



נספח א' – בסיסי ספירה, אריתמטיקה בינארית, שערים לוגיים

בסיסי ספירה

שיטת הספירה לה הורגלנו, קרויה שיטת הספירה העשרונית. בשיטה זה ישנן עשר ספרות בלבד (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). מיקום הספרה במספר קובע את ערך הספרה. לדוגמא: במספר 239 ערך הספרה 3 הוא 30, ואילו במספר 2390, ערך הספרה 3 הוא 300.

עד עתה קיבלנו כמובן מאליו את שיטת הספירה העשרונית ונמנענו מלהשתמש בשיטות אחרות. עם התפתחות האלקטרוניקה והמחשבים, נזקקנו לשיטת ספירה שונה מהשיטה העשרונית, שיטה שאפשר יהיה לייצגה עד ידי פעולות מיתוג חשמליות, וכידוע – למתג רק שתי אפשרויות – סגור או פתוח.

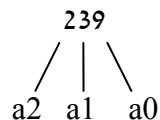
שיטה כזו המיוצגת על ידי שתי ספרות – 1 ו-0 נקראת השיטה הבינארית.

ייצוג מספרים בבסיסים שונים

ערך מספר המיוצג בשיטת הספירה העשרונית תלוי במיקום הספרות. לדוגמא ערכו של המספר 239 יתקבל על ידי:

$$N=2*100+3*10+9*1$$

נסמן את הספרות בהתאם למיקומן במספר באופן הבא:



ניתן לרשום באופן כללי את ערכו של מספר:

$$N=a_0*10^0+a_1*10^1+a_2*10^2+...+a_n*10^n$$

המספר 10 מכונה בסיס הספירה.

בצורה כזו ניתן לבטא מספר בבסיסים שונים. מספר הספרות הדרוש לספירה בבסיס כלשהו n, יהיה n ספרות.

לדוגמא:

בסיס 10 – דרושות 10 ספרות: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

בסיס 8 – דרושות 8 ספרות: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

בסיס 2 – דרושות 2 ספרות: 0 ו-1

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



מעבר בסיסים

מעבר מבסיס כלשהו לבסיס 10

על מנת לבצע את המעבר, נשתמש בנוסחא הכללית:

$$N_b = a_0 * b^0 + a_1 * b^1 + a_2 * b^2 + \dots + a_n b^n = N_{10}$$

כאשר a_0 הוא הספרה הימנית ביותר, a_n הוא הספרה השמאלית ביותר ו**b** הוא הבסיס המקורי של המספר השונה מ-10.

לדוגמא: על מנת להמיר את המספר 673_8 לבסיס 10:

$$673_8 = 3 * 8^0 + 7 * 8^1 + 6 * 8^2 = 443_{10}$$

מעבר מבסיס 10 לבסיס כלשהו

על מנת לעבור מבסיס 10 לבסיס שונה, יש לבצע את הפעולות הבאות:
לחלק את המספר בבסיס היעד.

לרשום את השארית בצד ואת התוצאה המעוגלת כלפי מטה בהמשך.

להמשיך לחלק עד שהמספר קטן ממספר הבסיס.

לרשום את המספר האחרון עם השארית שרשמנו.

המספר הוא השארית (השארית הראשונה היא הספרה הימנית ביותר והאחרונה היא הספרה השמאלית ביותר).

להדגמה ניקח את המספר 443_{10} מהסעיף הקודם ונמיר אותו לבסיס 8.

המספר	השארית
443	3
55	7
6	6

התהליך היה כדלקמן:

- חילקנו את המספר 443_{10} ב-8, התקבלה התוצאה 55.375.
- רשמנו למטה את המספר 55, ולאחר מכן הכפלנו את 55 ב-8 לקבלת השארית (-443)
 $(3 = 55 * 8)$
- לאחר מכן המשיכנו וחילקנו את 55 ב-8, וקיבלנו 6.875. רשמנו למטה 6 וגילינו שהשארית היא 7 $(7 = 6 * 8 + 55)$.
- מכיוון שהמספר 6 קטן מהבסיס 8 רשמנו אותו בשארית וסיימנו.
- לכן המספר המבוקש הוא 673_8 .

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה



בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר
שייגרם במישרין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



בסיס 16 (Hexadecimal)

ברוב המעבדים הקיימים בשוק כיום משתמשים בעיקר ב-3 בסיסי ספירה: בסיס 2 (בינארי), בסיס 10 (דצימלי) ובסיס 16 (הקסאדצימאלי).

השימוש בבסיס 16 הינו רחב כל כך מכיוון שכל ספרה בבסיס 16 מייצגת ארבע ספרות בינאריות ולכן הוא משמש בסיס ספירה נוח יותר לייצוג בינאריים. לכן שתי ספרות הקסאדצימאליות מייצגות 8 ביט, ארבע מייצגות 16 ביט וכך הלאה. הספרות המשמשות את בסיס הספירה 16 הן:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F

דוגמא:

$$\begin{array}{c} F6D2_{16} \\ \swarrow \quad \downarrow \quad \searrow \\ 1111 \ 0110 \ 1101 \ 0010_2 \end{array}$$

כפי שניתן לראות, כל ספרה הקסאדצימאלית מיוצגת על ידי ארבע ספרות בינאריות (ארבעה ביטים).

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



שיטת הגודל והסימן ומשלים-2 של מספר בינארי

אנו רגילים לסמן מספר עשרוני שלילי באמצעות סימן מינוס משמאל למספר. אולם, לצורך שימוש בבסיס בינארי במחשב, אנו צריכים למצוא שיטה כדי לבטא את הסימן (חיובי או שלילי) באמצעות הסמלים 0 ו-1, כי אלה הסימנים היחידים שמחשב מזהה. נהוג לסמן מספר בינארי חיובי על ידי הוספת הספרה 0 משמאל למספר, ומספר בינארי שלילי על ידי הוספת הספרה 1 משמאל למספר.

כדי לבנות את הייצוג הבינארי של המספרים השלמים **החיוביים והשליליים**, שערכם המוחלט בין 0 ל-7, נזדקק ל-4 סיביות: שלוש מהן יבטאו את ערכם המוחלט של המספרים (החיוביים והשליליים) שבין 0 ל-7 והרביעית – השמאלית ביותר – תבטא את הסימן.

בטבלה רשומים 15 מספרים בינאריים, חיוביים ושליליים, שנבנו בשיטה שתיארנו. המספר 0 נחשב לחיובי.

סיבית הסימן			סיבית הסימן
0	0000		
1	0001	-1	1001
2	0010	-2	1010
3	0011	-3	1011
4	0100	-4	1100
5	0101	-5	1101
6	0110	-6	1110
7	0111	-7	1111

בין שני מספרים, הרשומים באותה שורה בטבלה, קיים הבדל רק בסיבית הסימן. שאר הסיביות, המייצגות את הערך המוחלט של המספרים, זהות.

שיטה זו להצגת מספרים שליליים נקראת שיטת **הגודל והסימן**. כפי שנראה מיד, שיטה זו אינה עילה לביצוע פעולות חשבון.

$$1100+1=1101$$

מתקבל הצירוף 1101 המסמל את -5, אולם התוצאה אמורה להיות: $-4+1=-3$. לפיכך צריך להפוך את סדר הצירופים בעמודה הימנית כך שהאחרון יהיה לראשון, זה שלפני האחרון יהיה שני וכדומה – ולכן אנו משתמשים בשיטת המשלים ל-2.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



סיבית הסימן			סיבית הסימן
0	0000		
1	0001	-1	1111
2	0010	-2	1110
3	0011	-3	1101
4	0100	-4	1100
5	0101	-5	1011
6	0110	-6	1010
7	0111	-7	1001

נבדוק כעת $-3+1=2$:

$$\begin{array}{r} 1101 \\ + \quad 1 \\ \hline 1110 \end{array}$$

ואמנם, התוצאה שקבלנו עתה היא נכונה.

מהתבוננות בטבלה ניוכח שקיים בה כלל: מחובר אחד גדל ביחידה משורה לשורה והמחובר השני קטן ביחידה משורה לשורה. לכן שווים סכומי הצירופים של $1+(-1)$, $2+(-2)$, $3+(-3)$, וכדומה. כל אחד משני הצירופים בשורה נקרא משלים-2 של השני. מספר בינארי אחד באורך n סיביות, נקרא משלים-2 של מספר בינארי שני (באותו אורך) כאשר סכומם שווה ל-0 ויוצר גלישה. גם שיטת ייצוג המספרים השליליים המתוארת בטבלה נקראת שיטת משלים-2.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



משלים-1 ומשלמים-2 של מספר בינארי

מספר עשרוני			הייצוג העשרוני בשיטת משלים ל-1	הייצוג העשרוני בשיטת משלים ל-2
0	0000			
1	0001	1111	-1	0
2	0010	1110	-2	-1
3	0011	1101	-3	-2
4	0100	1100	-4	-3
5	0101	1011	-5	-4
6	0110	1010	-6	-5
7	0111	1001	-7	-6
		1000	-8	-7

מהו הקשר בין צירופי הסיביות הנמצאים משני עברי כל חץ?

כל צירוף מהווה היפוך הספרות של הצירוף הנמצא מצידו השני של החץ, לכן סכום שני הצירופים הוא 1111.

כל זוג מספרים, הקשורים ביניהם על ידי חיצים, נקראים משלימי-1. מספר בינארי נקרא משלים-1 של מספר בינארי אחר אם סכומם מורכב כולו מסיביות 1, כלומר, אם סיביותיהם המתאימות הפוכות.

ברוב המחשבים מיוצגים המספרים השליליים בשיטת משלים-2. גם היפוך הסימן של מספר נעשה ברוב המחשבים בשיטה זו.

נתבונן במספרים:

+3	0011
-3	1101

כל אחד ממספרים אלה מהווה משלים-2 של השני כי:

$$\begin{array}{r} +3 \quad 0011 \\ + \quad -3 \quad 1101 \\ \hline 0 \quad 10000 \end{array}$$

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



כפי שאנו רואים המשלים ל-2 הופך מספר חיובי לשלילי ולהפך כאשר 0 נשאר 0. חסרונה של שיטה זו הוא שהמספר השלילי הגבוה ביותר לא משתנה (בדוגמא 8- נשאר 8-). לעומת זאת, כל אחד מן המספרים הבאים:

0011

1100

נקרא משלים-1 של השני. בשיטה זו 0 הופך ל1, 2 הופך ל3-, וכן הלאה מכיוון ש0 נחשב למספר החיובי הראשון.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



פעולות ושערים לוגיים

שער הוא מתקן המממש קשר בין משתנים לוגיים. השערים יכולים להיות מסוגים שונים, מכאניים או אלקטרוניים. בשערים אלקטרוניים מייצגים את הערך הלוגי "1" על ידי קיום זרם או מתח ואת הערך הלוגי "0" על ידי העדר מתח או זרם. בפרק זה נעבור על השערים והפעולות AND, OR, XOR ו-NOT.

הפעולה OR

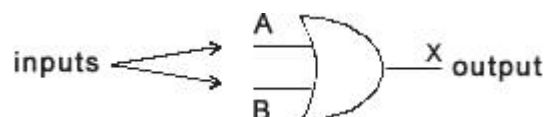
הפעולה OR ("או") מבצעת פעולה בוליאנית אשר מוגדרת על ידי שני משתנים או יותר והמקבלת ערך "1" כאשר לפחות אחד מהמשתנים מקבל את הערך "1".

הסמל המשמש לתיאור פעולת ה-OR הוא +.

כעת נציג את טבלת האמת של פעולה זו. טבלת האמת הינה טבלה אשר מציגה את כל הערכים האפשריים אשר יכולים להגדיר את הפונקציה (Input) ואת תוצאת הפונקציה לגביהן (Output).

X1	X2	$f(X1, X2) = X1 + X2$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

שער ה-OR מסומל בצורה הבאה:



שימושים לפעולה OR : הפיכת ביטים רצויים ל-1 ללא שינוי של הביטים האחרים. לדוגמא:

\$46	0	1	0	0	0	1	1	0
\$F0	1	1	1	1	0	0	0	0
\$46+\$F0	1	1	1	1	0	1	1	0

בצורה זו הפכנו רק את הביטים הרצויים (ביטים 5-8) לביטים אשר יוגדרו כ-"1" והתעלמנו משאר הביטים.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



הפעולה AND

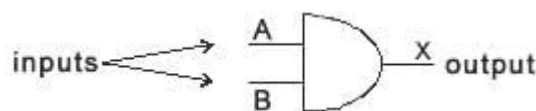
הפעולה AND ("וגם") מבצעת פעולה בוליאנית אשר מוגדרת על ידי שני משתנים או יותר והמקבלת ערך "1" אך ורק כאשר כל המשתנים מקבלים את הערך "1".

הסמל המשמש לתיאור פעולת ה-AND הוא *.

כעת נציג את טבלת האמת של פעולה זו:

X1	X2	$f(X1, X2) = X1 * X2$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

שער ה-AND מסומל בצורה הבאה:



שימושים לפעולה AND: הפיכת ביטים רצויים ל-0 ללא שינוי של הביטים האחרים. לדוגמא:

\$46	0	1	0	0	0	1	1	0
\$F0	1	1	1	1	0	0	0	0
\$46*\$F0	0	1	0	0	0	0	0	0

בצורה זו הפכנו רק את הביטים הרצויים (ביטים 1-4) לביטים אשר יוגדרו כ-"0" והתעלמנו משאר הביטים.

הפעולה NOT

הפעולה NOT ("לא") מבצעת פעולה בוליאנית אשר מוגדרת על ידי משתנה אחד בלבד. הפעולה הופכת את ערך המשתנה. במוצא יתקבל "1" כאשר בכניסה ישנו "0" ולהפך.

הסמל המשמש לתיאור פעולת ה-NOT הוא ¬ ("גג" מעל המשתנה).

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

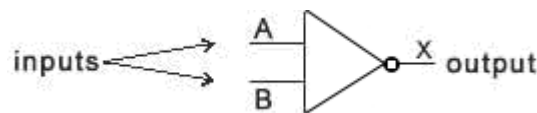
© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



כעת נציג את טבלת האמת של פעולה זו :

X	$f(x) = \bar{X}$
0	1
1	0

שער ה NOT מסומל בצורה הבאה :



שימושים לפעולה NOT : ביצוע משלים ל-1. לדוגמא :

\$46	0	1	0	0	0	1	1	0
$\$46^{\wedge}$	1	0	1	1	1	0	0	1

בצורה זו הפכנו את המספר 70 בבסיס 10 ל-71.

הפעולה XOR (Exclusive Or)

הפעולה XOR מבצעת פעולה בוליאנית אשר מוגדרת על ידי שני משתנים והמקבלת ערך "1" אך ורק כאשר אחד משני המשתנים מקבל את הערך "1".

הסמל המשמש לתיאור פעולת ה-XOR הוא $\oplus$.

כעת נציג את טבלת האמת של פעולה זו :

X1	X2	$f(X1, X2) = X1 \oplus X2$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

שער ה XOR מסומל בצורה הבאה :



בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישרין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



שימושים לפעולה XOR : הפיכת ביטים רצויים מ-0 ל-1 ולהפך ללא שינוי של הביטים האחרים.
לדוגמא :

\$46	0	1	0	0	0	1	1	0
\$F0	1	1	1	1	0	0	0	0
$\$46 \oplus \$F0$	1	0	1	1	0	1	1	0

בצורה זו הפכנו רק את הביטים הרצויים (ביטים 5-8) לביטים אשר ישתנו מ-"1" ל-"0" ולהפך.
והתעלמנו משאר הביטים.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר
שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



חישוב בינארי

כאשר אנו מבצעים חישובים בתוכנה אנחנו לא יכולים פשוט להשתמש בפקודת חילוק או חיבור, אנו צריכים לזכור שאנחנו מתעסקים עם מספרים המבוטאים ע"י שמונה או שש-עשרה ביט שכל ביט הוא ספרה בינארית.

כדי להראות את כל הגורמים בהם צריך להתחשב בעת חישוב בינארי נשתמש בדוגמא של ממוצע. כאשר אנו מבצעים ממוצע חשבוני אין הבדל בין:

$$Avg = \frac{A+B+C+D}{4} = \frac{A+B}{4} + \frac{C+D}{4} = \frac{A}{4} + \frac{B}{4} + \frac{C}{4} + \frac{D}{4}$$

אך כאשר מדובר בחישוב בינארי המצב שונה. כאשר אנו מחשבים בתוכנה אנו צריכים תמיד לחשוב על ארבעה גורמים - מספרים מסומנים, גלישה (איבוד הביט החשוב ביותר), אי-דיוק (איבוד הביטים הנמוכים) ויעילות.

- גלישה - כאשר אנו מחברים 190 ל-170 התוצאה היא 260, אך כאן מסתתרת הבעיה: אם אנו משתמשים באוגר של 8 ביט (עד 255) התוצאה "תגלוש" מחוץ לאוגר ובעצם התוצאה תהיה 104.

$$\begin{array}{r} 10101010 \\ 10111110 \\ \hline 101101000 \end{array}$$

$$01101000_2 = 104_{10}$$

LDA	#170	; Load 17 to A
ADD	#190	; Add 190 to A

מצב זה יתרחש אם נעשה את הממוצע בצורת:

$$Avg = \frac{A+B+C+D}{4}$$

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא יסאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישור או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



נניח שהמספרים להם אנו עושים ממוצע מיוצגים ב-8 ביט. אם ננסה לחבר את המספרים בצורה רגילה כמעט תמיד תיווצר גלישה (אלא אם כן מדובר במספרים מאוד נמוכים). ישנן שתי דרכים לטפל בבעיה זו: שימוש באוגר D (אוגר של 16 ביט) או שימוש בשיטה אחרת לביצוע הממוצע. שימוש באוגר D מתבצע בצורה הבאה:

CLRA		; Clear A
LDAB	NUM1	; Load first number to B
ADDB	NUM2	; Add second number to B
ADCA	#0	; Add carry to A
ADDB	NUM3	; Add third number to B
ADCA	#0	; Add carry to A
ADDB	NUM4	; Add forth number to B
ADCA	#0	; Add carry to A
LSRD		; Divide D by two
LSRD		; Divide D by two

שיטה זו אינה מתאימה למספרים מסומנים. שיטה לחישוב הממוצע שתמנע גלישה היא:

$$Avg = \frac{A}{4} + \frac{B}{4} + \frac{C}{4} + \frac{D}{4}$$

בשיטה זו כל מספר מחולק בארבע לפני ביצוע פעולת הסכום ולכן אין סיכוי לגלישה. בשיטה זו גם נוכל לחבר מספרים המיוצגים ב-16 ביט ולהשתמש במספרים מסומנים. לשיטה זו שני חסרונות: יעילות נמוכה יותר ואי-דיוק.

- יעילות - חילוק כל מספר לחוד דורש זמן מעבד גבוה יותר ומאריך את זמן הביצוע של הממוצע. בדוגמא הקודמת זמן ההרצה של התוכנית הוא 2.25 מיקרו שניות, זמן ההרצה של התוכנית הנוכחית הוא 6 מיקרו שניות.
- אי-דיוק - בכל פעם שאנו מחלקים מספר אנחנו מאבדים את השארית (0-3). אם מבצעים קודם חילוק של כל מספר לפני החיבור הטעות מצטברת (0-12+0-3+0-3=0-12).

LSR	NUM1	; Divide the first number by two
LSR	NUM1	; Divide the first number by two
LSR	NUM2	; Divide the second number by two
LSR	NUM2	; Divide the second number by two
LSR	NUM3	; Divide the third number by two
LSR	NUM3	; Divide the third number by two
LSR	NUM4	; Divide the forth number by two
LSR	NUM4	; Divide the forth number by two
LDAA	NUM1	; Load the first number to A
ADDA	NUM2	; Add the second number to A
ADDA	NUM3	; Add the third number to A
ADDA	NUM4	; Add the forth number to A

אם אנו עושים ממוצע למספרים מסומנים נשתמש בפקודה ASR במקום בפקודה LSR.

