name`). הפונקציה מחזירה את מספר המחלקות ברשימה המקושרת שמתחילה ב `d` שממוקמות בבניין ששמו זהה ל `name`. אתם יכולים להניח ששדות ה "building" של כל המחלקות ברשימה אינם NULL.

הערה: הפונקציה שלכם צריכה להכיל קוד שמשווה בין שתי מחרוזות ואסור לכם להיעזר בפונקציות ספריה לשם כך.

```
int numDeptsInBuilding(Department d, const char* name) {
```

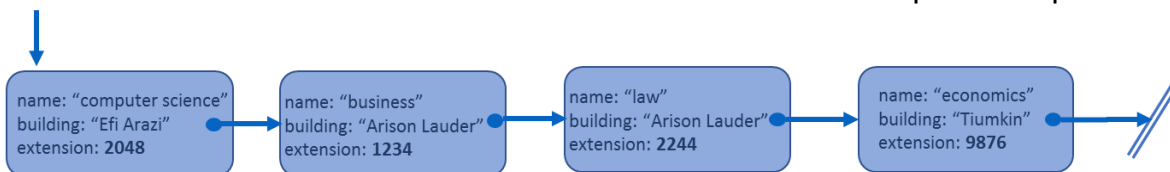
```
}
```

- c) (5 pts.) Freddy is mischievous and would like to confuse other users of the linked list by messing up the department phone extensions. Implement a C function named `confuseExts()` that accepts a single parameter `d` representing the head of a linked list (`d` can be `NULL` if the list is empty). The function gives each department in the list the phone extension of the department following it in the list. The last department in the list gets the phone extension of the first department. The illustration below depicts expected input and output for the function.

ג) (5 נק') פרדי אוהב מעשי קונדס והוא מעוניין לבלבל משתמשים אחרים של הרשימה המקושרת על ידי בלבול שלוחות הטלפון של המחלקות. ממשו פונקציה בשם `confuseExts()` שמקבלת כקלט פרמטר יחיד `d` שמייצג ראש של רשימה מקושרת (`d` יכול להיות `NULL` אם הרשימה ריקה). הפונקציה נותנת לכל מחלקה ברשימה את שלוחת הטלפון של המחלקה שמופיעה אחריה ברשימה. המחלקה האחרונה ברשימה מקבלת את השלוחה של המחלקה הראשונה. התרשים למטה מתאר קלט ופלט צפויים לפונקציה.

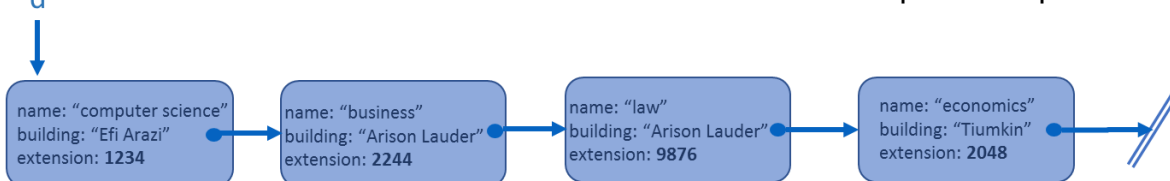
d Before function execution:

לפני הקריאה לפונקציה:



d After function execution:

אחרי הקריאה לפונקציה:



```
void confuseExts (DeptNode d) {
```

```
}
```

d) (10 pts.) Implement a C function named `addNewDeptNode()` that creates a new `DeptNode` object and adds it to the end of an existing linked list.

- The function receives as parameters the head of a department linked list (`d`) and three parameters (`name`, `building`, and `extension`) to be copied as members of the newly allocated `DeptNode` object.
- If any of the parameters `d`, `name`, or `building` is `NULL`, or if `extension` is not a four-digit number, then the function does nothing.
- Otherwise, the function allocates space for the new `DeptNode` object, including for its two string members, and it copies the values of the three members into the newly allocated object.
- You may use the following library functions in your code: (not obligatory)
`strcpy(char* dest, const char* source)`
`strlen(char* str)`
- The function should connect the newly allocated node to the end of the linked list starting at `d`.
- If not all memory allocation succeeded, then the function does nothing. Make sure to avoid memory leaks in such a case.

(ד) (10 נק') מממש פונקציה בשם `addNewDeptNode()` שיוצרת אובייקט `DeptNode` חדש ומוסיפה אותו בסוף של רשימה קיימת.

