Operating Systems – 234123

Homework Exercise 1 – Dry

Omer Stoler – 318471356 –
stoler.omer@campus.technion.ac.il

Adi Arbel – 207919614 –
adi.arbel@campus.technion.ac.il

Teaching Assistant in charge:

Yehonatan Buchnik

Assignment Subjects & Relevant Course material

Processes, System Calls, Calling Conventions

Recitations 1-2 & Lecture 1

Submission Format

1. Only **typed** submissions in **PDF** format will be accepted. Scanned handwritten submissions will not be graded.
2. The dry part submission must contain a single PDF file named with your student IDs – **DHW1_123456789_300200100.pdf**
3. The submission should contain the following:
   a. The first page should contain the details about the submitters - Name, ID number, and email address.
   b. Your answers to the dry part questions.
4. Submission is done electronically via the course website, in the **HW1 – Dry** submission box.

Grading

1. **All** question answers must be supplied with a **full explanation**. Most of the weight of your grade sits on your **explanation** and **evident effort**, and not on the absolute correctness of your answer.
2. Remember – your goal is to communicate. Full credit will be given only to correct solutions which are **clearly** described. Convoluted and obtuse descriptions will receive low marks.

Questions & Answers

- The Q&A for the exercise will take place at a public forum Piazza **only**. Please **DO NOT** send questions to the private email addresses of the TAs.
- Critical updates about the HW will be published in **pinned** notes in the piazza forum. These notes are mandatory and it is your responsibility to be updated.

A number of guidelines to use the forum:

- Read previous Q&A carefully before asking the question; repeated questions will probably go without answers
- Be polite, remember that course staff does this as a service for the students
- You're not allowed to post any kind of solution and/or source code in the forum as a hint for other students; In case you feel that you have to discuss such a matter, please come to the reception hour
- When posting questions regarding **hw1**, put them in the **hw1** folder

Late Days

- Please **DO NOT** send postponement requests to the TA responsible for this assignment. Only the **TA in charge** can authorize postponements. In case you need a postponement, please fill out the attached form https://goo.gl/forms/R7n5YjsqO8XvR8m03

Part 1

חברת MaKore, הכורה (mining) מטבעות דיגיטליים, מריצה בכל רגע מספר גדול של תהליכים על-מנת להאיץ את פעולת הכרייה. התהליכים שומרים את תוצאות החישובים שלהם לקבצים בדיסק כדי למנוע אובדן מידע במקרה שהתהליך קורס לפתע. בכל שניה התהליך קורא לפונקציה הבאה כדי ליצור את שם הקובץ שבו ייכתב הפלט שלו:

```
#include <string>
using namespace std;

string create_file_name(time_t timestamp) {
    pid_t pid = getpid();
    string s = “results-” + to_string(pid) + to_string(timestamp);
    return s;
}
```

כפי שניתן לראות, כל תהליך מוסיף את ה-PID שלו לשם הקובץ כדי למנוע התנגשות בין קבצים של תהליכים שונים. לצורך הפשטות, לאורך כל השאלה הניחו כי החברה אינה משתמשת בחוטים כלל.

1. היכן הגרעין שומר את ה-PID של התהליך?

   a. בספריה libc.
   b. במחסנית המשתמש.
   c. במחסנית הגרעין.
   d. בערימה.
   e. במתאר התהליך (ה-PCB).
   f. בתור הריצה (runqueue).

נימוק:

בהרצאה ובתרגול ראינו כי אחד השדות של הPCB הוא הPID . הPCB ומחסנית הגרעין נשמרים במקטע זיכרון ייעודי, כאשר הPCB מתחת למחסנית הגרעין ובו כל השדות הרלוונטיים לתהליך כולל הPID.