כמובן שהבחירה באיזה סוג של ממוצע נשתמש תלויה בתנאים בהם אנו עושים את הממוצע. לדוגמא, בתוכנה של קרפלעך ביצענו ממוצע לחישובי האינפרה אדום, מכיוון שידענו שתוצאות חישובים אלה לא עוברות את הערך 128 יכולנו לחבר שתי תוצאות ללא חשש שתיווצר גלישה.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



$$Avg = \frac{\frac{A+B}{2} + \frac{C+D}{2}}{2}$$

התוכנה מבצעת ממוצע של שני החישובים הקדמיים בו זמנית כדי לחסוך בזמן עיבוד. בנוסף כדאי היה להשתמש בתוך הפסיקה בהמרה של ארבע פורטים אנלוגיים ולא של כל השמונה כדי לחסוך זמן. ההבדל בין המרה של ארבע לשמונה פורטים הוא 28 מילישניות. בנוסף, אפשר לעשות גם המרה של חישובים יחידים. התוכנה גם מנצלת את המחשנית ושיטת המיעון Auto pre/post decrement/increment indexed addressing. שיטת מיעון זו שימושית מאוד לביצוע חישובים בינאריים מכיוון שהיא חוסכת פקודות וזמן עיבוד.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



תוכנת ממוצע החיישנים נראית כך :

JSR	READ_ATD	; Read Analog sensors
LDAB	ADR0H	; Load right sensor read to B
LDAA	ADR1H	; Load left sensor read to A
JSR	READ_ATD	; Read Analog sensors
ADDB	ADR0H	; Add right sensor read to B
ADDA	ADR1H	; Add left sensor read to A
LSRA		; Divide A by two
LSRB		; Divide B by two
PSHB		; Push B into stack
PSHA		; Push A into stack
JSR	READ_ATD	; Read Analog sensors
LDAB	ADR0H	; Load right sensor read to B
LDAA	ADR1H	; Load left sensor read to A
JSR	READ_ATD	; Read Analog sensors
ADDB	ADR0H	; Add right sensor read to B
ADDA	ADR1H	; Add left sensor read to A
LSRA		; Divide A by two
LSRB		; Divide B by two
ADDA	1, SP+	; Add the average of the two first left
		; reads to A
ADDB	1, SP+	; Add the average of the two first right
		; reads to B
LSRA		; Divide A by two
LSRB		; Divide B by two

חישוב בינארי מעניין נוסף שביצענו על קרפלנד הוא ביצוע המקדם ל-P בבקרת המהירות של הרובוט. המקדם ב-PID הוא מצורה: a/b . ישנן שתי דרכים לבצע כפולה במקדם: לחלק ב-B ולכפול ב-A או הגעה למקדם בשלבים.

כאשר אנו מחלקים ב-B וכופלים ב-A אנו מאבדים ביטים רבים בשארית, אנו מחויבים להשתמש בשש-עשרה ביט ופעולת החילוק לבדה דורשת 1.5 מיקרושניות לביצוע.

כאשר אנו מגיעים למקדם בשלבים אנו דואגים שלא יהיה איבוד של ביטים ואנו משתמשים בפקודות פשוטות החוסכות זמן מעבד.

בתוכנה זו המספר אותו אנו רוצים לכפול המקדם נמצא ב-A והמקדם הוא $51/64$. זמן הביצוע של כל התוכנה, שמגיעה למקדם מדויק מאוד, הוא 2.125 מיקרו שניות.

TAB	; Transfer value in A to B - Value in A=S
LSRB	; Divide B by two
LSRB	; Divide B by two
LSRB	; Divide B by two - $B=S/8$
SBA	; Subtract B from A - $A=7/8*S$
LSRB	; Divide B by two - $B=S/16$
SBA	; Subtract B from A - $A=13/16*S$
LSRB	; Divide B by two
LSRB	; Divide B by two - $B=S/64$
SBA	; Subtract B from A - $A=51/64*S$

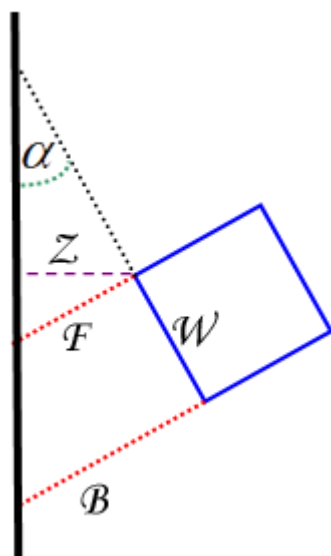
בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף מוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



משוואות חיישנים

חישוב הזווית בין הרובוט לקיר (לפי חישני צד)-



F - המרחק שהתקבל בחישן הצדדי הקדמי.

B - המרחק שהתקבל בחישן הצדדי האחורי.

D - המרחק בין החיישנים.

α - הזווית בין כיוון נסיעת הרובוט לקיר.

Z - המרחק האמיתי מהקיר.

לפי בנית העזר ניתן לראות ש :

$$\tan(\alpha) = \frac{B - F}{D}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{B - F}{D}\right)$$

$$Z = \cos(\alpha) \cdot F$$

🌀 דרכים למימוש משוואה זו בתוכנה – נספח ו' – מימוש משוואות באסמבלר.

יישור תוצאות חיישנים למשוואה ליניארית וליחידות סטנדרטיות :

כאשר אנו משתמשים בחיישנים אנו מעדיפים שהתוצאות יתקבלו בצורה ליניארית (משוואה ליניארית מקיימת את הצורה $Y = A \cdot X + B$), וביחידות שאנו רגילים להשתמש בהם: ס"מ (Encoders, חישני מרחק), Khz (מיקרופון) וכיוצא בזה.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישרין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



תהליך הפיכת תוצאות חישוב ליחידת מידה:

הערה: הדוגמאות בנושא זה יהיו על המרת תוצאות חישוב אינפרה אדום לס"מ.

- השלב הראשון בהפיכת תוצאות החישוב ליחידות מידה היא דגימת החישוב. דגימת החישוב מתבצעת ע"י יצירת טבלה – הסקאלה לפיה אנו רוצים לעבוד (60-8 ס"מ), לעומת תוצאות החישוב במרחקים השונים אותה נבדוק. בדוגמא הנוכחית 60-8 ס"מ יהיו הסקאלה לפיה נבדוק תוצאות – אין טעם לקחת דגימות מחוץ לטווח היציב של החישוב – תוצאות אלה לא יציבות, חסרות משמעות ויסבכו את המשוואה הסופית ללא צורך. יש לזכור לבצע את המדידות באותם תנאים שבהם ירוץ הרובוט. שינויי תאורה חיצוניים, או מתח שונה לחישוב ישנו את התוצאות. בנוסף, כדאי לבדוק מספר תוצאות על אותו מרחק כדי לבדוק את יציבות החישוב.
- לאחר שמילאנו את הטבלה בתוצאות החישוב לסקאלות היחידות אליה אנו רוצים להמיר, מכניסים את הטבלה לתוכנת גיליון אלקטרוני כדוגמת Excel, ויוצרים גרף פיזור XY. בגרף זה היחידות יהיו ציר ה-X (הציר הלא-תלוי), והתוצאות יהיו על ציר ה-Y (הציר התלוי), כל תוצאה שמדדנו תופיע כנקודה על הגרף. במקרים שבהם משוואת החישוב היא ליניארית יופיעו הנקודות כקו ישר. במקרה זה התוכנה יכולה למצוא את המשוואה בשבילנו – מבקשים מהתוכנה להציג קו מגמה ואת משוואת הקו – זוהי המשוואה שממירה בין תוצאות החישוב (X) ליחידות מידה (Y).
- במקרה המדובר של חישובי האינפרה אדום התוצאה אינה ליניארית, ולכן צריך גלגול מהי הפונקציה המקשרת בין X ל-Y. הדרך לעשות זאת היא ניסוי וטעייה לגבי האופציות השונות של קו המגמה בגיליון האלקטרוני.

אנו לא ידענו על אופציה זו Excel ולכן השתמשנו בדרך שונה למציאת הפונקציה: יצרנו טבלה חדשה שבה מכניסים את התוצאות של הלוגריתם הטבעי (Ln) של ערכי הטבלה המקורית. לטבלה זו עושים גרף כמו לטבלה הראשונה. אם יוצא שהנקודות יוצרות קו ישר אז שיפוע קו המגמה (ערך ה-A במשוואה הליניארית) הוא החזקה של X במשוואה שאנו מנסים למצוא. כך נדע שהמשוואה היא:

$$Y=AX^n+B$$

בעזרת שתי השיטות אפשר להגיע לכך שמשוואת ההמרה בין תוצאות חישוב האינפרה אדום לס"מ

$$Y \approx \frac{1400}{X}$$

היא:

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



את משוואה זו אפשר לממש בקלות בתוכנה:

LDAB	ADR0H
CLRA	
LDX	#1400
XGDX	
IDIV	
XGDX	

דרך נוספת לממש משוואה זו היא באמצעות טבלה (ראה נספח ו') – מימוש משוואות באסמבלר).

יש לזכור שיהיו הבדלים קלים בין חישובי אינפרה שונים ולכן גם הבדלים בנוסחאות שלהם – ניתן לעשות נוסחא שונה לכל אחד או לעשות נוסחא מקורבת לכולם.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



משוואות תנועה

תנועת הרובוט במקרה של אי-שוויון במהירות הגלגלים

המשמעות של גלגל אחד שנע מהר יותר מהגלגל השני היא שהוא עושה יותר דרך באותו הזמן.

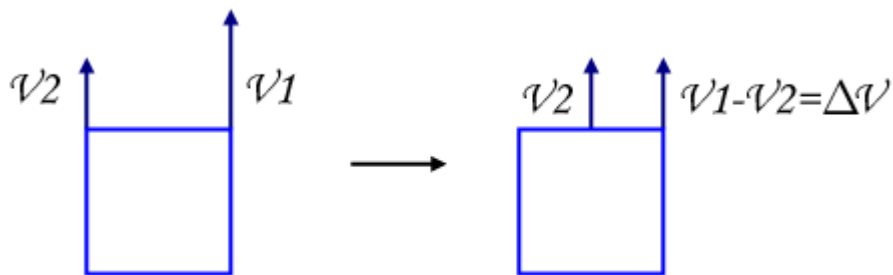
$$V_1 > V_2$$

$$S = V \cdot T$$

$$S_1 > S_2$$

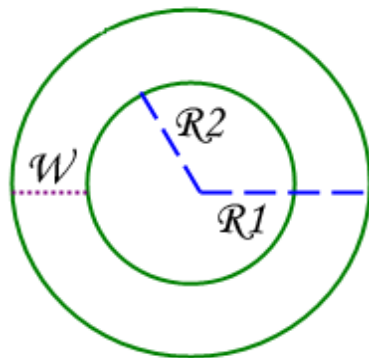
המשמעות של תוצאה זו היא שהרובוט נע במעגל.

אפשר להגיע לאותה תוצאה דרך מכאניקה פשוטה – כל הרובוט נע קדימה במהירות מסוימת – אך הצד שלו נע במהירות גבוהה יותר כך שהרובוט משנה זווית בצורה קבועה – נע במעגל.



בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



$$2\pi R_1 = T \cdot V_1$$

$$2\pi R_2 = T \cdot V_2$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$R_1 = R_2 + W$$

$$\frac{R_2 + W}{R_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$R_2 + W = R_2 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)$$

$$W = R_2 \left(\frac{V_1}{V_2} \right) - R_2$$

$$W = R_2 \left(\frac{V_1 - V_2}{V_2} \right)$$

$$R_2 = \frac{W}{\frac{V_1 - V_2}{V_2}}$$

$$R_2 = \frac{W \cdot V_2}{V_1 - V_2}$$

$$R_1 = \frac{W \cdot V_1}{V_1 - V_2}$$

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר

פיתוח היחס בין המהירות לרדיוס

W – המרחק בין הגלגלים.

R_1 - רדיוס הסיבוב של הגלגל המהיר.

R_2 - רדיוס הסיבוב של הגלגל האיטי.

V_1 - מהירות הסיבוב של הגלגל המהיר.

V_2 - מהירות הסיבוב של הגלגל האיטי.

$$S = V \times T$$

כאשר הרובוט יעשה סיבוב שלם הוא יחזור
לאתו המצב (אותו הזמן לשני הגלגלים).

צמצום והעברת אגפים

נובע מהסרטוט

הצבה

העברת אגפים

חיסור R_2

הוצאת גורם משותף

חלוקה ב- $\left(\frac{V_1 - V_2}{V_2} \right)$

העלאת V_2 למונה



הגענו למשוואות הקבועות את רדיוס הסיבוב של הגלגלים לפי המהירויות שלהם.

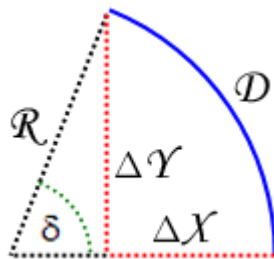
δ - זווית השינוי בכיוון תנועת הרובוט (ברדיאנים).

ΔY - העתק הרובוט בציר Y.

ΔX - העתק הרובוט בציר X.

D - אורך הקשת.

R - רדיוס הסיבוב



חישוב זווית השינוי בכיוון הרובוט:

$$\delta = \frac{D}{R}$$

משמעות: זווית הסיבוב (ברדיאנים) שווה למרחק הנמדד Encoder חלקי רדיוס הסיבוב.

חישוב העתק הרובוט:

$$\Delta Y = \sin \delta \cdot R_l$$

$$\Delta X = R_l - \sqrt{R_l^2 - (\sin \delta \cdot R_l)^2}$$

$$\Delta X = R_l - R_l \sqrt{1 - \sin^2 \delta}$$

$$\Delta X = R_l (1 - \cos \delta)$$

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

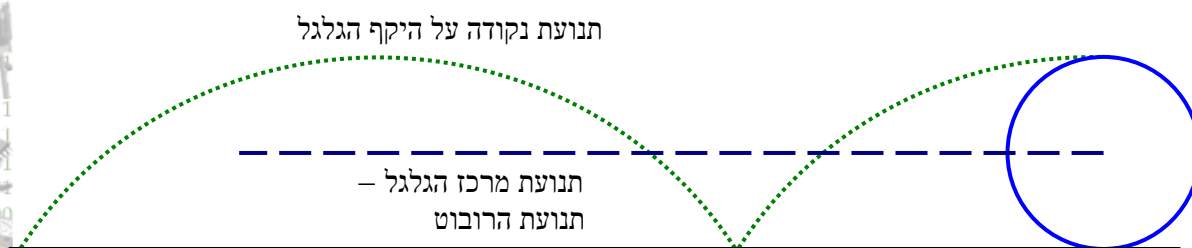
© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



נספח ג' – המכניקה של תנועת הרובוט

תנועה ללא החלקה

כאשר הרובוט נע במבך תנועתו הרצויה היא תנועה ללא החלקה.

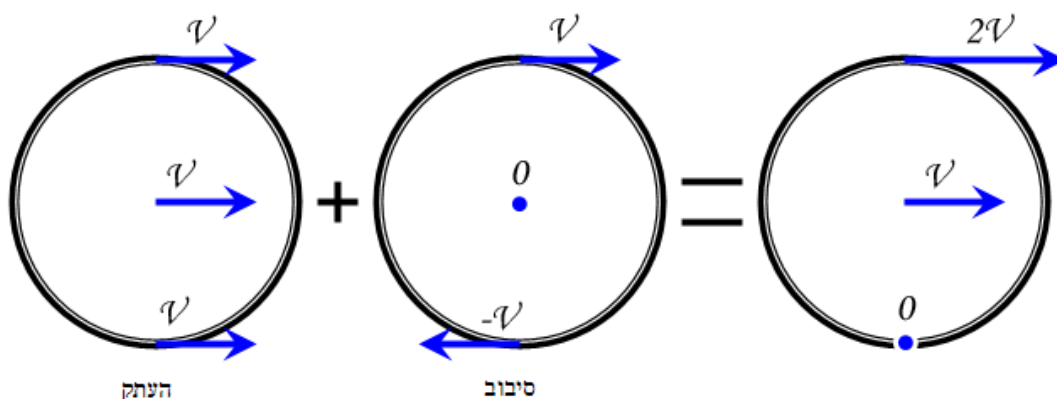


כאשר הרובוט נע ללא החלקה בזמן סיבוב אחד יתקדם הרובוט בדיוק את היקף הגלגל – כך שהזמן שייקח לנקודה לחזור למקומה (לעשות סיבוב שלם) שווה לזמן שייקח לרובוט להתקדם את היקף הגלגל. נכונותו של משפט היא המאפשרת לנו למדוד את המרחק שעבר הרובוט באמצעות ה-Encoder.

$$\frac{2\pi r}{V_{\text{Center of wheel}}} = T$$

$$\frac{2\pi r}{V_{\text{Point on the outside circle}}} = T$$

$$V_{\text{Center Wheel}} = V_{\text{Point On Wheel}}$$



אפשר לראות שלנקודת המגע אין מהירות, נובע מכך שהגדרנו מצב ללא החלקה. מתוצאה זו נוכל להסיק על כוח החיכוך שפועל על הגלגל (קינטי לעומת סטטי).

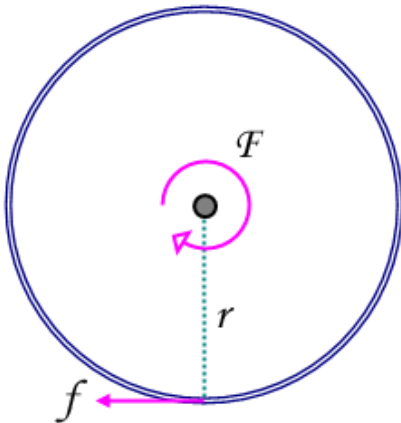
בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



הכוחות הפועלים בתנועה:

הכוח שמניע את הרובוט הוא הכוח שמפעילים המנועים. זהו כוח סיבובי המועבר לגלגל, דרך ציר המנוע לגלגל. כוח זה מתורגם לכוח קווי הפועל בהיקף הגלגל, ככל שרדיוס הגלגל גדול יותר כך יקטן הכוח שפועל בהיקף.



F - הכוח שמפעיל ציר המנוע.

f - הכוח שמפעיל היקף הגלגל.

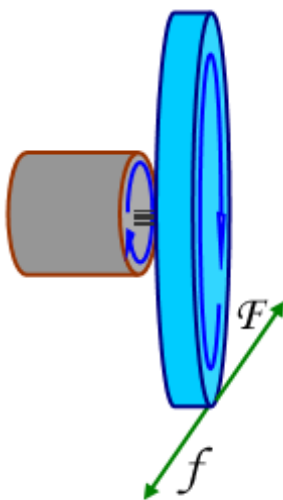
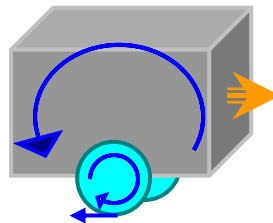
r - רדיוס הגלגל (המרחק בין ציר המנוע להיקף הגלגל).

$$F = f \cdot r$$

$$f = \frac{F}{r}$$

אפשר לראות שמתקיים יחס הפוך בין רדיוס הגלגל לכוח הפועל בהיקף.

יש לזכור שלכל פועלה יש תגובה וכוח סיבובי פועל חזרה על המנוע, ועל הרובוט דרך חיבור המנוע לבסיס – לכן כאשר מאיצים את הרובוט קדימה - הרובוט עצמו נדחף אחורה מסביב לציר המנוע.