- הפונקציה מקבלת כפרמטר ראש של רשימה מקושרת של מחלקות (`d`) ושלושה פרמטרים (`extension`, `building`, `name`) על מנת להעתיק כשדות לאובייקט ה `DeptNode` המוקצה מחדש.
- אם אחד הפרמטרים `d`, `name`, או `building` הוא `NULL`, או אם `extension` הוא לא מספר בן 4 ספרות, הפונקציה לא עושה כלום.
- אחרת, הפונקציה מקצה מקום בזיכרון עבור אובייקט ה `DeptNode` החדש, כולל לשני השדות שלו שהם מחרוזות, והיא מעתיקה את ערכי שלושת השדות לתוך האובייקט החדש.
- אתם יכולים להיעזר בפונקציות הספרייה הבאות בקוד שלכם: (לא חובה)
`strcpy(char* dest, const char* source)`
`strlen(char* str)`
- הפונקציה צריכה לחבר את האובייקט החדש שהוקצה לסוף הרשימה המקושרת שמתחילה ב `d`.
- אם לא כל הזיכרון הוקצה בהצלחה, אז הפונקציה לא עושה כלום. וודאו שאתם נמנעים מדליפת זיכרון במקרה הזה.

```
void addNewDeptNode (DeptNode d,  
    const char* n, const char* b, int e) {
```

```
}
```


Question 6 (15 points):

שאלה 6 (15 נקודות):

- The purpose of this question is to implement a short C program that reads numbers from one or more files, and prints counts based on the last digit of every number in every file. Details are given in (a) and (b) below.

◀ מטרת השאלה הזו לממש תוכנית קצרה ב C שקוראת מספרים מקובץ אחד או יותר, ומדפיסה ספירה על פי הספרה האחרונה של כל מספר בכל קובץ. פרטים ניתנים בסעיפים (א) ו (ב) למטה.

- a) (5 pts.) Implement a C function named `updateCountsArray()` that updates an array, which contains the counts for numbers based on their last digit. Note that numbers are given here in string form.

The function receives two arrays as parameters. The first parameter (`num`) is a number given as a string, and the second parameter (`counts`) is a pointer to an existing integer array with (at least) 10 entries. The function assumes that the `counts` array already contains counts for numbers based on their last digit, and all it does is increment the entry of `counts` that corresponds to the last digit of `num`. For instance, if the last digit of `num` is '0', the function should update the first entry of `counts`, and if the last digit of `num` is '9' it should update the 10th entry of `counts`. If the last character of `num` is not a digit, then the function does nothing. You may assume that both arguments given to the function are not NULL, and that the string `num` is not empty.

Note: do not use library functions in your implementation.

(א) (5 נק') ממשו פונקציה בשם `updateCountsArray()` שמעדכנת מערך המכיל ספירות של מספרים על סמך הספרה האחרונה שלהם. שימו לב שמספרים ניתנים כאן כמחרוזות.

הפונקציה מקבלת שני מערכים כפרמטרים. הפרמטר הראשון (`num`) הוא מספר הנתון כמחרוזת, והפרמטר השני (`counts`) הוא מצביע למערך קיים המכיל (לפחות) 10 איברים. הפונקציה מניחה שהמערך `counts` כבר מכיל ספירות של מספרים על סמך הספרה האחרונה שלהם, וכל מה שהיא עושה זה לקדם את הכניסה של `counts` שמתאימה לספרה האחרונה של `num`. למשל, אם הספרה האחרונה של `num` היא '0', אז הפונקציה אמורה לעדכן את האיבר הראשון של `counts`, ואם הספרה האחרונה של `num` היא '9', אז הפונקציה אמורה לעדכן את האיבר העשירי של `counts`. אם התו האחרון של `num` איננו ספרה, הפונקציה לא עושה דבר. ניתן להניח ששני הארגומנטים הניתנים לפונקציה אינם NULL, ושהמחרוזת `num` לא ריקה.

הערה: אין להשתמש בפונקציות ספרייה במימוש שלכם.

► Write the function code here:

◀ כתבו את קוד התוכנית כאן:

```
void updateCountsArray(const char* num, int* counts) {
```

```
}
```

- b) (10 pts.)** Write a C program, which iterates through one or more files that contain lists of numbers (such as the file `favoriteNumbers2.txt` that you generated in Question 4a), and uses the `updateCountsArray()` function from (a) above to count the number of times that each digit 0-9 appears as the last digit of a number in these files. You may assume that `updateCountsArray()` from (a) above is correctly implemented.

