Operating Systems – 234123

**Homework Exercise 4 – Dry**

Teaching Assistant in charge:

**Mohammad Agbarya**

Assignment Subjects & Relevant Course material

**Threads, Synchronization, pthread Library**

# 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 –

**DHW4\_123456789\_300200100.pdf**

1. The submission should contain the following:
   1. The first page should contain the details about the submitters - Name, ID number and email address.
   2. Your answers to the dry part questions.
2. Submission is done electronically via the course website, in the **HW4 – 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 **hw4,** put them in the **hw4** 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://forms.gle/bZYjnT2arRrtD6NF6>

הנחיות בנוגע לתרגיל הבית הנוכחי:

1. שימו לב, הקוד הנתון בחלק מקטעי הקוד אינו קוד פורמלי, ולכן אין להתייחס בפתרונכם לבעיות קומפילציה כאלה או אחרות. יש לזהות את מהות השאלה ולענות לפיה.
2. יש **להסביר כל** סעיף עליו אתם עונים. הסבר שכזה תורם לכם להבין יותר טוב את התרגיל, ותורם לנו בלהבין יותר טוב את פתרונכם. **מרבית הניקוד יינתן על סמך הסבר זה**.
3. התשובות אותן אנו מחפשים בשאלות "מה יודפס" לא בהכרח יתקבלו עם הרצה אמיתית של הקוד על מחשבכם, כי בשאלה אין אנו נותנים נתונים מפורשים על אורך ה-Time Slice למשל, דבר הקבוע ויחיד אצלכם במחשב האישי. קיימים כמובן שיקולים נוספים. אנו מחפשים תשובה תיאורטית בלבד, עם הסבר מבוסס.
4. **ניקוד בונוס:** מטרת תרגיל הבית (יבש ורטוב) היא להציג בפניכם את עולם הסנכרון. זהו עולם רחב ועמוס בתובנות, ולעיתים (כמו למשל, backtracking ממבוא למדמ"ח) קשה להבין היטב את האלגוריתמיקה מאחוריו. חשוב אפוא שתתאמנו על כך, כך שחווית הבחינה תעבור באופן חלק. מכאן, אנו כן ממליצים להתמודד עם סעיפי **כתיבת** מנגנוני הסנכרון בחלק היבש, למרות שמטלה זו קשה יותר **מההבנה** של מנגנוני סנכרון מקולקלים. בגלל הקושי היחסי, סעיפים אלו סומנו כסעיפי בונוס. הניקוד המקסימלי הניתן לצבור בחלק היבש של תרגיל בית זה הוא **115**. במידה וציונכם בתרגיל היבש עלה מעבר ל-100, גם התוספת תשוקלל במיצוע הכללי של שיעורי הבית.

חלק ראשון: זיהוי כשלי סנכרון

תזכורת: תכונות הקטע הקריטי

**תכונות הכרחיות:**

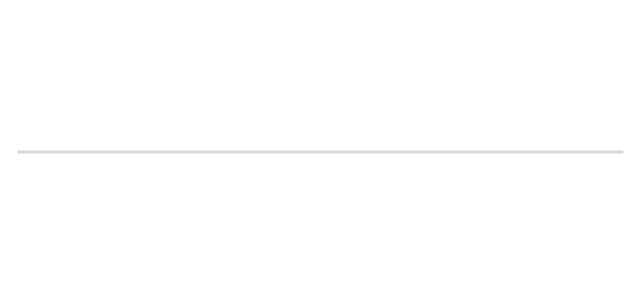
1. **Mutual Exclusion – מניעה הדדית** – בכל רגע נתון, לא יכול להיות יותר מחוט אחד בתוך הקטע הקריטי (הדבר שקול לכך שהקטע הקריטי הופך לנקודת **סריאליזציה** במסלולי הביצוע).
2. **Progress – התקדמות** - אם יש חוטים שרוצים לבצע את הקטע הקריטי, לבסוף חוט **כלשהו** יצליח להיכנס. ישנה התקדמות – אין Deadlock/Livelock.