הכוח הקווי שפועל בהיקף הגלגל יוצר חיכוך עם המשטח עליו מונח הרובוט, הגלגל "דוחף" את המשטח אחורה וכך יוצר תנועה קדימה. הכוח המכסימלי שיכול הגלגל להפעיל על הרצפה הוא החיכוך הסטטי המכסימלי כי עם הכוח יהיה גבוה יותר הגלגל יחליק ויפעל נגדו רק חיכוך קינטי – לחיכוך זה יש כוח קבוע שנמוך מהחיכוך הסטטי המכסימלי. במצב זה לרובוט אין שליטה: אין שליטה של המנועים כי הכוח קבוע ולא קשור לכוח המופעל. לא ניתן למדוד Encoders כי סיבובי הגלגל אינם קשורים להתקדמות הרובוט. על מנת לצאת ממצב החלקה יש לגרום שהמהירות בין נקודת המגע למשטח תהיה אפס כלומר המנוע צריך להפעיל כוח בכיוון ההפוך לכוח שגרם להתחלת ההחלקה (הכוח שעבר את החיכוך הסטטי המכסימלי). הבעיה היא

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה



Encoders להתקדמות המעשית

(לפי חישני מרחק), וגילוי הפרש ביניהם.

בתנועת הרובוט יש שני גורמים חשובים אשר מגבילים אותנו: התאוצה המכסימלית והמהירות המכסימלית. התאוצה המכסימלית קובעת כמה חזק נוכל להאט ולהאיץ וכמה מהר ומדויק נוכל לפנות. המהירות המכסימלית קובעת כמה מהר נוכל לסיים את הניווט בדירה.

תאוצה מכסימלית:

התאוצה המכסימלית קשורה לכוח המכסימלי אותו יכולים להפעיל הגלגלים על המשטח, כוח זה נובע משני גורמים: כוח החיכוך המכסימלי שפועל בין המשטח לרובוט (אם נעבור אותו תיווצר החלקה – מצב לא רצוי. בנוסף גם החיכוך הקינטי נמוך בד"כ מהחיכוך הסטטי המכסימלי), והכוח המכסימלי אותו יכולים להפעיל הגלגלים על המשטח. (הנוסחאות לפי הסרטוט בעמוד הקודם)

$f_{\max} = N \cdot \mu_s$ החיכוך הסטטי המכסימלי שווה לכוח על המשטח כפול מקדם החיכוך הסטטי של המשטח.

$N = m \cdot g$ הכוח הפועל על המשטח שווה למסה כפול מקדם כוח המשיכה.

$f = m \cdot g \cdot \mu_s$ מהצבה במשוואה הראשונה נקבל:

$f = F$ הכוח שהרובוט מפעיל על המשטח שווה לכוח שהמשטח מפעיל על הרובוט – כוח זה מאיץ את הרובוט.

$a = \frac{F}{m}$ הצבה:

$a = \frac{m \cdot g \cdot \mu}{m}$ לפי החוק השני של ניוטון

$a = g \cdot \mu$ הצבה:

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



הגורם השני שקובע את התאוצה המכסימלית הוא הכוח שבו "דוחף" הגלגל את הרצפה, כוח זה תלוי בשני גורמים: הכוח המכסימלי שיכול המנוע לספק, וקוטר הגלגל (ראה איור קודם). הכוח המכסימלי שיכול המנוע לספק תלוי במנוע עצמו ובמתח ובזרם שמגיעים אליו.

כאשר אין החלקה תאוצת הרובוט נובעת מהמשוואה הבאה:

$$a = \frac{F_{Engine}}{m_{Robot} R_{Wheel}}$$

התאוצה המכסימלית (כשאין החלקה) נובעת מאותה משוואה:

$$a = \frac{F_{Engine Max}}{m_{Robot} R_{Wheel}}$$

מהירות מכסימלית

המהירות המכסימלית נובעת משני גורמים: המהירות המכסימלית בה יכול המנוע להסתובב וקוטר הגלגל.

מהירות הרובוט נובעת מהמשוואה הבאה:

$$V = W_{Motor} \cdot 2\pi R$$

W - המהירות הזוויתית של המנוע (מספר סיבובים לשנייה שמבצע המנוע).
 $2\pi R$ - היקף הגלגל.

$$V_{Max} = W_{Motor Max} \cdot 2\pi R_{Max}$$

אם כן ישנם מספר גורמים בהם צריך להתחשב בהם בעת בניית הרובוט בקשר לתנועה:

- מקדם חיכוך: מקדם החיכוך צריך להיות גבוה ככל האפשר. ככל שמקדם החיכוך גבוה יותר כך יהיה לנו תווך תאוצות גבוה יותר ויקטן הסיכוי להחלקה (מצב לא רצוי).
- מסה: ככל שהמסה תהיה גבוהה יותר התאוצה תהיה קטנה יותר, אך האחיזה על המשטח תהיה גבוהה יותר, כך שאם המנועים מסוגלים לתת כוח גבוה מספיק כדי להגיע עד לחיכוך הסטטי המכסימלי בעצם למסה אין משמעות מבחינת תאוצה.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישראו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



- קוטר הגלגלים: קוטר הגלגלים משפיע גם על הכוח אותו מפעילים המנועים על הרצפה וגם על המהירות. לכן צריך להתאים את קוטר הגלגלים לסוג המנוע בו משתמשים.
- מנועים: המנועים צריכים לספק את הכוח והמהירות בהם נרצה להשתמש (בהתאמה אם הגלגלים).

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



נספח ד' – פניות

לא משנה באיזה מסלול ניווט בוחרים הרובוט יצטרך לבצע פניות במסדרון. לפניות חשיבות גבוהה במסלול הניווט וזאת מכיוון שפניות איטיות יכולות להכפיל את זמן הניווט, ופניות לא יציבות עלולות להשאיר את הרובוט במצב בו התיקונים בנסיעה לא יוכלו להחזיר אותו למרכז והרובוט יפגע בקיר.

ישנן שני סוגים עיקריים של פניות, פניות במקום ופניות בתנועה (פניות רחבות).

פניות רחבות

פניות רחבות הן פניות המתרחשות ללא עצירה מוחלטת של תנועת הרובוט, אלה דורשות האטה רק של גלגל אחד לצורך יצירת פניה.

☞ הפיתוחים לכל הנוסחאות המופיעות בחלק זה נמצאים בנספח ב', "משוואות תנועה וחישנים".

את רדיוס הסיבוב נקבע לפי המרחק מהקיר שמולנו.

D_c – המרחק מהקיר הקדמי בו צריך להימצא הרובוט בסוף הפנייה (קו שחור מקווקו דק)

F – המרחק בין הרובוט לקיר הקדמי (קו שחור מקווקו עבה)

V_h – מהירות גבוהה (גלגל חיצוני)

V_l – מהירות נמוכה (גלגל פנימי)

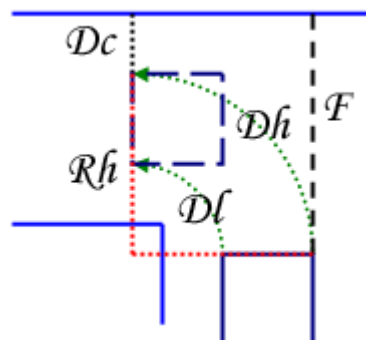
$-D_h$ – הדרך שעובר הגלגל החיצוני (הקשת הגדולה) (קו ירוק מקווקו דק)

$-D_l$ – הדרך שעובר הגלגל הפנימי (הקשת הקטנה) (קו ירוק מקווקו דק)

$-W$ – המרחק בין הגלגלים

R_h – רדיוס הסיבוב של הגלגל החיצוני (קו אדום מקווקו דק)

R_l – רדיוס הסיבוב של הגלגל הפנימי



בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



אנו רוצים שבסוף הפניה הרובוט ימצא באמצע המסדרון

$$D_c = \frac{46 - W}{2}$$

לפי הסרטוט

$$R_H = F - D_c$$

הצבה

$$R_H = F - \frac{46 - W}{2}$$

משוואת הרדיוס לפי המהירויות (פיתוח בנספח ב')

$$R_H = \frac{W \cdot V_H}{V_H - V_L}$$

הצבה

$$\frac{W \cdot V_H}{V_H - V_L} = F - \frac{46 - W}{2}$$

מאחר ואנו רוצים לבצע פניה מהר ככל האפשר נציב במהירות הגבוהה את המהירות בה אנו נוסעים.

$$V_H = V_{reg}$$

$$V_L = V_{reg} \left(1 - \frac{W}{F - \frac{46 - W}{2}}\right)$$

הגענו למשוואה למהירות שניתן לגלגל הפנימי לפי המרחק מהקיר הקדמי, W ו- V_{reg} קבועים. יש לשים שמשוואה זו מתאימה גם לפניות צרות מאוד (המהירות תצא אפס או שלילית).

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



כעת נפתח את המשוואה למרחק שעובר הגלגל לפי המרחק מהקיר (הפיתוח לפי הסרטוט בתחילת הנספח).

$$\delta = \frac{D_H}{R_H}$$

הזווית ברדיאנים שווה לקשת חלקי הרדיוס

$$D_H = \delta \cdot R_H$$

$$R_L = R_H - W$$

לפי הסרטוט

$$D_L = \delta(R_H - W)$$

הצבה

הצבה

$$R_H = D_F - \frac{46 - W}{2}$$

לפי הסרטוט

$$D_H = \delta(D_F - \frac{46 - W}{2})$$

הצבה

$$D_L = \delta((D_F - \frac{46 - W}{2}) - W)$$

כל הפניות בדירה הן פניות של 90° , לכן נציב בנוסחא $\delta = \pi/2$:

$D_H = \frac{\pi}{2}(D_F - \frac{46 - W}{2})$
$D_L = \frac{\pi}{2}((D_F - \frac{46 - W}{2}) - W)$

הגענו למשוואה של המרחק אותו נמדוד ב Encoders כדי לדעת מתי סיימנו פנייה של 90° . אפשר לראות שככל שנתחיל לפנות רחוק יותר מהקיר כך נצטרך להוריד פחות ממהירות הגלגל. כך נאבד פחות ממהירות הרובוט, ונוריד את הזמן שלוקח לרובוט לסיים ניווט שלם.

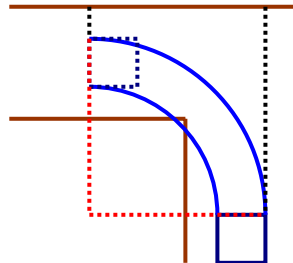
בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



ישנם גם יתרונות לבצע פניה צרה יותר :

- ככל שמבצעים פניה רחבה יותר הרובוט מתקרב יותר לפניה ואם מתחילים ממרחק גבוה מדי הוא יפגע בה.



- חישני האינפרה אדום מדויקים יותר ככל שהמרחק קצר יותר, כך שאם נבחר להתחיל לפנות במרחק גבוה, לא בטוח שתמיד נתחיל את הפניה מאותו מקום.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



פניות במקום

פניות במקום הן הפניות הבטוחות ביותר, ואפשר גם לבצע אותן כך שאיבוד הזמן לעומת פניות רחבות יהיה מינימאלי. פניות במקום, לפי שמן, מבוצעות במקום, הרובוט בולם בהגיעו לפניה, מסתובב תשעים מעלות במקום, בולם ומאיץ חזרה בכיוון החדש, לאחר הבלימה השנייה. פניה במקום אפשר לבצע כשהציר עובר במרכז הרובוט (רק כאשר הגלגלים במרכז) כשגלגל אחד מפעיל כוח בכיוון הפוך לגלגל השני. או שאפשר לבצע פניה כשהציר הוא אחד הגלגלים - פשוט בולמים את הגלגל.



יש לזכור שכל עוד הרובוט פונה במרחק הנכון מהקיר הקדמי, הוא יסיים את הפניה באמצע המסדרון שאליו הוא פנה, לא משנה אם היה קרוב לקיר לפני הפניה. לעומת זאת אם הרובוט מגיע לפניה בזווית אז לאחר ביצוע פניה של 90° מעלות יישאר הרובוט בזווית ביחס לקיר. אם התיקונים בתנועה לא מדויקים מספיק והרובוט מגיע לפניות אם זווית יש צורך לבצע תיקון במקום לאחר הפניה.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא יישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



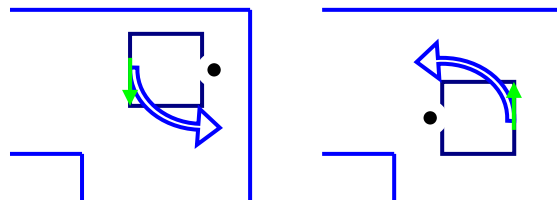
פניות שונות:

ישנן שיטות נוספות לבצע פניות, רובן איטיות ומסובכות יותר אך לחלק יש יתרון כאשר בפניה מוצב מכשול.

פניות XY: הרעיון מאחורי פניות XY הוא שבמקום לבצע פניה, הרובוט יכול לנוע על שני צירים מאונכים X ו-Y, וכאשר רוצים לבצע פניה פשוט נעים בציר השני.

שיטה זו ניתן לבצע בדרכים שונות: הורדת רגל שמסובבת את כל הרובוט לכיוון החדש (סוג של פניה במקום), סיבוב הגלגלים לכיוון החדש (הנעה סינכרונית).

פניות לאחר: פניות לאחר מתבצעות כמו פניות בלימה במקום פרט להבדל אחד, במקום לבלום את הגלגל הפנימי ונסיעה קדימה עם הגלגל החיצוני, בולמים את הגלגל החיצוני ונוסעים אחורה עם הפנימי.



היתרון של שיטה זו הוא שאם יש בפניה מכשול הרובוט קודם יעלה על המכשול ואז יפנה, וגם הפעלת הכוח תהיה עם הירידה של המכשול ולא נגד – פחות סיכוי להחלקה ויותר דיוק בביצוע הפניה.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



נספח ה' - בעיות

בעת עבודתנו על הרובוט נתקלנו במספר בעיות שפגעו ועכבו את עבודתנו. בעיות נבעו מגורמים שונים, בעיות שנבעו מהסביבה בה עבדנו, בעיות שנבעו משגיאות שעשינו בעצמנו ומחוסר תכנון, ובעיות שנבעו מהציוד בו השתמשנו.

בעיות מנהליות:

עיכוב העבודה:

בעיה מאוד גדולה שפגעה בעבודה שלנו הייתה, שלמרות שאנחנו היינו מוכנים להתחיל לעבוד עוד לפני תחילת השנה, החלקים לבניית הרובוט הגיעו רק כשלושה חודשים לאחר תחילת השנה. עיכוב זה דחה מאוד את תחילת העבודה על קרפלדך וצמצם מאוד את הזמן שהיה לנו כדי לבנות ולתכנת אותו.

כדי לא לבזבז לגמרי את הזמן עד להגעת החלקים, פירקנו רובוט ישן (לידי מקבת) והשתמשנו בחלקיו לבניית רובוט חדש המכונה "שכטר". בניה זו נתנה לנו ניסיון בבניה ובתכנון רובוט, לאחר סיום הבניה התחלנו לתכנת על שכטר, ואף הגענו לרמה בה שכטר ביצע ניווט פרמיטבי (תיקונים בתנועה, ובחירת פניות). בזמן בניית שכטר ואף לפני התאמן צוות התוכנה בתכנות הרובוט במפר של שחר מנדלוביץ'.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



בעיית המחשבים הניידים:

מחשב נייד הוא מצרך חובה לכל קבוצת רובונר בתחרות: הוא מאפשר לתכנת את הרובוט ליד הזירות בתחרות, מעבר מהיר מזירה לזירה, וכמובן שכל להעבירו ממקום למקום הרבה יותר מאשר מחשב-שולחני. לקבוצות הרובונר מאהל-שם לא היו מחשבים ניידים ולכן לתחרות הארצית בבאר-שבע נאלצנו לסחוב מחשבים-שולחניים. המחשב האישי שעליו עבדה הקבוצה שלנו התקלקל בהעברה לבאר-שבע, ולא הצלחנו להדליק אותו. במזל הצליחו אנשי הקבוצה לגלות ולתקן את הבעיה שחזרה והופיעה כמעט בכל הדלקה של המחשב לאחר מכן. בנוסף מכיוון שעבדנו על מחשבים-שולחניים שדורשים מקור-מתח לא היינו יכולים לעבור מזירת התחרות לזירה שהבאנו איתנו כאשר נוצר תור על הזירה.

גם לארה"ב נאלצנו לסחוב את המחשבים השולחניים, אבל למחשב של קבוצתנו לא טרחנו לסחוב מסך. פעולה זו הוכחה כחכמה כי ברגע הגיענו לבית-הכנסת בו עבדנו לפני התחרות השיג לנו המנחה אלי קולברג מסך דרכו יכולנו לעבוד בימים ספורים אלו. זאת ועוד, לפני הטיסה ארגנו כך שנוכל להפעיל את הרובוט ממחשב-נייד השייך לאחד מחברי הקבוצה. הבעיה בחיבור הרובוט למחשב זה הייתה שלמחשב לא הייתה יציאת RS-232 הנדרשת כדי לחבר את הרובוט למחשב. כדי להתגבר על הבעיה נאלצנו לקנות מעביר USB to serial , אך למרות מחירו הגבוה של המעביר הוא גרם בעיות רבות מכיוון שלא היה ניתן להגדירו בצורה טובה תחת מערכת ההפעלה הקיימת על המחשב המדובר. הבעיה נפתרה בשלהי יום האימונים לפני התחרות בארה"ב כאשר הצלחנו למצוא תוכנה שמתגברת על הבעיות בהגדרת המעביר וכך יכולנו להעביר תוכנה ללא ניתוקים אקראיים מהרובוט, והיתקעות תוכנת ההורדה כל חמש דקות.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר
שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף מוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



בעיות תכנון:

מאוורר:

מתוך הנחה שהמאוורר הוא חלק טריוויאלי שאפשר להכניס כמעט בכל מקום, דחינו את התקנתו עד לשבועיים לפני התחרות. בעת התקנתו התגלו שתי בעיות: הבטרייה וזרימת האוויר.

הבטרייה שיועדה למאוורר הייתה כבדה מדי וגרמה לשינויים בתנועת הרובוט וגובהה גרם לכך שלא הייתה אפשרות להכניס אותה מתחת לבסיס ובמרכז במקום שלא תגרום לשינויים. בזבזנו זמן יקר בניסיון להתאים מחדש את הניווט, לחבר את המאוורר לבטריות של 9 וולט ובהמצאת שיטות למנוע מהמאוורר "לסחוב" את כל זרם החשמל משאר הרובוט, עד שהחלטנו לרוץ בתחרות עם ספק ולהשתמש בבטרייה של הרובוט כדי להפעיל את המאוורר לבד. בעיה זו גולה מאיתנו ימים רבים ממש לפני התחרות וגרמה לכך שלא נספיק לסיים את תוכנת הכיבוי לפני התחרות, ובעצם הייתה גורם מקדים לבעיה שקרתה לנו בתחרות.

לאחר התחרות הארצית, כאשר הזמן לתחרות העולמית היה גדול, פנינו ליבואן בטריות והזמנו בטריית ניקל-מטאל הידריד. בטרייה זו נכנסה בקלות מתחת לרובוט, והיו לה יתרונות רבים נוספים על בטריית העופרת בה תכננו להשתמש. (יתרונות בטריית ניקל מטאל הידריד על עופרת בפרק "פירוט חלקי הרובוט").

זרימת האוויר: מיקום המאוורר בתוך הקיר הקדמי של הרובוט גרם לכך של התאפשרה זרימת אויר מאחורי המאוורר, ובעצם לא היה למאוורר אויר לדחוף. במקום לדחוס אויר קדימה דחף המאוורר אויר לצדדים, ובעצם לא הייתה שום אופציה שבמצב זה יצליח לכבות את הנר. הפתרון לבעיה היה ברור וביצענו אותו מיד עם גילוי הבעיה כדי לא לבזבז זמן יקר. קדחנו מספר חורים גדולים בקיר בו הוכנס המאוורר, והרחקנו את המאוורר מהקיר. פעולות אלה יצרו אפשרות לזרימת אויר מאחורי המאוורר, ואפשרו לרובוט לכבות נר ממרחק שעולה על חצי מטר.