Write your program based on the following guidelines:

- The program accepts one or more arguments, where each argument designates a file name. If the program did not receive any argument, it should print an appropriate error message (any informative error message is fine) and halt with exit status 1.
- If one of the arguments does not contain a name of a file that the program is able to open for reading, then the program should print an appropriate error message (any informative error message is fine) and halt with exit status 1.
- You may assume that each file has the same format as the file `favoriteNumbers2.txt` from Question 4a, meaning that each line contains exactly one integer number. You may also assume that each of these numbers consists of no more than ten digits.
- The main function of the program should use an array with 10 entries to keep count of the numbers that end in each digit 0-9.
- The main function of the program should use the following while loop to read lines from the input files:

```
while(fgets(line, BUFF_SIZE, inFile)) { . . . }
```

- In this loop, the program should call the `updateCountsArray()` function in order to appropriately update the count array.
- After reading through all the input files, the program should print ten lines in this format:

Among all the files, there are <X> integers whose last digit is <Y>

Where <X> is the number of integers whose last digit is <Y>, and <Y> ranges from 0 to 9.

(ב) (10 נק') כתבו תוכנית ב C שעוברת על קובץ אחד או יותר המכילים רשימה של מספרים (כמו הקובץ `favoriteNumbers2.txt` שיצרתם בשאלה 4א), ומשתמשת בפונקציה `updateCountsArray()` מסעיף (א) כדי לספור את מספר הפעמים שכל אחת מהספרות 0-9 מופיעה כספרה אחרונה של מספר בקבצים הנ"ל. אתם יכולים להניח שהפונקציה `updateCountsArray()` מסעיף (א) ממומשת כהלכה.

כתבו את התוכנית שלכם לפי ההנחיות הבאות:

- התוכנית מקבלת כקלט ארגומנט אחד או יותר, כשכל ארגומנט מציין שם של קובץ. אם התוכנית לא קיבלה אף ארגומנט, היא צריכה להדפיס הודעת שגיאה (כל הודעה אינפורמטיבית תתקבל) ולעצור עם סטטוס יציאה 1.
- אם אחד הארגומנטים לא מכיל שם של קובץ שהתוכנית מצליחה לפתוח לקריאה, התוכנית צריכה להדפיס הודעת שגיאה מתאימה (כל הודעה אינפורמטיבית תתקבל) ולעצור עם סטטוס יציאה 1.
- אתם יכולים להניח שלכל קובץ יש פורמט כמו ל `favoriteNumbers2.txt` משאלה 4א, כלומר שכל שורה מכילה מספר שלם אחד בלבד. כמו-כן, אתם יכולים להניח שכל אחד מהמספרים הוא בעל עשר ספרות לכל היותר.
- פונקציית ה `main` של התוכנית צריכה להיעזר במערך בעל 10 איברים כדי לעקוב אחרי הספירה של המספרים שמסתיימים בכל ספרה 0-9.
- פונקציית ה `main` של התוכנית צריכה להשתמש בלולאת ה `while` הבאה כדי לקרוא שורות מקבצי הקלט:

```
while(fgets(line, BUFF_SIZE, inFile)) { . . . }
```
- בתוך הלולאה הזו התוכנית צריכה לקרוא לפונקציה `updateCountsArray()` כדי לעדכן את מערך הספירות באופן הולם.
- אחרי קריאת כל קבצי הקלט, התוכנית צריכה להדפיס עשר שורות בפורמט הבא:

Among all the files, there are <X> integers whose last digit is <Y>

כאשר <X> הוא מספר המספרים שהספרה האחרונה שלהם היא <Y>, ו <Y> נע בין 0 עד 9.

Write your code here:

כתבו את הקוד שלכם כאן:

```
/** standard libraries you can use in your code */  
#include <stdio.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <string.h>  
  
/** declaration of function you should call */  
void updateCountsArray(const char* num, int* counts);  
  
/** define symbolic constant BUFF_SIZE here */  
  
/** write your main function here */
```

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features approximately 28 evenly spaced horizontal blue lines across the entire page, providing a guide for letter height and placement. The lines are consistent in color and thickness throughout.

[illegible]