שרה, בוגרת הקורס ומהנדסת צעירה בחברה, הבחינה כי הפונקציה הנ"ל נקראת פעמים רבות במהלך הריצה של כל תהליך. לכן שרה הציעה את השיפור הבא לקוד המקורי:

```
pid_t pid = getpid();

string create_file_name(time_t timestamp) {
    string s = “results-” + to_string(pid) + to_string(timestamp);
    return s;
}
```

2. מדוע הפתרון של שרה עדיף על המימוש המקורי?

בעבור תהליכים המריצים את הקוד שלעיל מראשיתו (כלומר לא תהליכים שבוצע fork לתהליך עם הקוד הקיים) האתחול של המשתנה הגלובלי pid יניב חסכון בקריאות מערכת, כיוון שמזהה התהליך נותר קבוע לאורך ריצתו ואין צורך בקריאות מיותרות. כל תהליך שמקורו בfork ומריץ את קוד זה אך לא מראשיתו, יבצע ביצירתו העתקה של מרחב הזכרון הכולל של תהליך האב, ובתוכו העתק של המשתנה הגלובלי של האב – ללא קריאה נוספת ל getpid() שתעדכן את ערכו לערך ה pid האמיתי עבור הבן. עבור תהליכים כאלו לא נקבל שיפור כי נכונות הקוד תיפגע.

דנה, מהנדסת בכירה בחברה, התלהבה מהרעיון של שרה והחליטה לקחת אותו צעד אחד קדימה. דנה עדכנה את פונקצית המעטפת (wrapper function) של קריאת המערכת getpid() כפי שמופיעה בספרית libc באופן הבא:

```
+   pid_t cached_pid = -1; // global variable

     pid_t getpid() {
         unsigned int res;
+        if (cached_pid != -1) {
+            return cached_pid;
+        }
         __asm__ volatile(
             "int 0x80;"
                 :"=a"(res) :"a"(__NR_getpid) :"memory"
             );
+        cached_pid = res;
         return res;
     }
```

- שורות מסומנות ב-"+" הן שורות שדנה הוסיפה לקוד המקורי. אלו השורות היחידות שהשתנו בספריה.
- תזכורת: שורת האסמבלי שומרת את הערך "__NR_getpid" ברגיסטר eax לפני ביצוע הפקודה, ומציבה את ערך eax לאחר ביצוע הפקודה במשתנה res.שרה השתמשה בספריה החדשה (של דנה), אך תוכניות מסוימות שעבדו לפני השינוי הפסיקו לעבוד כנדרש עם הספריה החדשה.

3. מהי התקלה שנוצרה בעקבות השינוי?

a. fork() עלולה לחזור עם אותו ערך בתהליך האב ובתהליך הבן.
b. fork() עלולה להיכשל במקרים בהם המימוש המקורי היה מצליח.
c. getpid() עלולה להחזיר pid של תהליך אחר.
d. getpid() עלולה להחזיר "-1".
e. execv() עלולה להיכשל במקרים בהם המימוש המקורי היה מצליח.

נימוק:
באופן דומה כל תהליך שמקורו בfork ומריץ את קוד זה אך לא מראשיתו, כאשר בוצעה בתהליך האב מתישהו קריאה לgetpid , העתקה של מרחב הזכרון הכולל של תהליך האב תביא העתק של המשתנה הגלובלי של האב וכך הערך בcached יהיה לא תקין, אך יהיה שונה מהערך 1- ולפי הקוד שלעיל הוא שיוחזר.

כדי לתקן את התקלה שנוצרה, דנה מציעה בנוסף את התיקון הבא של פונקציית המעטפת של fork:

```
1.    +    // the same global variable from above
2.    +    extern pid_t cached_pid;
3.
4.         pid_t fork() {
5.             unsigned int res;
6.             __asm__ volatile(
7.                 "int 0x80;"
8.                 :"=a"(res) :"a"(__NR_fork) :"memory"
9.             );
10.         +        ???
11.                return res;
12.           }
```