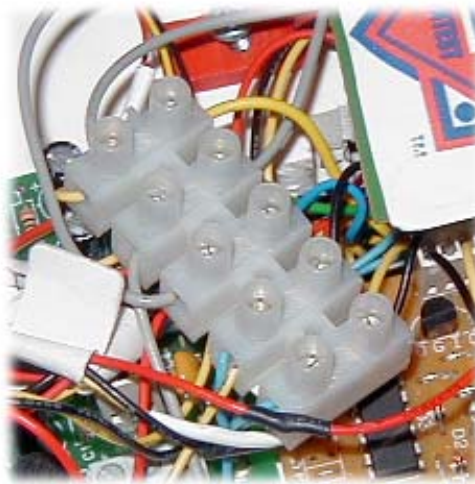
מיקום כרטיס Interfacen:

בתכנון הראשוני של קרפלעך תכננו לשים את כל החישנים ואת כרטיס Interfacen על גג הרובוט. אך לאחר בניית הרובוט התברר שבגלל גודל המחזיקים של חיישני האולטרה סוני לא נשאר מקום לכרטיס Interfacen.

בתור פתרון זמני הורדנו את כרטיס Interfacen לשכב על צד הרובוט. פתרון זה היה פתרון זמני מכיוון שכרטיס Interfacen היה חשוף והיה יכול להיתקע בקיר ממקומו ובנוסף הוא חסם את הגישה לכרטיסים האחרים שהיו בתוך הרובוט. לאחר כשבועיים של עבודה עם כרטיס Interfacen במיקום זה הציע אילן מהקבוצה המקבילה לסייע לנו לבנות רובוט חדש. בעזרתו סיימנו לבנות את הרובוט בפחות מארבע ימים כאשר את כרטיס Interfacen מיקמנו מתחת ל"גג" בו יצרנו "חלון" שאפשר חיבור של החישנים לכרטיס Interfacen. אך גם במיקום החדש התגלו בעיות, למרות שהחלון אפשר גישה להכנסת החישנים והמנועיים הוא לא אפשר גישה ל-PortDLC. כדי לפתור בעיה זו התקנו הארכה לפורט זה באמצעות מהדק חשמל.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



מהדק החשמל בו השתמשנו

בעיות ציוד:

כרטיסי המנועים:

כרטיסי המנועים החדשים בהם השתמשנו דרשו שלושה מתחים: 16V מהבטרייה, 12V מהמיצב, ו-5V מהמיצב להפעלת המעגלים הלוגיים. תכנון זה של הכרטיסים יצר שתי בעיות:

- ריבוי חוטים: כל כרטיס קיבל שישה חוטים מכרטיס החשמל (כולל שלושה חיבורים ל-GND). כדי לצמצם כמות זו של חוטים יצרנו כרטיס חיבור מיוחד בו חלקו הכרטיסים את המתחים ויצאה GND אחת. שיטה זו צמצמה את כמות החוטים שעוברים מכרטיס החשמל לכרטיסי המנועים משנים-עשר לארבע בלבד. בנוסף, שיטה זו גם אפשרה ניתוק מהיר של הכרטיסים, וכך במקרה של תקלה היינו יכולים להוציא ולהכניס את הכרטיסים תוך מספר שניות.
- סדר המתחים: כרטיסי המנועים לא רק שדרשו שלושה מתחים, אלה גם דרשו הפרש מופע בין מתח ה-5V למתח ה-16V. לכן, אם מתח ה-16V היה מחובר קודם, הזרם היה חוזר לתוך המייצב, והיה נוצר מצב של קצר – הרובוט היה מושך את כל הזרם מהספק והמיצבים היו מתחממים מאוד.

על מנת להתגבר על בעיית המתחים, התקנו בתחילה מתג נוסף לחיבור של השש-עשרה וולט, כאשר היה צורך להקפיד על סדר ההדלקה. הבעיה שנוצרה הייתה שלפעמים היה נוצר נתק רגעי בחיבור המתח של כניסת ה-5V והיה נוצר קצר. במשך שבועות פשוט עבדנו תוך תשומות לב מכסימלית לספק על מנת לבדוק שהוא לא עובר למצב של Current Limit – כלומר מצב של קצר, עד שהחלטנו להתמודד עם הבעיה. פירקנו את כרטיס החשמל ובו עברנו על כל ההלחמות על מנת למצוא את החיבור הרופף ובנוסף הלחמנו מחדש חוטים שנראו חשודים. אך כל זאת ללא תועלת, הרובוט המשיך ליצור קצרים בצורה אקראית. לבסוף בדרך של מזל גילנו שהקצרים נוצרים

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף מוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



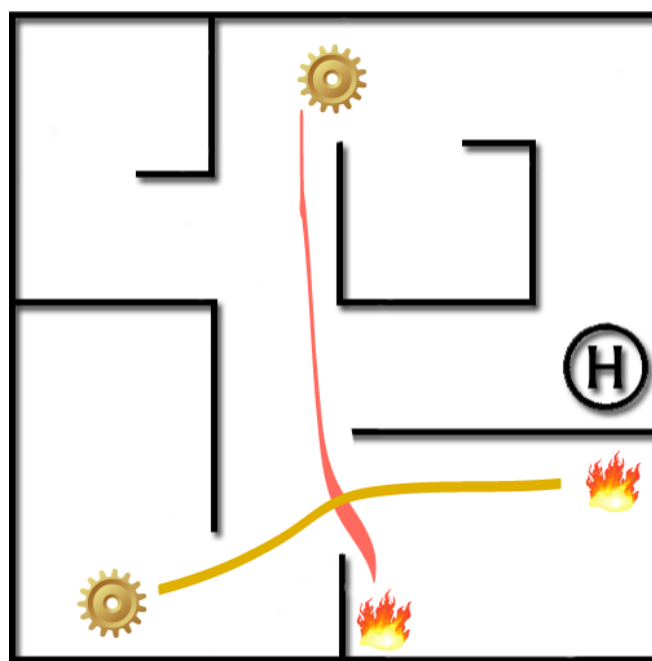
במהלך שבוע ההכנה לתחרות העולמית חזרה הבעיה, ושוב עברנו על כל החוטים ועברנו על כל ההלחמות וההברגות של הרובוט – עד שבעזרת מזל ראינו שהספק מגיע ל-Current Limit גם כאשר אין רובוט בקצה המחבר – ושוב החלפת המחבר פתרה את הבעיה.

כדי לחסוך את ההפעלה בשני מתגים, וכך לחסוך זמן וקצרים שנגרמים מטעויות הפעלה, החלפנו את כרטיס החשמל בכרטיס חדש עליו התקנו מעכב-מתח. מעכב המתח דאג שמתח ה-16v יחובר תמיד לאחר מתח ה-5v. גם אם היה נוצר מצב בו התנתק מתח ה-5v לשנייה ונוצר קצר, מעכב המתח היה מנתק את מתח ה-16v ומחבר אותו מחדש, כך שלא הייתה סכנה שהרובוט יכנס למצב קבוע של קצר.

חישנים:

חישן Uvtron:

חישן Uvtron תפקד כראוי וזיהה את הנר ממצבים שונים ומשונים, אפילו כאשר הרובוט היה מצוי מחוץ לחדרים מסוימים, דבר שחסך מאיתנו את הכניסה אליהם לשווא. הבעיה היחידה עם חישן זה הייתה שהוא היה רגיש מדי לתאורה אולטרא-סגולה ונוצר מצב שכאשר בדקנו אם יש נר בחדר מספר 1 ודלק נר בנקודה ספציפית בחדר מספר 4 החישן זיהה נר והרובוט התחיל כיבוי בחדר מספר 1. אותו הדבר קרה כאשר הרובוט בדק את חדר מספר 4 והיה נר במקום ספציפי בחדר מספר 3.



בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



באיור זה ניתן לראות את שני המצבים, כאשר את הרובוט מסמל גלגל שיניים ואת הנר מסמלת אש. הקווים בצבעים השונים מסמנים את מסלול האור האולטרא סגול אל חיישן Uvtron אשר נמצא על הרובוט.

את הבעיה פתרנו בצורה פרטית לכל חלק. בחלק הראשון פתרנו את הבעיה בכך שהפסקנו את הקריאה מהחישן לפני שהוא מגיע לקטע בו הוא קולט את הנר מחדר מספר 4. בחדר מספר 4 במקום לקרוא משני החישנים במשך הכניסה לחדר קראנו רק מהשמאלי (החישן הימני הוא זה שקלט את הנר מחדר מספר 3). כדי שהחישן השמאלי יקלוט את כל החדר בצורה בטוחה החלפנו את הסיבוב במקום של 180 מעלות שביצענו אחרי הסריקה כדי לצאת מהחדר. הרובוט עושה סיבוב של 110 מעלות ימינה על מנת שהחישן יראה את כל החדר, סיבוב של 20 מעלות חזרה למקרה שרהיט חסם את החזר האור האולטרא-סגול, הפסקת הקריאה בחישן וסיבוב נוסף של תשעים מעלות כדי לסיים 180 מעלות.

בעיה נוספת שיש לחישן האולטרה סגול היא שהנורה הקולטת מחוברת לכרטיס באמצעות שתי רגלי מתכת דקות שנשברות בקלות. כדי למנוע את שבירתן הכנו חתיכת PVC שמתלבשת על הנורה ומונעת הזזה וכיפוף של הרגלים. מתקן זה נעלם תוך ימים ספורים ומחוסר זמן לא הוחלף באחר, ולכן כאשר הרובוט נחת בארה"ב גילנו שאחת מהרגלים נשברה. ניסיונות חוזרים ונשנים להלחים מחדש את הרגל נכשלו, ולבסוף החלפנו את הנורה השבורה בחדשה.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



חישני אינפרה-אדום:

הבעייתיות בשימוש בחישני האינפרה נובעת מדרך הפעולה שלהם. חישני האינפרה אדום מחזרים מתחים בין אפס לחמש וולט כדי לייצג את המרחק. החיישן בעצם יוצר התנגדות לחמש וולט שהוא מקבל וכך משנה את הערך המוחזר. הבעיה בשיטת פעולה זו היא בכך שאם במקום 5V נכנס 4.9V הערך של כל התוצאות ירד. בעיה זו הייתה מאוד חמורה אצלנו מכיוון שכרטיס Interfaced בו השתמשנו לא שמר על מתח יציאה של חמש וולט. כאשר חוברו אליו חישנים שונים, עלה או ירד המתח מחישן לחישן, כך נוצר מצב שבו כל פעם שהוספנו או הורדנו חישן השתנו תוצאת החישנים.

בעיה זו נפתרה כאשר סיימנו לחלוטין את בניית הרובוט והחלטנו על מערך חישנים סופי. אך עדיין הייתה לנו בעיה – מדי פעם היו נופלות תוצאות חישני האינפרה אדום וגורמות לרובוט לפנות כאשר הוא היה עדיין באמצע המסדרון. בעיה זו פתרנו גם בתוכנה וגם בחומרה. בתוכנה בנינו תוכנית הדורשת 40 אישורים מכל חישן קדמי בטרם ביצוע פניה. בחומרה עשינו בדיקות לברר ממה נגרמות הקראיות השגויות וגילנו שלפעמים נופל המתח לחישן, בעקבות ניסויים לשחק אם חלק שונים ברובוט בזמן הבדיקה הגענו למסקנה שמקור הבעיה הוא בכרטיס המנועים. הוצאת הכרטיס ובדיקה מדוקדקת שלו הובילה לתגלית שחיבור ה-GND על אחד מכרטיסי המנועים היה מוברג על ציפוי החוט ולא על החוט עצמו, מה שגרם לכך שבעת תזוזה החוט היה יכול להתנתק לשברירי שנייה, מה שגרם לשינוי המתח שיצא מהמייצב של החמש וולט. תיקון בעיה זו לא פתר את הבעיה לחלוטין, לכן החלפנו את חיבור Interfaced, שנעשה באמצעות Cramping לחיבור בעזרת ברגים. לאחר בדיקת והחלפת החיבורים ווידוי התוצאות בתוכנה, לא פנה הרובוט באמצע מסדרון, פרט למקרים חד-פעמיים לא מוסברים.

חישנים אולטרה-סוניים:

החישנים האולטרה סוניים שירתו אותנו נאמנה: הם נתנו תוצאות קבועות ולא משתנות מיום ליום, ולא התקלקלו (על קרפלעך נמצאים ארבעת החישנים המקוריים). אך כדי להגיע למצב זה היינו צריכים לגלות בעיה רצינית בתפעול החישנים.

כשהתחלנו להשתמש בחישנים גילנו שהתוצאות מדויקות מאוד פרט לכך שאחת לעשר קריאות בערך מתקבלת תוצאה שגויה מהתוצאה הנורמאלית פי שתיים. לכן, יישמנו שיטות שונות לבטל את הקריאה הגבוהה בתוכנה: ממוצע של קריאות, הוצאת חציון והוצאת המספר הנפוץ ביותר. שיטות אלו עזרו לביטול הקריאה הקיצונית אך עיכבו מאוד את ביצוע התוכנה וזאת מכיוון שקריאה של חישן אולטרה-סוני לוקחת זמן רב ולכן ביצוע פעולות סטטיסטיות שדורשות ארבע קריאות ואף יותר, אינן מתאימות לביצוע תיקונים בנסיעה שאמורים להתרחש בתדירות גבוהה ובמהירות.

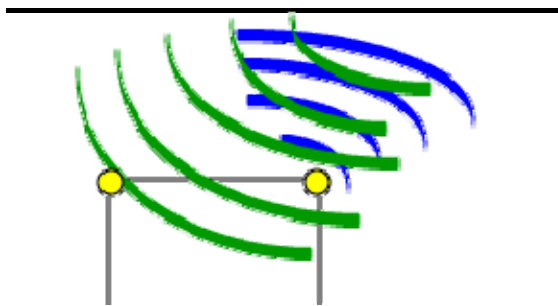
בעקבות הכישלון לסידור הבעיה בתוכנה, היינו חייבים לגלות מה גורם לבעיה כדי לפתור אותה בחומרה. ביצענו ניסויים רבים כדי לראות מה משפיע על הקריאות, אבל לא גילינו שם גורם קבוע, ומכיוון שהקריאה החריגה הופיע לעתים נדירות היה קשה לראות מה משפיע עליה.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



לאחר ביצוע ניסויים אין ספור הועלתה השערה בקשר למקור הבעיה: כאשר קוראים מחישן אולטרה סוני החיישן שולח גל אולטרה-סוני. על מנת לחסוך מקום על המעבד ההוראה לבקשת קריאה הייתה מגיעה יחדיו לכל החישנים האולטרה סוניים מאותה נקודה, כך שכאשר קראנו מחישן אולטרה-סוני אחד, פלטו שלושת האחרים גם כן גל ופשוט לא התייחסנו אליהם. ההעשרה שהועלתה הייתה שחישן אחד, מסיבות שעד עכשיו לא ברורות, קולט את ההד מפולס שיוצר חישן אחר במקום את ההד שלו, וזאת כפי שניתן לראות באיור:



עיגול צהוב – חיישן אולטרה-סוני.

גל כחול – הגל היוצא מהחיישן הימני אחורי.

גל ירוק – הגל החוזר מהחיישן המגיע גם לחיישן הימני קדמי.

בעקבות השערה על מקור הבעיה ביצענו ניסוי: חסמנו אחד מחישני הצד בעת קריאת החישן השני ובדקנו את הקריאות. לאחר קריאה מהחישן כמה עשרות פעמים ובדיקה שהפעם הבעיה נפתרה, השתכנענו שהשערה נכונה.

הפתרון לבעיה היה פשוט: עשינו יציאה אחת לחישנים הקדמיים ויציאה אחת לחישנים האחוריים, לאחר פעולה זו לא היו לנו יותר בעיות עם חישנים אלו.

בעיה נוספת שהתגלתה בקשר לחישנים האולטרה סוניים הייתה כאשר ניסינו למקם אותם קדימה (כלפי כיוון תנועת הרובוט) כגיבוי לחישני האינפרה-אדום. בדקנו במצב מנוחה מהי קריאת החישן במרחק בו אנו רוצים לפנות, והכנסנו ערך זה לתוכנה. אך כאשר הרובוט הגיע לפניה הוא פנה במרחקים רנדומאליים. לבעיה זו לא מצאנו פתרון, פשוט השתמשנו בחישני האינפרה-אדום כחישנים הפונים קדימה.

הבעיה ככל הנראה נגרמת מהחזרות של הפינה, ובשינויים במיקום הרובוט בין שליחת האות לקבלתו.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישור או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



הבעיות בתחרות הארצית:

במקום לתאר את כל התקלות שהתרחשו בתחרות הארצית נתאר את תהליך העבודה שביצענו מרגע הגיענו לבאר-שבע עד לתחרות עצמה.

ברגע שהגענו לבאר-שבע, התחלנו את פריקת המחשבים והציוד שהבאנו ואת הרכבת הזירה. בזמן זה גם הרכבנו וכיוונו את המיצב שהמיר את המתח מהבטרייה לשימוש המאוורר (16v ל 6v). הבעיה הראשונה שנתקלנו בה הייתה שהמחשב שהבאנו סירב להידלק (יותר על בעיה זו בחלק בעיות סביבה). לאחר שפתרנו בעיה זו התחלנו להריץ את חלק כיבוי הנר של תוכנת הרובוט, עבדו כשעה על שיפוצים אחרונים לתוכנה וכיוון מדויק של חישני Pyron. בזמן ההרצה גילינו שחישן Pyro אחד קורא פחות טוב מהשני ולכן שינינו את הערכים שלו. לאחר שראינו שכביוי הנר עובד טוב, עברנו לעבוד על זירות התחרות כדי להתאים את הניווט לזירות התחרות. עבדנו כשעתיים כדי להתאים את הניווט לזירות החדשות, במהלך זמן זה ראינו גם שהרובוט שלנו מהיר בהרבה מהרובוטים האחרים ועושה תוצאות טובות מאוד ביחס לרובוטים האחרים. באותו הזמן נוצרה הבעיה הראשונה: הספק הונח על הרצפה מכיוון שלא היו שולחנות ליד זירות התחרות. החוט שחיבר את הרובוט לספק עבר על הכפתור שקובע את המתח שיוצא מהספק. עקב כך המתח היוצא מהספק השתנה מ 16v ל 22v. תוך מספר שניות ראינו את השינוי וכיבנו מיד את הספק. כאשר ניסינו להריץ שוב את הרובוט לבדיקה גילינו שמנוע אחד לא פועל, הנחנו שנשרף כרטיס מנועים, ובדיקת מתחים פשוטה הראתה שההשערה נכונה. פנינו מהר להחלפת הכרטיס השרוף באחר. מזלנו היה שמספר ימים לפני התחרות החליפה הקבוצה השנייה מאהל-שם את כרטיסי המנועים שלהם בדגם ישן, ולכן היו להם שני חלפים בדוקים. ברגע שסיימנו את החלפת הכרטיס השרוף חזרנו להריץ את הרובוט וגילינו את הבעיה השנייה: מחבר ה-RS-232 הנמצא על הרובוט התנתק מכרטיס המעבד ולכן לא היינו יכולים להעביר את התוכנה אל הרובוט. מאחר והחיבור היה רופף עוד קודם הבאנו חלפים לחלק זה, אך הבעיה עדיין הייתה גדולה מכיוון שההלחמה של חלק זה מורכבת מאוד ועדיין היה צורך להוציא לגמרי את החלק השבור ללא אמצעים מקצועיים. לבסוף, הצלחנו לשכנע מורה לאלקטרוניקה מבי"ס היובל, אורי דים, לבצע את ההלחמה המסובכת בשבילנו. לאחר כחצי שעה של עבודה הוא סיים להחליף את המחבר וביצע עבודה מושלמת.

לאחר סיום הניווט ותיקון בעיות החומרה בהן נתקלנו, איחדנו את הניווט עם כיבוי הנר, בתקווה לראות את הרובוט מכבה נר בזירת התחרות (זאת לאחר שבדקנו את הכיבוי והניווט לחוד). אף במקום לבצע את הכיבוי כמו בבוקר, היה הרובוט נכנס לחדר, ומתחיל את העקיבה אבל במקום לבצע את תוכנית הכיבוי בשלמותה הרובוט היה נכנס למצב קבוע של סיבוב במקום נגד כיוון השעון. לאחר שהרובוט חזר על אותה בעיה פעמים מספר, הרצנו מחדש את חלק הכיבוי לבדו – אך הבעיה הופיעה בכל ריצה.