**תכונות רצויות:**

1. **Fairness – הוגנות –** אם יש חוט **שרוצה** לבצע את הקטע הקריטי, **הוא** לבסוף יצליח. אין הרעבה.

הרחבות על הדרישה:

* + **Bounded Waiting –** הגדרת **חסם** למספר הפעמים שחוטים אחרים ייכנסו לקטע הקריטי לפני החוט הנוכחי.
  + **Order –** יש סדר ברור וידוע לזמני הכניסה של החוטים הנכנסים לקטע הקריטי. דוגמה לסדר אפשרי: FIFO.



* 1. אילו תכונות של הקטע הקריטי מפר המימוש הבא כאשר משתמשים בו במערכת עם נפילות חוטים, ולמה? הניחו שהקוד רץ על מעבד יחיד.

**נפילת חוטים:** חוט יכול ליפול באופן פתאומי, כתוצאה מחריגה למשל.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Atomic Swap** מקבלת כתובת של תא וערך חדש, ומחליפה **באופן אטומי** את תכולת התא עם הערך החדש, ומחזירה את הערך הישן.

* 1. במימוש קיימת בעיית Performance, הגורמת לחוסר יעילות של זמן המעבד. ניתן להניח שהקטע הקריטי עליו המנעול מגן הינו קטע ארוך וכבד חישובית. היכן היא? האם הבעיה עדיין קימת אם הקטע היה קצר ומהיר?

class lock {

bool lockVal;

public:

lock(bool initVal) { lockVal = initVal;}

void lock(){

while(AtomicSwap(&lockVal,0)==0){}

}

void unlock(){

lockVal = 1;

}

}

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. ממשים מנעול חדש הכולל:

* Mutexסטנדרטי
* מונה count
* סף איטרציות MAX\_ITER

תיאור מנגנון הנעילה: בזמן ניסיון נעילה (דהיינו, קריאה לפונקציה lock()), המנעול תומך ב-Timeout אותו ממשים על ידי מונה בצורה הבאה: במידה והחוטים במערכת מנסים לתפוס את המנעול MAX\_ITER פעמים, אך המנעול אינו שוחרר במהלך ניסיונות אלו, המנעול ישוחרר. שימו לב ש-MAX\_ITER הינו define גלובלי הידוע לכל החוטים. תיאור בפסודו קוד של מימוש הפונקציה lock() נתון בקטע הקוד הבא:

while ( mutex is locked ) {

if ( mutex wasn’t released yet )

count++

else

count=0

if ( count == MAX\_ITER )

unlock mutex

}

הניחו מערכת עם מעבד יחיד ואפשרות לנפילת חוטים פתאומית. הניחו שה-Mutex מומש **בעזרת תור** ושומר על סדר הכניסות אליו (FIFO). זהו אגב, נקרא מנעול "הוגן". אילו תכונות של הקטע הקריטי מופרות פה?

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. בהנחה שהקוד מורץ על מעבד יחיד, הסבר מה ידפיס הקוד הבא, ולמה ? התשובה צריכה להיות מורכבת מערך מקסימלי אפשרי וערך מינימלי אפשרי, עם תרחיש אפשרי לכל אחד. ניתן להניח שפעולות store ו-load מתבצעות באופן אטומי.

int sum=0;

pthread\_mutex\_t mutex=PTHREAD\_MUTEX\_INITIALIZER;

int ids[10]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};

void\* thread\_workload(void \*threadID){

int\* p\_val = (int\*) threadID;

pthread\_mutex\_lock(&mutex);

sum += \*p\_val;

pthread\_mutex\_unlock(&mutex);

}

int main(){

pthread\_t t;

int i;

for(i=0;i<10;++i)

pthread\_create(&t,NULL, thread\_workload,(void\*)(ids+i));

pthread\_join(t,(void\*\*(&i));

printf(“%d\n”, sum);

return 0;

}

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. בהנחה שהקוד מורץ על מעבד יחיד, הסבר מה ידפיס הקוד הבא, ולמה ? התשובה צריכה להיות מורכבת מערך מקסימלי אפשרי וערך מינימלי אפשרי, עם תרחיש אפשרי לכל אחד. ניתן להניח שפעולות store ו-load מתבצעות באופן אטומי.

int result;

void\* do\_calc();

int i;

for(i=0; i<100 ; ++i)

result=result+1;

int main(){

pthread\_t threads[2];

int i;

result =0;

for(i=0;i<2;++i)

pthread\_create(&threads[i],NULL,do\_calc,NULL);

for(i=0;i<2;++i)

pthread\_join(threads[i],NULL);

printf(“%d\n”, result); return 0;

}

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. הסבירו למה אין צורך להגן על sum בעזרת משתנה סנכרון כמו Mutex או Semaphore.

הניחו ש-sum הינו משתנה גלובלי.

int sum = 0;

if( fork() ) {

sum = sum+5;

} else {

sum = sum +1;

}

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

חלק שני: **Singlephore**

לרוב מנגנוני הסנכרון עליהם למדתם, קיימים לפחות שתי פעולות. מנעולים פשוטים תומכים ב-lock ו-unlock. משתני תנאי תומכים ב-wait ו-signal, וסמפורים ב-up ו-down או בשמם המקורי בספרות, P ו-V.

בתרגיל זה תעבדו עם מנגנון סנכרון שלו **תמיכה רק בפעולה אחת ויחידה**, ונקרא – **singlephore**.

**הגדרת פעולות של המנגנון:**

typedef struct singlephore {

int value;

} singlephore;

// Initialize the singlephore to value 0.

void singlephore\_init(singlephore \* h) {

h->value = 0;

}

// Block until the singlephore has value >= bound, then atomically increment its value by delta.

void H(singlephore \* h, int bound, int delta) {

// This is pseudocode; a real singlephore implementation would block, not

// spin, and would ensure that the test and the increment happen in one

// atomic step.

while (h->value < bound) {

sched\_yield();

}

h->value += delta;

}

ברגע שה-singlephore אותחל, קוד אפליקציה יגש אליו רק דרך הפעולה H.

1. ממש מנעול למניעה הדדית בעזרת singlephore. מלא את תבניות הקוד הבאות:

typedef struct mutex {

singlephore h;

} mutex;

void mutex\_init(mutex\* m) {

*//TODO*

}

void mutex\_lock(mutex\* m) {

*//TODO*

}

void mutex\_unlock(mutex\* m) {

*//TODO*

}

1. **סעיף בונוס** (**5 נקודות**): ממש משתנה תנאי בעזרת singlephore ו-mutex (שכבר מימשתם). מלא את תבניות הקוד הבאות: (שימו לב, הסעיף הבא **אינו** סעיף בונוס, אך יכול לעזור לפתרון סעיף זה).

typedef struct condvar {

mutex m;

singlephore h;

*//TODO*

} condvar;

// Initilize the condition variable

void cond\_init(condvar\* c) {

*//TODO*

}

// Signal the condition variable

void cond\_signal(condvar\* c) {

*//TODO*

}

// Block until the condition variable is signaled. The mutex m must be locked by the

// current thread. It is unlocked before the wait begins and re-locked after the wait

// ends. There are no sleep-wakeup race conditions: if thread 1 has m locked and

// executes cond\_wait(c,m), no other thread is waiting on c, and thread 2 executes

// mutex\_lock(m); cond\_signal(c); mutex\_unlock(m), then thread 1 will always recieve the

// signal (i.e., wake up).

void cond\_wait(condvar\* c, mutex\* m) {

*//TODO*

}

**רמזים:**

1. אם אין חוט שמחכה על משתנה התנאי c, אז cond\_signal(c) לא יעשה דבר.
2. הנח ש-N חוטים ממתינים על משתנה התנאי c. אז N קריאות ל- cond\_signal(c) הם תנאי הכרחי ומספיק על מנת להעיר את כולם.
3. יתכן ותוכל להיעזר בסעיף הבא כדי למצוא את הפתרון הנכון
4. ניתן ורצוי להשתמש בקבוע INT\_MIN, הערך הנמוך ביותר ש-integer יכול לקבל.
5. ג'ון סנו החרוץ מתלמידי הקורס, סיפק את הפתרון הבא לסעיף ב':

typedef struct condvar {

singlephore h;

} condvar;

void cond\_init(condvar\* c) {

singlephore\_init(&c->h);

}

void cond\_signal(condvar\* c) {

H(&c->h, INT\_MIN, 1);

}

void cond\_wait(condvar\* c, mutex\* m) {

mutex\_unlock(m);

H(&c->h, 0, -1);

mutex\_lock(m);

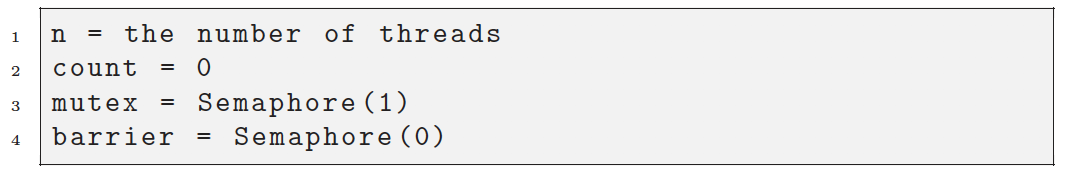
}

מה לא תקין בפתרון? הראו תרחיש אפשרי בו פתרון זה לא עומד בתנאים של סעיף ב'.

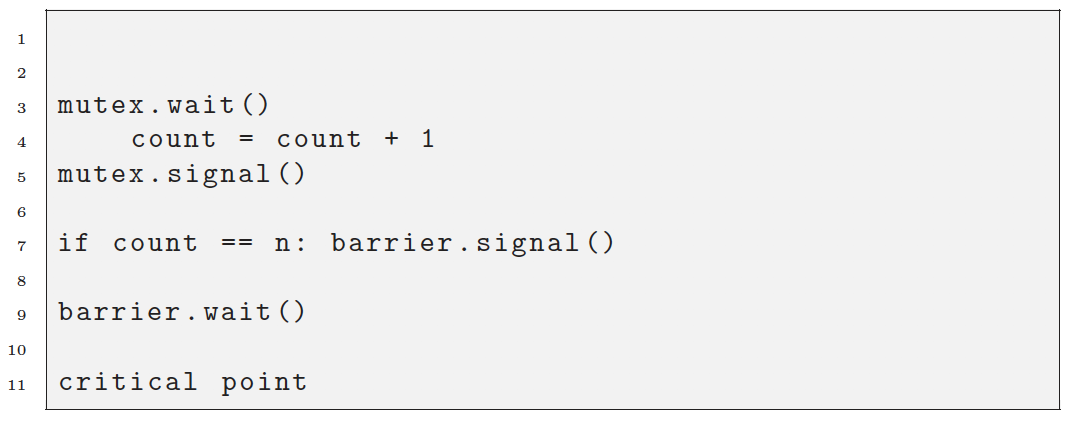
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

חלק שלישי: **Barrier**

פרמטרים שנשתמש בהם לאורך כל השאלה:



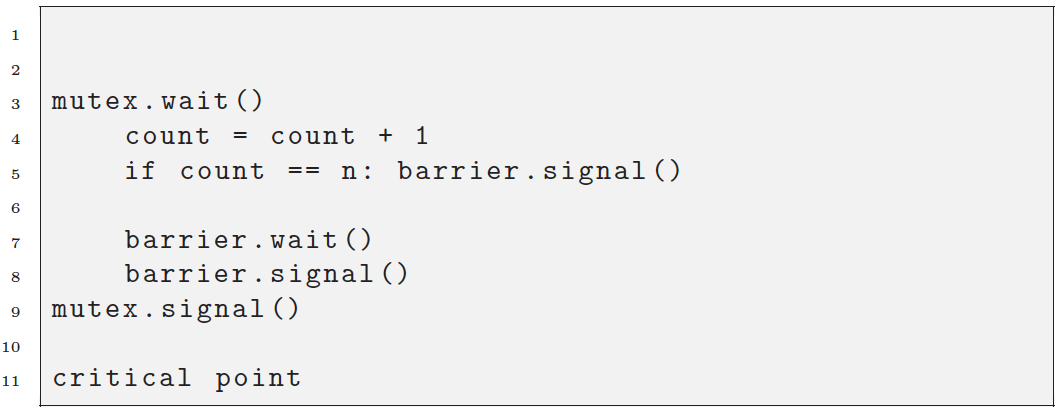
אחרי התרגול על סנכרון סטודנט חרוץ החליט שהוא ממש barrier באמצעות שני סמפורים, הוא הציע את הפתרון הבא:



1. (10 נק') הסבירו היטב למה הפתרון שלו לא עובד, הדגימו שימוש לא נכון במימוש הזה כ-barrier והראו מאיפה הבעיה נובעת.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

אחרי שהסטודנט גילה שהפתרון שלו לא עובד הוא החליט לעשות כמה שינויים, הוא הציע את הפתרון הבא:

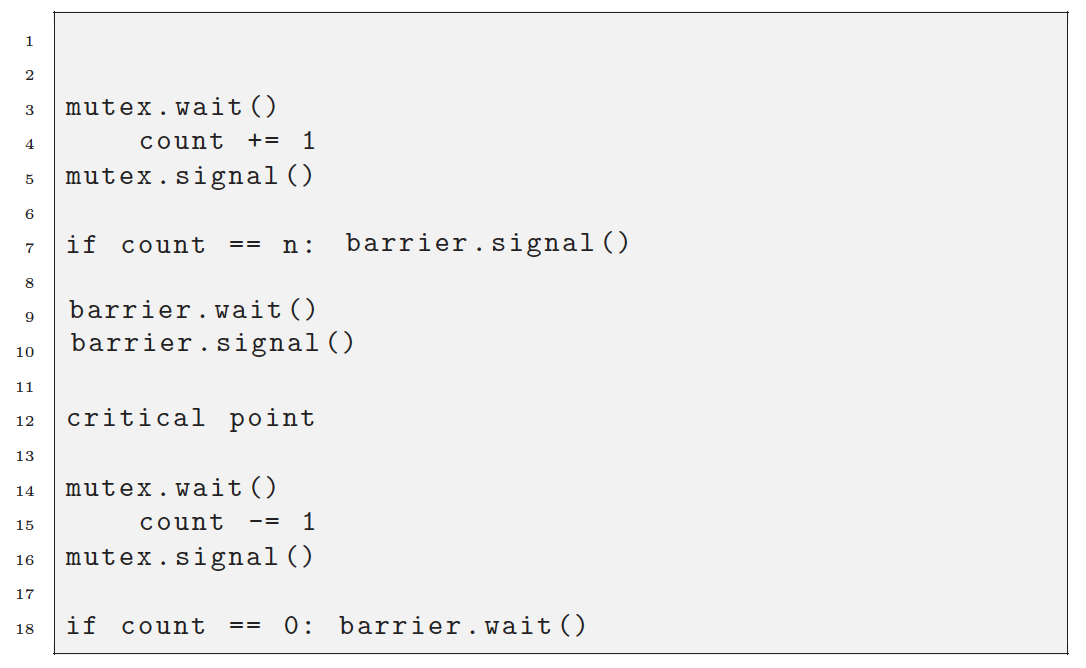


1. (10 נק') הסבירו היטב למה הפתרון החדש שלו לא עובד, הדגימו שימוש לא נכון במימוש הזה כ-barrier והראו מאיפה הבעיה נובעת.

­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

הסטודנט הבין לבד את הבעיות הנ"ל וכתב פתרון עובד סופסוף, אבל הוא שם לב שהמימוש שלו הוא חד פעמי כלומר לא יעבוד אם נשתמש בו פעם שנייה (not-Reusable).

לפתור את הבעיה הזו (Reusability) הסטודנט הציע את הפתרון הבא:

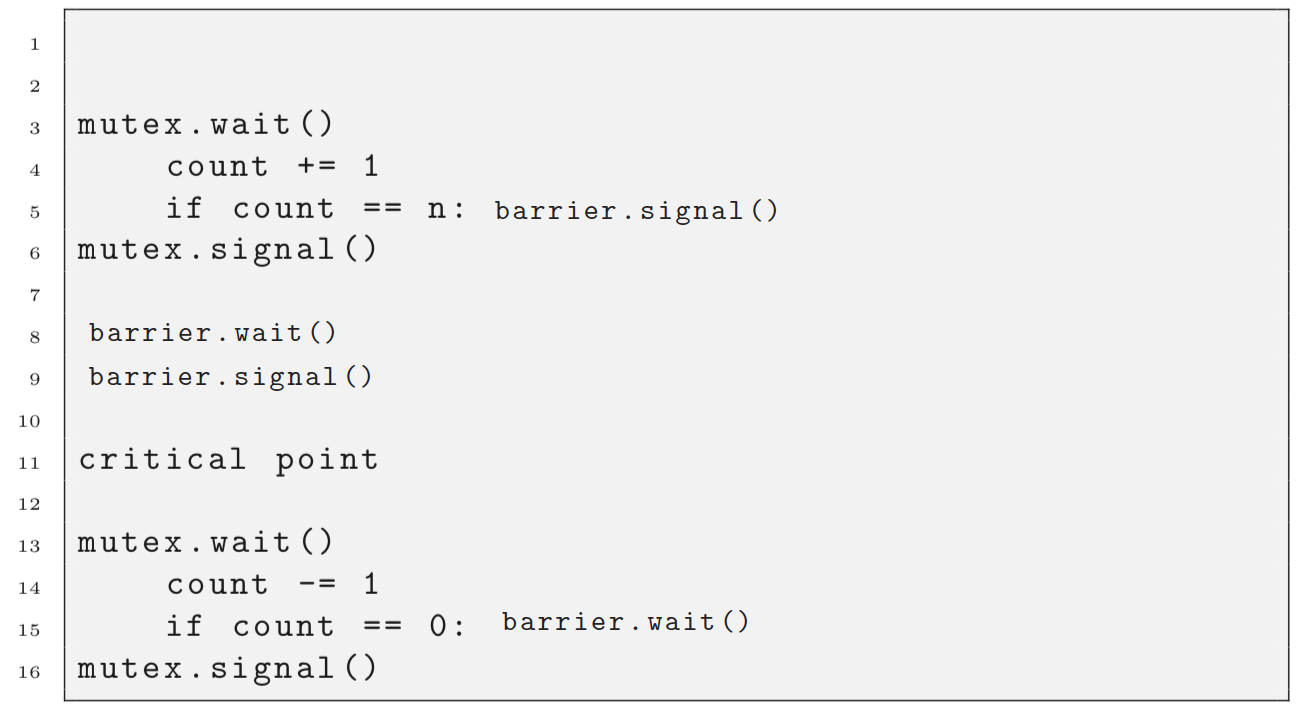


1. (10 נק') הסבירו היטב למה הפתרון שלו לא עובד, הדגימו שימוש לא נכון במימוש הזה

כ-barrier-reusable והראו מאיפה הבעיה נובעת.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

אחרי שהסטודנט גילה שהפתרון שלו לא עובד הוא החליט לעשות כמה שינויים, הוא הציע את הפתרון הבא:



1. (10 נק') הסבירו היטב למה הפתרון החדש שלו לא עובד, הדגימו שימוש לא נכון במימוש הזה

כ-barrier-reusable והראו מאיפה הבעיה נובעת.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

הסטודנט הבין לבד שצריך סמפור נוסף כדי לממש barrier-reusable.

1. (20 נק') הציעו לסטודנט ממוש עובד בסגנון הנ"ל.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_