4. השלימו את התיקון הנדרש בשורה 10:

a. if (res == 0) cached_pid = -1;
b. if (res == 0) cached_pid = getpid();
c. if (res == 0) return cached_pid;
d. if (res > 0) cached_pid = -1;
e. if (res > 0) cached_pid = getpid();
f. if (res > 0) return cached_pid;

נימוק:

הבעיה בקריאת הfork המקורית היא שבפיצול התהליכים אין עדכון של ערך המטמון אצל הבן. עלינו לאתחל אותו או לערך 1- או לערך PID של הבן. נניח כי נרצה לעדכן את ערך המטמון לPID של הבן מיידית, לאור העדכון של הפונקציה getpid לא נוכל לעשות זאת כיוון שקריאה אליה בתהליך הבן, כשערך המטמון עוד מאותחל לערך האב, תחזיר מטעמי המימוש שלה את ערך המטמון ישירות – כלומר חזרנו למשבצת הראשונה. לכן, עלינו לאתחל את המשתנה הגלובלי כפי שהיינו עושים אילו התהליך היה מורץ מראש התוכנית, כלומר ל1- כיוון שהמימוש מסתמך על עובדה זו בעדכון ערך המטמון.

Part 2

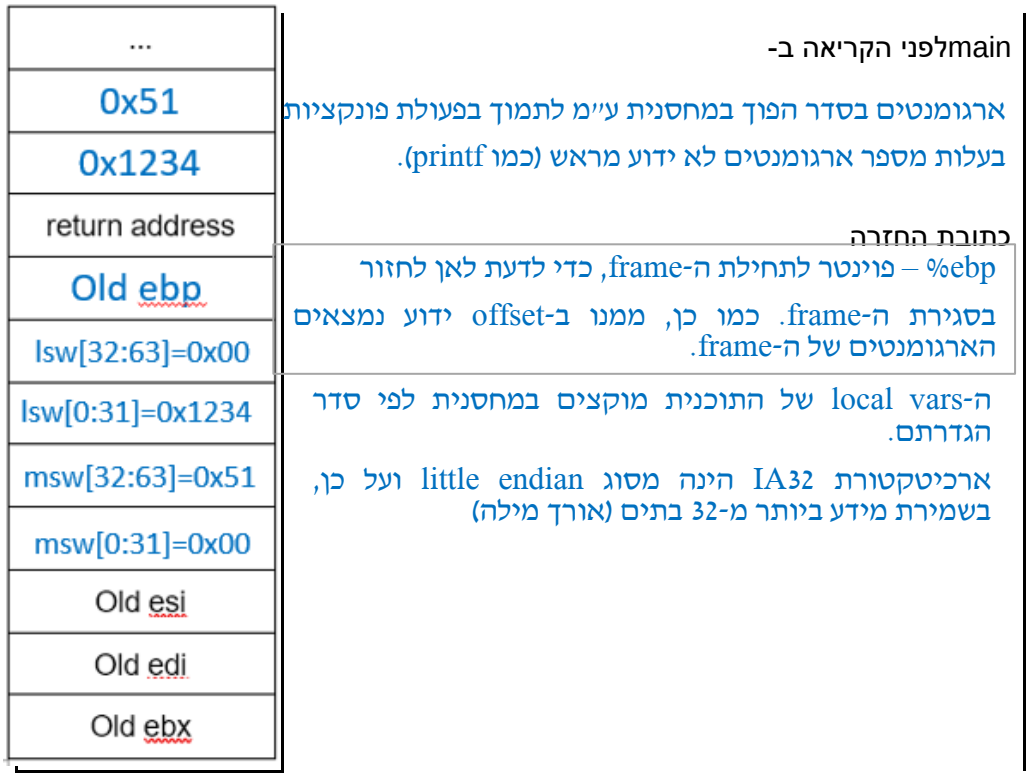
נתון הקוד של התוכנית C הבאה.