כמובן שמייד התחלנו לבדוק כל סיבה אפשרית לתקלה, מאחר והרצנו את אותה תוכנה מהבוקר (לפחות כך חשבנו) בדקנו בתחילה גורמים אפשריים לתקלה בחומרה: אינקודר מקולקל, חיבורים רופפים על Interfacen, בעיות מתחים וקריאות חיישנים. אך הכול עבד בצורה תקינה ופנינו לבדוק את התוכנה, ברגע זה גילנו שחלק הכיבוי – אותו התאמנו בבוקר אותו יום לא נשמר ובמקומו מופיעה גרסה ישנה יותר של התוכנה. מקרה זה קרה לנו פעם אחת לפני התחרות ופעם

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר
שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



עד שלוש בלילה באותו יום ניסינו כל אפשרות לתקן את הבעיה, כתבנו את התוכנה מחדש פעמיים, עברנו כמעט על כל התוכנה של הרובוט, ואפילו ניסינו לשבת עם אלי קולברג, המנחה שלנו, ושחר מנדלוביץ', תלמיד עתודה שהשתתף בתחרות בשנת 2001, ולבנות יחד איתם את התוכנה. אך תמיד הופיעה שוב הבעיה. בשלוש הלכנו למלון לישון וחזרנו רעניים בשמונה בבוקר (לפני שינה קצרה זו היינו ערים במשך יותר משלושים שעות רצוף). אך למרות שהיינו במצב טוב יותר לפתור את הבעיה מבערב הקודם, החלטנו לוותר בגלל הייאוש והאכזבה מהבעיה הלא צפויה. האכזבה הייתה גבוהה מכיוון שמבין כל הרובוטים ביום האימונים "קרפלעך" היה הרובוט המהיר ביותר וגם ביצע את בונוס הרהיטים (תוצאותיו של "קרפלעך" לא עוברות 10 נקודות, הרובוט שהגיע למקום הראשון עשה זאת בתוצאה של 14). החלטנו להריץ את הרובוט – לפחות יראו שהוא מגיע לחדר מהר מכל הרובוטים – למרות שאינו מכבה את הנר. ואכן בריצה הראשונה הגיע "קרפלעך" לחדר השלישי, התחיל לנסוע לכיוון הנר וכמובן הסתובב במקום במרחק חצי מטר מהנר, אם הרובוט היה משלים כיבוי זה הוא היה מקבל תוצאה של 3 נקודות.

לאחר צפייה בריצה זו התבהר לאחד מחברי הצוות מקור הבעיה, אך לא היה מספיק זמן בין הריצות כדי לסדר אותה, ושלושת הריצות של קרפלעך נגמרו ללא כיבוי.

הבעיה נבעה ממספר גומרים שונים שהתחברו ביחד:

כיוון חיישן הפירואלקטרי שנעשה ביום הראשון, בוצע כאשר עדשת החיישן הפירואלקטרי הייתה בזווית, ולכן ניתנו ערכים גדולים מדי, בשלב מאוחר יותר יושרה עדשת החיישן ולכן הוא נתן קריאה של נר בצורה רנדומאלית גם כאשר לא היה נר מול החיישן – מצב זה הכניס את הרובוט למצב הסיבוב האין סופי.

הטעות שגרמה לרובוט להיתקע בסיבוב אינסופי הייתה ידוע לצוות שבוע קודם לכן, הם תכננו לתקן אותה, אך מלחץ הזמן נשכח הדבר ולא סודר על ליום התחרות.

כדי למנוע טעויות כאלה בעתיד יש לדאוג לדברים הבאים:

1. לתקן כל בעיה ברגע שהיא מתגלית – לא לדחות דברים לעתיד.
2. לדאוג לייצב את מערכת החיישנים, כך שהם לא יוכלו לזוז והם יתנו תוצאות זהות בכל מצב.
3. לישון לפני התחרות – יום האימונים הוא יום עמוס מאוד, בו מבצעים כיוונים אחרונים ותיקונים במערכת הרובוט, לכן חשוב להיות מרוכזים ובשיא הכושר ליום זה, לא מטושטשים ועייפים.
4. לגמור את הרובוט בזמן ולא ברגע האחרון (קל להגיד מאוד קשה לעשות).

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



התחרות העולמית

לקראת התחרות העולמית שיפרנו את תוכנתו של קרפלעך כדי למנוע את כל הצרות שקרו בתחרות הארצית. בנינו בקרת מהירות בשיטת PID (בה לא השתמשנו בסוף בגלל התנגשות תוכנה), שכללנו ושיפרנו את תוכנת התיקונים בנסיעה, כתבנו מחדש את תוכנית הכיבוי נר – ייעלנו ושיפרנו אותה וגם הוספנו פונקציות בטיחות.

יומיים לפני הטיסה לארה"ב "קרפלעך" כיבה את הנר במצבים קיצוניים מאוד, באמינות של 90%. הבדיקות נערכו בתנאים קיצוניים מאוד – הרהיט חוסם לגמרי את הנר, נמצא מול הכניסה, הנר במקומות שאסורים לפי התחרות, אפילו הגענו למצב בו בדקנו את הרובוט עם רהיט וקלסר עמוד בחדר – והוא כיבה את הנר בהצלחה.

בארה"ב עבדנו כל יום במרתף בית הכנסת היהודי.

למרבה הפתעתנו הרובוט לא נפגע בטיסה לארה"ב כלל. התקלה היחידה שקרתה היא שנשברה אחת מרגלי חיישן ה-UVtron. ניסינו להלחים אותה בחזרה, אך היא נשברה שוב ושוב, בסופו של דבר נכנענו והחלפנו את נורת ה-UVtron השבורה בחדשה.

לאחר מכן התחלנו להריץ את הרובוט, ופרט למספר כיוונים של תוכנת הכיבוי והניווט, הרובוט עבד כמו בארץ וכיבה את הנר במצבים קיצוניים (בארה"ב בדקנו אותו עם שני רהיטים באותו החדר).

אך ביום השני התגלתה בעיה בכרטיס המעכב, הוא סגר את המעגל מיידית ללא עיכוב המתח. הוצאנו אותו והחלפנו אותו במתג, כך שיכולנו להמשיך לעבוד בזמן שאחד מחברי הקבוצה בודק את הכרטיס. אך לאחר הוצאת הכרטיס התגלו בעיות חשמל ברובוט, ובלייט ברירה הפסקנו להריץ אותו ופירקנו את כל חלקיו כדי למצוא את החוט הסורר, במהלך הפירוק חיברנו מחדש כל חוט, עברנו על הלחמות חשודות, ובעצם הרכבנו מחדש את הרובוט. לבסוף גילינו שהבעיה לא הייתה ברובוט אלא במחבר שחיבר את הספק לכרטיס החשמל. לא התרגזנו ממקרה זה, כי עכשיו היינו יכולים להיות בטוחים שלא יקרו לנו תקלות מכניות ברובוט, מאחר ועברנו על כל האלקטרוניקה שבו.

בעת סיום הרכבת הרובוט מחדש, והלחמת מחבר חדש לחוט המתח, הצלחנו גם למצוא ולתקן את הבעיה בכרטיס המעכב. לאחר, החלפת הדיודה, הטרנזיססטור והקבל (כל החלקים פרט למסר והנגד), ובדיקת כל רכיב במעגל עם המנחה, גילינו שאחד מפסי הנחושת על לוח המעגל נקרע, ולכן המעגל החשמלי בכרטיס נפגם ומנע את פעולתו.

לאחר תיקון שתי בעיות אלה שבנו להריץ את הרובוט, ניצלנו את הימים לפני התחרות כדי להוסיף פונקציות בטיחות, ולבצע תיקונים נוספים בתוכנת הרובוט.

כמו בתחרות הארצית גם בתחרות בטרינטי ניתן יום אימונים לפני התחרות עצמה, ביום זה הרצנו את הרובוט על זירת התחרות פעמיים רבות. לקרפלעך הייתה בעיה עם זירת התחרות, רצפת הזירה הייתה עשויה עץ גבשושי שגרם לחיכוך גבוה בהרבה מאשר בזירה עליה התאמנו. חיכוך גבוה זה גרם לכך ש"קרפלעך" היה נתקע בעת ביצוע סיבובים ותיקונים במקום. בעיה זו הקשתה עלינו יותר מעל שאר הקבוצות בגלל שיטת ההנעה בה בחרנו, הנעה דיפרנציאלית אסימטרית. בעת ביצוע סיבוב במקום בשיטה זו מפעילים המנועים כוח גדול זה על זה, ופחות כוח פועל כדי לסובב את הרובוט. בגלל החיכוך הגבוה בזירות התחרות לא היה מספיק כוח למנועים

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

**© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר**



ביום האימונים גם גילנו שהמכשולים בהם משתמשים בתחרות היו נמוכים בהרבה מהמכשולים עליהם התאמנו, ולכן החלטנו לנסות לבצע את בונוס המכשולים, החלפת הגלגל האחורי בגלגל גמיש יותר, אפשרה עליה קלה על המכשולים, והגלגלים הקדמיים שתוכננו בדיוק לצורך זה, הפכו את ירידת קרפלעך מהמכשול לחלקה ביותר. ואכן בכל ריצות האימונים הרצנו את הרובוט עם מכשולים בזירה ללא תקלות.

מהמצב ביום האימונים ראינו שאין רובוט המהווה תחרות "קרפלעך", גם מבחינת תוצאות (מהירות ובונוסים) וגם מבחינת אמינות, פרט לרובוט "Silent Bob" מתיכון "היובל" בהרצליה. לקראת הצהרים – כאשר קבוצות רבות אחרות עדיין התאמנו על הזירות אנו ארזנו את "קרפלעך" וחזרנו לבתי המארחים.

ביום התחרות לא אפשרו להריץ על הזירות, דבר שהיינו צריכים מאוד, מכיוון שבבוקר התחרות צבעו השופטים מחדש את ריצפת הזירות, וכך שינו שוב את מקדם החיכוך. לא ידענו האם להחליש את עוצמת הסיבובים במקום או להשאיר אותם כמות שהם, והחלטנו שהכי טוב יהיה ללכת אם התוכנית שעבדה יום קודם.

מהלך הריצות היה כדלקמן:

ריצה ראשונה: קרפלעך הגיע לחדר הנר, והתחיל לחפש את הנר בחדר, כאשר פנה קרפלעך אל הנר היינו בטוחים שנראה כיבוי בזמן שיא, אך במקום להגיע לפס-הלבן ולכבות את הנר, פנה במפתיע קרפלעך מהנר ויצא מן החדר. עד היום אין לנו הסבר לתקרית המצערת – ככל הנראה קריאת שווא של החיישן הפירואלקטרי.

ריצה שנייה: קרפלעך נכנס לחדר הראשון, בו מוקם הנר ופנה לנר. אך כאשר הגיע קרפלעך לפס-הלבן במקום להפעיל את המאוורר, פעלה תוכנת ביטחון שנועה למנוע יציאה מהחדר, וגרמה לכך שקרפלעך נגע בנר, בטרם הפעיל את המאוורר לכבות את הנר, מה שהוסיף 50 נקודות להרצה.

ריצה שלישית: הנר שוב מוקם בחדר הראשון, אך כאשר פנה קרפלעך להיכנס לחדר, קרה הדבר אשר חששנו ממנו, והתיקונים במקום, במקום ליישר את קרפלעך לעומת הקיר, גרמו לו לקבל זווית חדה ולהתקע בכניסה לחדר.

בעיות אלה לא יכולנו למנוע, אלא באמצעות פונקציות גיבוי נוספות, וריצות בבוקר התחרות על הזירות התקניו.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



נספח ו' – מימוש משוואות באסמבלי

האסמבלי כולל בתוכו את הפעולות האריתמטיות הבסיסיות ביותר. הפקודות המתמטיות היחידות שיש בו הן: חיבור, חיסור, כפל וחילוק. אך לפעמים מתעורר הצורך לבצע פונקציה מורכבת יותר – כפל בשבר, משוואה טריגונומטרית, שורש, וכדומה.

כאשר אנו באים לממש משוואות אלה אנו צריכים להתייחס לשני גורמים חשובים:

- הערכים של הקלט (הערך המוכנס) והפלט (התוצאה). כל המספרים באסמבלי מבוטאים באמצעות שמונה או שש-עשרה ספרות בינאריות כך שטווח המספרים האפשרי הוא: 0 עד 255 או 128 עד 127 לשמונה ביט ו-0 עד 65535 או 32768 עד 32767 לשש-עשרה ביט. עקב כך לא נוכל להכניס ערכים שאינם בתחום וגם התוצאה לא תוכל לעבור תחום זה. באסמבלי גם אין ייצוג מובנה לשברים.

הפתרון לבעיה הוא הצבת ערכי האמת האפשריים לעומת הערכים אותם אנו יכולים לבטא (הערכים המייצגים). למעשה אנו צריכים למצוא מקדם אשר ימיר את ערכי האמת לערכים המייצגים. את המקדם אנו מוצאים על ידי חלוקת כמות ערכי האמת בכמות הערכים המייצגים. למעשה, אנו צריכים "לכווץ" או "למתוח" את הערכים כך שיוכלו בשלמות על ידי הערכים המייצגים. את המקדם שלפיו "נמתח" או "נכווץ" את ערכי האמת אנו מוצאים באמצעות חלוקת כמות ערכי האמת בכמות הערכים שאנו יכולים לבטא.

לדוגמא: אם אנו רוצים לבטא את הערכים 32768 עד 32767 ע"י אוגר של שמונה ביט (128 עד 127), אנו צריכים "לכווץ" את ערכי האמת שיתאימו לערכים האפשריים. מאחר

$$\text{ויש לנו } 65536 \text{ ערכים אפשריים ו-} 256 \text{ מקומות בלבד, המקדם יהיה: } K = \frac{256}{65536} = \frac{1}{256}$$

את המשמעות של הפעולה שביצענו נציג בטבלה הבאה:

ערך באוגר	הערכים המיוצגים
0	0-255
1	256-511
2	512-767
...	...
255	65281-65536

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישראו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



דוגמא נוספת: אנו רוצים לבטא את כל השברים העשרוניים עד סיפרה אחת אחרי הנקודה

$$K = \frac{255}{21} \quad (-1) \quad (-0.9) \quad (0.8) \quad (0.9) \quad (1) \quad \text{ע"י אוגר של שמונה ביט. המקדם יהיה: } 255$$

את המשמעות של הפעולה שביצענו נציג בטבלה הבאה:

ערכים באוגר	הערך המיוצגים
(-115)-(-128)	-1
(-102)-(-114)	-0.9
...	...
100-113	0.9
114-127	1

- זמן ביצוע: כאשר אנו מעבדים משוואה מורכבת זמן העיבוד עד הגעה לפיתרון עלול לקחת זמן רב, ויש תוכנות שלא ניתן להשהות את ריצתן לזמן ארוך. כדוגמת תיקונים בנסיעה: כאשר הרובוט מתקן תוך כדי נסיעה הוא צריך לדגום בתדירות גבוהה את מצבו. אם נערוך חישוב שייקח זמן רב בתוך הדגימות, הרובוט לא ידגום בתדירות הרצויה ולא יהיה זמן עיבוד לחלקים אחרים של התוכנה.

ישנן שיטות שונות לבצע המרה של משוואות מורכבות לתוכנה, הן נבדלות זו מזו בתכונות רבות ולכן צריכים לדעת להתאים את השיטה למשוואה, וליישום בו רוצים להכניס את המשוואה.

קירובים:

קירובים לנוסחאות הם ללא ספק השיטה הנוחה והמהירה ביותר להפוך נוסחא מורכבת לנוסחא פשוטה שאפשר להכניס בקלות לתוכנה. הרעיון מאחורי קירוב הוא למצוא נוסחא פשוטה שנותנת תוצאות דומות לנוסחא המקורית (ראה גם את טור טיילור בנספח זה). ישנן נוסחאות קירוב שמתאימות רק לטווח ערכים מסוים בנוסחא, אפשר להשתמש בהן כאשר מגיעים הערכים המתאימים. כך אפשר לחסוך זמן ביצוע גם אם לא מחליפים לגמרי את הנוסחא המקוריים בנוסחת הקירוב.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



דוגמא לנוסחת קירוב היא :

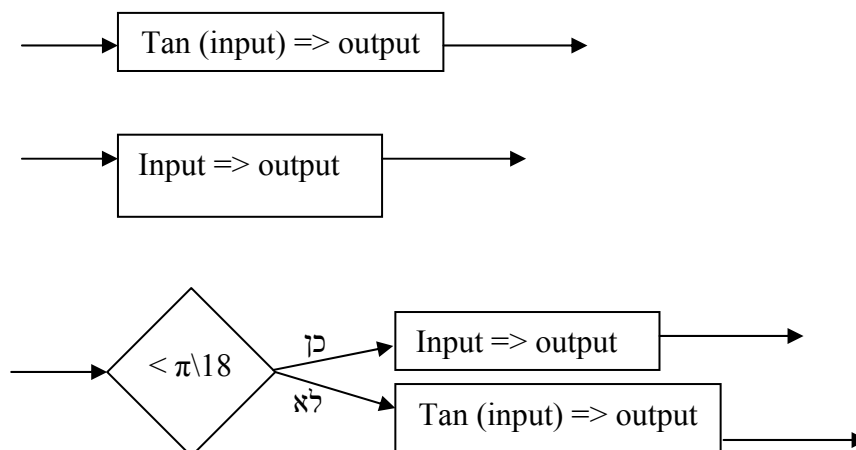
$$\tan X = X$$

נבדוק את אמינות הנוסחה בטבלה :

זווית ברדיאנים	$\tan X$	X	אחוז השגיאה
0	0.0000	0.0000	0.0%
$\pi/36$	0.0875	0.0873	0.2%
$\pi/18$	0.1763	0.1745	1.0%
$\pi/9$	0.3640	0.3690	4.1%
$\pi/6$	0.5773	0.5236	9.3%
$\pi/4$	1.0000	0.7854	21.5%
$\pi/3$	1.7320	1.0471	39.5%

אפשר לראות מהטבלה שלקירוב יש אמינות גבוהה עד $\pi/18$ (10°), לערכים גבוהים יותר השגיאה נהפכת למשמעותית ועבור ערכים מעל $\pi/6$ (30°) נוסחת הקירוב חסרת ערך.

אין ספק שנוסחת קירוב כמו $\tan X = X$ יכולה להקל מאוד על עבודת המתכנת: בעוד שביצוע פונקציית Tan בשיטה אחרת ידרוש מחשבה, זמן עבודה וזמן ביצוע, העברה פשוטה של הפלט לקלט ללא ביצוע כל פעולה היא הדבר הפשוט והמהיר ביותר. ברור שנוכל להשתמש בשיטה רק עד $\pi/18$, כי בערכים גבוהים יותר אי-הדיוק נהפך למשמעותי. אבל גם אם אנו יוצרים תוכנה בה הקלט האפשרי גבוה מ- $\pi/18$ עדיין נוכל להשתמש בנוסחת הקירוב כל עוד הערכים נמוכים וכך לחסוך זמן עיבוד על אחוזים מסוימים של הקלט.



המקרה הראשון נותן דיוק גבוה אך לוקח זמן מעבד רב.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



המקרה השני נותן דיוק בזוויות קטנות בלבד אך אינו דורש זמן מעבד רב.
המקרה השלישי משלב את שני המקרים הקודמים.
טור טיילור:

טור טיילור היא שיטה מתמטית להפיכת משוואת שונות לפולינומים. מאחר ואין לנו פקודת לביצוע פעולות מתמטיות מיוחדות, אבל אנו יכולים לבצע פעולות של הכפלה וחילוק, טור טיילור יספק לנו משוואה שנוכל לבצע בתוכנית.

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{[f''(a)(x-a)]^2}{2!} + \frac{[f'''(a)(x-a)]^3}{3!} + \dots + \frac{[f^{(n)}(a)(x-a)]^n}{n!}$$

דוגמא: ניקח את המשוואה $\cos(x)$, $a=0$
נכניס אותה לטור טיילור:

$$f(x) = \cos(x)$$

$$f'(x) = -\sin(x)$$

$$f''(x) = -\cos(x)$$

$$f'''(x) = \sin(x)$$

$$f^{(4)}(x) = \cos(x)$$

$$\cos(x) = 1 - 0 - \frac{x^2}{2} + 0 + \frac{x^4}{24} - 0 - \frac{x^6}{6!} + 0 + \frac{x^8}{8!} \dots$$

$$\cos(x) = 1 - \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{24} - \frac{x^6}{6!} \dots$$

כמובן שלא נכניס את כל הטור לתוכנה. אפשר לראות שכאשר ה- x נמוך בחלק הראשון של המשוואה הוא המשמעותי, כאשר ה- x גבוה החלקים שקודם היו משניים משפיעים מאוד על התוצאה.

לכן לפי הצורך (הקלט למשוואה) נשתמש בחלקים שונים של המשוואה – בעצם נשתמש בטור טיילור כדי למצוא משוואת קירוב.

לדוגמא: כאשר ניקח רק את שני האברים הראשונים בטור:

$$\cos X = 1 - \frac{X^2}{2}$$

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



נבדוק את אמינות הנוסחא בטבלה :

מעלות (רדיאנים)	$\cos X$	$1 - \frac{X^2}{2}$	טעות באחוזים
0	1	1.000	0.0%
$\pi/90$	0.9962	0.9962	0.0%
$\pi/18$	0.9848	0.9848	0.0%
$\pi/9$	0.9397	0.9391	0.1%
$\pi/6$	0.8660	0.8629	0.4%
$\pi/4$	0.7071	0.6916	2.2%
$\pi/3$	0.5000	0.4516	9.6%

אפשר לראות שעד $\pi/6$ (30°) אין כמעט משמעות לכך שויתרנו על יתר אברי הטור. בצורה זו הגענו לנוסחת קירוב יעילה ומדויקת שפשוטה ליישום באסמבלי.
אם נרצה להשתמש במשוואה שתהיה מדויקת גם לקלט גבוה יותר נצטרך לכלול בנוסחה יותר איברים מהטור.

טבלה:

כאשר אנו מבצעים פונקציה, אנו מתאימים Y לכל X ובעצם מתאימים קלט אפשרי לכל פלט שמתאים לו. מסיבה זו אנו יכולים לבטא פונקציות בגרפים וטבלאות.
הרעיון מאחורי טבלה הוא פשוט: מול כל קלט מופיע הפלט שלו, כך שבמקום לבצע פונקציות מספיק לחפש בטבלה את ערך הקלט ולהוציא את ערך הפלט המתאים לו.
מעבד ה-HC12 תומך בשיטות מעיון המאפשרות שימוש בטבלה בצורה שונה מחיפוש ערך בטבלה, שיטה זו פשוטה לשימוש ויעילה יותר מבחינת זמן מעבד. הרעיון מאחורי השיטה הוא שבמקום לעשות טבלה של ערכי X לעומת ערכי Y ואז חיפוש ערך מסוים בטור של X והוצאת ערך Y המקביל לו, אנו עושים טבלה של ערכי Y בלבד כאשר X (הקלט) אומר כמה שורות צריך לרדת מראש הטבלה כדי להגיע לערך המתאים.

בפרק יא' - תיקונים מופיעה דוגמא לשימוש בטבלאות.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



(PID)

PID (proportional, integral, derivative) – יחס, אינטגרל, שיפוע) - היא שיטת הבקרה הטובה והנפוצה ביותר, ומשמשת לבקרת מהירות ומיקום של גופים נעים. השיטה נובעת מנוסחאות מתמטיות מורכבות, אבל הרעיון מאחוריה נובע מעקרונות פשוטים של בקרה. את הרעיון מאחורי שיטת בקרה זו נסביר באמצעות דוגמא של מכונית שמטרתה לנסוע על קו ישר.

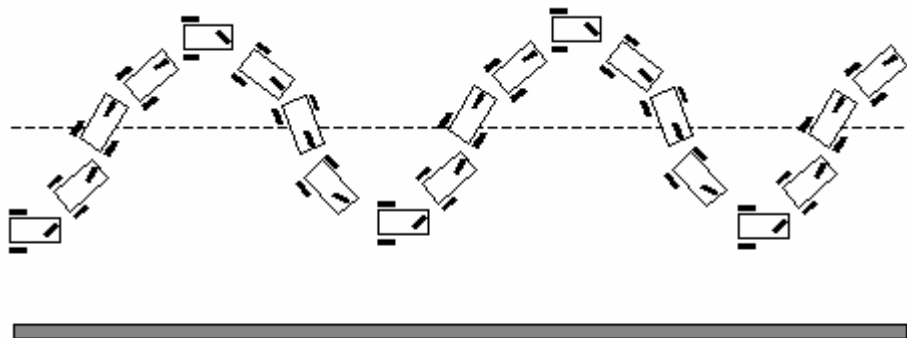
יחס:

החלק הראשון בשיטת הבקרה הוא ה-P – התיקון היחסי. מטרת התיקון היחסי היא להפוך את השגיאה לאפס.

הרעיון מאחורי חלק זה הוא הפשוט ביותר – ככל שהטעות גדולה יותר כך גדול יותר גם התיקון. מתקיים יחס ישר בין התיקון לטעות – היחס הזה הוא מקדם הטעות (K_p).

לפי הדוגמא, המכונית נמצאת בתחילה במרחק 12 מטר מימין לקו. במצב זה נסובב את ההגה 20 מעלות שמאלה, מה שיגרום לשינוי כיוון המכונית ותחילת תנועתה לעבר הקו, ככל שהמכונית תתקרב לקו כך יקטן התיקון היחסי: כאשר המכונית תהיה 6 מטר מימין לקו נסובב את ההגה 10 מעלות שמאלה בשלוש מטר נסובב 5 מעלות וכאשר נהיה על הקו נחזיק את ההגה ישר.

התוצאה של תיקון זה תהיה שהמכונית תעבור את הקו ותתחיל לבצע בדיוק את אותו התהליך לצד השני:

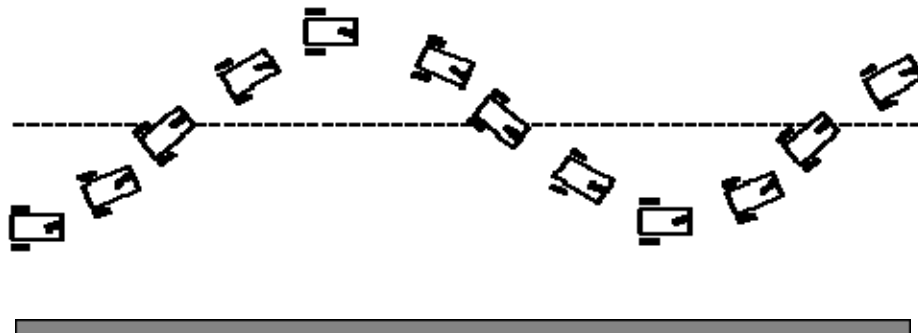


בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



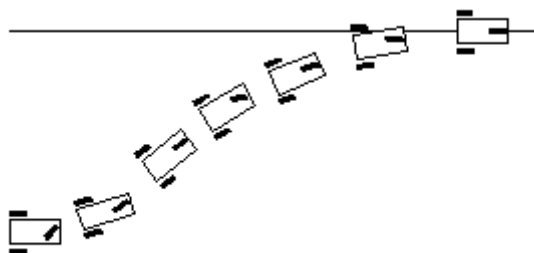
שינוי המקדם של התיקון היחסי לא יביא לביטול תיקון היתר הקבוע אלא רק ישנה את המהירות בה תחזור המכונית לקו :



הדרך היחידה לתקן את תיקון היתר היא על ידי הוספת ערך השיפוע לתיקון היחס.

שיפוע:

השיפוע מתאר את קצב שינוי הסטייה. מטרת תיקון השיפוע היא להוריד את קצב שינוי הסטייה לאפס. גם תיקון זה הוא יחסי לקצב השינוי בטעות ולא לטעות עצמה. נשתמש בדוגמא של מכונית הנוסעת על קו: השיפוע יתאר את שינוי המרחק של המכונית מהקו ובעצם את המהירות בה חוזרת המכונית אל הקו. אם מהירות המכונית קבוע – יתאר קצב השינוי את הזווית בין כיוון תנועת המכונית לקו. תיקון השיפוע יביא את המכונית לנסוע במקביל לקו – אך ללא התייחסות למרחק בין המכונית לקו.



שילוב תיקוני יחס ושיפוע:

שילוב של תיקוני יחס ושיפוע יגרום לתוצאה הבאה :

מצב ההתחלה של המכונית הוא 12 מטר מימין לקו. התיקון היחסי יגרום לסיבוב ההגה 20 מעלות ימינה, המכונית תתחיל לסטות לכיוון הקו. כאשר תתקרב המכונית לקו, וזוויתה תהיה

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

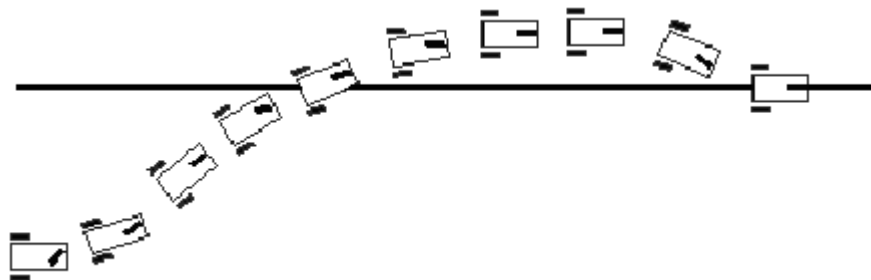
© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



יש לזכור שבביצוע תיקונים יחסיים יש חשיבות רבה לגודל הקבועים וליחס ביניהם: קבועים קטנים מדי עלולים להפוך את התיקון למזערי וכך יעבור זמן רב עד להשלמת התיקון, קבועים גדולים מדי יגרמו לכך שתמיד יבוצע תיקון חזק מדי ותנועת המכונית תהיה קיצונית. יחס גבוה בין מקדם התיקון היחסי למקדם תיקון השיפוע יגרמו לכך שימשיכו להיווצר תיקוני יתר, בעוד שיחס קטן יגרום לכך שיידרש זמן רב עד שתגיע המכונית לקו.

סכום:

תיקוני הסכום נועדו לסייע בתיקון שגיאה קבועה המפריעה לתיקון הרגיל. תיקוני הסכום מפצים על סטייה במערכת התיקונים הרגילה, מטרתם לאפס את סכום הטעויות. במקרה הדוגמא יבוא לביטוי תיקון הסכום אם מערכת ההיגוי של המכונית אינה מכוונת: קיימת סטייה בהגה – או שחסר אויר באחד הגלגלים. ללא תיקוני סכום תגרום הסטייה במערכת ההיגוי לכך שהמכונית תיסע במקביל לקו, אף במרחק מסוים ממנו – זאת כתוצאה מכך שבמרחק זה תיקוני היחס יהיו שווים לסטייה במערכת ההיגוי. תיקוני הסכום יוציאו את המכונית ממצב זה מכיוון שכאשר תנוע המכונית לאורך זמן במרחק מהקו, יצטבר סכום הטעויות – ותיקון הסכום יניע את המכונית חזרה לקו.



בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שיגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר

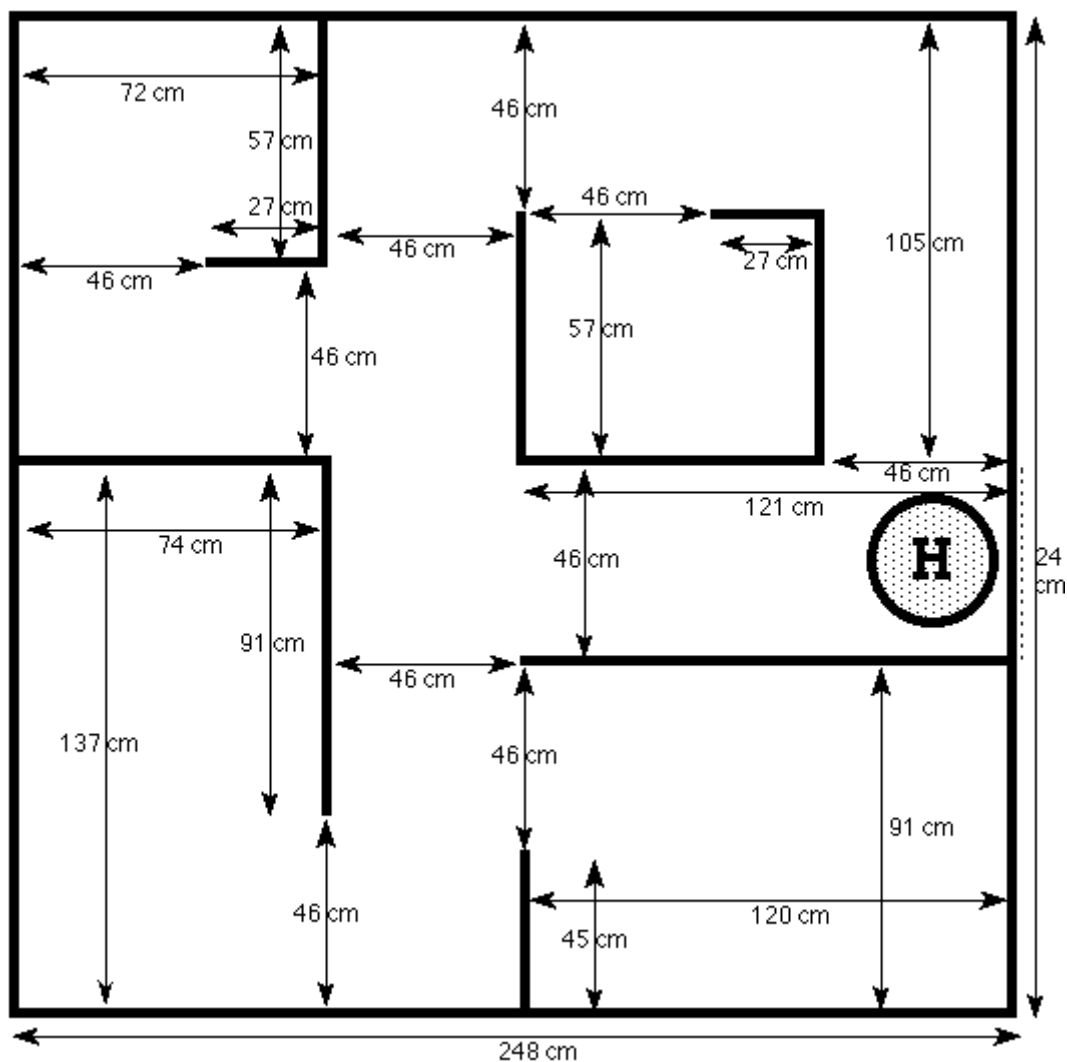


מטרת התחרות.

המטרה המסוימת של התחרות הזו היא לבנות רובוט הנשלט באמצעות מחשב שיכול לנוע בתוך מבוך הבנוי כדירה, למצוא נר דולק ואז לכבותו בזמן הקצר ביותר, בהתאם למספר גורמי פעולה (מופיע בהליך ניקוד בהמשך). מהלך זה מכוון להדמיית פעולה בעולם האמיתי של רובוט המבצע פונקציה של הגנת בית אמיתי משריפה. הנר מייצג שריפה שהתחילה בבית ושהרובוט חייב לגלותה ואז לכבותה. למרות האמור לעיל, המטרה האמיתית של התחרות היא לקדם את הידע והטכנולוגיה של רובוטיקה במתחרים עצמם ובעולם בכלל.

מבנה הזירה ותכונותיה.

מבנה הזירה :



בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



בדומה לעולם האמיתי שבו יש תמיד מידה מסוימת של אי ודאות בכל מידע, מידות רצפת הזירה הן מקורבות בלבד. המידות האמיתיות יכולות להשתנות עד לשני סנטימטרים מהערכים הנתונים. ברוכים הבאים להפעלת רובוט בעולם האמיתי.

הקירות של המבנה יעשו מעץ וגובהם יהיה 33 ס"מ. הקירות יצבעו בצבע לבן. רצפת הזירה תהיה ישרה, מעץ וצבועה בצבע לטקס שחור. כל תפר או חיבור ייסתם ויצבע באותו צבע שחור. חיבורי חלקי הרצפה יתכן ולא יהיו שטוחים לחלוטין. יש לוודא שהרובוט שלך יכול להסתדר עם אי רציפויות של עד 3 מ"מ אם צריך.

כל המסדרונות והכניסות לחדרים יהיו ברוחב 46 ס"מ. אין דלת בכניסות לחדרים, רק פתח ברוחב 46 ס"מ. יהיה פס לבן ברוחב 2.5 ס"מ לרוחב כניסה של כל חדר בכדי לסמן את הכניסה לכל חדר.

רצפת הזירה תהיה שחורה אולם חלק מהרובוטים עשויים להשתמש בקצף או חומרים אחרים בכדי לכבות את להבת הנר. יעשו מאמצים לנקות את הזירה אחרי ריצת כל רובוט, אולם אין בטחון שהרצפה תישאר שחורה באופן אחיד לכל אורך התחרות. הרצפה גם עשויה להכיל גם נקודות אדומות או כחולות קטנות (בקוטר 3 מ"מ) בכדי לסמן מיקומים אפשריים לנרות או רהיטים. אם הרובוט לא פועל במצב NDR (ראה סעיף 16), הרצפה תהיה ישרה ללא שיפועים או מדרגות.

הרובוט יכול להתחיל במיקום עיגול הבית. עיגול הבית האמיתי יהיה בצבע לבן ללא האות H המסומנת בשרטוט הזירה. קוטר העיגול 30 ס"מ, והוא יוצב במרכז המסדרון שרחבו 46 ס"מ, כך שיישארו שמונה ס"מ של מרווח בין קצה העיגול לקירות. לכן מרכז העיגול יהיה במרחק של 23 ס"מ מכל צד של הקירות הצדדיים. יש לשים לב לכך שבשרטוט הזירה יש פתח בקיר החיצוני של הזירה מאחורי עיגול הבית. חלק זה של הקיר ניתן להסיר בכדי לאפשר למתחרים גישה קלה יותר לרובוטים שלהם בזמן הצבתם בזירה. אולם ניתן להציב את הקיר במקומו אם זה עוזר לפעולת הרובוט. ניתן להשתמש במתקני הצבה של הרובוטים אם זה עוזר להם בתחילה בזמן ההצבה, ליישר את עצמם במעגל הבית. הרובוט חייב להתחיל בתוך מעגל הבית, אולם מרגע שהתחיל, הוא יכול לנוע לכל כיוון רצוי ויכול לנוע אופקית או אנכית בשרטוט הזירה המופיע בנספח א'.

חלק מהפינות של הזירה יתכן ויהיו בהן חלקי פלסטיק שחורים המשמשים לחיבור חלקי הזירה, ובולטים בערך 2 ס"מ לתוך הזירה.

אור סביבה

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



כל התאורה באולם תעשה ע"י אותן נורות אדי נתרן בלחץ גבוה, ששימשו בהצלחה את התחרויות הקודמות (למעט תחרות 2001). כמו בעבר, התאורה ישירות מעל אזור הזירות תעומעם קלות.

למתחרים יינתן זמן ביום התחרות לבצע קריאות של רמת אור הסביבה, אם צריך, בכדי לכייל את הרובוטים שלהם. ברגע שתופעל מערכת התאורה למצב קבוע ביום שבת בבוקר בשטח התחרות, לא יהיה ניתן לשנות את התאורה כך שתתאים למתחרה או מתחרים באופן אישי. חלק מהאתגר של התחרות הוא ליצור רובוט שיכול לפעול במצבים של העולם האמיתי, וזה כולל תנאי תאורה שאינם עקביים, צללים, סנוור, וכו'.