הבהרה: uint32_t מייצג טיפוס שלם אי-שלילי של 32-ביט. באופן דומה uint64_t מייצג טיפוס שלם אי-שלילי של 64-ביט.
הנחה: המערכת היא לינוקס 32-ביט כפי שנלמדה בתרגולים.

```
uint64_t extend(uint32_t low, uint32_t high) {
   uint64_t lsw = (uint64_t)low; // convert to 64 bit
   uint64_t msw = (uint64_t)high << 32;
   return msw | lsw;
}

int main(int argc, char* argv[]) {
  // ...
  uint64_t l = extend(0x1234, 0x51);
  // ...
}
```

א.השלימו את תמונת המחסנית בהרצת התוכנית כאשר היא נמצאת בשורה 4 לעיל. הסבירו את תשובתכם

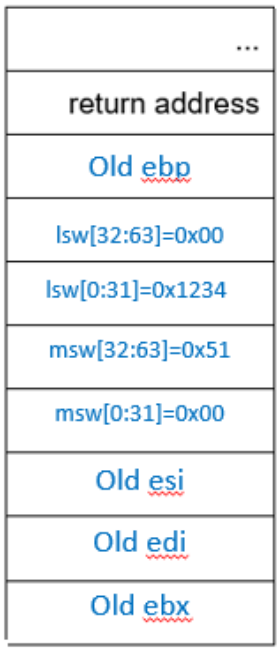


ב. באיזה רגיסטר או רגיסטרים תוחזר תוצאת החישוב ומה יהיו הערכים ברגיסטרים אלו? הסבר.
לפי הקונבנציה שלמדנו בתרגול , ערך בגודל של עד 64 ביט מוחזר כצמד edx:eax. לכן בשני רגיסטרים אלו (eax ו-edx) תוחזר תוצאת החישוב, וזאת כשלפי הסדר – eax מקבל את 4 הבתים התחתונים של ערך ההחזרה 0x1234, ו-edx מקבל את 4 הבתים העליונים של ערך ההחזרה 0x51.
(זאת על פי המוצג בשקף 25 בתרגול 1)

ג. בהנחה ש-main עושה שימוש בכל הרגיסטרים לפני הקריאה ל-extend ולאחר הקריאה ל-extend אילו רגיסטרים חייבים להישמר על-ידי main טרם הקריאה ל-extend? הסבר.

לפי המוצג בשקף 17, באחריות הפונקציה הקוראת לשמור לעצמה את eax ,edx במידה וברצונה לשמר את ערכיהם לאחר הקריאה לפונקציה הנקראת, כיוון שערך ההחזרה יעבור בהם, לכן הקוראת שתבצע בהם שינויים לא דואגת לשימורם. על כן אלו 2 הרגיסטרים שעליה לשמור.

ד. קונבנציית קריאה בסגנון FASTCALL אומרת כי עד 3 פרמטרים מועברים לפונקציה <u>ברגיסטרים</u> לפי הסדר הבא: eax, edx, ecx (משמאל לימין).
באופן דומה לסעיף א, השלימו את מצב המחסנית בשורה 4 בתוכנית לעיל, כאשר קונבנצית הקריאה לפונקציה מסעיף א מוגדרת להיות בסגנון FASTCALL.



ה.הצג מימוש קצר ככל האפשר ב-assembly לפונקציה extend מסעיף ד. הסבר את המימוש:

ret

הרגיסטרים בהם מועברים הפרמטרים הם בדיוק הפרמטרים בהם הם המוחזרים. הפרמטר הרשון הוא החלק התחתון של 32 הביט התחתונים, ועל כן יש פשוט לקחת אותו ולהחזירו ברגיסטר המכיל את ערך ההחזרה הנמוך – בשני המקרים זהו eax. באופן דומה הפרמטר השני המועבר בedx מוחזר ברגיסטר המכיל את הערך המכיל את 32 הביט העליונים של ערך ההחזרה שזהו גם edx ועל כן על הפונקציה לא לבצע דבר במקרה הנתון.