פעולת הרובוט

מהרגע שהרובוט הותנע, הוא חייב להיות בעל מנגנון בקרה עצמית ללא שום התערבות אנושית, כלומר, ההתקנים חייבים להיות התקנים מבוקרים מחשב ולא מבוקרים ידנית.

הרובוט יכול להיתקע בקירות או לנגוע בקירות כאשר הוא נוסע בזירה, אבל אסור לו לסמן או לפגוע בקירות בעשותו כך. בכל מקרה יוטלו עונשים (ניקוד פחות טוב) עבור נגיעה בקיר (ראה סעיף 18 על עונשים). הרובוט לא יכול להשאיר דבר כל שהוא מאחור כאשר הוא מנווט בזירה. הוא אינו יכול לעשות סימונים כלשהם על רצפת הזירה שיעזרו לו לנווט כשהוא נוסע בזירה. רובוט שבאופן מכוון, לדעת השופטים, יפגע בזירת התחרות (כולל הקירות), יפסל. זה אינו כולל סימונים מקריים או שריטות שנעשו תוך כדי תנועת הרובוט. הרובוט חייב, לפי דעת השופטים הרשמיים, למצוא את הנר לפני שהוא מנסה לכבות אותו. הרובוט אינו יכול רק להציף את מבנה הזירה בדו תחמוצת הפחמן (CO_2) ולכבות את הנר במקרה.

כיבוי הנר

לרובוט אסור להשתמש בשיטות הרסניות או מסוכנות בכדי לכבות את הנר. הוא יכול להשתמש חומרים כמו מים, אויר, CO_2 , וכו', אולם אסור השימוש בשיטה או בחומר שהם מסוכנים או שיסבו נזק לזירה. לדוגמה, הרובוט אינו יכול לפוצץ גליל נפץ ולכבות את הנר כתוצאה מההדף. הרובוט אינו יכול להכות בנר או להפוך אותו בכדי לכבותו.

מותר לכבות את הנר באמצעות משב אויר שנשלח לעברו. למרות שזו אינה שיטה מעשית כל כך לכיבוי שריפה בעולם האמיתי, היא מותרת בתחרות זו היות ומטרת התחרות היא קידום הרובוטיקה ולא בהכרח קידום טכניקות לכיבוי שריפות.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



אסור לפגוע או להפיל הנר כל עוד הוא דולק. אם הרובוט פוגע או מפיל את הנר במקרה, אחרי שהוא כובה, ריצת הרובוט עדיין תחשב, אך זה יגרור ענישה (ראה סעיף 18 לגבי ענישה). הנר יורכב על בסיס עץ כך שלא יוכל ליפול בקלות מזרם מים או אוויר.

כל לכלוך שעושה רובוט (מים, קצף, וכו') במאמציו לכבות את הנר, ינוקה על ידי השופטים כמיטב יכולתם, בין הריצות.

חידושים אחרונים בתחום כיבוי נר אפשרו לרובוטים בתחרויות קודמות לכבות את הנר ממרחק של 1 מטר ממנו. יכולת זו לכבות את הנר ממרחק גדול יחסית, נמצאת בניגוד למטרת התחרות של בניית רובוטים אינטליגנטים שיכולים למצוא ולכוון ללהבה. בכדי להחזיר את התחרות חזרה למסלולה המקורי, הרובוט חייב להגיע למרחק של 30 ס"מ או פחות מהנר, לפני שהוא מנסה לכבות את הלהבה. יהיה מעגל (או קשת, אם הקיר נמצא בדרך) בצבע לבן, ברדיוס של 30 ס"מ, על הרצפה מסיביב לנר. חלק כלשהו של הרובוט חייב להיות מעל מעגל (או קשת) זה, לפני שהוא מכבה את הנר. הרובוט עדיין יכול לירות סילון של CO₂, אולם חלק כלשהו של הרובוט חייב להיות בתוך 30 ס"מ מהנר לפני שהוא מבצע זאת. מעגל הנר נעשה מלוח דק בעובי 0.5 מ"מ, והנר יוצב במרכז המעגל.

גודל הרובוט

הגודל המקסימלי של הרובוט יהיה 31 ס"מ X 31 ס"מ X 31 ס"מ. הרובוט לא יוכל להסתכל מעבר לקירות של המבנה ואסור שיאריך את עצמו אף פעם מעבר ל- 31 ס"מ במידה כלשהי שלו. כל הרובוטים ימדדו בקפידה. אל תיתן לרובוט שלך להיפסל בגלל שהוא מעט חורג ממגבלות אילו.

אם לרובוט חיישנים שחשים חפצים או קירות, חייבים לקחת אותם בחשבון כחלק של ממדי הרובוט ואינם יכולים לעבור 31 ס"מ מצד לצד.

אם המתחרים רוצים להוסיף דגל, כובע או פריטים שהם דקורטיביים טהורים ללא תפקוד כלשהו, לרובוט, הם יכולים לעשות זאת כל עוד לפריט אין באופן מוחלט שום השפעה על פעולת הרובוט.

משקל הרובוט

אין מגבלות על משקל הרובוט.

חומרי בניית הרובוט

אין מגבלות על סוגי החומרים המשמשים לבניית הרובוט.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



הנר

הנר הדלוק אמור לייצג שריפה קטנה בבית שהרובוט מנסה למצוא ולכבות. תחתית להבת הנר תהיה בין 15 ל- 20 ס"מ מהרצפה. גובה זה כולל את גובה בסיס העץ. תחתית להבת הנר תתחיל בגובה 20 ס"מ מעל לרצפה, ובמהלך התחרות כשחלב הנר נשרף, ותחתית להבת הנר תגיע לגובה של 15 ס"מ מעל הרצפה, הנר יוחלף בנר חדש. הלהבה תראה מהצד ולא תוסתר על ידי חלב שלא נמס כמו שקורה בנרות עבים. הגובה והגודל המדויק של הלהבה אינם ידועים ומשתנים ויקבעו על ידי התנאים המסוימים של הנר וסביבתו. כל עוד הנר נמצא במסגרת המפרט שצוין למעלה, הרובוט נדרש למצוא את הנר בלי קשר לגודל הלהבה באותו רגע.

הנר יוצב באופן אקראי באחד מחדרי הזירה. לנר יש סיכוי שווה להיות בכל אחד מארבעת החדרים בכל אחת משלוש הריצות שיש לרובוט. תקוותינו שהנר יוצב בחדרים שונים בכל ניסיון ריצה של הרובוט, ובכך לבחון בצורה הטובה ביותר את פעולת הרובוט, אולם קיימת אפשרות שהנר יוצב באותו חדר פעמיים. אם קורה שהנר מוצב באותו חדר בריצות הראשונה והשנייה, אנו נדאג שהוא לא יהיה באותו חדר בריצה השלישית והאחרונה. וכך עבור כל רובוט הנר יהיה בלפחות שני חדרים ואולי שלושה במהלך שלושת ניסיונותיו.

הנר לא יוצב במסדרון, אבל יתכן ויוצב בחדר קרוב לכניסה. בכל מקרה, קדמת הרובוט תוכל לנוע לפחות 33 ס"מ לתוך החדר לפני שתתקל בנר. מעגל הנר לא יגע בקו הכניסה לחדר. יתכן ומיקומי הנר ששימשו בתחרות השנה האחרונה לא יהיו זהים לאילו שישמשו בתחרות השנה.

המתחרים לא יכולים למדוד או לנגוע בנר לפני שמשתמשים בו. השופטים יכולים להשתמש בכל נר חוקי עבור כל ניסיון ריצה ויכולים גם להחליף נרות בין ריצות.

הנר יוצב על בסיס עץ עגול (קוטרו 7 ס"מ וגובהו 3 ס"מ) הצבוע בצבע צהוב. בסיס זה משמש לשמירת הנר מנפילה בקלות. יהיה אפשר להפיל את הנר באמצעות התנגשות בו (מה שלא תרצה לעשות – ראה עונשים סעיף 18), אולם הנר לא ייפול אם פוגע בו זרם אויר או מים בלבד.

חיישנים

אין מגבלה על סוג החיישנים שניתן להשתמש בהם כל עוד הם אינם מפרים תקנות או כללים אחרים.

המתחרים אינם מורשים להציב סימונים, קרניים, מקורות אור או מחזירי אור על הקירות או על הרצפה בכדי לעזור בניווט הרובוט.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

**© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר**



בוני הרובוטים צריכים להיות מודעים לכך שמצלמות סטילס ומצלמות וידאו מודרניות משדרים אור אינפרא אדום כחלק ממערכות המיקוד האוטומטיות שלהן. אור הסביבה באולם התחרות יכול גם הוא להיות מקור לאור IR, נראה, ו-UV. אם הרובוט משתמש בחיישני אור בכדי למצוא את הנר או לגלות קירות, או רהיטים, על בוני הרובוט לנקוט צעדים בכדי למנוע ממקורות אור אלו מלהפריע לפעולת הרובוט.

חשמל

הדרישות המקסימליות עבור כל מערכת הזקוקה לחיבור חשמל, יהיו 20 אמפר במתח חילופין של 120VAC. אם הרובוט או המחשב שלך זקוקים לחשמל – הבא כבלים מאריכים ארוכים מאורקים עם שקעים לחיבור מתח.

כבלים

אם הרובוט מחובר למערכת מחשב חיצוני עבור הוראות ו/או עבור מתח, יש לדאוג שהכבל ארוך מספיק כך שהרובוט יגיע לכל השטחים בזירה. הכבל יכול להיגרר מאחורי הרובוט כשהוא נוסע בתוך המבנה או שיוחזק מעל הקירות על ידי אחד מנושאי התפקידים הרשמיים שאינו נוגע בדבר. אם המתחרים רוצים להחזיק את הכבל הם יכולים לעשות זאת, אבל אם במהלך ניסיון הריצה, לדעת השופטים, הם השתמשו בכבל בכדי לעזור לרובוט, ניסיון הריצה יסתיים ללא ניקוד.

סדר הריצה

הרובוטים יסומנו עם מספרים בכדי לקבוע את הסדר שבו הם יתחרו בתחרות. כל רובוט יבצע ריצה בזירה לפי הסדר כפי שהוא סומן. אחרי שכל הרובוטים סיימו את ריצתם הראשונה, אזי כל התהליך יתחיל שוב עבור הריצה השנייה. במילים אחרות, הרובוטים יתחרו זה אחר זה, וכאשר כולם סיימו עם ניסיונם הראשון, כל התהליך יחזור על עצמו עבור הניסיונות השני ולבסוף השלישי.

למתחרים יהיה זמן בין ריצותיהם לבצע התאמות, שיפורים או תיקונים לרובוטים שלהם, אולם מהרגע שהרובוט שלפניהם סיים את ריצתו, תהיה להם דקה אחת להביא את הרובוט שלהם לזירה ולהתחיל את ריצתו. יהיה שעון מיוחד בכל זירה שהשופטים יפעילו כאשר הם קוראים למתחרים הבאים להיות מוכנים. הרובוט חייב להתחיל את ריצתו לפני שהשעון מגיע לדקה אחת. רובוט שלא יהיה מוכן לריצה אחרי דקה אחת יפסיד את הזדמנותו ויפסל בניסיון זה. הוא יוכל עדיין להתחרות בריצות האחרות שנשארו. ברגע שסדר הריצות נקבע, הוא לא יהיה ניתן לשינוי. אם אינך מוכן, הפסדת את תורך. הזמן בין הסבבים אינו מוגדר ומושפע ממשך הזמן שלקח למתחרים האחרים להשלים את ריצותיהם.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

**© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר**



למרות זאת, אם מתחרים רוצים להריץ את הרובוט שלהם ברציפות מבלי לחכות בין הריצות, הם יכולים לעשות זאת. אנו מעודדים זאת למעשה היות וזה מאפשר לקצר את זמן התחרות.

ברגע שהרובוט מוכן, יקבע המיקום של הנר ושל רהיט כלשהו, אם צריך, והנר והרהיט יושמו במקומות המתאימים.

המתחרים יראו לשופט איך להפעיל את הרובוט ואז השופט ילחץ על הכפתור הנחוץ להתחלת הפעלת הרובוט.

מגבלות זמן

בכדי להשיג את מטרת התחרות של בניית רובוט המסוגל למצוא ולכבות שריפה בבית, חשוב מאוד למצוא את השריפה בתוך פרק זמן סביר. מגבלת הזמן המקסימלית למציאת הנר על ידי הרובוט היא 5 דקות. אחרי חמש דקות ניסיון הריצה יופסק. הזמן המקסימלי שבמסגרתו על הרובוט לחזור למעגל הבית באופן הנסיעה חזרה יהיה 2 דקות. אם הרובוט תקוע בלולה ומבצע את אותן תנועות חמש פעמים ברציפות, בנתיב מסוים, ניסיון ריצה זה יופסק. בכל זמן שהוא שהרובוט לא זז במשך 30 שניות, ניסיון הריצה יופסק. כל ניסיון ריצה שיופסק יחשב כחסר ניקוד עבור הרובוט הזה. עצירת ניסיון ריצה מאחת הסיבות שפורטו כאן לא ישפיע על אף אחד משני ניסיונות הריצה האחרים של הרובוט.

ניקוד

הרובוט עם הניקוד הסופי (FS) הנמוך ביותר הוא המנצח. הניקוד הסופי מחושב מתוך מספר גורמים שונים, המוסברים בהמשך. תהליך הניקוד אינו באמת מסובך כפי שזה נראה בתחילה. הוא מיועד לעשות את התחרות מציאותית והוגנת ככל האפשר. אנו מצטערים אם זה מזכיר לך את חוקי מס הכנסה.

אופני פעולה

עבור כל ניסיון ריצה, ככל שניקוד הפעולה (OS) נמוך יותר, כך טוב יותר. השיטה הפשוטה ביותר לריצה של הרובוט היא באופן פעולה סטנדרטי. קיימים 6 גורמי אופני פעולה (OM) שונים, שהמתחרים יכולים לבחור עבור הרובוט שלהם, או בנפרד או צירוף שלהם בכדי להפחית את ניקוד הפעולה עבור ניסיון ריצה זה. אופני פעולה אילו הם: ללא כבלים של מתח או נתונים, הפעלה על ידי צפצוף, נסיעה חזרה, רהיטים, ללא הסקה מחושבת (חישובי מיקום), ונקודת התחלה שרירותית.

פעולה סטנדרטית

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישור או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



באופן זה הרובוט מחובר להתקן חיצוני המספק לו חשמל או פקודות. הגורם המחליט בקביעת האופן הוא האם יש כבל המחובר לרובוט. גורם האופן לריצה באופן סטנדרטי הוא $(MF=1.0)$ 1.0.

ללא כבל

באופן זה הרובוט נשלט או על ידי מחשב PC חיצוני באמצעות קשר RF או שהוא משתמש במחשב פנימי עצמאי, ובנוסף לרובוט מקור הספק פנימי עצמאי. בכל מקרה לא יהיה שום כבל מחובר לרובוט. גורם האופן עבור ריצה באופן ללא כבל הוא $(MF=0.9)$ 0.9.

הפעלה על ידי צפצוף

במקום להפעיל את הרובוט באופן ידני על ידי לחיצה על מתג ההתחלה או על מקש ה-Enter במקלדת, הרובוט מפעיל את עצמו כאשר הוא מגלה אות צפצוף כמו זה שבאזעקה שמפעיל גלאי עשן בין 3.0 KHz ו-4.0 KHz. זו היא התדירות שבה משתמשים בדרך כלל בגלאי עשן והיא נוצרת על ידי התקן פירו אלקטרי שניתן לרכוש במקומות רבים. מהרגע שהרובוט הופעל הוא אינו יכול להתחיל לנוע עד שמופעל אות הצפצוף. אם הרובוט מתחיל לנוע לפני שהופעל אות הצפצוף, למשל בגלל שהוא גילה בטעות את רעש הסביבה באולם, הניסיון הריצה יחשב עדיין, אבל הרובוט לא יקבל קרדיט עבור הפעלה על ידי צפצוף. אם הרובוט לא מתחיל לנוע בתגובה לאות הצפצוף, אזי ניסיון הריצה יכול להתחיל מהתחלה (שעוני העצר יאופסו) ללא קנס והרובוט יופעל ידנית. מכל מקום אם הרובוט לא מתחיל לנוע בתגובה לאות הצפצוף לא תהיה לו הזדמנות שניה (כלומר לחיצה נוספת על מתג הצפצוף) בכדי לרוץ באופן הפעלה על ידי צפצוף עבור ניסיון ריצה זה. התקן אות הצפצוף יכול להיות מוחזק בכל מרחק מהרובוט שהמתחרים רוצים והצפצוף יכול להמשך עד 10 שניות. הזמן עבור ניסיון הריצה יתחיל כאשר נוצר אות הצפצוף ולא כאשר הרובוט מתחיל לנוע בפועל בתגובה לאות. יהיה התקן אות צפצוף רשמי בתחרות, אולם המתחרים יכולים להביא ולהשתמש בהתקני אות צפצוף שלהם עצמם שפועלים בתוך טווח התדירויות המתאים, אם הם רוצים בכך. יהיה 5% הפחתה בניקוד עבור רובוט הפועל באופן זה. גורם אופן הפעולה עבור ריצה עם הפעלה על ידי צפצוף הוא $(OM=0.95)$ 0.95.

נסיעה חזרה

אחרי כיבוי להבת הנר, הרובוט חוזר לעיגול הבית. הוא לא חייב לחזור על מסלולו בחזור לעיגול הבית או אפילו לקחת את המסלול היעיל ביותר, הוא רק חייב לחזור חזרה, אבל מבלי

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



הרובוט יחשב כחוזר למעגל הבית אם חלק כלשהו של הרובוט נמצא בתוך מעגל הבית בקוטר 30 ס"מ. הרובוט לא צריך להיות באותו מצב שבו הוא היה כאשר התחיל את התחרות, הוא רק חייב שחלק מסוים מגופו יהיה בתוך מעגל הבית.

אם הרובוט נכנס לריצה באופן נסיעה חזרה ומוצא ומכבה את הנר, אולם הוא אינו חוזר למעגל הבית, הרובוט לא ייפסל. במקום זאת אנו נחזיר את הרובוט בחזרה לאופן פעולה סטנדרטית והוא יקבל רק את ניקוד ההפעלה ללא הפחתת גורם אופן נסיעה חזרה.

ניקוד הזמן הממשי (AT) יכלול רק את הזמן שלוקח לרובוט למצוא ולכבות את הנר. הוא לא יכלול את הזמן שלוקח לרובוט לנסיעה חזרה לעיגול הבית. פעולה באופן זה תניב הפחתה של 20% בניקוד. גורם אופן הפעולה עבור ריצה באופן נסיעה חזרה הוא 0.8 ($OM=0.8$).

ללא חישובי מיקום

רובוטים רבים משתמשים בצורה כלשהי של הסקת מיקום על ידי חישוב (dead-reckoning) בכדי לנוע בתוך הזירה. כלומר, פעם שהרובוטים מוצבים ומכוונים בתחילת הזירה, הם סופרים את המרחק שעברו והזווית שבה הסתובבו ומוסיפים אותם למיקום הקודם שלהם בכדי לקבל את המיקום והכיוון החדשים שלהם. בעוד שזו דרך לגיטימית של תנועה בתוך הזירה בתחרות זו, היא אינה מעשית או שימושית בעולם האמיתי. לכן בכדי לעודד רובוטים להשתמש בשיטות מתוחכמות יותר לקביעת מיקומם בזירה, אנו מעניקים בונוס הפחתת ניקוד לרובוטים שלא משתמשים בשיטת הסקת מיקום מחושבת.

המפתח לשימוש בשיטת הסקה מחושבת היא ידיעה מראש של המרחק לחדרים השונים בזירה. אם תחליט להריץ את הרובוט שלך באופן ללא חישובי מיקום, אנו נציב משטח משופע אחד או יותר במסדרונות הזירה, שתהיה להם השפעה על שינוי המרחק לחדרים.

משטח משופע יוצב באחד מהמסדרונות. רחבו יהיה 46 ס"מ, כך שימלא לחלוטין את המסדרון. יהיו לו צדדים משופעים בצורה עדינה. בגלל הצדדים המשופעים, המרחק הכולל שהרובוט עובר בנסיעתו כשהוא עובר דרך הקטע המשופע יהיה גדול יותר מאשר אם הוא היה עובר רק על רצפה ישרה, ובכך מוגבלת יעילות הסקה המיקום המחושבת. השיפוע יכול להיות כזה שגלגל בצד אחד של הרובוט עשוי לנסוע מרחק גדול יותר מאשר הגלגל שבקצה השני. היות והרובוט לא ידע בדיוק היכן יוצב מסלול גדול יותר זה, יהיה עליו להשתמש בשיטות אחרות זולת הסקה מחושבת בכדי לקבוע את מיקומו וכיוונו בתוך הזירה.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



יכולים להיות יותר מאשר משטח משופע אחד במהלך ניסיון הריצה. המקטעים המשופעים יוצבו אך ורק במסדרונות ולא בתוך חדרים. משטח משופע לא יוצב בכניסות לחדרים ולא יחסום כניסות לחדרים. המספר והמיקום של המקטעים המשופעים ישתנה מניסיון ריצה אחד למשנהו אם אופן זה נבחר. המשטחים המשופעים יישארו במקומם במהלך קטע הנסיעה חזרה של ניסיון הריצה. הגובה המרבי של המקטעים המשופעים יהיה קטן מ- 5 ס"מ. המקטעים המשופעים יהיו מחודדים ויהיה חיבור חלק ככל האפשר עם הרצפה השטוחה. לא יהיו מדרגות או נפילות חדות. המידות המדויקות של המקטעים המשופעים לא יהיו ידועות לרובוט לפני תחילת התחרות. השיפוע המרבי של המקטע המשופע יהיה 13 מעלות. המקטע המשופע יהיה צבוע בצבע שחור בדיוק כמו הרצפה. הפעלה מוצלחת באופן זה תקנה 40% הפחתה בניקוד. גורם אופן הפעולה בריצה באופן ללא חישובי מיקום הוא 0.6 (OM=0.6).

רהיטים

באופן זה תהיה יחידה אחת של ריהוט בכל חדר. הרהיטים יוצבו באופן אקראי בחדרים. הרובוט יכול לנגוע ברהיט, אולם הוא לא יכול לדחוף אותו מדרכו. הרהיט יעשה מגליל מתכת בקוטר 11.5 ס"מ, צבוע בצבע צהוב. הגלילים הם בגובה 30 ס"מ ושוקלים 2.3 ק"ג.

האפשרות שיתכן ורהיט יחסום את ראיית הרובוט את הנר או שיתכן והרובוט יאלץ לעקוף את הרהיט בכדי להגיע לנר, היא מה שעושה את אופן הרהיטים למעניין ולאתגר של העולם האמיתי. יתכן ועל הרובוט להביט ממיקומים שונים בחדר בכדי לראות אם הרהיט באמת חוסם את ראייתו את הנר. אם הנר באמת נמצא מאחורי רהיט, הרובוט יצטרך להחליט מה היא הדרך הטובה ביותר לעקוף את הרהיט בכדי להגיע לנר. פעולה מוצלחת באופן זה תניב הפחתה של 50% בניקוד. גורם אופן הפעולה עבור ריצה באופן רהיטים הוא 0.5 (OM=0.5).

נקודת התחלה שרירותית

רק בכדי להפוך את התחרות ליותר מציאותית ומאתגרת, יהיה אופן אחד נוסף אפשרי. אם המתחרים מחליטים לפעול באופן נקודת התחלה שרירותית, השופטים יניחו באופן שרירותי את הרובוט באחד מהחדרים שלא מכיל את הנר והרובוט יתחיל את ניסיון ריצתו מחדר זה. הרובוט יכול להיות מוצב על ידי השופטים בכל כיוון בתוך החדר. אם הרובוט מופעל גם באופן רהיטים במהלך ניסיון הריצה, הרהיטים לא יחסמו לחלוטין את הרובוט מיציאה מהחדר, אולם יתכן ועל הרובוט יהיה לעקוף את הרהיט בכדי לצאת. אם אחרי כיבוי הנר, הרובוט יכול לחזור לחדר שממנו הוא התחיל, אזי הוא השלים בהצלחה את אופן הנסיעה חזרה ויקבל את הבונוס הנוסף של גורם אופן הנסיעה חזרה (0.8). באופן נקודת התחלה שרירותית, סיום הניסיון בעיגול הבית לא יחשב לסיום מוצלח של אופן נסיעה חזרה. הרובוט חייב לחזור לחדר שממנו הוא התחיל בכדי לקבל את גורם אופן נסיעה חזרה, אבל הוא לא

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה



$(OM=0.8)$.

הפעלה ידנית של הרובוט

אם הרובוט לא רץ באופן הפעלה על ידי צפצוף, הוא חייב להתחיל את פעולתו באופן ידני, כלומר באמצעות לחיצה של נושא משרה רשמי של התחרות על כפתור ה"התחלה".

מחשב חיצוני

אם הרובוט משתמש בחיבור של כבל למחשב חיצוני, אזי המקש היחיד שאפשר ללחוץ עליו בכדי להתחיל את פעולת הרובוט הוא מקש ה- ENTER או RETURN שעל מקלדת המחשב. נושא משרה רשמי של התחרות ילחץ על המקש. כל תוכנית הנחוצה להרצה יש להטעין לרובוט לפני שהוא מוצב בזירה. פעם שהרובוט מונח במקומו והנר מוצב במקומו שלו, ניתן ללחוץ אך ורק על מקש ה- ENTER או RETURN בכדי להתחיל את פעולת הרובוט. אם מכל סיבה שהיא הרובוט אינו מתחיל, ניסיון הריצה יסתיים.

מחשב על הרובוט

אם הרובוט משתמש במחשב פנימי, אזי יכול להיות כפתור אחד ורק אחד שניתן ללחוץ עליו בכדי שהרובוט יתחיל את פעולתו. כפתור זה חייב להיות ממוקם במקום שקל לראות אותו ולהגיע אליו על הרובוט והוא חייב להיות מסומן ב- "START". כל תוכנית נחוצה יש להטעין לרובוט לפני שהוא מוצב בזירה. לאחר שזה נעשה, ניתן ללחוץ אך ורק על כפתור ה"התחלה" בכדי להתחיל בפועל את פעולת הרובוט. אם מכל סיבה שהיא הרובוט אינו מתחיל, ניסיון הריצה יסתיים.

עונשים

מטרת התחרות היא להיות מציאותית ככל האפשר כמו בעולם האמיתי. לכן קיימות שתי פעולות שבעוד שהן אינן בלתי חוקיות, הן אינן מה שיחשב לשיטת פעולה טובה בעולם

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה



(PP) שנוספות לזמן הממשי (AT) של כל רובוט שעושה

אותן. תוכל עדיין לעשות דברים אילו, אולם תקבל נקודות שיתוספו לניקוד הזמן שלך אם תעשה אותם. אל תיתן לנקודות עונשין אילו להפחיד אותך יותר מדי. נקודות עונשין אילו הן בדרך כלל מחיר קטן שיש לשלם עבור רובוט שבעצם מצליח להשלים את המשימה.

נגיעה בקיר

כל רובוט שנוגע בקיר עם חלק כלשהו של גופו או עם חיישניו, בין אם במכוון ובין אם בשוגג, יוספו לו 5 נקודות לניקוד הזמן הממשי שלו בכל פעם שהוא נוגע בקיר. כל רובוט שמחליק לאורך קיר, תתווסף לו נקודה אחת לניקוד הזמן שלו עבור כל 2 ס"מ של קיר שהוא נוגע בו כשהוא מחליק בצמוד אליו. רובוט יכול עדיין לנגוע בקיר בכדי לכוון את עצמו, אבל הוא יוענש בעבור שעשה כך. ($PP=5$ לפגיעה ו- $PP=1$ לכל 2 ס"מ של החלקה).

אין שום עונשים שנלקחים בחשבון עבור פגיעה בקירות בזמן הנסיעה חזרה לעיגול הבית אחרי כיבוי הנר.

נגיעה בנר

כל רובוט שנוגע בנר או בבסיס שלו עם חלק כלשהו מגופו או חיישניו, בין אם במכוון ובין אם בשוגג, בזמן שהנר דלוק, יתווספו לו 50 נקודות לניקוד הזמן הממשי שלו. אם הנגיעה תיקרה אחרי שהנר כובה, לא יהיו נקודות עונשין. נגיעה זו מתייחסת רק לחלק של גוף הרובוט ולא כוללת מים, אוויר או חומר אחר שהרובוט יכול להשתמש בו לכיבוי הנר. ($PP=50$).

גורם חדר

בכדי לעשות את התחרות מציאותית ולעודד יצירת רובוטים חכמים, הוספנו במתכוון אי ודאות לתוך התחרות. הרובוט לא יודע באיזה מארבעת החדרים נמצא הנר. לפעמים לרובוט יש מזל והנר נמצא בחדר הראשון שבו הוא מחפש ולפעמים הרובוט הוא חסר מזל והנר נמצא בחדר הרביעי לפי סדר החיפוש. חוסר ההוגנות שבכך הוא שמציאת הנר בחדר הרביעי שבו הרובוט מחפש היא קשה יותר ולוקחת זמן רב יותר מאשר מציאתו בחדר הראשון שבו הוא מחפש. בכדי להפחית את ההשפעה של ה"מזל" ולתת בונוס מסוים לרובוטים המתוחכמים יותר שיכולים לחפש בהרבה חדרים בהצלחה, יהיה גורם חדר מעורב בניקוד שיוכפל בניקוד הזמן בכדי לקבל את ניקוד הפעולה. ככל שלרובוט יש יותר חדרים לחפש בהם, לפני שהוא מוצא את הנר, כך קטן יותר גורם החדר וכך טוב יותר ניקוד הפעולה.

אם הנר נמצא בחדר הראשון שבו הרובוט מחפש, גורם החדר יהיה 1.0

אם הנר נמצא בחדר השני שבו הרובוט מחפש, גורם החדר יהיה 0.85

אם הנר נמצא בחדר השלישי שבו הרובוט מחפש, גורם החדר יהיה 0.50

אם הנר נמצא בחדר הרביעי שבו הרובוט מחפש, גורם החדר יהיה 0.35

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה



אין זה משנה מהו הסדר שבו הרובוט מחפש בחדרים. הדבר היחיד שמשנה הוא בכמה חדרים חיפש הרובוט לפני שהוא מצא את הנר.

לרובוטים מסוימים יש חיישנים רגישים מאוד שיכולים להגיד להם אם הנר נמצא בחדר רק על ידי מעבר ליד פתח החדר כשהרובוט חולף על פניו. הרובוט לא חייב להיכנס לחדר בכדי שיחשב שחיפש בו. כל רובוט שעובר ליד פתח של חדר שלא עבר על פניו לפני כן, ייחשב ככזה שחיפש בחדר זה. אם הרובוט חיפש כבר בחדר ואז עבר שוב ליד פתחו בדרכו לחדר אחר, חדר זה לא ייחשב פעמיים.

גורם מהימנות

היות וחשוב שכל רובוט לכיבוי שריפות יהיה אמין כמו גם מהיר, כל רובוט שמכבה את הנר בכל שלושת ניסיונותיו, יקבל הפחתה של 10% מתוצאתו הסופית (הסכום של שני ניקודי ההפעלה הטובים ביותר שלו). למשל, לרובוט א' ניקודי פעולה של 25 ו-24, אבל נכשל לכבות את הנר בניסיונו השלישי. לרובוט ב' יש ניקודי פעולה של 28, 24 ו-47. מחברים את שני ניקודי הפעולה של רובוט א' בכדי לקבל תוצאה סופית של ניקוד 49 לרובוט א'. מחברים את שני תוצאות ניקוד הפעולה הטובות ביותר של רובוט ב' ומקבלים 52, אולם היות והוא כיבה את הנר בכל שלושת ניסיונותיו, הוא מקבל הפחתה של 10% מהסיכום הכללי של ניקוד הפעולה שלו. לכן ניקודו הסופי יהיה 46.8 ורובוט ב' ינצח את רובוט א'. עבור כיבוי הנר בכל שלושת הניסיונות גורם מהימנות $(RF) = 0.9$, אחרת, $RF = 1.0$.

תהליך הניקוד

יש להכפיל את אופני הפעולה יחדיו בכדי לקבל גורם אופן (MF). (ללא כבל=0.9, צפצוף=0.95, חזרה=0.8, ללא הסקת מיקום מחושבת=0.6, רהיטים=0.5, נקודת התחלה שרירותית=0.8). אם הרובוט לא מבצע אופני פעולה כלשהם והוא רץ בפעולה סטנדרטית, אזי $MF = 1$.

יש לרשום את הזמן בפועל (AT) בשניות הנדרש לכיבוי הנר.

ג. יש לחבר את נקודות העונשין (PP) ביחד.

פגיעה בקיר = 5 נקודות לכל פגיעה.

החלקה לאורך הקיר = נקודה אחת לכל 2 ס"מ.

נגיעה בנר או בבסיסו בעוד הנר דולק = 50 נקודות.

יש לרשום את גורם החדר (RF).

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



חדר ראשון = 1.0, חדר שני = 0.85, חדר שלישי = 0.50, חדר רביעי = 0.35.

יש לחבר את הזמן בפועל לנקודות העונשין בכדי לקבל את ניקוד הזמן (TS).

$$TS=AT+PP$$

יש להכפיל את ניקוד הזמן, גורם החדר וגורם האופן ביחד בכדי לקבל את ניקוד הפעולה (OS) לניסיון זה.

$$OS=TS \times RF \times MF$$

אחרי שלושה ניסיונות, יש לחבר ביחד את שתי תוצאות ניקוד הפעולה הנמוכות ביותר בכדי לקבל את סכום שני הניסיונות הטובים ביותר (SB2T).

אם לרובוט היו שני ניסיונות מוצלחים (הנר כובה), גורם המהימנות (RF) יהיה 1.0. אם לרובוט היו 3 ניסיונות מוצלחים, גורם המהימנות יהיה 0.9.

יש להכפיל את סכום שני הניסיונות הטובים ביותר בגורם המהימנות בכדי לקבל את התוצאה הסופית (FS).

$$FS=SB2T \times RF$$

הרובוט עם התוצאה הסופית הנמוכה ביותר הוא המנצח.

דוגמאות ניקוד

ניסיון ראשון: אם הרובוט מבצע את ניסיונו הראשון באופנים הסטנדרטי, צפצוף ונסיעה חזרה, לוקח לו דקה אחת ו23 שניות לכבות את הנר בחדר השני תוך שהוא פוגע בקיר 3 פעמים, ניקוד הפעולה שלו עבור ניסיון זה יהיה:

הכפלת אופני הפעולה יחד בכדי לקבל את גורם האופן (MF) (סטנדרטי=1.0, צפצוף=0.95, וחזרה=0.8).

$$MF=STD \times SND \times RTN=1.0 \times 0.95 \times 0.8 = 0.76$$

רישום הזמן בפועל (AT) בשניות שנדרש לכיבוי הנר.

$$AT=83$$

הוספת נקודות העונשין (PP) ביחד (פגיעה בקיר = 5 נקודות / פגיעה)

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישרין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



$$PP=15$$

רישום גורם החדר (RF) (חדר שני = 0.85)

$$RF=0.85$$

הוספת הזמן בפועל לנקודות העונשין בכדי לקבל את ניקוד הזמן (TS).

$$TS = AT + PP = 83 + 15 = 98$$

הכפלת ניקוד הזמן, גורם החדר וגורם האופן ביחד בכדי לקבל את ניקוד הפעולה (OS).

$$OS = TS \times RF \times MF = 98 \times 0.85 \times 0.76 = 63.31$$

ניסיון שני: אם הרובוט רץ בניסיונו השני באופנים הסטנדרטי, צפצוף, נסיעה חזרה, וללא הסקת מיקום מחושבת, לוקח לו דקה אחת ו- 41 שניות לכבות את הנר בחדר הרביעי תוך שהוא פוגע בנר במקרה, ניקוד הפעולה שלו עבור ניסיון זה יהיה:

הכפלת אופני הפעולה יחד בכדי לקבל את גורם האופן (MF) (סטנדרטי=1.0, צפצוף=0.95, חזרה=0.8, וללא הסקה מחושבת=0.6).

$$MF=STD \times SND \times RTN \times NDR=1.0 \times 0.95 \times 0.8 \times 0.6 = 0.456$$

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



רישום הזמן בפועל (AT) בשניות שנדרש לכיבוי הנר.

$$AT=101$$

הוספת נקודות העונשין (PP) ביחד (פגיעה בנר = 50 נקודות)

$$PP=50$$

רישום גורם החדר (RF) (חדר רביעי = 0.35)

$$RF=0.35$$

הוספת הזמן בפועל לנקודות העונשין בכדי לקבל את ניקוד הזמן (TS).

$$TS = AT + PP = 101 + 50 = 151$$

הכפלת ניקוד הזמן, גורם החדר וגורם האופן ביחד בכדי לקבל את ניקוד הפעולה (OS).

$$OS = TS \times RF \times MF = 151 \times 0.35 \times 0.456 = 24.10$$

ניסיון שלישי : בניסיון השלישי הרובוט ניסה לרוץ באופנים צפצוף, נסיעה חזרה, ורהיטים. הוא כיבה את הנר בחדר הראשון בדקה ועשר שניות, אבל הוא לא חזר לעיגול הבית.

הכפלת אופני הפעולה יחד בכדי לקבל את גורם האופן (MF). הרובוט לא חזר לעיגול הבית ולכן הוא מפסיד את הפחתת אופן הנסיעה חזרה. (סטנדרטי = 1.0, צפצוף = 0.95, ורהיטים = 0.5).

$$MF=STD \times SND \times FRN = 1.0 \times 0.95 \times 0.5 = 0.475$$

רישום הזמן בפועל (AT) בשניות שנדרש לכיבוי הנר.

$$AT=70$$

הוספת נקודות העונשין (PP) ביחד.

$$PP=0$$

רישום גורם החדר (RF) (חדר ראשון = 1.0)

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



$$RF=1.0$$

הוספת הזמן בפועל לנקודות העונשין בכדי לקבל את ניקוד הזמן (TS).

$$TS = AT + PP = 70 + 0 = 70$$

הכפלת ניקוד הזמן, גורם החדר וגורם האופן ביחד בכדי לקבל את ניקוד הפעולה (OS).

$$OS = TS \times RF \times MF = 70 \times 1.0 \times 0.475 = 33.25$$

חישובים סופיים: כעת הרובוט סיים שלושה ניסיונות.

אחרי שלושה ניסיונות יש להוסיף את שני ניקודי הפעולה הנמוכים ביותר בכדי לקבל את סכום שני הניסיונות הטובים ביותר (SB2T).

$$SB2T = 24.10 + 33.25 = 57.35$$

היות והרובוט השלים שלושה ניסיונות מוצלחים (שבכולם כובה הנר), גורם המהימנות (RF) הוא 0.9.

$$RF=0.9$$

יש להכפיל את סכום שני הניסיונות הטובים ביותר בגורם המהימנות בכדי לקבל את התוצאה הסופית (FS).

$$FS = SB2T \times RF = 57.35 \times 0.9 = 51.62$$

הניקוד הסופי של הרובוט יהיה 51.62.

תהליך ניקוד זה תוכנן לנסות לאפשר כניסות רובוטים בכל הרמות השונות של תחכום להתחרות באותה תחרות. כל אחד יכול לנצח.

לכל רובוט יש 3 הזדמנויות למצוא ולכבות את הנר. הרובוט יכול לפעול באופנים שונים במהלך כל ניסיון. הסכום של ניקוד שני ניסיונותיו הטובים ביותר מתוך שלושה ניסיונות ישמש לקביעת המנצח.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישרין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר