



**FIRST® 2010**  
FIRST Robotics Competition



**TEAM 3089**

שמות חברי הקבוצה: אלי מוצ'ניק ובן גולדשמידט.

שמות המנחים: ברוך בקלו וד"ר ירון דופלט.



שנה"ל תש"ע

(ספטמבר – יוני 2009/10)

הריאלי העברי בית בירם בחיפה



# תודות

ברצוננו להודות לכמה גורמים שעזרו לנו בעבודתינו ובקידום הפרוייקט הקבוצתי.

ראשית כל, תודה גדולה למנטורים, שעזרו, השקיעו רבות מזמנם וממשאביהם, ליוו ותמכו בנו בכל שלב בתהליך הפרוייקט.

לברוך בקלו, שתרם את כל זמנו לעזרה בפרוייקט, תכנון ובניית הרובוט, ייצור החלקים, שיפור תנאי העבודה של חברי הקבוצה (מהבאת אוכל עד להסעות למפעלים וקבוצות אחרות בכל עת) ועזרתו הגדולה בעבודת הגמר.

לאסף שולמן, מורינו במגמת פיזיקה בבית הספר שתרם מידעו ומניסיונו בפרוייקט ועזר לנו ימים ולילות בתכנון מערכות הרובוט ובנייתו.

לד"ר ירון דופלט, שתרם מקשריו ומניסיונו העתיר. תודה על העזרה הרבה בתכנון, הבאת חלקים חלופיים והרצון הטוב.

כמו כן, תודה לחברת סובארו, שתרמה תקציב נכבד לקבוצתינו ולפרוייקט ואפשר לנו עבודה ברמה גבוהה.

תודה גם לבית הספר הריאלי העברי בית בירם בחיפה, שסיפק לנו מקום עבודה מסודר ועזר לנו בשלבי הפרוייקט.

תודה רבה לשאר הספונסורים (דומינוס, אורנים, ליאונרדו מבית "פתאל" ורן מחשבים) שסיפקו לנו אוכל, חלקי מחשבים ואמצעים נוספים.

תודה גדולה לראשי הצוותים ולחברי הקבוצה, שעבדו עימנו יום ולילה על מנת לסיים את הפרוייקט ולבנות רובוט טוב ככל שניתן. יונתן מנדלסון על העבודה בתחום המכניקה, שחר דרור על העבודה בתחום אסרטיגיה, ים פלג על העבודה בתחום התכנות, לחן זומר על בניית אתר הקבוצה ולמור בר ראש הקבוצה על כל העבודות האדמיניסטרטיביות. תודה לכל אחד ואחד מכם על שישה שבועות מהנים ומלמדים, נהננו לעבוד איתכם ולקדם ביחד את הקבוצה ואת הפרוייקט.

# תוכן עניינים

2 - - - - - תודות

## פרק א' – נושא ורקע

5 - - - - - הגדרת הבעיה

8 - - - - - מהו רובוט ה - FIRST FRC ?

## פרק ב' – גוף ותוכן

10 - - - - - חוקי תחרות ה - FRC 2010 – BreakAway

14 - - - - - חוקי משחק ה - BreakAway

23 - - - - - תכנון אסטרטגי

## תכנון, תכנות ובניית הרובוט – מערכות מכאניות, אלקטרוניות ותוכנה

30 - - - - - מבנה שלדת הרובוט ומערכת ההנעה

44 - - - - - מנגנון מעיטה (הנעת כדור)

67 - - - - - מנגנון החזקת כדור (Possession)

71 - - - - - מנגנון המצלמה

73 - - - - - שיקולים נוספים

76 - - - - - שלבי הבנייה

77 - - - - - ציד היקפי

90 - - - - - תכנות מערכות הרובוט

118 - - - - - לקראת התחרות - Scouting

## פרק ג' – סיכום

123 - - - - - הערכת פיתרון ומסקנות לאחר התחרות

126 - - - - - סיכום מקצועי

128 - - - - - סיכום אישי

131 - - - - - בבליוגרפיה

פרק א'

---

נושא ורקע

## הגדרת הבעיה

משימת ארגון "First" לשנת 2010 היא משחק "Breakaway" – משחק כדורגל בין 2 קבוצות של 3 רובוטים כל אחת, מטרתו לדמות משחק כדורגל בין שתי הקבוצות.

להחלטה על הקונספט הסופי, התכנון, הבנייה, פתרון כל הבעיות המתעוררות בדרך – מכניות / אלקטרוניקה, האימונים ושאר שלבי העבודה ניתנים 6 שבועות שבסופם הרובוט צריך להיות גמור ומוכן להגשה.

מכיוון שבמשחק זה כמו במשחק הכדורגל, הסיכוי להפגע מכדור שנע במהירות גבוהה הוא גדול ובגלל קיומם של הבאמפים והצורך לעבור אותם ולספוג נחיתה לרוב אגרסיבית, המערכות המכניות והאלקטרוניות במיוחד חייבות להיות מוגנות בהתאם.

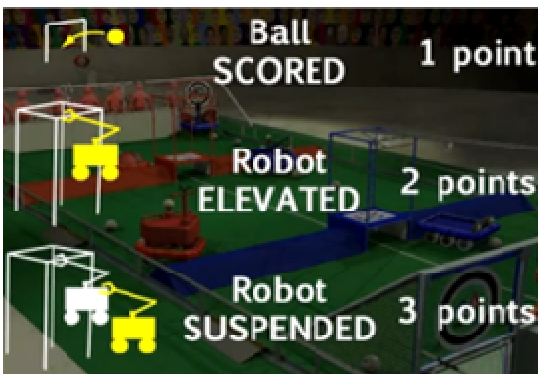
כל קבוצה של 3 רובוטים שנקראת Alliance (=ברית) מקבלת צבע שונה (כחול או אדום), כאשר חברי הברית משתפים פעולה כדי לצבור כמה שיותר נקודות ולנצח במשחק.

### צורת הזירה ומכשוליה

- מטרת כל אחת מן הבריתות היא לנוע במגרש שעליו מוצבים 2 באמפרים בגובה 13.5 אינץ', להתגבר עליהם בלי להתהפך ולהכניס כמה שיותר שערים לשער המוצב בשתי פינות הזירה.
- חברי הברית משתפים פעולה כדי להשיג יותר נקודות מחברי הקבוצה השנייה, בין אם בהכנסת יותר שערים ובין אם בהגנה על השער אליו מכניסה הברית היריבה או חסימת הרובוטים שלה.

### שיטת הניקוד - ישנן שתי אפשרויות לצבירת נקודות:

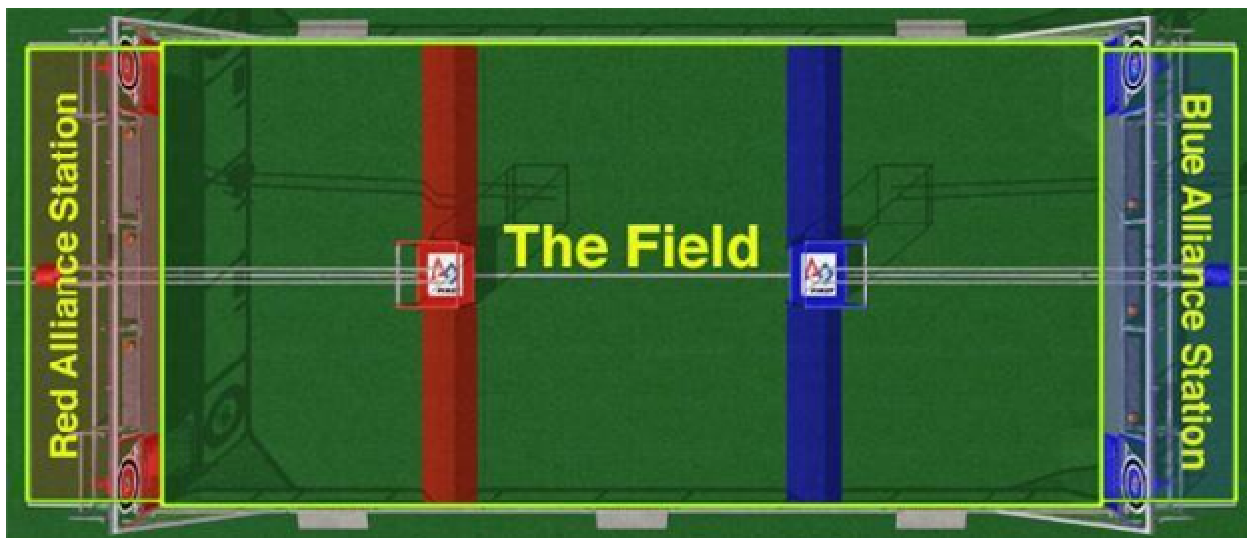
- נקודה אחת להכנסת כדור לשער המוצב בשתי קצוות הזירה, בצד של הא.
- אפשרות לצבור 2 או 3 נק' בשלב הבנוס (20 שניות אחרונות במשחק). 2 נק' ע"י תליית הרובוט על אחד המגדלים בזירה המוצבים ליד הבמפרים ו-3 נקודות ע"י תלייה על רובוט אחר התלוי על אותו המגדל.



## צורת המשחק – כל משחק שאורכו 2:15 דקות מחולק ל-3 חלקים:

1. 15 שניות ראשונות אוטונומיות לחלוטין כאשר הרובוט פועל לפי תוכנה בלבד שנכתבה ע"י הקבוצה.
2. 1:40 דקות שהם הזמן העיקרי של המשחק בהם המטרה היא להכניס כמה שיותר כדורי לשער, לחסום את הברית היריבה ולצבור כמה שיותר נקודות.
3. בנוס – 20 שניות אחרונות המשמשות לאפרות לצבור 2 או 3 נקודות (ראה "שיטת הניקוד" ה"ל).

מבנה התחרות בארץ ובעולם בנוי משני חלקים, בחלק הראשון ישנה ליגה שבה כל רובוט מתחרה ב-8 משחקים יחד עם רובוטים נוספים שנבחרו בבחירה אקראית, בסופה של הליגה מתבהרות היכולות ותוצאות המשחק של כל ברית וכל רובוט בפרט בטבלה אשר מראה את מאזן הניצחונות וההפסדים שלו, כאשר כל הרובוטים מדורגים לפי האיכויות ויחס הניצחונות עם ההפסדים במשחקים. החלק השני בתחרות מתחיל כאשר נגמרת הליגה, שמונת הרובוטים המדורגים במקומות הגבוהים ביותר נקראים "קפטנים" ורשאים לבחור, כל אחד, שני רובוטים לבריתות אשר ישחקו יחדיו בשלבי ההכרעה (רבע גמר, חצי גמר וגמר). אם קבוצה מסוימת בוחרת קבוצה המדורגת בשמינייה הגבוהה (יכולים לעשות זאת רק אם הקבוצה השנייה נמוכה ממנה בדרוג ובתנאי שעוד לא בחרו קבוצה שתשחק איתם) הקבוצה שהייתה מדורגת במקום ה-9 עולה אוטומטית בדרוג למקום ה-8 וברשותם לבנות ברית משלהם. לאחר הבחירות מתחילים משחקי ההכרעה. משחקי ההכרעה בנויים במבנה של רבע גמר, חצי גמר וגמר. בכל שלב מתמודדת כל ברית בסדרת משחקים של "הטוב מ-3". ברית שמפסידה בסדרה יוצאת והמצחת עולה לשלב הבא. הברית המצחת בגמר (הזוכה בתחרות) זוכה לעלות לאליפות העולם שנערכת באטלנטה, ארצות הברית.



הזירה ממבט על



התנהלות המשחק

## מהו רובוט ה - FIRST FRC?

רובוט ה FIRST FRC הוא מכונה המונעת מרחוק ע"י ג'ויסטיקים אשר תוכננה, נבנתה ותוכנתה על

ידי צוות תלמידים, בסיוע מנטורים ומורים מבית הספר. הקבוצה שלנו כללה 18 תלמידים, מורה אחד ושני מנחים. הרובוט מונע חשמלית על ידי סוללה מובנת של 12V. הרובוט משתמש במגוון רק של מערכות אלקטרוניות ומכניות. מערכות אלו כוללות חיישנים ומשלטות על ידי נהג המשתמש בערכת ג'ויסטיקים המשדרים לרובוט ברשת אלחוטית, או בצורה אוטונומית (ללא שליטת אדם) המתוכנתת מראש בתהליך הבנייה.

תהליך בניית הרובוט כולל מספר שלבים:

- ✓ חשיבה תכנונית- שבה ערכנו ישיבות קבוצתיות לעיתים תכופות, וניסינו פיתרונות לביצוע המשימה (כולל בניית דגמים מלגו, עץ וחומרים שהיו ברשותנו משנים קודמות על מנת לבדוק את תפקוד הרעיון).
- ✓ בחירת מוצר סופי- בכל ישיבה הוחלט על ה"צעד" הבא ולבסוף הגענו לשני פתרונות סופיים שנוסו ובסוף הוחלט על הרעיון הטוב מביניהם.
- ✓ חישובים- בשלב זה בדקנו כיצד יש ליצר את החלקים על מנת שהרובוט יפעל ללא תקלות.
- ✓ סרטטים- בשלב זה (שהתבצע במקביל לשאר העבודה) סרטטנו את החלקים שרצינו לייצר במפעלי הספונסרים ובנוסף סרטטנו את כל הרובוט על מנת להשתתף בתחרות סרטטים מטעם FIRST.
- ✓ ייצור חלקים- בשלב זה שלחנו סרטטים ותלמידים למפעלי הספונסרים כדי שיהיו פעילים בהליך ייצור החלקים.
- ✓ בניה- חיבור כל החלקים על מנת ליצור את הרובוט עצמו.



פרק ב'

---

גוף ותוכן

בזמן המשחק משחקות שתי בריתות – אדומה וכחולה, שכל אחת מורכבת משלוש קבוצות (רובוטים), המתחרות בכל סיבוב במהלך המשחק. מטרת המשחק היא לצבור כמה שיותר נקודות על-די הבקעת שערים או תלייה על המגדל, תוך כדי מהלך משחק מהירה מאוד בשל הזמן הקצר לכל משחק, התגברות על מכשולי הזירה, על הרובוטים היריבים ושמירה על חוקי המשחק הרבים.

### 1. מהלך המשחק:

המשחק מתחיל ב-15 שניות של מצב אוטונומי בו הרובוטים פועלים על פי פקודות שתוכנתו מראש. לאחר מכן מגיע שלב השליטה הידנית במהלך הנהגים שולטים ברובוט ל-2 דקות, כאשר 20 השניות האחרונות זהו שלב הבונוס-סה"כ 2 דקות ו-15 שניות של משחק.

### 2. מילון מונחים והגדרות:

- Alliance (=ברית) – שלוש קבוצות שמשחקות יחד במהלך סיבוב משחק, כנגד ברית יריבה.
- Possession (=החזקה) – שליטה על מיקום ותנועת כדור. כדור ייחשב בהחזקה, אם הכדור נשאר בערך באותה תנוחה יחסית לרובוט.
- Elevated (=מוגבה) - רובוט שלחלוטין מוגבה מעל הפלטפורמה, ייחשב מוגבה.
- Penalty (=עונשין) – הפחתה של נקודה מניקוד הברית בשל הפרה של אחד או יותר מחוקי המשחק. בנוסף, העונש עלול להיות כרטיס צהוב אשר מזהיר וכרטיס אדום אשר מרחיק את השתתפות הקבוצה במשחק זה.
- Suspended (=תלוי) – רובוט יחשב כך במקרה בו הוא בא במגע עם רובוט שכבר נתלה על המגדל והוא בעצמו מורם מעל הזירה.
- Scored (=גול) – כדור מובקע אם הוא עובר את השער.

- Team (=קבוצה) – ארבעה נציגים מכל קבוצת FRC המפעילים את הרובוט בזמן המשחק. הקבוצה מורכבת ממאמן (עומד מאחורי עמדת הנהגים ומנהל את אסטרטגיית המשחק בזמן אמת, נהג ועוזר נהג (שני חברי הקבוצה אשר רק להם יש את הרשות לגעת בעמדת הנהגים ולהפעיל את הרובוט) ואחראי בטיחות (מפקח על ההתנהלות הבטיחותית של 3 חבריו לקבוצה).

### הקבוצה כוללת:

- Captain (=קפטן/מנהל קבוצה) – נער או מנטור אשר מייעץ במהלך המשחק.
- Drivers (=נהגים) – שני חברי קבוצה הנוהגים ברובוט. רק להם מותר לגעת באמצעי השליטה.
- Human Player (=שחקן אנושי) – חבר קבוצה שתפקידו להחזיר את הכדורים למגרש בעזרת ה-Trident.

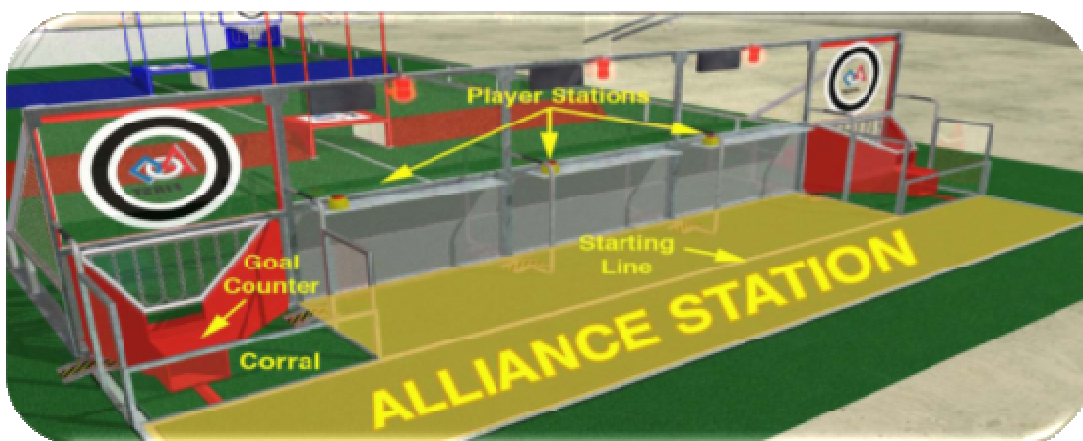
### חלקי הזירה:

- Field (=הזירה) – מגרש העשוי מחומר סנטטי שגודלו 16.5X8.2 מטר המחולק ל-3 איזורים (ברית כחולה, ברית אדומה ושטח אמצעי – Midfield). בפנינתיו של איזור הברית הכחולה יש 2 שערים וכך גם באיזור הברית האדומה.
- Zone (=איזור) – כל אחד מ-3 האיזורים השווים הגודלים בזירה המחולקים בבאמפרים לרוחבו של המגרש ובמגדל שמתחתיו מנהרה הממוקמים באמצע של באמפר.
- Bump (=באמפר) – מגבה בצורת טרפז תלת מידי שגובהו 13.5 אינץ' וזוויות הבסיס 45 מעלות. קיימים 2 כאלה לרוחב המגרש ומחלקים אותו ל-3 חלקים שווים. מטרתו להקשות את המעבר של הרובוטים מאיזור לאיזור.
- Tunnel (=מנהרה) – מנהרה בגובה 45.7 ס"מ ו-91.4 ס"מ רוחב, הממוקמת במרכז כל באמפר ומשמשת כמעבר נוסף לרובוטים בין האיזורים.

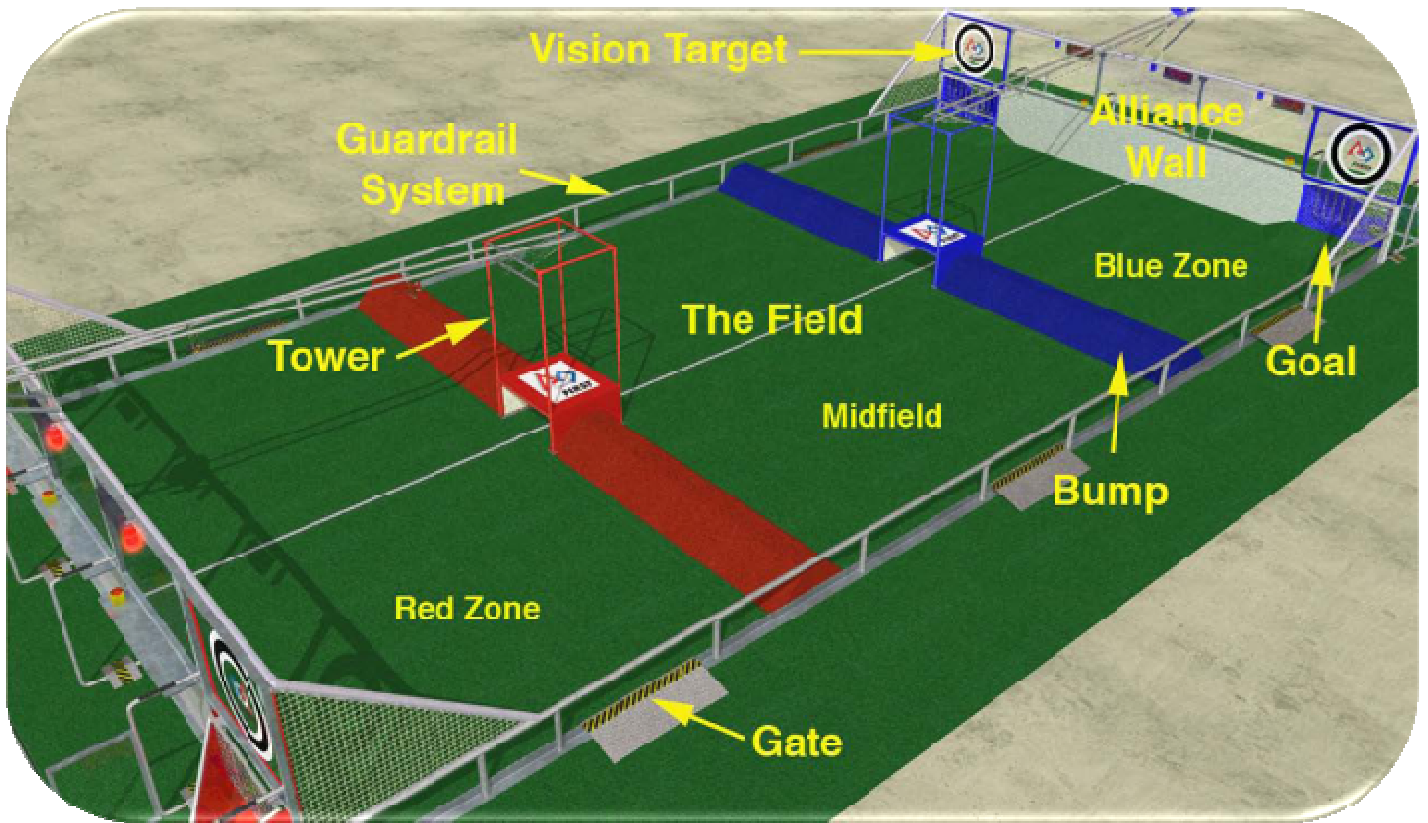
- Tower (= מגדל) – מגדל שמימדיו 0.812X1.015 מטר, גובהו 2.133 מטר והוא בנוי על כל מנהרה ומשמש לשב הבונוס כמתקן עליו יכול הרובוט להתלות.
- Goal (= שער) – השער שממוקם ב-4 פינות הזירה, 2 אדומים ו-2 כחולים ומטרת המשחק היא להכניס כדורים אליהם עדורים ע"י הרובוטים.
- Vision Target (= מטרה) – המטרה שצורת עיגול שממוקמת מעל כל שער – הרובוט מסוגל להיות את מטרה זו ע"י מצלמה המותקנת עליו ולכוון את עצמו אליה (ולעבר השער).

### כלי משחק:

- Ball (= כדור) – כדור כדורגל סטנדרטי בגודל 5" שאיתו מתנהל המשחק.
- Trident (= קילשון) – כלי של השחקנים האנושיים שבעזרתו מניחים את הכדור על המסילה שמובילה אותו אל החלק האמצעי של המגרש.
- Rail (= מסילה) – ממוקמת בתחילתה מעל כל עמדת נהגים ומובילה אל האיזור האמצעי של הזירה. משמשת למעבר כדורים מעמדת הנהגים אל החלק המרכזי של הזירה באמצעות השחקן האנושי זעושה זאת עם ה-Trident.

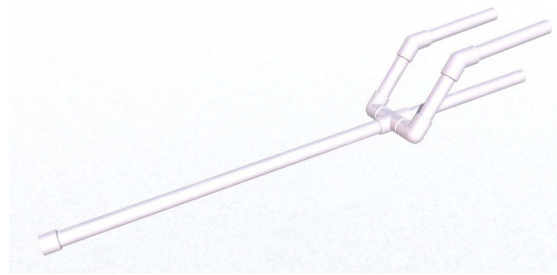


איזור הברית ועמדת נהגים



Vision Target

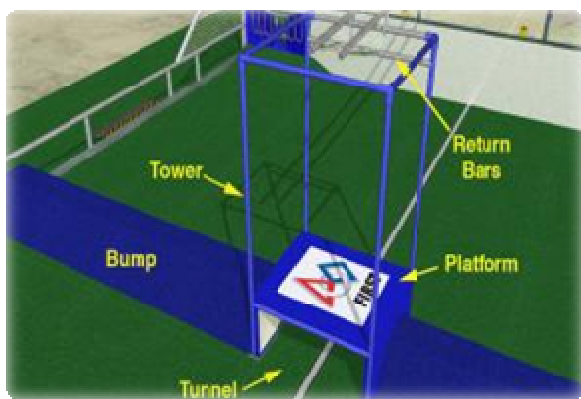
הזירה וחלקיה



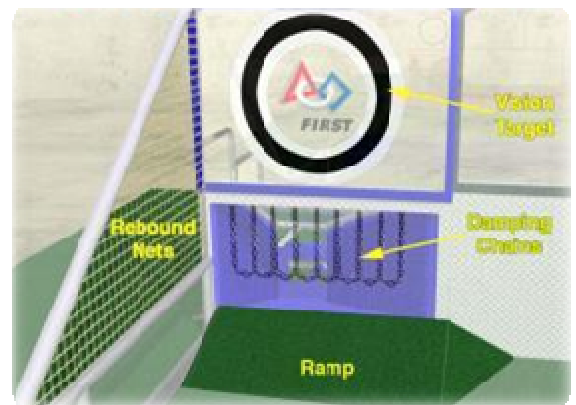
Trident



Ball



המגדל והבאמפר



איזור השער

## חוקי משחק ה-

### בטיחות:

עיצוב, בניה והתנהלות בטוחה – אם בכל שלב שהוא התנהלותו של הרובוט או עיצובו נראים לא בטוחים, הוא ינוטרל לאותו המשחק. אם ההפרה נגרמה בשל עיצוב הרובוט או הצורה שבה הוא בנוי, ראש השופטים יכול להחליט שלא לאפשר לרובוט להמשיך ולשחק עד שהבעיה תשונה.

בטיחות חברי קבוצה – בזמן משחק, אסור לאף אחד מחברי הקבוצה להכניס אף חלק מגופו לזירה או לגעת ברובוט בתוכה או מחוצה לה.

עצירת בטיחות-E-Stop (כפתור עצירת חירום) – נמצא בעמדת הנהג של כל קבוצה. הפעלת הכפתור תנטרל את הרובוט עד סוף הסיבוב. מטרתו היא לכבות את הרובוט במקרה של סכנות בטיחות ולכל אחד מחברי הקבוצה או מחבר השופטים מותר ללחוץ על כפתור זה ולנטרל את הרובוט.

רישיון רובוט – הרובוט צריך לעמוד בחוקים שהוצבו בפתיחה. כל רובוט אשר יעבור על החוקים יפסל ויצא מהמשחק. לפני שמתחילים משחקי ה-FRC מפקח הבטיחות עובר כל רובוט ובודק האם בנייתו עומדת בתקנים, האם אין עליו אף מערכת שנאסרה לשימוש בחוקי התחרות ושאר הפרות וסכנות בטיחותיות. לאחר שהמפקח החליט כי הרובוט כשיר להשתתפות במשחקים, הוא מקבל את הרישיון (מדבקה שמעידה כי הוא נבדק ואושר).

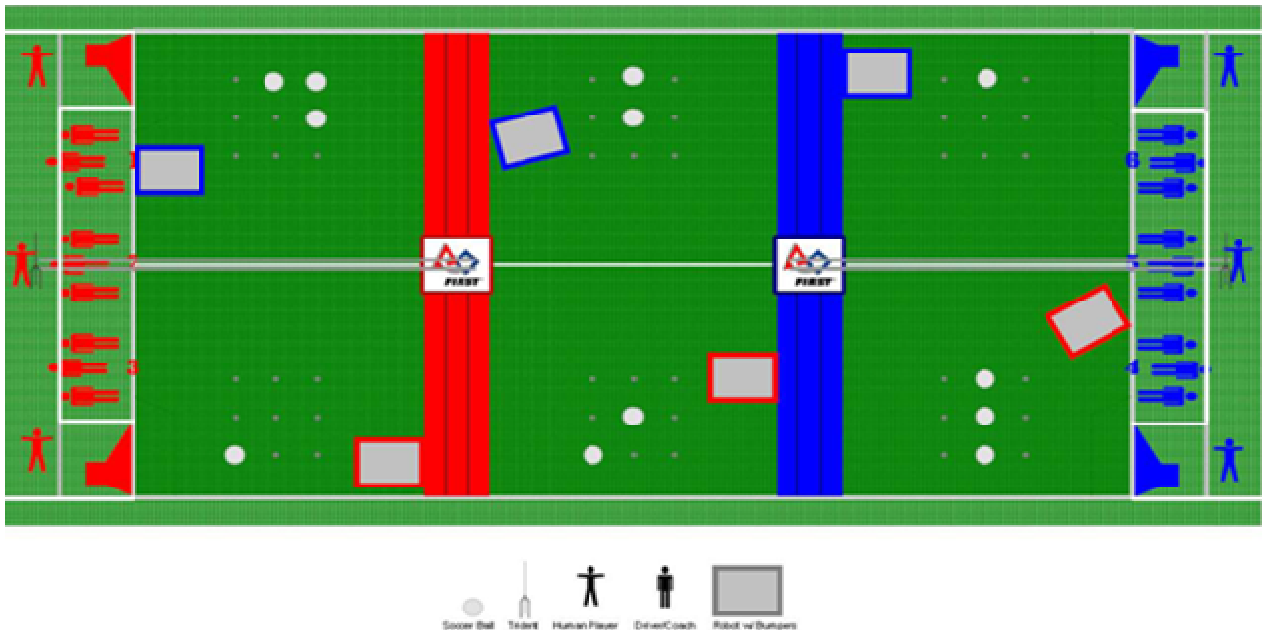
### מהלך המשחק:

#### התחלת המשחק:

מיקום שחקני הקבוצה – כל שחקני הקבוצה חייבים להתחיל מעבר לקו ההתחלה (בצד הרחוק מעמדת הנהגים) כל עוד השלב האוטונומי של המשחק נמשך.

מיקום התחלתי של רובוט – כל ברית חייבת לחלק את הרובוטים שלה בין האזורים, רובוט בכל איזור, כאשר כל רובוט חייב לגעת בקצה האזור שלו. הרובוטים צריכים להיות בחלק הימני של המגרש כאשר מסתכלים מעמדת הנהג של הברית. רובוט באזור הרחוק מהשער (של הברית היריבה) צריך לגעת עם גלגליו האחוריים בתחנת הברית היריבה, רובוט באמצע צריך לגעת במפר של האזור היריב והרובוט באזור הקרוב לשער (של הברית שלו) צריך לגעת בבאמפר של האזור שלו.

**מיקום התחלתי של הכדורים** – בכל אזור של רובוט (ישנם 6 כאלה, 3 לכל ברית) ישנם 9 נקודות במרחק שווה אחת מן השנייה (של 0.91 מטר) כשעל כל אחת מהן ורק עליהם יכול להיות מונח כדור. כל קבוצה בוחרת על אילו נקודות להניח את הכדורים שמול הרובוט שלה. באזור הרחוק מניחים 3 כדורים, באזור האמצעי 2 כדורים ובאזור הקרוב כדור אחד.



### *סידור הרובוטים והכדורים ותמונת המשחק לפני תחילת כל משחק*

**גודל התחלתי של רובוט** – רובוט לא יחרוג מגבולות הגודל המקסימאלי ומגבולות הגודל שאילו הוא בנוי וקיבל את רישונו לפני תחילת המשחק.

שימוש בחפצי עזר – אסור להיעזר בשום חפץ (פנס / לייזר וכו') בזמן הנחת הרובוט במקום החוקי בזירה.

**השארת חפצים בזירה** – אסור להשאיר לפני תחילת המשחק ואחרי סופו שום כלי / חפץ על המגרש.

### **התנהלות עם כדורים:**

**התנהלות בהחזרת כדור** – כל כדור שעבר את השער ויצא אל השחקן האנושי חייב להיות מוחזר לזירה בעזרת מקל ה-Trident. ישנו איסור על לקיחת כדור על ידי השחקן האנושי לפני שעבר כולו את השער.

**החזרת כדורים** – הדרך היחידה להחזיר כדור מהשער למגרש היא על ידי הנחת הכדור בעזרת ה-Trident על המסילה, דבר הגורם לגלגולו ונפילתו באזור באמצעי של הזירה.

**זמן החזרת כדור** – כדור חייב לחזור למגרש תוך 11 שניות מהרגע בו נכנס לשער. אם כבר היה כדור בתוך השער, הכדור החדש מקבל תוספת זמן של 4 שניות (בנוסף ל11 שיש לכל כדור) על כל כדור שנמצא שם ועדיין לא חזר למגרש.

**כדור שיצא מחוץ לגבולות הזירה** – כדור שיצא מגבולות הזירה בטעות מוחזר לאזור האמצעי של הזירה (בעזרת אחד מהשופטים). אם הכדור נבעט בכוונה ע"י רובוט ויצא מגבולות הזירה, הברית של אותו הרובוט תיענש.

### **עונשים:**

**גרימת עבירה** – כל עבירה שרובוט מברית מסוימת יגרום לרובוט מברית אחרת לבצע, לא תחשב כעבירה.

**השפעת עבירה** – עבירה שמבוצעת על ידי רובוט מברית מסוימת תעניש את כל הברית, אלא אם הוכרז אחרת על ידי השופט.

### **תפעול הרובוט:**

#### **מחוץ למגרש:**

**יציאה מתחומי המגרש בשלב השליטה הידנית** – רובוט שנוגע בכל משטח מחוץ לגבולות המגרש, במהלך שלב השליטה הידנית, ינוטרל מיידית, ולא יקבל עונש.

**יציאה מהמגרש בשלב האוטונומי** – אם רובוט ייצא מחוץ למגרש בזמן השלב האוטונומי, הוא יקבל 10 שניות על מנת לחזור לגבולות המגרש לפני שינוטרל, אך אם ניסיונות החזרה שלו ייראו לא בטוחים, יתכן שינוטרל.

**חציית עמדת הברית** – חל איסור על רובוטים לחצות את חומת המגרש לכיוון עמדת הברית מכל סיבה שהיא. הפרה זו תגרור עונש ויתכן שהרובוט ינוטרל.

### **עונשים על פעולות רובוט:**

#### **השלב האוטונומי:**

- אין לחצות את קו האמצע (המחלק את הזירה לאורכה) בזמן השלב האוטונומי. רובוט אשר יעשה זאת יגרום להפחתת 2 נקודות לברית שלו וכרטיס צהוב במקרים מסויימים.
- כל הרובוטים של כל ברית חייבים לעמוד לפני קו ההתחלה כאשר השחקנים האנושיים צריכים לגשת אל האיזור שסמוך לשער אליו מגיעים הכדורים המובקעים. הנהגים לא יכולים להחזיק במשהו ששולט על הרובוט והוא חייב לפעול בעצמו בשלב האוטונומי. עבירה על אחד משני החוקים הללו תזכה את הברית בהפחתת נקודה.



### השלב הידני:

- בשלב ה-Tele Operated (הידני) הנהגים, המדריכים והשחקנים האנושיים יכולים לזח לאן שהם רוצים בגבולות תחנת הברית. אסור לדרוך מחוץ לאזור זה אלא אם כן זה נעשה למען בטיחותו של חבר הקבוצה. העונש על תזוזה לא חוקית הוא הפחתת נקודה.
- היחידים שמותר להם לשלוט ברובוט בשלב השליטה הידנית הם הנהגים. שמקרה אחר, תקבל הקבוצה כרטיס אדום והרובוט שלה ינוטרל.

### שלב הבונוס:

- רובוט אשר נתלה על ה-Elevated Tower) או על רובוט אחר שנתלה על ה-Tower (Suspended) בזמן של הבונוס, מוגן מכל פגיעה של רובוט אחר מהברית השנייה. פגיעה לא מכוונת תזכה בהפחתת נקודה את הרובוט מהברית השנייה אשר פגע ופגיעה מכוונת תזכה אותו בכרטיס אדום בנוסף לכך.
- רובוט מברית מסוימת לא יכול לגעת ב-Tower של הברית השנייה בזמן שלב הבונוס. פגיעה לא מכוונת תזכה בהפחתת נקודה ופגיעה מכוונת תזכה אותו בכרטיס אדום בנוסף לכך.

### חוקי התחרות:

- לכל קבוצה(לא ברית) מותר לשלוח 4 אנשים לכל היותר ל-ARENA בזמן משחק. אם לברית יהיו יותר ממספר האנשים המותר המשחק ייעצר עד שהאדם הנוסף יעזוב.
- יחס שאינו על פי רוח ה-FIRST של קבוצה לקבוצה(לא של רובוט) יכול לזכות בכרטיס אדום.

### חוקי המשחק:

- אין לשום חלק מהרובוט פרט לבאמפר אסור לצאת מה-Frame Perimeter (שטח פני שלדת הרובוט), חוץ מהחלק אשר פוגש בכדור, לו מותר לצאת מה-Frame Perimeter עד ל-Bump Perimeter למשך 2 שניות. בנוסף, לרובוט אסור לגדול מעבר לגודל המותר והרגיל שלו אלא אם כן הוא במגע עם ה-Tower ובמקרה כזה הוא יכול לגדול למקסימום גודל של ה-Tower בשלב הבונוס. עוד מקרה של גדילה למקסימום גודל של ה-Tower הוא בניסיון להפוך את עצמו או רובוט אחר מהברית שלו ב-10 שניות שינתנו לכך. אם רובוט עובר על אחד מהחוקים הללו, העונש: הפחתת נקודה וכרטיס צהוב.
- אין להניח על הזירה שום חפץ פרט לרובוט. אם הושאר חפץ אחר, העונש: הפחתת נקודה וכרטיס צהוב.

- אסור לשלוט (להשתמש במנגנון ה-Possession) ביותר מעל כדור אחד. על כל כדור נוסף, העונש: הפחתת נקודה.
- אין לבעוט כדורים בכוונה אל מחוץ לגבולות הזירה. העונש: הפחתת נקודה וכרטיס צהוב.
- אין להניע את הרובוט מעבר לחומת תחנת הברית אחרת. העונש: יזוכה בעונש של נקודה וינוטרל במקום.
- אין על הרובוט להאחז או להתלות על אף אחד מחלקי הזירה (מלבד ה-Tower בשלב הבונוס). העונש: באזהרה זהובה ובמקרים מסויימים הרובוט ינוטרל.
- רובוט אשר הפך ללא בטוח בזמן משחק (מוציא עשן / הפיל בטרייה או כל חלק מכאני/אלקטרוני וכו') ייאלץ להיכבות (דרך כפתור ה- E-Stop) ולאחר מכן לא יוכל להמשיך לשחק.
- רק לרובוט אחד מכל ברית מותר להיות בשטח של הברית השנייה. במידה ונמצאים שם יותר מרובוט אחד, העונש: הפחתת נקודה וכרטיס אדום אם לא ייצא משם מיידית.
- אין על הרובוט לגעת במחזיר הכדורים גם אם הנגיעה לא מכוונת. העונש: הפחתת נקודה. במידה והנגיעה מכוונת, העונש: בכרטיס אדום.
- במהלך 10 השניות שניתנות לרובוט להפוך את עצמו או רובוט אחר מהברית שלו אין על שום רובוט לפגוע בו. במידה והפגיעה לא מכוונת, העונש: בהפחתת נקודה. במידה והפגיעה מכוונת, העונש: בכרטיס אדום. גם לרובוט ההופך ב-10 השניות האלה אסור לגעת בכדור או ברובוט אחר, העונש: הפחתת נקודה.
- אין להתנגש ברובוט אחר באופן שאינו לפי רוח FIRST (אינו ספורטיבי). העונש: כרטיס צהוב. בנוסף, פגיעות חזקות שאינן ב-Bumper Zone של הרובוט, העונש: כרטיס אדום והפחתת נקודה.
- אין למנוע מרובוט לזוז ליותר מ-5 שניות. חייבים לתת לרובוט מרווח של 6 רגל לפחות מכיוון כלשהו. אם רובוט נחסם, אין לחסום אותו שוב במשך 3 שניות. על כל עבירה על אחד מהחוקים הללו, העונש: הפחתת נקודה.
- אין על הרובוט להשאיר אחריו חלקים בזירה בכוונה. על כל מקרה כזה, העונש: הפחתת נקודה. אם המקרה בוצע בכוונה, העונש: כרטיס אדום.
- על כל נפילה של כיסויי הבאמפרים, העונש: הפחתת נקודה.
- אסור לרובוט להרים כדור. על כל כדור מורם, העונש: הפחתת 2 נקודות.
- אין לשלוט על הכדור בעזרת אף מערכת שממוקמת מעל ה-Bumper Zone. העונש: הפחתת נקודה.
- לכדור אסור להיכנס יותר מ-3" לתוך Bumper Zonen. העונש: הפחתת נקודה. במקרה והכדור לא יצא מיידית, העונש: כרטיס צהוב.

- אין על אף רובוט / חבר קבוצה לגעת בכדור כאשר הוא על מקל ה-Trident. על כל כדור עליו תתבצע נגיעה, העונש: הפחתת שתי נקודות.

## חוקים נוספים:

- אין על אף חבר קבוצה לגעת ברובוט במהלך המשחק. העונש: הפחתת נקודה וניטרול מידי של הרובוט.
- אין על אף חבר קבוצה להכניס חלק מגופו / חפץ לאזור הזירה בזמן משחק. העונש: הפחתת נקודה.
- רובוט שיש חשד שהוא אינו בטוח (לדוגמא, חוסר באפשרות הניטרול המידי מעמדת הנהג) אינו מורשה להמשיך במשחק. העונש: ניטרול מידי של הרובוט והפחתת נקודה.
- רובוט שבמהלך המשחק לא יעומד בכל דרישות התקן (מבחינת גודל, חלקים וכו') יגרום להפחתת נקודה ובמקרים מסויימים גם בכרטיס צהוב.
- אין לגעת בכדור שנכנס לשער עד שאינו יצא מהאיזור השער במלואו והגיע ללמקום חוקי בו על השחקן האנושי לקחת אותו. העונש: הפחתת נקודה.
- אין להחזיר כדור לזירה שלא בעזרת ה-Trident ודרך המסילה. העונש: הפחתת שתי נקודות וכרטיס צהוב.
- כדור אשר לא ייכנס בזמן לזירה יגרום לקבוצה שהכדור נכנס לשערה בעונש של הפחתת נקודה. כל 2 שניות נוספות של עיכוב בהכנסת הכדור, העונש: הפחתת נקודה.
- אין על הרובוט לפגוע בכל חפץ זירה או כדור במטרת להרוס אותו. העונש: מהפחתת נקודה עד לכרטיס אדום בהתאם לנזק.

## שיחה עם השופטים:

כל דיון לגבי חוקים, ניקוד, עונשין וכו' יתבצע אך ורק בין תלמיד לבין ראש השופטים. בעת קבלת החלטה, ראש השופטים רשאי לבקש מידע ממקורות שונים. עם זאת, רק ראש השופטים עצמו יבצע את ההחלטה הסופית.

## מבנה הרובוט:

### מגבלות גודל:

למבנה הרובוט יש חוקים ומגבלות מסוימות שאותם אסור לעבור בשום אופן. במידה ורובוט יבנה לא לפי החוקים הוא יפסל (לא יעבור Inspection) ולא יוכל להשתתף בתחרות. מגבלות הגודל והמשקל אינן כוללות את הבאמפרים ואת הסוללות. מגבלת גודל הרובוט בכל שלב משחק מלבד שלב הבונוס:

גובה- עד 152.4 ס"מ.

רוחב- עד 71.12 ס"מ.

אורך- עד 96.52 ס"מ.

משקל- עד 54.43 ק"ג.

במשחק ה-Breakaway לרובוט יש גם אפשרות לצאת מהמידות הנ"ל במהלך המשחק בשלב

הבונוס. המגבלות המקסימאליות של הרובוט:

גובה- עד 243.8 ס"מ.

רוחב- עד 71.12 ס"מ.

אורך- עד 96.52 ס"מ.

משקל- עד 54.43 ק"ג.

### **קצוות חדים:**

לרובוט אסור שבכל חלק חיצוני שמתקן עליו יחשפו קצוות חדים בכדי למנוע פציעות / פגיעות לא נחוצות. כמו כן, אין על מנגנון ההנעה לפגוע בשטיח של הזירה, כך שאסור שיחשפו חלקים חדים מתחת לרובוט גם כן.

### **מספר הקבוצה והספונסרים העיקריים:**

כל רובוט מחויב לשים בכל צד של הרובוט באמצעות ציור על הבאמפר את מספר הקבוצה. על הרובוט צריכים להיות ממוקמים הלוגואים של הספונסרים של אותה קבוצה. בכל 4 הפינות של הרובוט מספר הקבוצה חייב להיות בגובה של לפחות 4" והעובי של האותיות לפחות 4"3". מספרי הקבוצה חייבים להיראות בצורה מדוייקת למרחק של לפחות 30.5 מטר והצבע חייב להיות בולט יחסית לרקע עליו נמצא המספר. חוק זה עוזר לשופטים ולפרשן המשחק לדעת איזה רובוט הוא של איזה קבוצה.

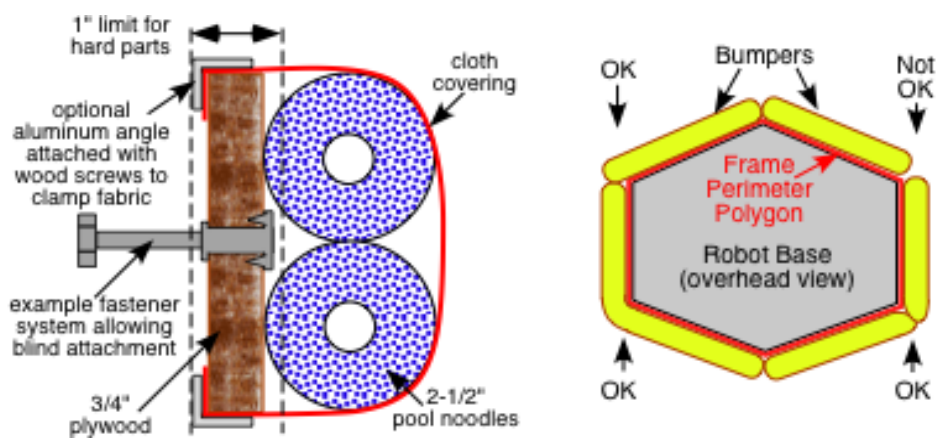
### **נורית החיווי:**

מנורה זעירה המבהבת בצבע כתום שממוקמת על הרובוט ומודיעה על מצבו. כאשר היא מהבהבת – הרובוט דלוק, כאשר כבויה – הרובוט מנוטרל. הנורית חייבת להיות במקום בולט ונראה לכולם על הרובוט.

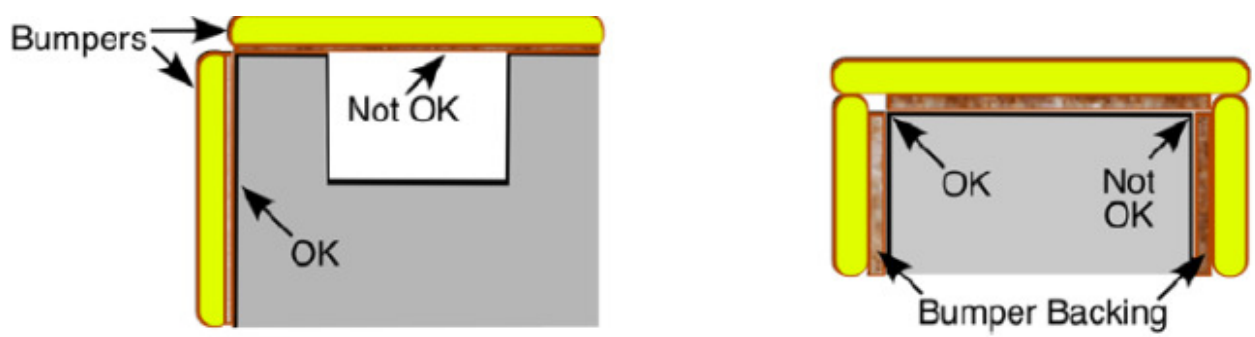
### **באמפרים:**

באמפרים מורכבים מ-2 גלילי ספוג המחוברים ללוח עץ ועטופים בבד בצבע כחול או אדום (תלוי בצבע של הברית בה משחקים באותו המשחק).  
הבאמפרים היו צריכים לכסות 100% מהרובוט כך ששום חלק מהרובוט לא יבלוט מחוץ אליהם.

חייבת להיות אפשרות לפרק ולהרכיב אותם על הרובוט לצורך שקילה ובדיקות אחרות ומשקל הבאמפר לא יכול לעבור 6.8 ק"ג. עובי העץ של הבאמפר צריך להיות 1.8 ס"מ והעץ חייב להיות מחובר למוטות אלומיניום שיחזיקו את הבד מתוח על הספוגים. אין להשאיר קצוות חשופים, אך היכן שבאמפר נמצא על מקום שהוא אינו חלק מהשלדה (לדוגמא על קצה של באמפר אחר או על מקום ריק) הוא צריך להיות ללא לוח עץ מאחור באותו מקום.



מבנה תקני של הבאמפרים



**מערכות אלקטרוניות וחשמליות:**

ניתן להשתמש ברכיבים כמו Jaguar או Victor (בקרי מנועי) בלבד כדי לבקר על מהירות המנועים ועל כיוון סיבובם. ניתן להשתמש ב-Spikes לבקר על מנועים - הפעלה או כיבוי וקביעת כוון. בכדי למדוד את מצבי המערכת ניתן להשתמש בפוטנציומטרים או אינקודרים ולחברם לבקר הרובוט.

אסור בשום מקרה להשתמש בשלדת הרובוט בתור מוליך חשמל.

לכל מתח יש צבע אחר של חוט כדי להבדיל. למתח חיובי של 12V ו-5V צריך להשתמש בחוטים אדומים, חומים ולבנים. למתח שלילי יש להשתמש בחוטים כחולים ושחורים.

לכל עובי חוט שעובר בו מתח מסוים יש להשתמש בהתקן הגנה של אמפר מסוים:

AWG12 או רחב יותר, התקן של 40 אמפר.

AWG14 או רחב יותר, התקן של 30 אמפר.

AWG18 או רחב יותר, התקן של 20 אמפר.

AWG24 או רחב יותר משמש לחיבור לחישנים כמו מתגים, פוטנציומטר, מד תאוצה וחישנים אחרים.

### **מצבר:**

מקור המתח החוקי היחידי במהלך המשחק זה הבטרייה 12 VDC battery שניתנה בערכה שסופקה ע"י FIRST. הבטרייה יכולה להיטען בין משחקים במטען של 12/6 אמפר. ה- Backup Battery של ה-7.2V יכולה להיות שמישה רק לבקר הנהיגה ולא לשום מטרה אחרת. את בטריית הגיבוי ניתן לטעון על הרובוט או מחוץ לרובוט. אם מחוץ לרובוט, ניתן להשתמש במטען של הבטרייה הניתן בערכה ואם על הרובוט, ניתן לטעון דרך חיבור מיוחד שניתן בערכה שמתחבר לבטריית ה-12V.

### **אמצעי זהירות ובטיחות כללים:**

כל מהלך העבודה על הרובוט והמשחקים מלווים בחובת השימוש במשקפי מגן ובכפפות עבודה בעת הצורך.

אין לעבוד על הרובוט כאשר הוא פועל, רק כאשר הוא מנוטרל.

ערכת עזרה ראשונה צריכה להיות זמינה בכל זמן ובכל מקום שעובדים על הרובוט.

חובה להיות זהירים ואחראיים כשעובדים עם מכשירים מסוכנים שיכולים לגרום לפציעות.

# תכנון אסטרטגי

## תהליך העבודה הקבוצתי

תהליך העבודה וההכנות לפרוייקט החלו בחדש אוקטובר. התבצעה חלוקה של כל חברי הקבוצה לצוותים – מכניקה, תכנות, אלקטרוניקה ואסטרטגיה, כאשר לכל קבוצה יש ראש קבוצה אשר יודע את המשימות שעל הצוות לבצע, ומה עליו לדעת לקראת הפרוייקט. ראשי הקבוצות עברו כבר שנת התנסות בפרוייקט. בתהליך ההכנה (קדם-פרוייקט) כל קבוצה למדה על המערכות, הכלים והמגוונים שיהיו רלוונטיים וידרש השימוש בהם עם תחיל הפרוייקט. צוות מכניקה, בהנחיית ראש הקבוצה עבר הסברים ודוגמאות לשימוש נכון בכל הכלים העומדים לרשות הצוות, טכניקות בנייה, דוגמאות וטיפים מהשנה הקודמת, מבנה ואופן פעולה של מערכות ומגוונים וכו'. צוות תכנות עבר למדה אינטנסיבית של סביבת הפיתוח LabVIEW (שאתה יתבצע תכנות הרובוט), חישנים ומגוונים אלקטרוניים ותכנותם, טכניקות תכנות, פונקציות שימושיות וכו'. צוות אסטרטגיה בנה את לו"ז הקבוצה, הכין מפגשי סנכרון קבוצתיים, הכין מפגשי צפייה במשחקים של שנים קודמות וטיפל בעניינים אדמיניסטרטיביים רבים. לקראת הצגת המשימה לשנת 2010, התבצעה סימולציה עם משימת שנת 2008 כאשר כל צוות עבד על פיתוח רעיונות עבודה למשימה. חשיפת המשימה התרחשה בתחילת ינואר כאשר אחריה – התחיל הפרוייקט.

הפרוייקט התחיל בתכנון זמני עבודה וקביעת לו"ז מסודר מראש, על מנת ליעל את הספק הזמן הקצר שעומד לרשותנו - שישה שבועות. לוח הזמנים מורכב מאינטגרציה של החלטות אסטרטגיות מכל הצוותים למשחק ה-Breakaway ותחילת הסרטוט של הרובוט ומערכתיו הבסיסיות (לאחר בחירות וחישובים שהתבצעו ע"י צוות אסטרטגיה). לאחר התכנון והסרטוט מגיע השלב העיקרי של הבנייה והתכנות עפ"י ההחלטות בכל שלבי התכנון.

תכנון זמני העבודה בקבוצתנו הוא כדלקמן:

	שבוע 1	שבוע 2	שבוע 3	שבוע 4	שבוע 5	שבוע 6
הצבת יעדים						
סיעור מוחות						
בחירת קונספט סופי						
בניית הרובוט						
שיפורים ואימונים						

הצבת יעדים – השלב הראשוני שמתבצע בנוכחות כל חברי הקבוצה, הקובע מה הרובוט הולך להיות / לעשות. בנוסף, בשלב זה צוות אסטרטגיה ביצע תפקיד חשוב מאוד – ניתוח אסטרטגי של המשימה.

סיעור מוחות – לאחר שנקבע מה צריך לעשות, מתחילים בתהליך העלת רעיונות ל"מה עושים" ו"איך עושים" אותו. בתחילת שלב זה נבחרו רעיונות כלליים וקונספטים כלליים למערכות הרובוט. בסוף השבוע השלישי, הורכבה שלדת ניסוי והחל תכנון מערכות כללי, עיצוב והתאמת הקונספטים למערכות אלה.

בחירת קונספט סופי – שלב בחירת הרעיון הטוב והמתאים ביותר לכל מערכת שהתקיים עליה דיון בתהליך סיעור המוחות. המשך תכנון המערכות בהתאמות לקונספטים הסופיים. נמשכה העבודה עם שלדת הניסוי. החלה הכתיבה של התוכנה למערכות שנקבעו בוודאות לרובוט.

בניית הרובוט – לאחר שמתקבלים רעיונות לכל מערכת, מתחיל שלב בנייתם (ייצור החלקים), והתקנתם על הרובוט.

שיפורים ואימונים – סוף תקופת הבניה, שיפורים ותיקוניים מכניים ותכנותיים ברובוט ואימון נהגים לקראת התחרות.



## הצבת יעדים

בשלב הצבת היעדים עבדו לפי טכניקה מוכרת לבחירת רעיון.

1. שלב ה-"מה?" – בחירת הכיוון הכללי לרובוט – אילו פונקציות הרובוט ימלא.
2. שלב ה-"איך?" – הצעת פתרונות כללים למה שהוחלט בשלב ה-"מה?".
3. שלב ה-"איך של האיך?" – תכנון המערכות שתפקידם לבצע בצורה הטוב ביותר את מה שהוחלט בשלב ה-"איך?".

### בחירת הרעיון הכללי – שלב ה-"מה?":

שלב בחירת הרעיון שיבוצע אינו חד משמעי. לכל בעיה יש מספר פתרונות טובים יחסית אך על הקבוצה מוטל לבחור את הפתרון שלדעתה הוא המתאים ביותר. לאחר כמה שיחות, הסברים ודוגמאות בקבוצה, התחלקנו למספר תת-קבוצות בהן היו נציגים של כל הצוותים כאשר ראש תת הקבוצה הוא מצוות אסטרטגיה. מטרתה של תת הקבוצה היא להעלות אופציות לפונקציות שעל הרובוט לבצע, לציין את היתרונות והחסרונות של כל פונקציה ולבסוף לתת לה ציון מ-1 עד 5. יש להתחשב בגורמים הבאים:

- התאמה לדרישות ולמגבלות.
- עלות אפשרית.
- מידת המורכבות.
- יכולת יישום בסיסית.

לאחר ביצוע המשימה, התכנסה כל הקבוצה לשכלול התוצאות ורעיונות של כל הקבוצות, ביצוע שיפורים ובניית הכיוון של הרעיון שאחריו מתחילים לנוע קדימה.

לאחר מכן, שוב מתחלקים לתת קבוצות ומתחילים בדיונים על שלב ה-"איך?".

### הצעת פתרונות ובחירת פתרון – שלב ה-"איך?":

#### שלב א' – העלאת רעיונות:

על כל סעיף שהוחלט בשלב ה-"מה?" – יש להעלות לפחות שלוש דרכים שונות למימוש הפתרון המערכתי שהוחלט. כל הצעה חייבת לכלול את המרכיבים הבאים:

- תיאור פעולות המערכת
- תיאור פעולת המערכת בהדגשת השינויים שהיא מבצעת (שינוי בחומר, תכונות חומר, מיקום חומר, גלגול אנרגיה, עיבוד מדע ועוד).

- תיאור המשאבים הדרושים לפעולת המערכת.
- תיאור המנגנונים שיבצעו את פעולות המערכת
- תיאור המנגנונים בהם ישתמשו כדי להפעיל את הרובוט.
- שימוש בתיאור סכמתי (או מלבני) של המערכת.

שלב ב' - בחירת הרעיון:

שלב בחירת הרעיון שיבוצע אינו חד משמעי. לכל בעיה יש מספר פתרונות טובים יחסית אך על תת הקבוצה מוטל לבחור את הפתרון המתאים ביותר. יש להתחשב בגורמים שצוינו בשלב ה-"מה?".

לאחר חיתוך כל הנתונים ומספר דיונים על כל אחד מהם, מרכיבים את תכנית העבודה - מה יודעים בדיוק ומה הפתרונות שהתקבלו ע"כ הקבוצה. מתוכם יש לבחור את הפתרונות שהולכים ליישם – את המערכות שהכוונה להכניס לרובוט והפונקציות שאותם הוא הולך לבצע.

לאחר קביעת הלו"ז ותהליך הצבת היעדים הצוותי הנ"ל – הורכבה טבלה סופית של קריטריונים שיש לדון עליהם בפורום הקבוצתי. להלן תוצאות הדיונים הסופיות:

קריטריון	Nice To Have	MUST	NOT NEEDED	סיבה והסבר
נסיעה מהירה		✓		הגעה ראשונה, מהירה, זריזה אל הכדור - בגלל מספר רב של כדורים בזירה והזמן הקצר של המשחק.
מכלולים נפרדים הניתנים להחלפה – גישה נוחה לתיקון		✓		נוחות עבודה וגישה זמינה ונוחה לתיקון כשלים מכאניים.
מנגנונים פשוטים		✓		עלות נמוכה, סיכוי נמוך יותר לתקלות.

מנגנון "חכם"		✓		תחכום בבניית המנגנון המוזה יתרון לרובוט.
מנגנונים אמינים וחזקים		✓		מניעת תקלות לאחר משחקים ואימונים רבים.
יכולת "הכנסת גול" מהשליש הקרוב		✓		צבירת נקודות בקלות.
יכולת "הכנסת גול" מהמרכז	✓			צבירת נקודות גבוהה יותר והעלאת היתרון של הרובוט מול קבוצות אחרות.
העברת כדור לשליש אחר		✓		קירוב הכדור לשער והכנתו להבקעה ע"י רובוט אחר בברית.
יכולת "הכנסת גול" משליש רחוק	✓			צבירת נקודות גבוהה יותר והעלאת היתרון של הרובוט (יכולותיו) מול קבוצות אחרות.
יכולת הבקעה לא בדחיפה אלא בבעיטה	✓			אפשרויות רבות יותר ל"הכנסת גול" מספקטרום רחב יותר של איזורים בזירה.
יכולת עלייה וירידה על הבאמפ		✓		התקרבות לאזור השער ומעבר מהיר בין האזורים. תנועה מהירה ברחבי הזירה.
יכולת תלייה		✓		צבירת נקודות בונוס 2) (נק').
יכולת תלייה על רובוט אחר	✓			צבירת נקודות בונוס 3) (נק').
יכולת היפוך עצמי	✓			במקרה של התהפכות ישנה אפשרות להתהפך חזרה ולהמשיך במשחק.
יכולת להפוך רובוטים אחרים			✓	מהווה בזבז זמן לתכנון מערכת מיוחדת ובמהלך המשחק להבקעת שערים.

מנגנון מונע התקעות על הבאמפ		✓		מנגנון שימנע את שיעבוד הרובוט.
<b>שלב אוטומטי:</b> 1. תנועה ללא חציית הקו הלבן במרכז המגרש. 2. זיהוי כדור. 3. בעיטה לכיוון השער.		✓ ✓ ✓		1. ימנע קבלת עונש ואיבוד נקודות. 2. יתרון בצבירת נקודות כבר בתחילת המשחק. 3. יתרון בצבירת נקודות כבר בתחילת המשחק.
רובוט יציב		✓		ימנע התהפכות של הרובוט ויגביר שליטה בנסיעה.
מניעת כניסת כדור מתחת לשאסי / על הרובוט.		✓		מניעת עונשים (הפחתת נקודות לקבוצה).
חוטף כדורים			✓	מנגנון מסובך הגוזל משאבים וזמן.
מנגנונים משולבים: תפסן תלייה שהוא גם המהפך	✓			יחסוך בניית מערכות שונות.
מרכז כובד נמוך		✓		יקטין משמעותית את הסיכוי להתהפכות של הרובוט בעת המעבר על הבאמפ.
הגנת גחון		✓		אי כניסת כדור מתחת לשאסי.
יכולת להתגבר על חסימה בשלב הבונוס	✓			מנגנון מסובך מאוד וקשה לתכנות.
מקוריות / מיוחדות / "מגניבות"	✓			יופי, מושך תשומת לב של קבוצות אחרות.
שיגור לאחור			✓	קשה לבנייה, אך תורם רבות לאיכות הרובוט והכנסת הכדורים.

## הדרישות מהרובוט

לאחר תהליך הצבת היעדים וסיעור המוחות לגבי תפקוד הרובוט, הגיע שלב קבלת ההחלטות, בו הוחלט על אסטרטגיית המשחק הכללית שלנו במשחק ה-Breakaway. לפי הניתוח האסטרטגי הנחננו כי רובוט זריז, שמסוגל לעבור גם מעל הבאמפ וגם מתחת למנהרה, תוך יכולת תמרון טובה ויכולת הבקעה לפחות מהשליש האמצעי הוא רובוט מנצח.

לפי הערכתנו יוכל הרובוט לתפקד באופן מיטבי בשליש השני ולהבקיע כדורים לשער תוך שימוש בבעיטה חזקה לשער או בתמרון לכיוונו.

לאחר הצבת יעדים במישור האסטרטגי, פירקנו את הבעיה למספר מערכות שונות עיקריות:

1. **מערכת השלדה** - מהווה את הבסיס עליו מונחות שאר מערכות הרובוט. צורת השלדה ומאפייניה משפיעים על יכולת התמרון של הרובוט, על יציבותו, ניהוגו, התנהגותו בסיבות המשחק וכו'.
2. **מערכת ההמה** - אחראית על תמרון וניהוג הרובוט בתוך המגרש – עליה להפוך את הרובוט לזריז, מהיר, מדויק ויעיל.
3. **מערכת הבעיטה** - (פוצלה למערכת מתיחה ול-"רגל הבועטת") - אחראית על שיגור הכדור מהרובוט אל השער, כאשר הוא נמצא בשליטה (Possession) של הרובוט, כלומר כיוונו ומיקומו נשלטים על ידי מערכת האיסוף.
4. **מערכת החזקת כדור (Possession)** – אחראית על איסוף הכדורים המפוזרים בזירה ומיקומם (שליטה עילהם – תפיסה) מול הרגל הבועטת בצורה נוחה לפני הבעיטה וכיוון רצוי של הבעיטה.
5. **מערכת המצלמה** – אחראית על זיהוי הכדור והמטרה, ולפי המידע המתקבל הרובוט מסוגל להסתובב אליו/ה.

# תכנון ובניית הרובוט

## מערכות מכאניות

### ❖ מבנה שלדת הרובוט ומערכת ההנעה:

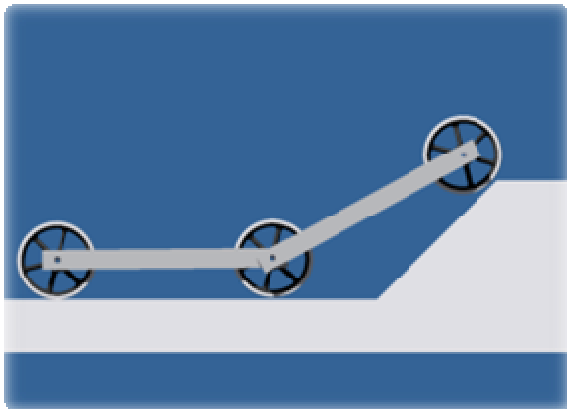
אחת מיכולות החובה של הרובוט היא מעבר על הבאמפ, שמאפשר תנועה רחבה וחופשייה על המגרש, לכן היה צורך בתכנון מערכת הנעה אשר באמצעותה יוכל הרובוט לעבור על הבאמפ (שמירת מרווח בין הבאמפ לגחון בעת המעבר).

על מנת לעבור על הבאמפ ולמנוע התהפכות (הוחלט לא לייצר מנגנון הפיכה מכיוון שהוא מסובך מאוד ודורש אמצעים רבים) על הרובוט להיות בעל מרכז כובד נמוך.

בנוסף, הדרישה מהמערכת היא לגרום לרובוט להיות זריז ובעל כושר תמרון טוב. על השלדה להיות מספיק גדולה וחזקה על מנת להכיל את כל המערכות העתידיות שיתקנו על הרובוט.

### סיעור מוחות - שלדה

לאחר כמה דיונים בנוגע לצורת השלדה (השאסי), הוחלט כי הצורה הטובה ביותר, אשר תיתן מענה אופטימלי לדרישות הנ"ל היא צורה מלבנית. לשלדה בצורה זו יש כמה אפשרויות מימוש שלאחר סיעור המוחות נבחר אחד מהם. האופציות למבני השלדה השונים היו כדלקמן:



- השלדה המפרקית – השלדה המפרקית עשויה מ-2 מסגרות ריבועיות המחוברות בציר המאפשר חופש סיבוב. מבנה זה יעיל לטיפול על הבאמפ אך בכל זאת מתעורר קושי במיקום מערכות הרובוט בשל מרווח הגחון הקטן שמתקבל בצורה זו.

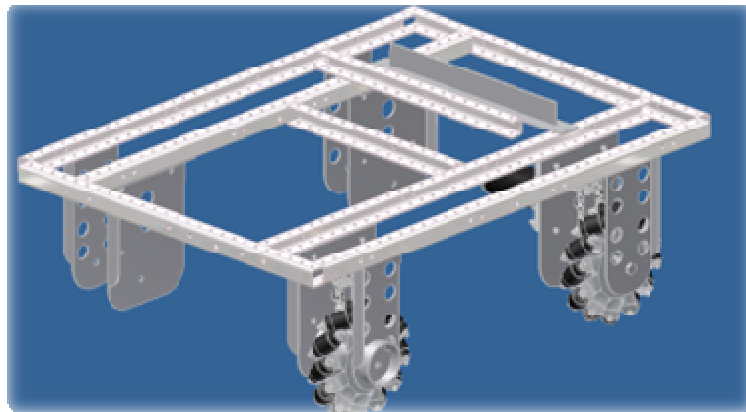
- שלדה מלבנית סטנדרטית – השלדה מוגבהת מעל הקרקע בכ- 30 ס"מ.

## בחירת קונספט סופי

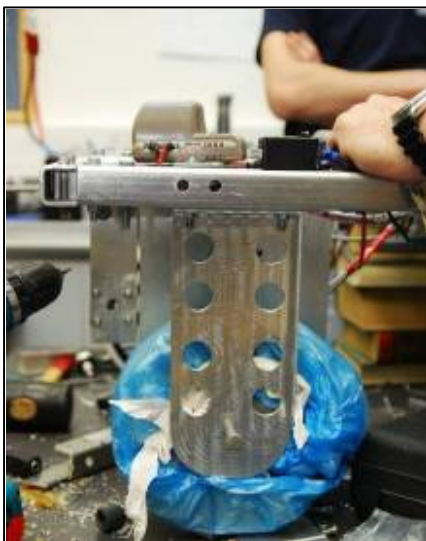
לאחר סיעור המוחות החלטנו כי השלדה שעונה לדרישות בצורה האופטימלית היא שלדה מלבנית המידות המקסימליות של השלדה המותרות לשימוש: "37.25 על "27.25. השלדה תהיה עשויה מפרופילי U, אשר קיבלנו בערכת החלקים. גובה השלדה הוגבה ל-"9.31. הסיבה להגבהה היא לאפשר מרווח גחון גדול מספיק למעבר הרובוט מעל הבאמפ תוך שמירה על מרכז כובד נמוך ככל הניתן. תכנון השלדה לאורך ולא לרוחב (לפי המידות המקסימליות המותרות) מאפשר יכולת תמרון כללית טובה כמו גם יכולת ניהוג קלה.

על מנת לאפשר את הגבהת השלדה, החלטנו ליצור מחזיקים משלנו לגלגלי הרובוט. המחזיקים יהיו בסיס חזק לגלגלים, מתוך מטרה לחזק את עמידות הרובוט בעת עלייה על הבאמפ (שכן הלחץ המופעל על מחזיקי הגלגלים גדול).

המערכת עשויה מארבעה פרופילים אורכיים באורך "35, ושני פרופילים רוחביים באורך "25. הפרופילים עשויים מאלומיניום מכופף, "1.25 על "1.13.



*שרטוט השלדה בתוספת המחזיקים והגלגלים העתידיים של הרובוט*



*תמונה מחזיק הגלגלים המחובר לשלדה*

## סיעור מוחות – מערכות הנעה

תפקידה של מערכת ההנעה הוא לאפשר יכולת תמרון ותנועה גבוהה, זריזות, מהירות וכוח.

ההתלבטות הגדולה הייתה בין שני סוגי גלגלים, האחד חלק (עשוי פלסטיק) בעל מקדם חיכוך 0.3 עם משטח המשחק, והאחד מצופה גומי, בעל מקדם חיכוך 1.3 עם משטח המשחק.

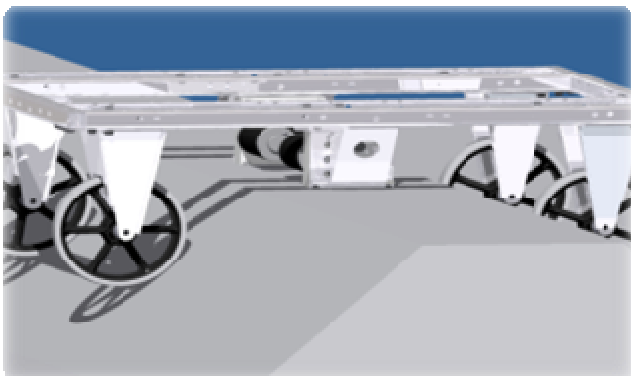
נעשה שימוש בנוסחת הכח כתלות בחיכוך עם הקרקע -  $F = M\mu g$ , כאשר  $F$  הוא כוח החיכוך הסטטי,  $M$  היא מסת הרובוט,  $g$  תאוצת הנפילה החופשית ו-  $\mu$  מקדם החיכוך. לפי הנוסחה ניתן לראות כי ככל שמקדם החיכוך גבוה יותר, לרובוט כוח רב יותר – יכולת דחיפה של רובוטים אחרים, התנגדות לכוח המשיכה, שמאפשרת טיפוס באופן קל יותר על הבאמפ ותאוצה גדולה יותר בנסיעה. מקדם החיכוך הגבוה יוצר גם קושי בתמרון הרובוט בשל רכיב החיכוך הניצב לגלגל (בעת סיבובים, שכן דרוש להשקיע כוח רב יותר על מנת לנוע מאשר דרוש על מנת לנוע עם גלגל רגיל), ולכן נעשה ניסיון לחיפוש פתרונות בין שתי השיטות.

בתמונה הימנית גלגל בעל ערך חיכוך נמוך, ובשמאלית גלגל בעל ערך חיכוך גבוה.



מערכת ההנעה של הרובוט נבחרת כולה לגמרי על ידי הקבוצה. האופציות למערכות ההנעה השונות היו כדלקמן:

- הנעה סטנדרטית – הנעת הרובוט מתבצעת ע"י 4 גלגלים ו-2 מנועים, כאשר 2 הגלגלים הקדמיים מחוברים כל אחד למנוע (2X4). הגלגלים הם חלק מסט החלקים הסטנדרטי



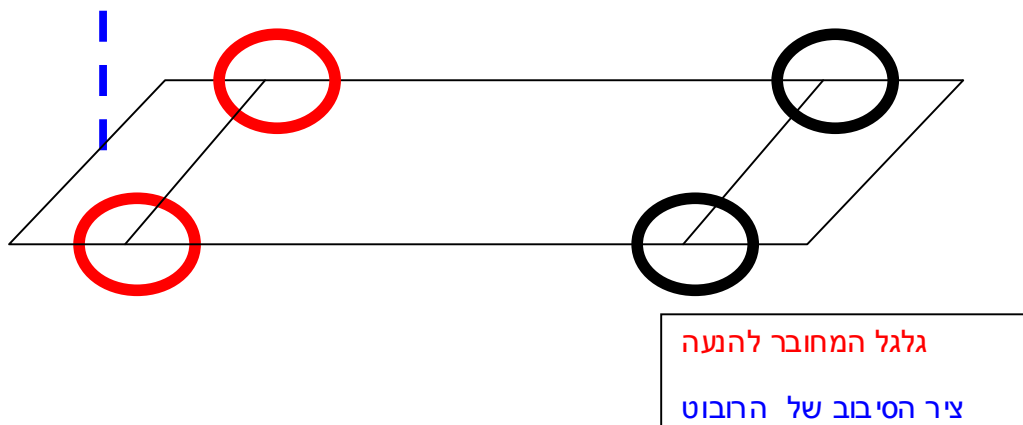
שמסופק ע"י FIRST (גלגלים בעלי ציפויים חלקים ודביקים). מערכת הנעה זו היא מערכת פשוטה מאוד להרכבה וגם חסכונית במשקל משום שכדי להרכיבה יש צורך ברכיבים מכאניים מעטים יחסית למערכות הנעה אחרות.

מערכת הנעה זו אינה מתאימה לרובוט שלנו משום



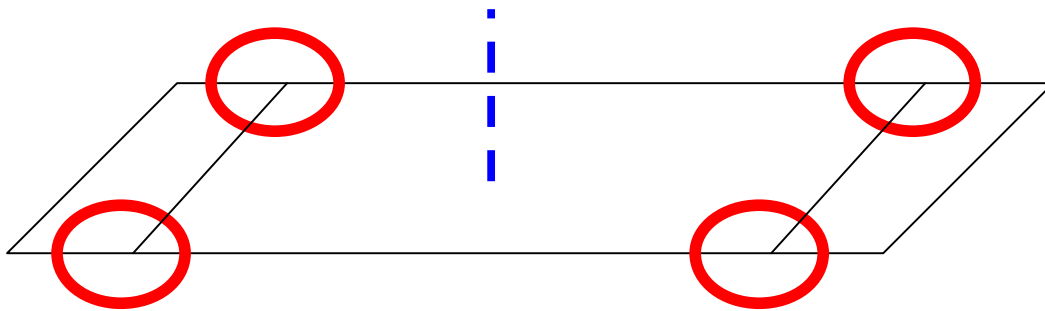
שיש לה בעיה של חיכוך שגורמת לכך שכוח התאוצה (שמעניק לרובוט תנע) יהיה חלש.

בשימוש במערכת הנעה זו תיווצר גם בעיה בעלייה על הבאמפ, שכן במקרה והחלק המונע יתרומם באוויר (הרובוט "יתקע"), יאבד הרובוט את יכולת התנועה שלו ולא יוכל להמשיך במשחק. בנוסף הרובוט יכול לנוע רק לשני וקטורים שונים (קדימה ואחורה). בנוסף לכך, גילינו שלנהגי הרובוט קשה יותר לשלוט על רובוט עם מערכת הנעה מסוג זה משום שלמערכת זו יש שני גלגלים חופשיים ומכך נוצר רדיוס סיבוב רחב, שיוצר החלקות רבות וחוסר שיווי משקל של הרובוט.



- הנעה (4X4) - הנעת הרובוט מתבצעת ע"י סט הגלגלים הסטנדרטים הנ"ל ו-4 מנועים (4X4). מערכת הנעה זו מאפשרת לרובוט סיבוב במקום ורמת השליטה על ההיגוי היא גבוהה יותר. בנוסף לכך למערכת זו חיכוך גדול יותר עם הקרקע ממערכת ההנעה הדו-גלגלית (בשל הכוח הפועל לכיוון מסוים, שהוא גדול יותר מהכוח הפועל בהנעה הנ"ל), דבר שימנע החלקות, ותקיעה על הבאמפ. על הרובוט להיות מסוגל להסתובב במקומו במהירות, משום שבשעה שהוא מתכוונן לשער (בפקודה של הנהג), עליו להסתובב אל המטרה במקומו, דבר שיקח זמן רב יותר בהנעה דו-מנועית. חסרונה העיקרי של מערכת זו הוא חוסר היכולת לתמרן לצדדים ללא הזזת הצד הקדמי הרובוט (ישנם שני וקטורי תנועה - אחורה וקדימה בלבד). בנוסף, ישנה סכנה להתהפכות כאשר שני גלגלים נמצאים במגע עם הקרקע, ושניים באוויר, והרובוט מקבל מהנהג תאוצה גדולה (הדבר יגרום להתהפכות לאחור).

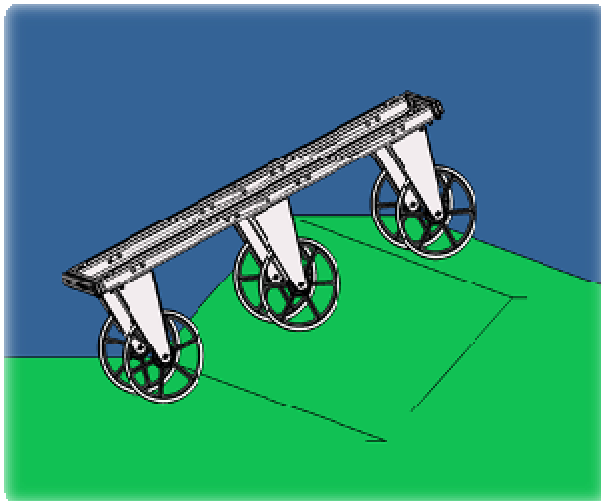
משום שהשנה על הרובוט להיות בעל כושר תמרון גדול מאוד (הנעה לכל צד ב-360 מעלות), הוחלט לא להשתמש במערכת זו. הוחלט כי על הרובוט לזוז גם לצדדים ומשום כך יש להחליף את הגלגלים לסוג שיוכל להעניק לרובוט תנועה חופשית יותר.



גלגל המחובר להנעה

ציר הסיבוב של החוט

- הנעת שישה גלגלים ע"י ארבעה מנועים - הנעה מסוג זה תתרום ליציבותו של הרובוט

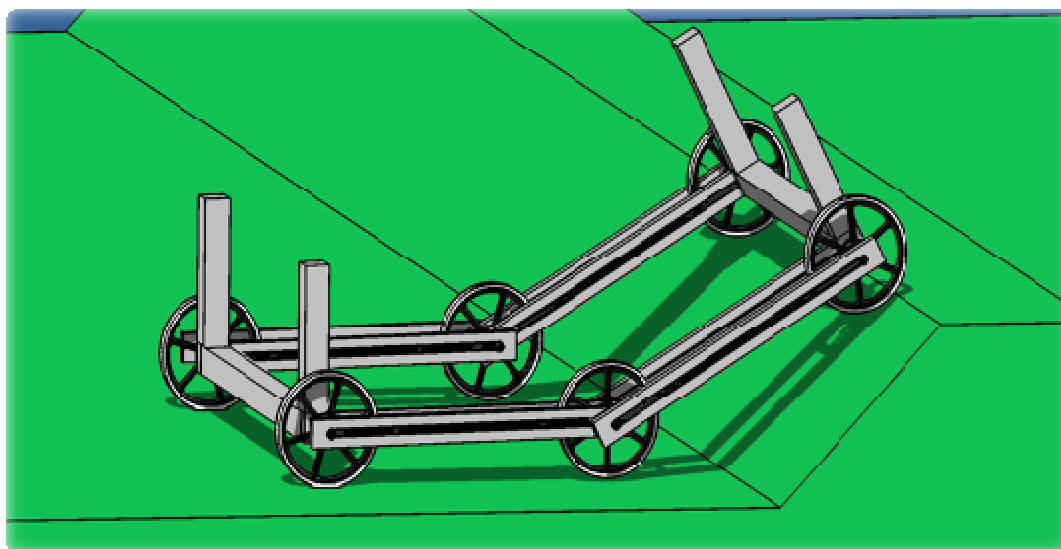


והקטנת סיכויי ההתהפכות (קדימה ואחורה). כאשר הרובוט יעלה וירד מהבאמפ, תמיד יישארו ארבעה גלגלים על הקרקע (2 ממונעים, ו-2 נייחים), כך לא יתקע הרובוט לעולם. סוג הנעה זה דומה במאפייניו להנעת ה-4 X 4, פרט לכך שמשקלה, בתוספת 2 הגלגלים, מגדיל את משקל הרובוט, דבר שרצינו למנוע, משום שבשעת עלייה על הבאמפ

משקל נוסף מצריך כוח גדול יותר לדחיפת הרובוט. בנוסף, עלינו לעמוד בקריטריון המשקל שהציבו ארגון FIRST בחוקי המשחק השנה (ראה חוקי משחק, *BREAKAWAY 2010*). לניסוי המערכת, היא נבנתה ונוסתה על באמפר במימדים חוקיים.



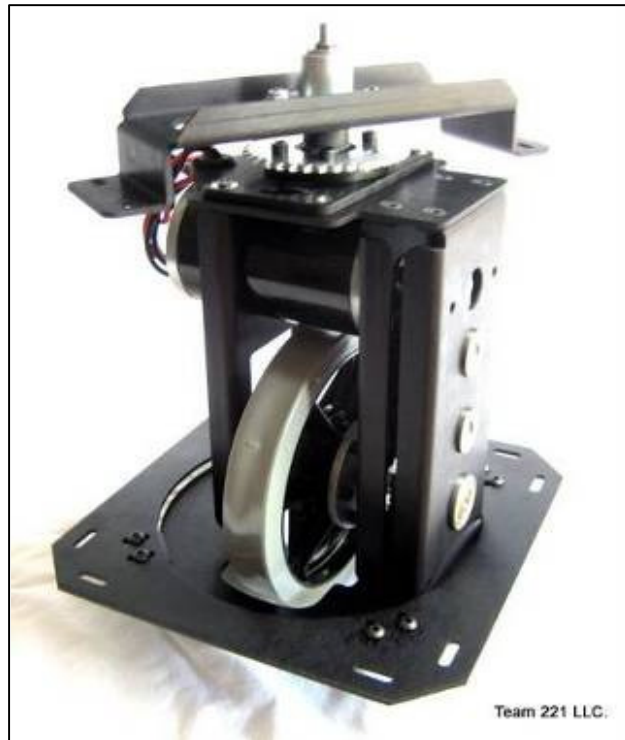
- הנעת שישה גלגלים ע"י ארבעה מנועים עם שלדה מתקפלת - לסוג הנעה זו בדיוק אותם מאפיינים כמו להנעת ששת הגלגלים ע"י ארבעה מנועים. קיפול השלדה יתרום בעלייה על הבאמפ, שכן תמיד שישה גלגלים יהיו במגע עם הקרקע בעלייה ניצבת לבאמפ, ולכן סיכוי ההתהפכות יהיה נמוך ביותר. שלדה מסוג זה תתרום לריכוך ה"מכה" שיקבל הרובוט בעת העליה על הבאמפ ובעת הירידה ממנו, וימנע תקלות כתוצאה מכך, כגון פגיעה בציד האלקטרוני והמכאני שמוחקן על הרובוט (ישמש כמעין מנגנון בטחון).  
חסרונה המרכזי של מערכת זו, חוץ מחסרונות הנעת ה-4X6 הנ"ל הוא קושי הבנייה שלה. המערכת מסובכת לבנייה, בייחוד אם הרובוט יכיל מערכות נוספות, דבר שיקשה על התקנתם ותפעולם.



בנוסף לסרטוט איכותי של המערכת, הוחלט כי יש לערוך ניסוי ממשי לבדיקתה. הבדיקה התבצעה על שלדת ניסוי (VEX) ממוזערת, על באמפר ממוזער כך שיחס בין השלדה האמיתית לבאמפר האמיתי שווה ליחס מודל ה-VEX לבאמפר הממוזער (היחס הוא 1:3).



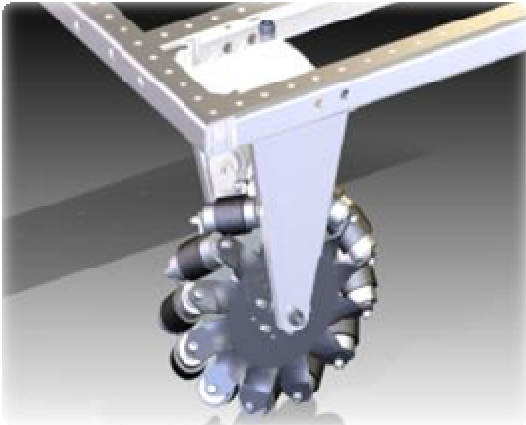
- הנעת Crab: בהנעה זו, הגלגלים ממוקמים על תושבת מתאימה. מערכת הנעה אחת מניעה את הגלגלים עצמם, ומערכת אחרת מסובבת את תושבות הגלגלים סביב עצמן, וכך מאפשרת לגלגלים להסתובב לכל כיוון אפשרי. רעיון זה נזנח במהרה בשל מורכבות המערכת, וההערכה שלנו שמערכת מורכבת ועדינה כל כך לא תעמוד בכוחות ובעומסים הפועלים במשחק בו משתתפים שישה רובוטים אגרסיביים.



*דוגמא למודל של גלגל בהנעת Crab.*

## בחירת קונספט סופי

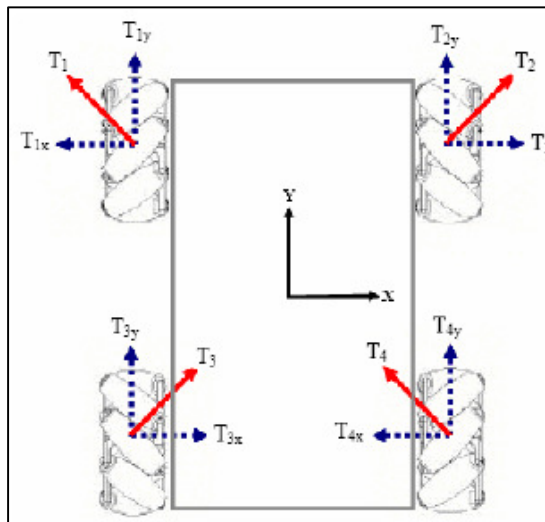
הנעת 4X4 משופרת עם גלגלי מכאנום ושלדה סטנדרטית:



מערכת זו לא רק תספק את כושר התמרון הטוב ביותר של מערכת ההנעה 4X4, אלא גם תאפשר לרובוט לנוע תנועה הולונומית (ימינה ושמאלה) בקלות רבה - הנעה בארבעה וקטורים שונים (קדמי, צדי, שמאלי וימני).

לאחר דיונים רבים, הגענו להחלטה שעל מנת לאפשר לרובוט יכולת תמרון מקסימאלית יש לאפשר לו תנועה לצדדים, אף שקניית גלגלי מכאנום כרוכה בתכנון מתאים של שאר המערכות (אלקטרוניות, מכאניות ותכנות מתאים של המערכת) ובתשלום נכבד.

לגלגלי המכאנום מבנה ייחודי: על כל גלגל ממוקמים רולרים (Roller) בזווית של 45 מעלות, אשר מאפשרים לו לנוע באלכסון. התוצאה ממבנה הגלגל הייחודי היא שווקטור הכוח המתקבל מסיבוב הגלגל למעשה מכון באלכסון.



כל סוגי ההנעות נעשות ע"י מנועי CIM, לפי חוקי ארגון FIRST. על השילדה להיות במימדים קבועים הנקבעים ע"י FIRST בראשית כל תחרות.

### יתרונות המערכת

- קלה יחסית לבנייה - התקנת גלגלים סטנדרטית ומערכת די מהירה להרכבה ובנייה.
- משקל נמוך - בניגוד למערכת שישה גלגלים או Crab שדורשות מערכת מכנית מסובכת או ריבוי תמסורות, המוסיפות משקל רב.
- מערכת נהיגה הולונומית המאפשרת תנועה לכל הכיוונים, תמרון מעולה וזריזות מירבית.
- פתרון אופטימלי לבעיית מקדם החיכוך (0.7). המערכת מספקת מספיק כוח כדי לטפס על הבאמפ, ויכולת תמרון טובה הן בשל החיכוך, והן בשל התנועה ההולונומית (לכל הכיוונים).

### חסרונות המערכת

- איזון משקל בין כל הגלגלים, על מנת שיהיה לחץ שווה על כל אחד מהם, וכך יפעילו אותו הכוח בתנועה לצדדים של הרובוט.
- דרש אימון רב ומיומנות על מנת לנהוג במערכת בצורה יעילה, שכן היא מאפשרת תנועה של הרובוט לכל הכיוונים, דבר שנהגים לרוב אינם רגילים לו.
- דרש מנוע לכל גלגל, שכן כיוון ומהירות הסיבוב צריכים להיות ייחודיים לכל גלגל בתנועה הולונומית.
- כיוון שוקטור הכוח הנוצר מכל גלגל הוא ב-45 מעלות לכיוון התנועה, 50% מהכוח "מתבזבז" על קיזוז וקטורים בציר הניצב לכיוון התנועה. למעשה, מתקבל כוח דחיפה קטן בחצי מאשר במערכת מקבילה בעלת ארבעה גלגלים בעלי אותו מקדם חיכוך. אך, כיוון שמבחינה אסטרטגית העדפנו תמרון על פני כוח, הדבר לא היווה בעיה עבורנו.

לסיכום, מערכת גלגלי המכאנום היא פשרה טובה בין הדרישות לאילוצים. כיוון ששמנו דגש על תמרון ומהירות, המערכת ההולונומית הייתה טובה לשימושים שלנו.

### חישובים – הערכת המערכת:

חישבנו את יחס ההעברה הנדרש בין המנוע (תחת עומס פעולה נורמלי) ובין הגלגלים, בהסתמך על הנתונים לעיל. התייחסנו למקרה הקיצון של טיפוס על הבאמפ, שכן במצב זה נדרש המומנט המירבי מהמנוע.

נשתמש בחוק השני של ניוטון על פיו הכוח הנדרש לטיפוס השיפוע הוא הרכיב המשופע של כוח המשיכה, בציר המקביל ובציר הניצב לשיפוע על מנת לחשב את הכוח המינימלי בגלגל, הנדרש לצורך טיפוס הרובוט על גבי הבאמפ:

$$F = Mg \sin \alpha$$

כאשר  $M$  הוא מסת הרובוט,  $g$  תאוצת הנפילה החופשית ו- $\alpha$  זווית השיפוע. הכוח מתחלק בין ארבעת הגלגלים (ארבעה מנועים) בצורה שווה, ולכן נחלק את הכוח בארבע. נמצא את המומנט היוצר כוח זה עבור גלגל בקוטר 8" ( $R$  רדיוס הגלגל במטרים) על די הכפלה ברדיוס:

$$T = \frac{Mg \cdot \sin \alpha \cdot R}{4}$$

משקל הרובוט הכולל המשוער הוא כ-65 ק"ג ולכן:

$$T = 7.2375N - m$$

היחס המתקבל בין המומנט הנדרש למומנט המנוע הוא:

$$\frac{0.425}{7.2375} \approx 1:17$$

על מנת לקבל את יחס ההעברה הנ"ל, נעשה שימוש בשני שלבים עיקריים של תמסורת המפחיתה את מהירות הסיבוב של המנוע. השלב הראשון הוא גירבוקס (Toughbox) מתוצרת Andymark, שקיבלנו בקיט החלקים. המנוע מחובר לתיבה, ובה מתבצעים שני שלבי הפחתה (יחס 14:50, פעמיים), וכך מתקבלת הפחתה כוללת של 1:12.75.



מימין: הגירבוקס מורכב; המכסה והמעטפת מאלומיניום. משמאל: המכסה השקוף של הגיר, העשוי פוליקרבונט. ניתן לראות את שני שלבי הפחתה (למעט המנוע) ואת ה-Encoder המותקן מתוצרת US Digital.



את שלב הפחתת יחס ההעברה השני ביצענו בעזרת שני גלגלי שיניים ושרשרת #35. גלגל שיניים אחד, בעל 22 שיניים, הותקן על גלגל המכאנום עצמו. גלגל שיניים אחר, בעל 15 שיניים, הותקן על הציר היוצא מהגירבוקס, ולשניהם התחברה השרשרת.



גלגל 22 שיניים המתחבר לגלגל המכאנום בעזרת ברגי אלומיניום.

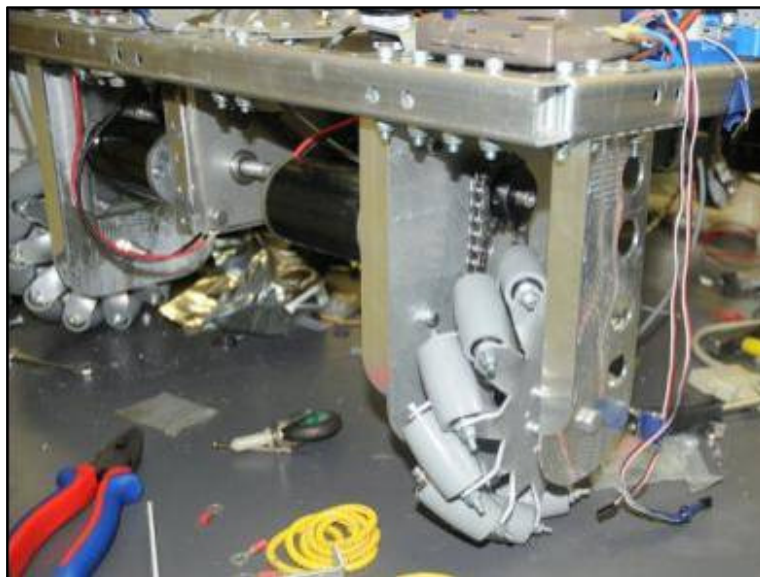
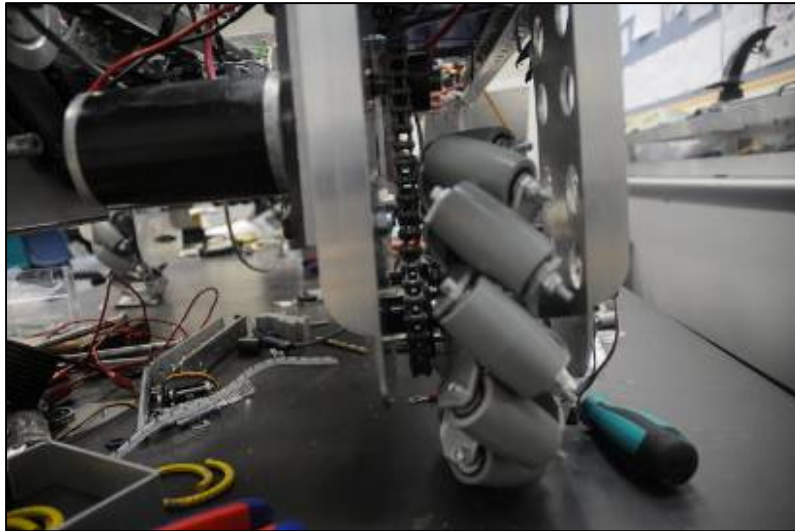
גלגל 15 שיניים לשרשרת #35, בעל קדח פנימי 0.5" ושגם 8/1."



בחיבור גלגל השיניים למכאנום, נלקח מרחק מתאים כדי למנוע הסתבכות של השרשרת בברגים היוצאים מחיבור גלגל השיניים. לתוך כל גלגל נלחץ מיסב בעל קוטר פנימי 1/2" ובעזרת תותב הופחת הקוטר שלו ל-3/8" כדי להתאימו לציר.

יחדיו, שני שלבי הפחתה העניקו יחס העברה כולל של 1:18.3, וכתוצאה מכך נוצר מומנט לטיפוס מהיר על הבאמפ. מהירות הרובוט המקסימלית הייתה כ-2 מ/ש', והוא הגיע למהירות זו תוך 2.5 שניות.

גלגל המכאנום עצמו מוקם על ציר 0.375", כאשר הציר עצמו קבוע ובגלגל נמצאים שני מיסבים שמאפשרים לו תנועה חלקה.



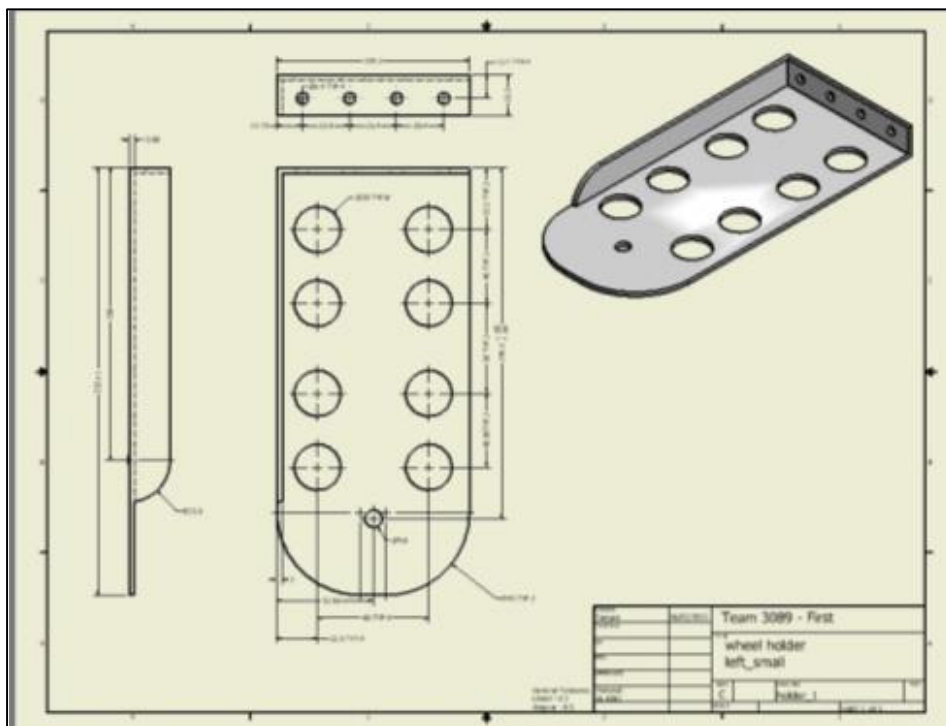
מערכת ההנעה הסופית. בתמונות הנ"ל ניתן לראות את המערכת והמחזיקים מורכבת על הרובוט, ואת חיבור המנוע לגיר, וממנו את השרשרת המתחברת לגלגל.

## בניית המנגנון והרכבתו

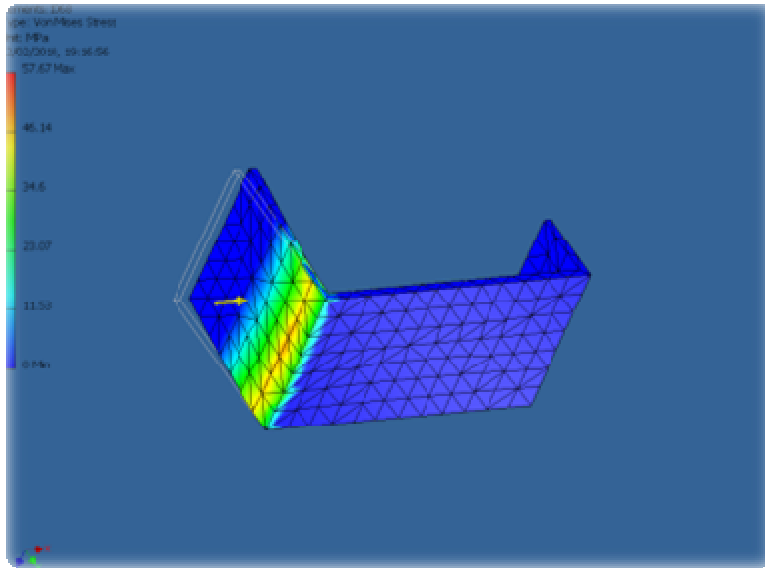
לאחר החלטה על הקונספט הסופי של מערכת ההנעה הנ"ל היינו זקוקים ל-4 Gear Boxes מנועי CIM המחוברים אליהם כדי להמיר את הכח מהמנוע אל סיבוב גלגלי השיניים ב-Gear Box. סיבוב גלגלי השיניים גורם לסיבוב הציר אליו מחובר גלגל שיניים שאליו מחוברת השרשרת (המחוברת לגלגל שיניים המחובק לגלגל), והיא זאת שמניעה את הגלגל.

כדי ליצור מרכז כובד נמוך, כפי שהוחלט בתהליך הצבת היעדים, בחרנו למקם את ה-Gear Boxes ומנועי ה-CIM המחוברים אליהם מתחת לשלדת הרובוט.

החלק המחזיק את הגלגלים מחוברים לשלדת הרובוט נקרא "מחזיקי הגלגלים". ראשית השתמשנו במחזיקי הגלגלים שהגיעו באוסף החלקים עם הגלגלים הסטנדרטיים. לאחר כמה בדיקות גילינו כי ישנה אי – התאמה בין המחזיקים לגלגלים, ובנוסף ישנה אפשרות שהמחזיק יתכופף / יישבר בעת הפעלת לחץ גדול עליו (עליה על הבאמפ / נסיעה מהירה). בשל חוסר ההתאמה הנ"ל של המחזיקים לגלגלים, החלטנו כי עלינו לתכנן וליצור מחזיקי מכאנום חדשים אשר יהיו חזקים יותר ועמידים יותר בלחצים.



תכנון מחזיק מכאנום



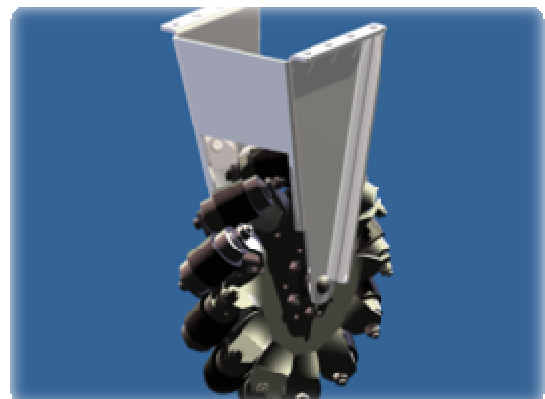
בדיקת חוזק החלק המחובר בין מחזיק המכאנום לשלדת הרובוט ב- Stress Analysis בתוכנת השרטוט Inventor אשר בודקת האם החלק עמיד בלחץ שעומד להיות מופעל עליו.



זהו גלגל המכאנום שהשתמשנו בו, מתוצרת AndyMark קוטרו החיצוני של הגלגל "8", ומקדם החיכוך שלו עם המשטח 0.7.



מחזיק המכאנום



המחזיק הסטנדרטי



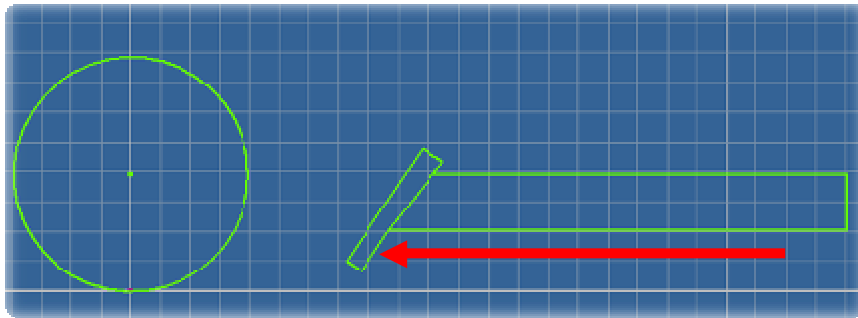
## ❖ מנגנון בעיטה (הנעת כדור):

מנגנון הבעיטה מבצע את התפקיד העיקרי במהלך המשחק והוא הנעת הכדורים ממקום למקום, כאשר המטרה – להכניסם לשער.

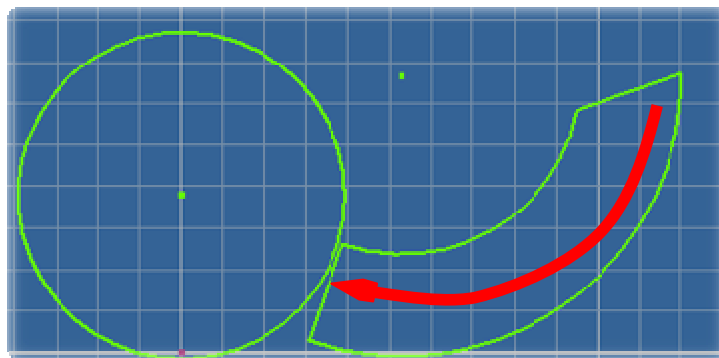
לפי המטרות משלב "הצבת היעדים" על המערכת להיות מסוגלת להבקיע כדור מהשליש הקרוב והמהמרכז. בנוסף לכך תהיה אפשרות מעבר מעל הבאמפ וקצב הבעיטה יהיה מהיר.

מבחינת מנגנון שעליו להניע / לבעוט את הכדור נתקלנו 2 אופציות אפשריות:

1. מנגנון דחיפה (בעיטה לינארית) - למנגנון תהיה שליטה והחזקה טובה בכדור. המטרה האסטרטגית בכך היא להתקרב בכל משחק אל השער ולדחוף לתוכו את הכדור.



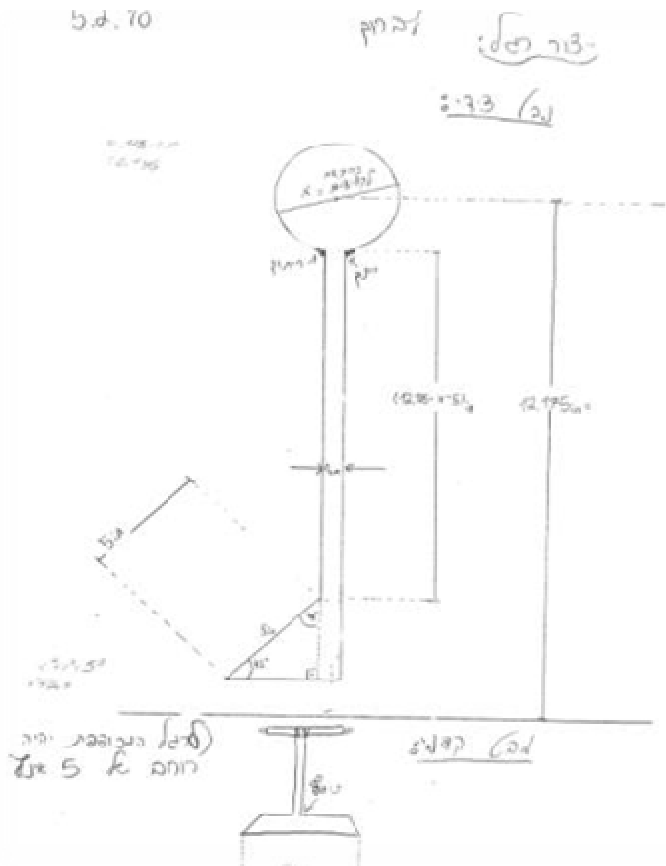
2. מנגנון בעיטה – למנגנון תהיה אפשרות לבעוט לכיוון השער, לקרב כדורים אל השער עבור בני הברית, אופציה להבקעת כדור בשלב האוטונומי מכל חלק בזירה ואפשרות להשתמש בפונקציית המצלמה אשר ניתנה ע"י ארגון "FIRST" ולה את יכולת לכוון את הרובוט ישירות אל המטרה שמוצבת מעל השער, ובכך לשפר משמעותית את הסיכוי להבקעת גול משליש רחוק. הבעיטה היעילה ביותר תבצע בזווית 45 מעלות (מהיבטים פיזיקליים שונים).



## הרגל הבועטת:

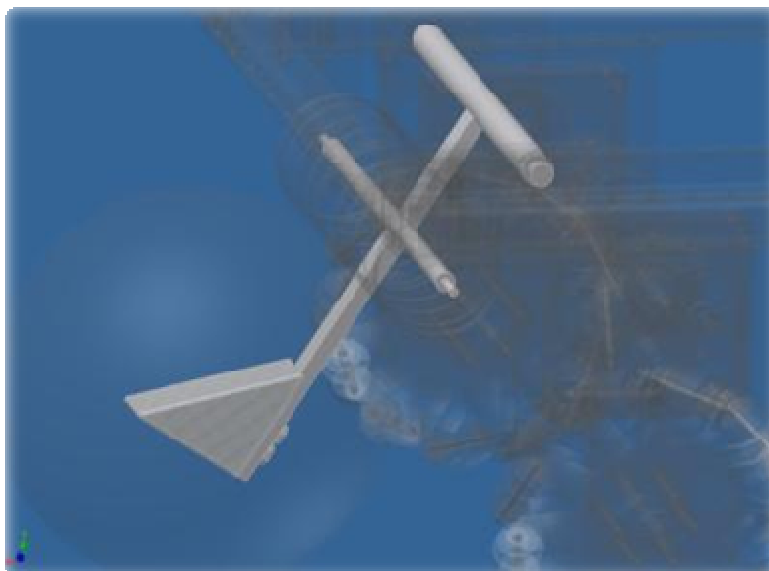
בתהליך הצבת היעדים נקבע כי על הרובוט להיות בעל מנגנון בעיטה שמסוגל לבעוט את הכדור מעל באמפים (ולהעבירם משליש לשליש) ולנסות להבקיע כדורים מרחוק הן בשלב האוטונומי והן במהלך המשחק, הוחלט על מנגנון שיכלול רגל. החלטה זו נבעה מכך שהבעיטה צריכה להיות זוויתית לפי הדרישות הנ"ל.

למרות שתכנונו ובנייתו של מנגנון הבעיטה צורך יותר מנגנוני עזר שונים ומכך - זמן, משאבים וחלק רב יותר מהתקציב, החלטנו לבחור באופציה זו כי ראינו בה אפשרות להתעלות משמעותית על קבוצות אחרות מבחינת יכולות הרובוט ואסטרטגיות המשחק שלנו.



ת

תכנון המנגנון



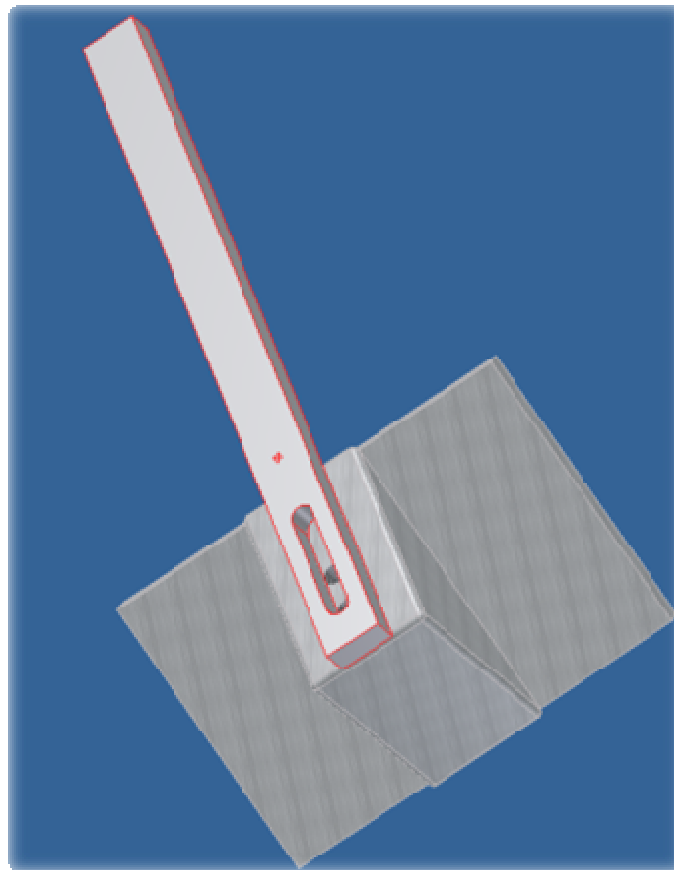
שרטוט הרגל

## ה-"נעל"

הנעל (המחוברת לקצה הרגל הבועטת) עשויה ממשולש אלומיניום מוצק בגודל 3" על 3". על המשולש מוצבת פלטת אלומיניום בעובי 15 ס"מ על 10 ס"מ.

"נעל" מספר מטרות בניהן - יצירת זווית בת 45 מעלות בין הכדור לאופק, הוספת מסה להגדלת כוח הפגיעה בכדור וכמו כן פגיעה מדויקת יותר בתחתית הכדור.

הצורה הסופית היא מוט פלדה באורך 27 ס"מ. בתחתיתו, נמצאת ה"נעל":



## ▪ מנגנון מתיחת הרגל הבוטט (מנגנון בעיטה) ומנגנוני עזר:

### סיעור מוחות

לאחר שהוחלט כי מנגנון הבעיטה יהיה בצורת רגל, התעוררה השאלה איך הרגל הולכת לתפקד, להמתח, להשתחרר וכיצד תקבל את התנופה הדרושה לה לבעיטת הכדור. על המערכת להיות בעלת כוח רב לבעיטת הכדור מהשליש ה-2, זמן טעינה נמוך, יכולת כיוונון וכמו כן להיות בעלת יכולת להתקפל בעת עלייה על הבאמפ. להלן האפשרויות שעלו במהלך סיעור המוחות לבניית מנגנון המתיחה לרגל הבוטט:

#### 1. חיבור ישיר של זרוע סיבוב למנוע שישגר את הכדור –

היתרון במנגנון זה הוא שניתן לווסת בעזרתו את מהירות המכה, וכך גם את עוצמת הבעיטה למרחקים רצויים.

למרות זאת, החיסרון במערכת הזו הוא שלמנוע, על פי הערכתנו, לא יהיה מספיק כוח לשיגור הכדור. כלומר, לא תהיה תנופה חזקה ומומנט מספיק של הרגל.

#### 2. רגל אשר מחוברת למנוע המסתובב ומותח את הרגל בעזרת גומייה (וכך עקב מגרעת הרגל היא משתחררת) –

היתרון במערכת זו הוא שהמשך הסיבוב שוב מותח את הרגל אחרי כל בעיטה, דבר הפותר מיידית את בעיית ההמתנה למתיחת הרגל.

לעומת זאת, החיסרון במערכת זו הוא שישנו מצב אחד בלבד לעוצמת העיטה, ולא ניתן לווסת אותה, ובכך תהיה רק עוצמת שיגור אחת.

#### 3. מתיחת הרגל בעזרת 2 גומיות בצידי הרגל לעומת מתיחה בעזרת קפיץ פיתול –

לאחר מספר ניסיונות דיניים עד דגם עץ שבנינו לניסוי מערכת זו, ראינו שהמערכת עובדת. לאחר שהבנו שלגומיות אין מספיק כוח כדי לשחרר את הכדור למרחקים גדולים מספיק, הוחלט להשתמש בקפיץ פיתול.

לקפיץ פיתול ישנם כמה יתרונות בולטים המתאימים לצורכינו.





- הכח האדיר שיש לו (מקדם הקפיץ) ויכולתו לבעוט כדורים בעצמה חזקה.
- הקשיחות שלו לעמד בכח המופעל עליו מצד הרגל. בנוסף, שימוש בקפיץ פיתול מאפשר הקטנה של מימדי המערכת - מהיותו נמצא על ציר אשר מיקומו לא יוצר בעיית / הפרעות למנגנונים אחרים.
- כוח הקפיץ הינו פונקציה ליניארית (לעומת גומייה), וכך טווח הירייה ניתן לחישוב מדויק ביותר.

$$T = k\Delta\theta$$

הנוסחה בה מבוטא כוח הקפיץ:

$$k - \text{קבוע הקפיץ.}$$

$$\Delta\theta - \text{זווית הסטייה.}$$

למרות יתרונות אלה הבעיה שנוצרה מיד היא כיצד למתוח את הרגל (תוך שימוש בקפיץ פיתול), לעצור אותה לאחר הבעיטה, לשחררה, ושוב למתוח אותה. גילינו כי לא ניתן לתפוס את הרגל ולהחזירה בגלל המבנה שלה. הפיתרון שעלה לבעיה זו הוא מתיחה ושיחרור בעזרת שימוש במצמד חשמלי, כך שינתק את מנוע הרגל כשתבעט. לאחר הבעיטה שוב המצמד יצמיד גלגל למנוע ויבצע מתיחה נוספת.

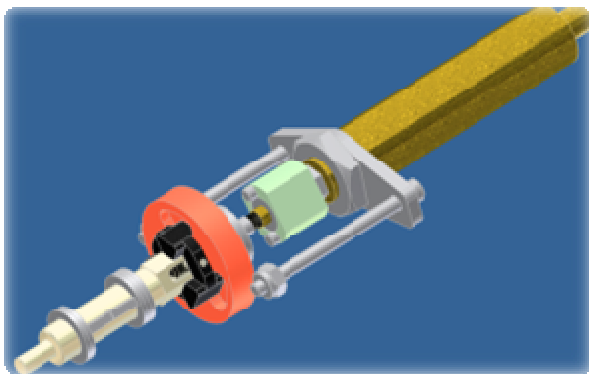
לאחר בדיקה בתקנות של ארגון FIRST גילינו כי חל איסור על שימוש במצמד חשמלי בין היתר במסגרת מגבלות התחרות.



אפשרות נוספת המהווה תחליף חוקי להצעה הנ"ל היא שימוש ב-"Cog" - מערכת עם 3 שיניים בולטות מול 3 שקעים. על ציר ישנה מערכת להצמדה וניתוק (מדמה מצמד חשמלי). נדרש סיבוב איטי כדי להתאים את החיבור והניתוק, ובנוסף ישנו לחץ גדול מאוד בזמן המתיחה. היתרון המרכזי במערכת הוא ניתוק / חיבור מהיר של התמסורת למנוע בעת הצורך.

למרות הפוטנציאל הטמון בה לפתרון הבעיה, הוחלט כי הרעיון לא יתבצע בשל חסרונותיה הרבים של המערכת, ביניהם:

- המערכת יקרה מאוד לרכישה (בהזמנה שיכולה להיעשות רק מארה"ב), ובנוסף קשה לבנות את המערכת ואת צורכיה בעזרת האמצעים והכלים העומדים לרשותנו.
- במהלך הבעיטה, המערכת נמצאת תחת לחץ אדיר בשל הכוחות הפועלים עליה. מערכת זו אינה בנויה לעמידה בלחצים מעין אלו.
- על מנת להתקין את המערכת יש צורך בהרכבת מערכת פנאומטית (בעלת לחץ אוויר) לצורך תפעול הבוכנה המנתקת – מערכת כבדה ומגושמת, שתגרום להאטת הרובוט.
- מכיוון שהניתוק מתבצע בין תחילת התמסורת ומנוע, התמסורת והגלגל מואצות במהלך הבעיטה, דבר הגורם לאיבוד אנרגיה.



#### מערכת ה-Cog:

- אדום – גלגל שיניים.
- שחור – רכיב ה-Cog.
- כסוף – ציר המנוע.
- זהב – בוכנה פנאומטית.
- ירוק – בלוק מחבר.

כל הפתרונות שהוצעו למערכת אשר כוללת מנגנון המתפקד בתור מצמד חשמלי, בסופו של דבר נשללו בשל אי-התאמה לחוקי התחרות או מורכבות המנגון.

4. מתיחה בעזרת חוט וגלגל – המטרה היא להגיע למצב של מתיחת חבל על גלגל שיחרור מהיר, כך שהרגל תמתח, החוט ישתחרר, והרגל תבעט בכדור (ע"י קפיץ הפיתול). על הגלגל להסתובב בצורה דו-כיוונית על מנת שיוכל להשתחרר, כי לפני השחרור יש למתוח מתיחה קלה נוספת על מנת להוריד עומס, להרים את השן הנועלת, ולשחרר את הרגל.

## בחירת קונספט סופי

5. מנוע המותח כבל על גלגלת, נועל אותו ומשחרר בצורה מיידית – רעיון סופי ומגובש שעלה והתקבל. הפתרון לנעילת הכבל לאחר מתיחת הרגל בעזרת מנוע וקפיץ הפיתול עלה מיידית - שימוש במחזיק כבלים, בו משתמשים ביאכטות, ובעזרתו מותחים את המפרש והוא נשאר נעול. אם רוצים שיחרור מהיר של המפרש ניתן לשחרר את החבל ע"י המחזיק בקלות. רכיב זה (מחזיק הכבלים) נקרא "בולדוג".

### היתרונות במערכת זו:

- ❖ ניתן לבצע מתיחות בכמויות שונות ולקבל עוצמות בעיטה שונות בהתאם למרחק של הבעיטה הנדרשת (נקבע לפי מרחק הרובוט מהשער).
- ❖ ניתן למתוח את הרגל לאחור כנגד הקפיץ כשהבולדוג נעול.
- ❖ המנוע חוזר למצב ההתחלתי ("מצב 0") - מיקומו לפני המתיחה.

השתמשנו ב-Encoder (חיישן המשמש כמונה סיבובי מנוע) שהוצב על המנוע, כדי לדעת את כמות הסיבובים שלו והמיקום המדויק של הרגל בכל עת.

הוספנו מפסקים בינאריים (Limit switch) לאיפוס מיקום הגלגל המותח (שאותו מסובב המנוע), הרגל והבולדוג (סגור או פתוח), על מנת למנוע תקלות שיגרמו נזק לרובוט, וכדי לשחרר או לנעול את הרגל.

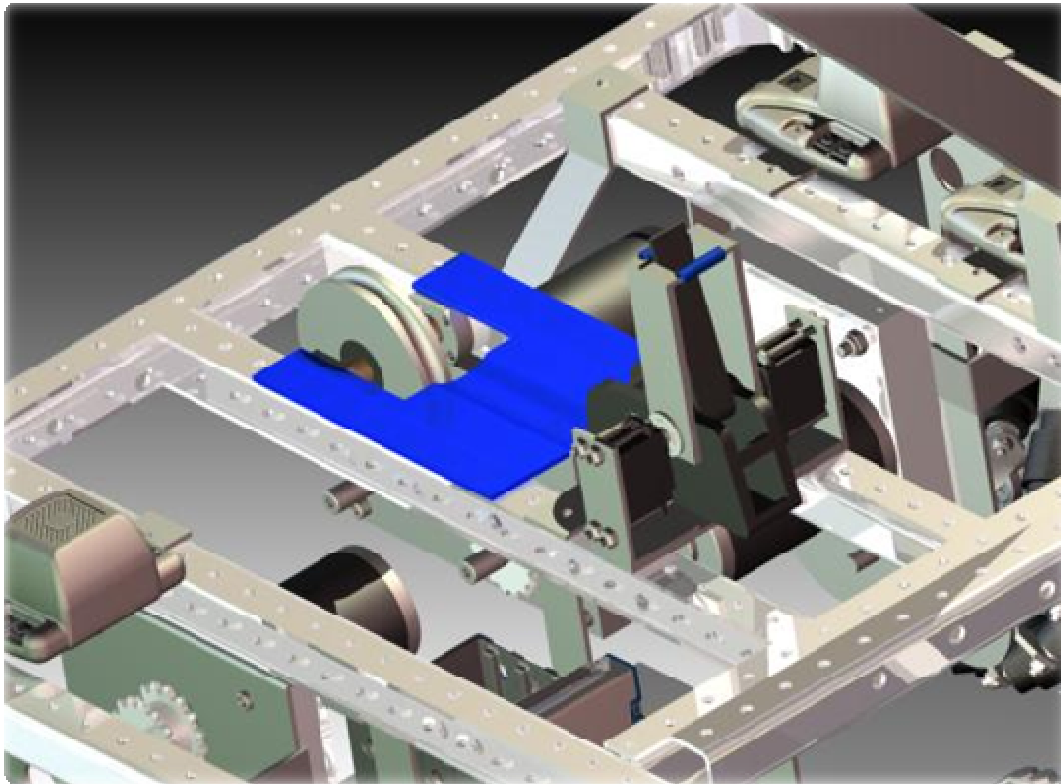
בנוסף, הוספנו מנוע זעיר שישמש לפתיחת ידית הנעילה והשחרור של הבולדוג.

במנגנון הנבחר, מצוי המנוע החמישי והאחרון המותר לשימוש (4 שימשו להנעת כל אחד מהגלגלים). תמסורת המתיחה הסופית היא ביחס של 1:60, עקב השימוש בקפיץ פיתול. זמן ההתמתנה בין 2 בעיטות יהיה 2 שניות.

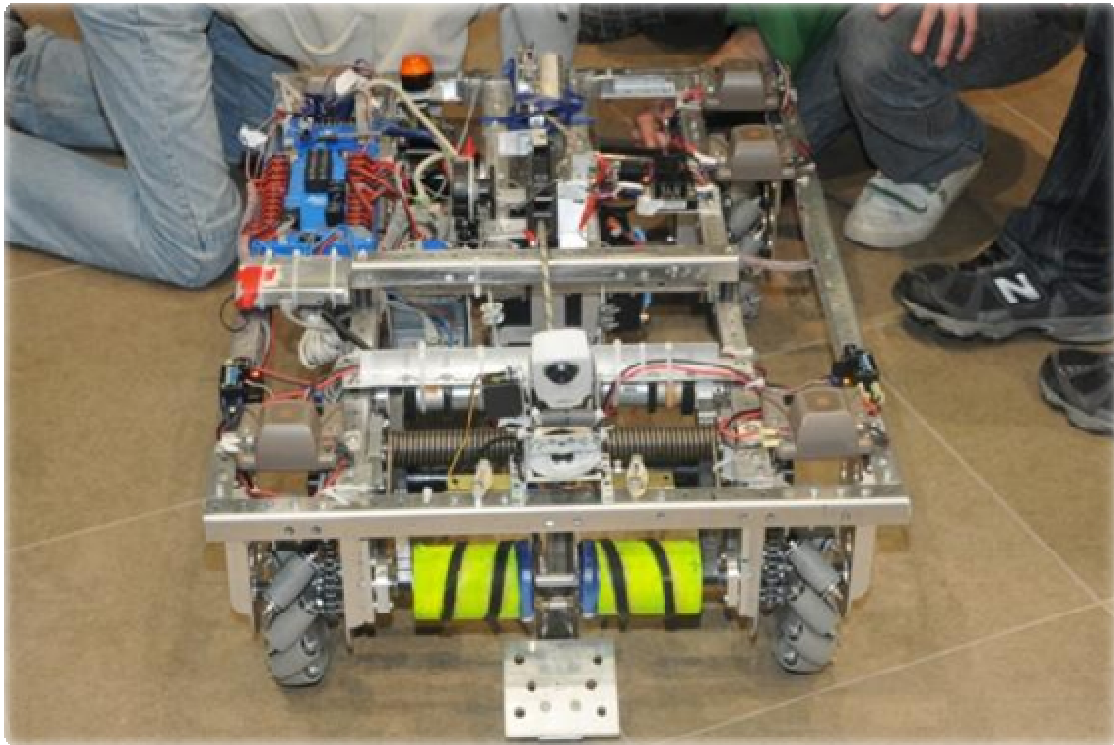
מנגנון הבולדוג ישמש לשחרור החבל, המחובר בין הרגל, קפיץ הפיתול, גלגלת החבל, ומנוע המתיחה. לפי חישובים, המנגנון יכול לעמוד בכוחות של מאות ק"ג.

אופן עבודה התחלתי כללי –

1. סיבוב הרגל בכ- 90 מעלות ע"י מתיחת החבל על גלגלת סיבוב, שמותחת את הרגל בעזרת קפיץ הפיתול.
2. נעילת הרגל המתוחה נעשית על ידי אחיזת הכבל ע"י הבולדוג.
3. סיבוב הגלגלת לצד נגדי שוב לנקודת התחלה על מנת לאפשר את שחרור הכבל בעת הבעיטה.
4. פתיחת ידית הבולדוג על ידי סיבוב זרוע הנעילה.
5. הרגל משתחררת מיידית ובמהירות על ידי האנרגיה שנאגרה בקפיץ הפיתול.
6. זרוע הבולדוג ננעלת שוב וכעת ניתן לטעון שוב את הרגל.



*מנגנון ה"בולדוג" והגלגלת*



*מנגנון המתיחה והרגל*

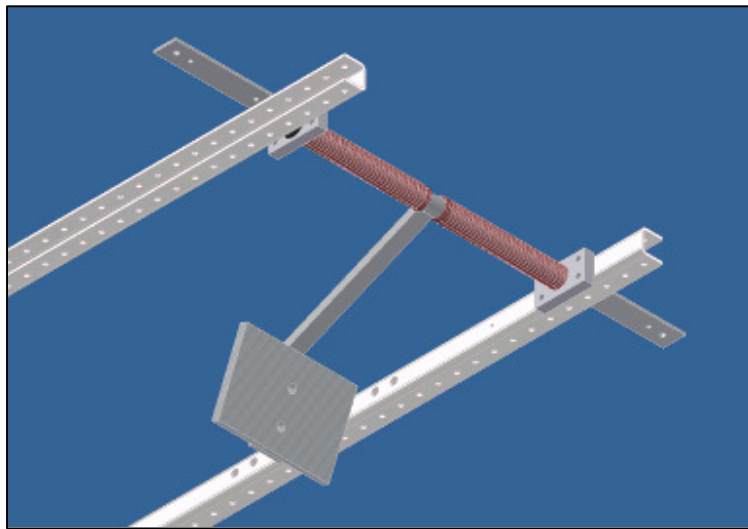
### בניית המנגנון והרכבתו

בשל מגבלות ארגון FIRST על הכדור להיות במרחק 3" בתוך השילדה, ולכן זהו המיקום בו הרגל צריכה לפגוע בכדור.

ראשית, חיברנו את הרגל בעזרת ריתוך לציר פלדה, ואת הקפיץ חזקנו בעזרת אזיקוני מתכת. הקפיצים שהוזמנו היו בעלי כוח של 300N. ציר הפלדה בעובי 2 ס"מ ואורך 37 ס"מ. המוט חובר לשלדת הרובוט במיסבים בעובי 1.5 ס"מ (עובי המוט בקצהו).



חיבור המוט הנ"ל אל הרובוט



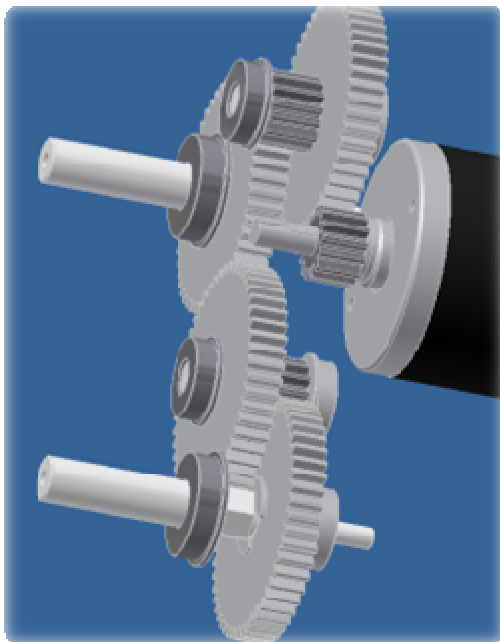
חיבור קפיץ הפיתול למוט הברזל  
וחיבורו לשילדה ע"י המיסבים

כדי שהרגל תוכל לזוז, היינו זקוקים למנוע שיהיה מסוגל למתוח את הרגל מתיחה מלאה. גילינו כי על מנת למתוח את הרגל בכ-90 מעלות יש לבנות מנוע חזק ביותר (בעל יחס העברה גבוה) שיעמוד בכח ההתנגדות החזק שיש לקפיץ. לאחר מדידות כח קפיץ הפיתול, וכמה ניסויים ידניים, בנינו את גיר המנוע ביחס העברה של 1:60, כך שהמנוע יקבל כח רב במתיחת הרגל, והיא אכן תימתח ל-90 מעלות.

## גיר מנוע המתיחה

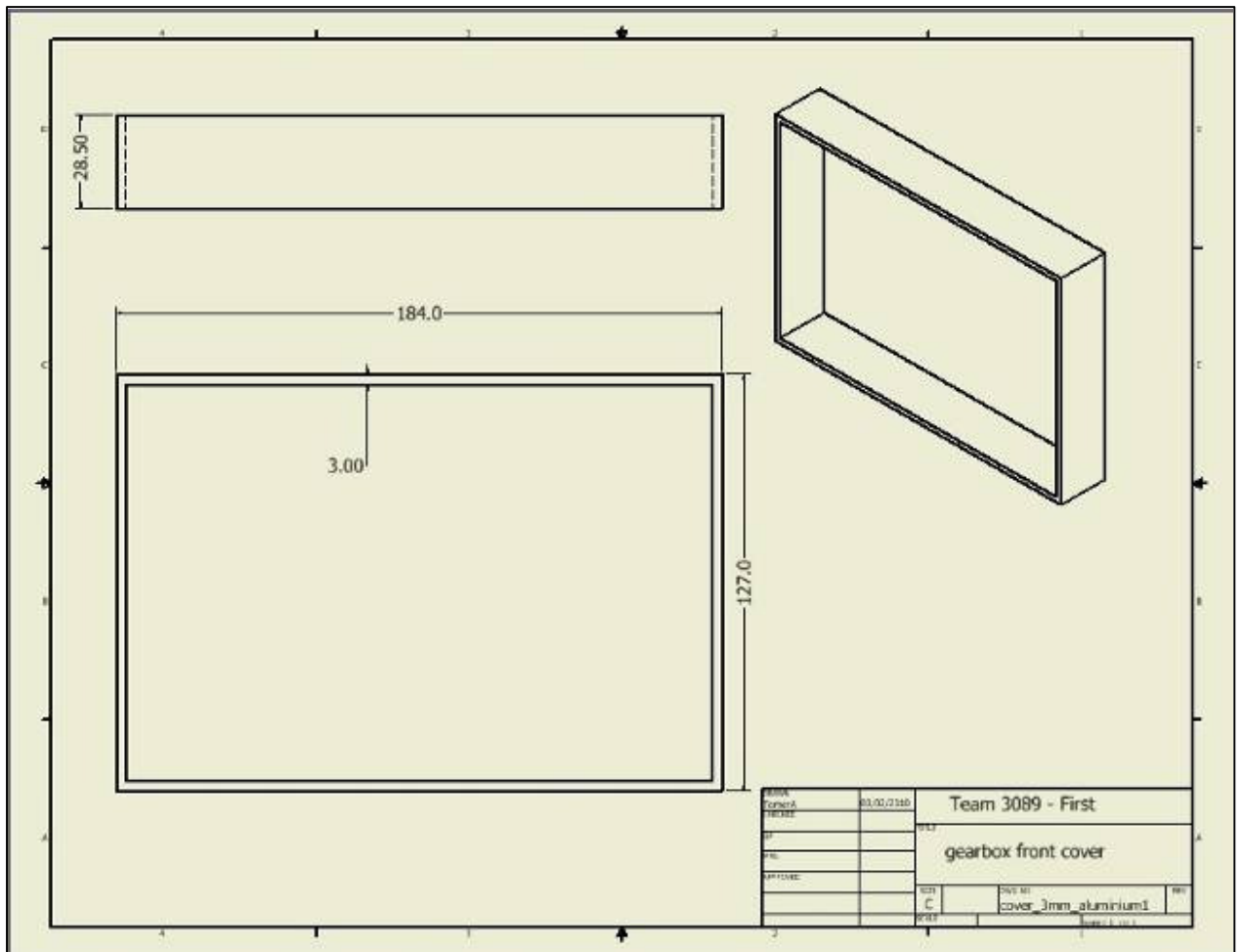
תיבת ההילוכים (גירים) היא שיטה להעברת אנרגיה ממכשיר מכני אחד לאחר. הגיר עובד על ידי הגדלת מומנט ובו בזמן הפחתת המהירות. מומנט מייצר חשמל על ידי סיבוב וכיפוף חומר מוצק (סיבוב במקרה זה). לכן, ככל שמספר גלגלי השיניים (תמסורת) גדל, כך חלקים רבים יותר מסתובבים, החשמל שנוצר מהמומנט רב יותר, וביחס ישיר גם כמות הכוח גדלה. כמות הגירים וסיבובם ע"י המנוע מקיימת יחס ישיר עם כמות הכוח. את הגיר הנ"ל תכננו ובנינו לבד, והוא מונה חמישה גלגלי שיניים שמעניקים לו את יחס ההעברה הגדול – משלוש הפחתות ביחס 14:50 (1:3.57), ליחס כולל של 1:45.5.

ל-Gear Box זה מתחבר מנוע, המסובב את הצירים שבתוך קופסת הגיר, ובצורה זו נותן למנוע כוח.



שלושת שלבי ההפחתה מוקמו על 4 צירים, כאשר באמצע ישנו שלב שלא מהווה הפחתה (מדובר באילוץ מבני על מנת שלא יהיה צורך להוסיף עוד "קומה" לגיר, דבר המגדיל את הנפח והמשקל שלו). הפלטות והמסגרת לגיר יוצרו לפי התכנון שלנו, ואת הצירים, המיסבים וגלגלי השיניים הזמנו מ-AndyMark כחלקים סטנדרטיים.

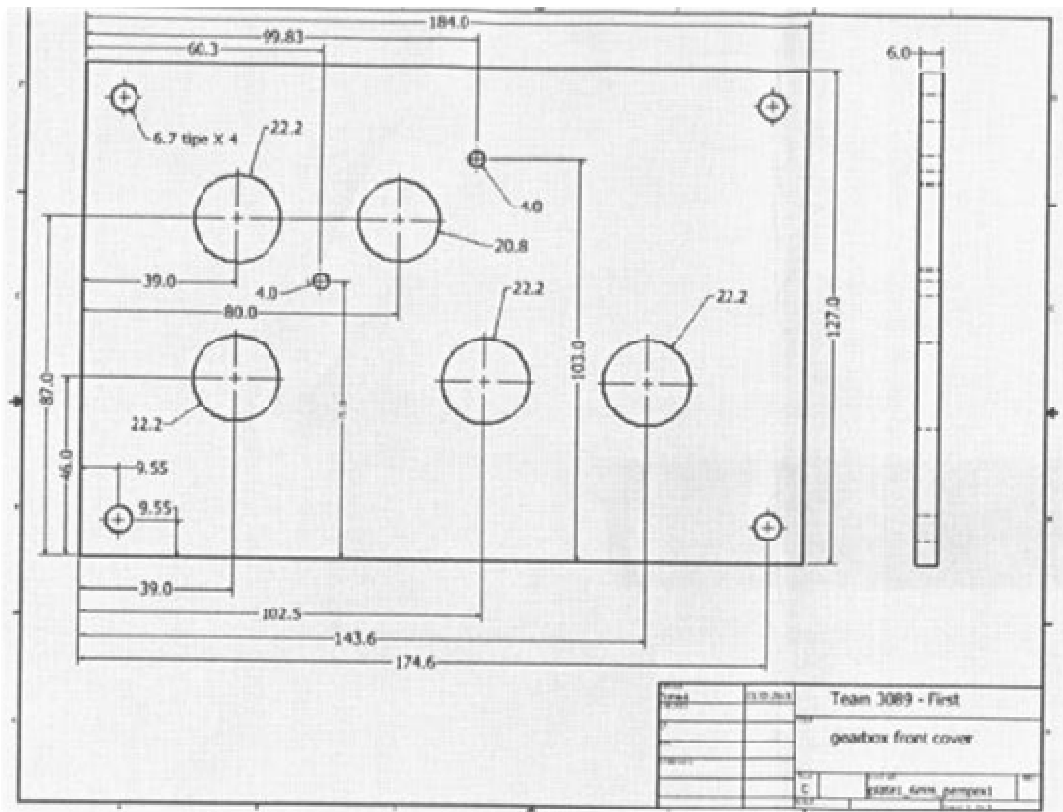
להלן שרטוט ה"Gear Box" (קופסת הגיר) ותכנונו:



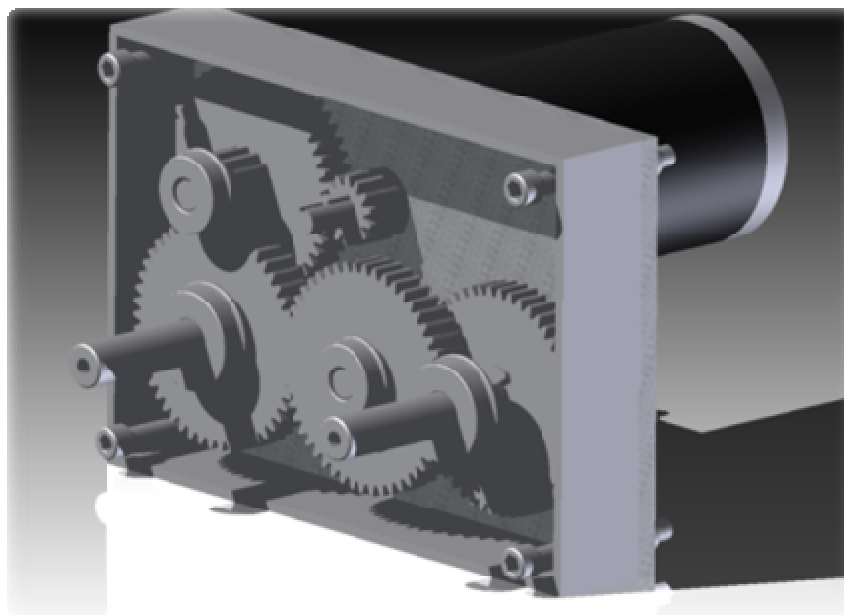
השרטוטים מכילים את מסגרת הגיר העשויה מפברגלס, והפלטה האחורית העשויה אלומיניום. החלטנו להשתמש בחלקים מוכנים על בסיס גיר קיים כדי לחסוך עלויות זמן.

לאחר מכן עפ"י צרכי הרובוט הוחלט להתקין Encoder (ראה הסבר בצידוד היקפי), בחלקו הקידמי של הגיר.





חיבור הEncoder לגיר המנוע, ומערכת שלבי ההפחתה



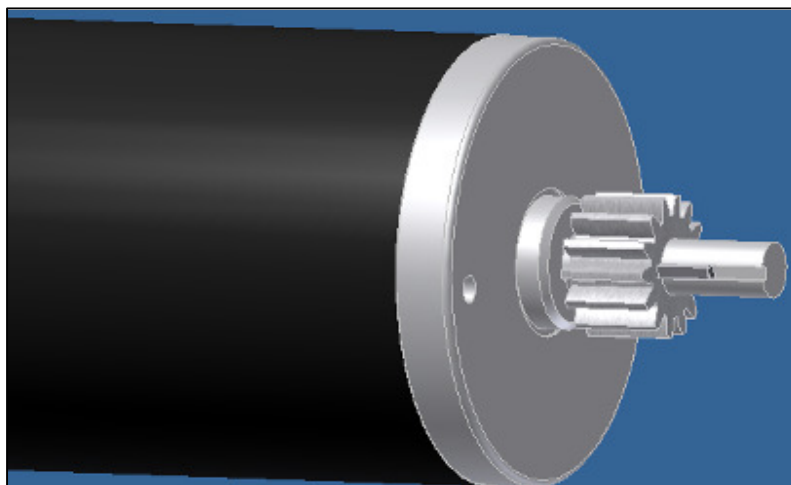
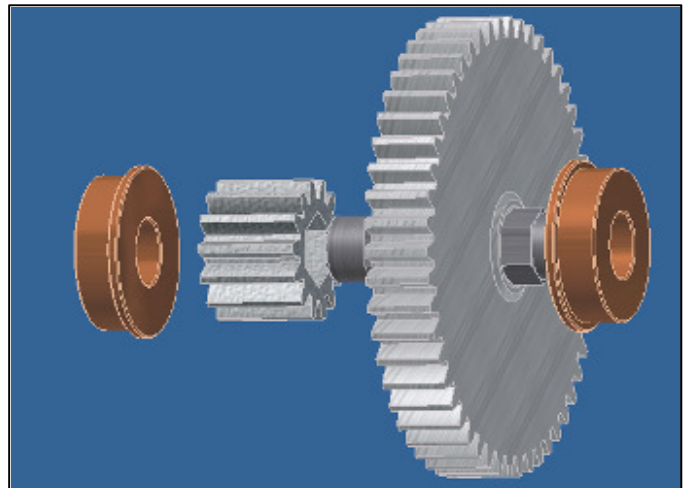
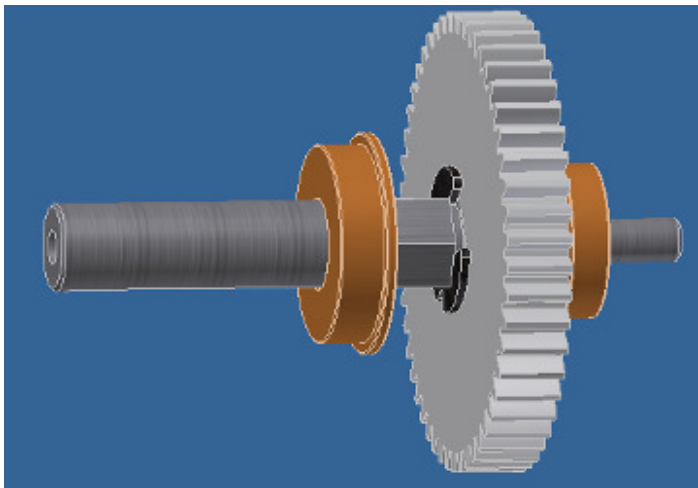
סרטוט גיר המתיחה

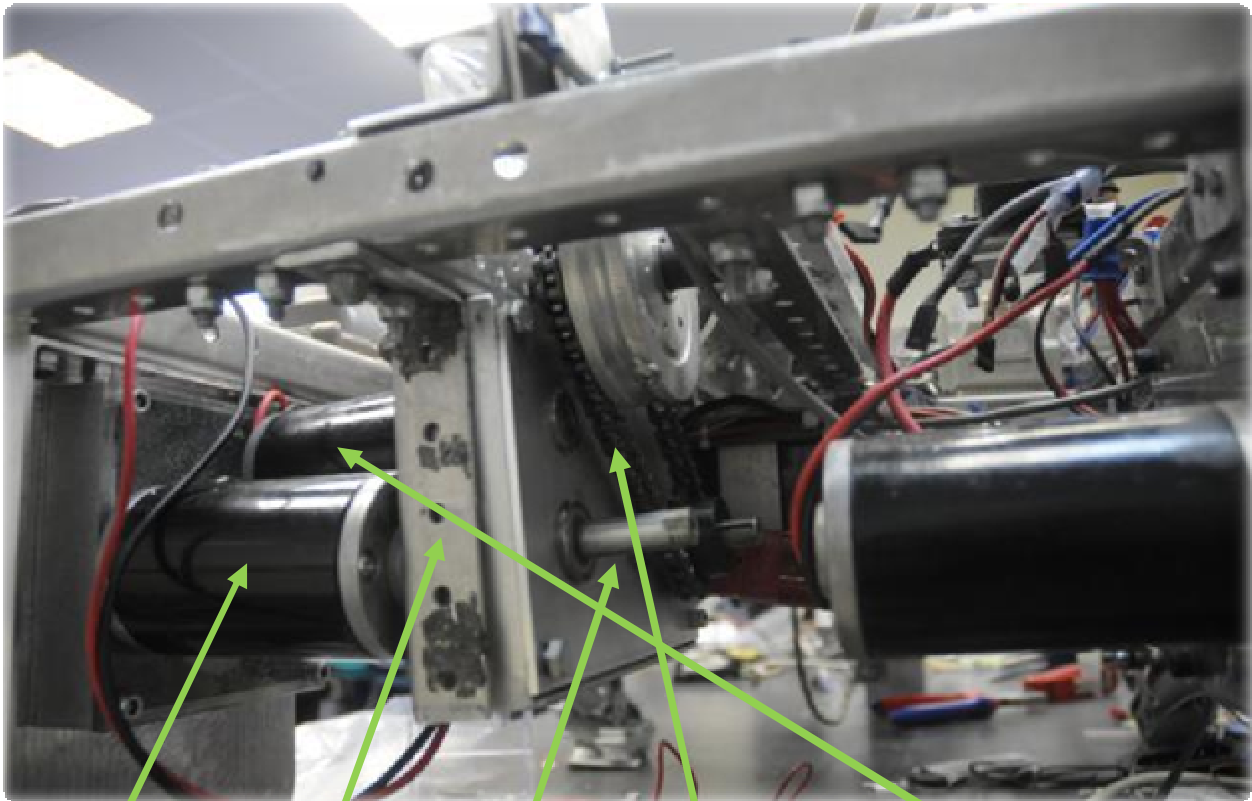
זוהי דוגמה להרכבה של ציר Output, ציר ארוך שבו מתקבל יחס ההעברה הסופי, ואילו מחוברת השרשרת. הציר באורך 3.125", הקוטר שלו בחלק המעוגל הוא 0.5" ויש בו חריץ לשגם 8/1". חלקו הדק בעובי 8/3", והוא בולט מחוץ לגירבוקס. מטרת החלק הבולט הינה חיבור לאנקודר של US Digital, המשתמש בעובי ציר זה, מחוץ לגירבוקס.

על גבי ציר ההעברה הורכב גלגל שיניים בעל 50 שיניים המתאים לציר משתה בעובי 2/1". הוא הוחק במקומו ע"י טבעת סגר (בשחור).

זוהי דוגמה להרכבה של אחד הצירים הקטנים בגיר. זהו ציר שנמצא כולו בתוך הגירבוקס ואינו בולט החוצה. על גבי הציר מורכבים שני גלגלי שיניים, אחד בעל 50 שיניים ואחד בעל 14 שיניים. ההצמדה בין הציר הגדול והקטן (שלוש פעמים) יוצרת את יחס ההעברה.

המנוע חובר ישירות לתמסורת, ועל ציר המנוע הותקן גלגל 14 שיניים, המחובר בעזרת שגם 8/1".





מנוע ה-CIM המניע את הגלגל

שלב ההפחתה שני -  
השרשרת

הציר אליו יחובר  
Encodem

פרופיל  
לחזוק  
הגיד

מנוע CIM  
המניע את  
הגלגל

הגיר חובר אל השלדה בעזרת פרופילי אלומיניום 3 מ"מ מכופפים, שסייעו לו לעמוד בעומס שפעל עליו. זוהי תמונה מתהליך ההרכבה בה ניתן לראות את הגיר מותקן, את הגלגל, את השלב השני של התמסורת- השרשרת ואת החיזוקים לשלדה. מנוע ה-CIM התחתון מהשניים שייך למערכת המתיחה, והעליון שייך לגלגל הימני האחורי שהותקן כבר. לאחר התקנת ה-GearBox, נמתחה שרשרת #35 בינו לבין הגלגל. יחס ההעברה של שלב זה היה 15:22, ולמעשה שלב הפחתה זה זהה לשלב ההפחתה השני במערכת ההנעה: נעשה שימוש בשני גלגלי שיניים בני 15 ו-22 שיניים, המתאימים לשרשרת #35.

## גלגלת

כדי שהחוט המחובר לרגל אכן ימשוך אותה, צריך מקום איסוף לחוט המתארך. מקום איסוף זה הוא גלגלת, אשר החוט יקשר אליה. ניגשנו לתכנן את מערכת התמסורת של הרגל, כאשר יניע אותה מנוע CIM שהוא בעל הספק גדול (205 וואט, 4320 סל"ד, ו-0.452 ניוטון-מטר).

חישבנו את יחס ההעברה הנדרש בין הגלגלת (המותחת את החבל המחובר לקצה הרגל) לבין המנוע (כלומר חישוב של יחס מומנטים). בחישוב הנחנו כי הקפיצים מוציאים כוח קבוע של 300 ניוטון כל אחד, לאורך רגל של 20 ס"מ, למרות שבפועל הם מפתחים כוח זה רק בזווית סטייה של 135 מעלות. הזנחה זו שימשה כמקדם ביטחון בתכנון מערכת התמסורת.

הכוח שמפתחים הקפיצים, ושכנגדו יש למתוח את הרגל, הוא סכום הכוחות שלהם. במציאות הכוח שנגדו יש למשוך הוא גדול יותר כיוון שקיים חיכוך במערכת, ונקודת המשכה שונה מנקודת החיבור של הקפיץ, מה שיוצר הבדלים במומנט. נזניח הבדלים אלה ונפצה על כך בלקיחת מקדמי ביטחון (כמו ההנחה שכוח הקפיץ הוא 300 ניוטון תמיד). לכן:

$$F = 600N$$

נכפול את הכוח ברדיוס הגלגלת (0.04 מטר) על מנת לקבל את המומנט הנדרש, ונחשב את היחס בין המומנט הנ"ל לזה המתפתח במנוע:

$$T = F * R$$

$$T = 600 * 0.04 = 24N - m$$

$$\frac{0.425}{24} = 1:56.5$$

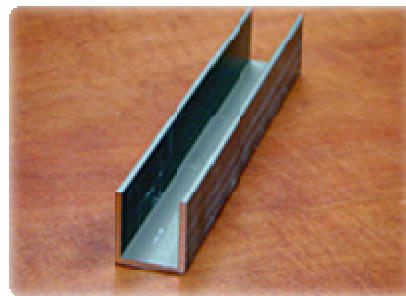
כלומר, יחס ההעברה הנדרש הוא -

יחס ההעברה הסופי שיתקבל מהמערכת שנתכנן הוא 1:67 כך שיתקבל מקדם ביטחון. קיבלנו יחס זה בהפחתה בשני השלבים: גירבוקס ושרשרת.

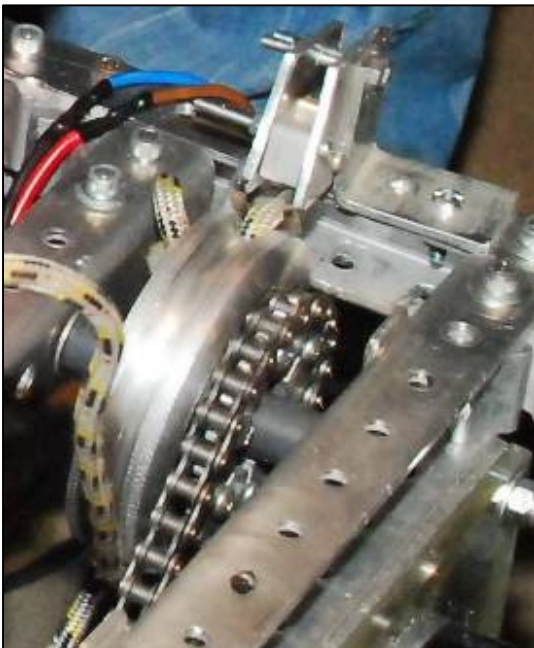
כאשר תסתובב הגלגלת ימתח החוט, והרגל תתחיל בתהליך עליה (עד ל-90 מעלות). הגלגלת תסתובב ע"י חיבור שרשרת לשני גלגלי שיניים - האחד מחובר לגלגלת, והשני לציר במנוע המסתובב. את הגלגלת תכננו וייצרנו לבד.

לאחר כמה ניסיונות גילינו כי יש צורך לייצר גם חלק שימנע מהחוט ליפול מהגלגלת, כדי שלא יסתבך בגלגלי השיניים ובשרשרת ויגרום לתקלה במערכות. את חלק זה ייצרנו מפרספקס (חומר דמוי פלסטיק), אשר ימנע מהחוט ליפול כפי המתואר. לאחר שלקחנו מידות מדוייקות, חילצנו חתיכה בגודל המתאים ובעזרת Blower (כלי הפולט אוויר חם המגיע ל-200 מעלות) כופפנו את הפרספקס לצורת  $\Omega$  הפוכה, כך שיהיה ניתן להתקין אותו על הפרופילים והכבל יאספ בתוכו בכל מתיחה.

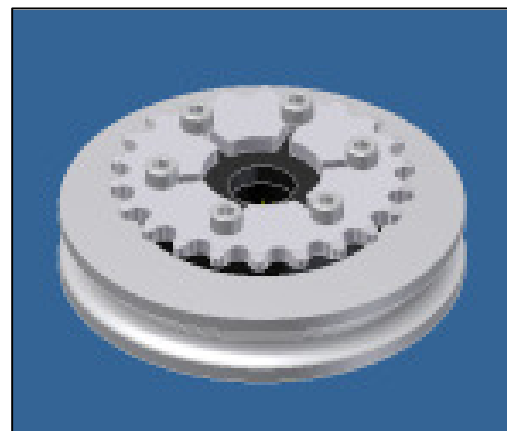
על מנת שהחוט אשר מותח את הרגל לא יקרע, הוספנו חוטי ברזל, אותם חיברנו לפרופיל U (חלק עשוי ברזל בצורת U), כך שהרגל תיעצר בדיוק בנקודה שבה הכדור יכול להימצא (3 אינצ' בתוך השילדה), וכדי שהחוט הדורך את הרגל לא ימתח יתר על המידה בעת השחרור (שהוא חזק ביותר, עקב השימוש בקפיצי הפיתול), ויקרע.



פרופיל U:



תמונת הגלגלת



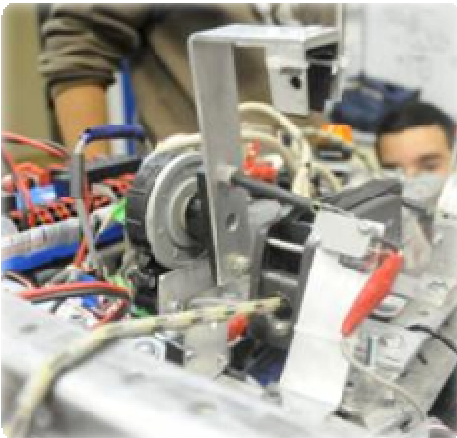
שרטוט הגלגלת

## בולדוג

המגנון מהווה תחליף למצמד שעוצר את הרגל (ראה הסבר נ"ל), והוא נרכש במיוחד לצורך זה.



הבולדוג הוא מכשיר בו משתמשים ביאכטות, כאשר הוא בורר בין שני מצבים: סגור – נעילת החוט העובר דרכו לצד אחד (ניתן למתוח אך לא לשחרר), פתוח – החוט עובר בחופשיות. הבולדוג יורד עומס רב מהמנוע, שכן הוא שיחזיק את הרגל במקומה. לבולדוג מימדים קטנים, והוא יתפוס מקום קטן יחסית על הרובוט.



בנוסף, המגנון הוא פשוט יחסית למגנונים דומים אותם שקלנו, אין איבוד אנרגיה במהלך הבעיטה משתי סיבות: האחת שאין חיכוך בין הכבל לבולדוג במצבו הפתוח, והשנייה היא שהגלגלת, המנוע והתמסורת אינם מושפעים מתנועתו של הכבל (שכן הגלגלת שחררה את הכבל לפני הבעיטה).

בניגוד ליתרונות הרבים של הבולדוג זמן מתיחת הרגל הוא ארוך יחסית (1-2 שניות), בעוד גם השחרור (פתיחת מנוע – ראה למטה), לוקח כמעט שנייה.

בנוסף לכך תיקון של חוזק הבעיטה הוא מוגבל, שכן מתיחה כאשר הבולדוג סגור נעשית רק לכיוון אחד (מתיחה ולא שיחרור), ולכן ישנה מגבלה בעניין זה.

בכדי שהבולדוג יוכל להיפתח ולהיסגר חובר אליו מנוע בעל גיר חלזוני (Denso) – מנוע שמבצע תנועה מעגלית, ונותן מספיק כוח להזזת ידית הבולדוג. המנוע החלזוני יהיה מחובר למחזיק אשר יולבש על ידיתו של

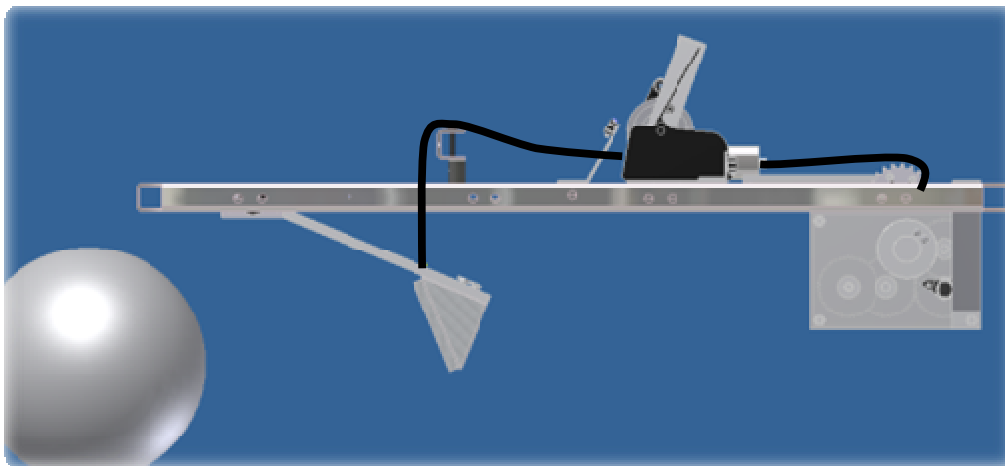
הבולדוג, וכך הוא יפתח ויסגר לפי צרכי המשחק. גיר חלזוני - Denso



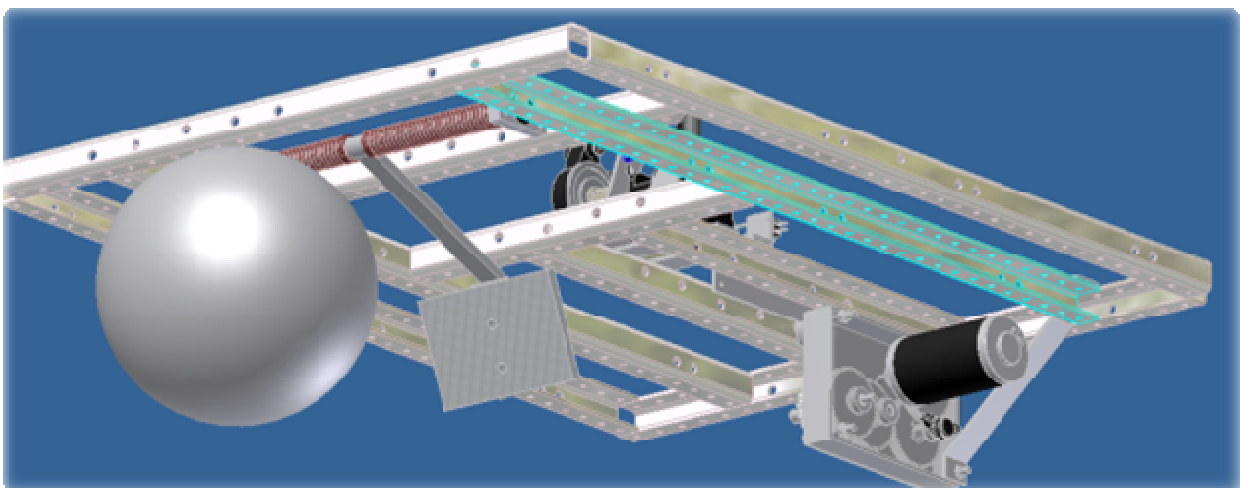
כדי לדעת מתי הבולדוג פתוח / סגור וכדי לשחק בשלב האוטונומי (ראה הסבר נ"ל), חיברנו שני מפסקים בינאריים (Limit switch), האחד ב-0 מעלות והשני ב-150 מעלות. כאשר תפתח ידית הבולדוג, היא תגיע ל-150 מעלות ותיעצר (כך יהיה הבולדוג פתוח, והחוט משוחרר), וכאשר תיסגר ידית הבולדוג היא תגיע ל-0 מעלות (כך הבולדוג סגור, והחוט נעול).

## המערכת הסופית

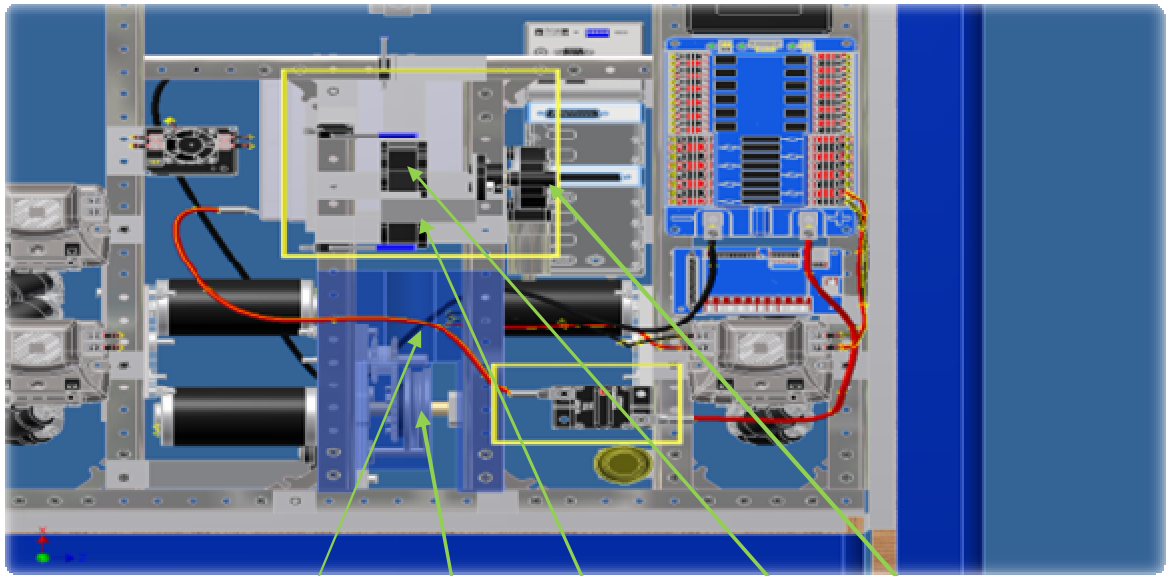
המערכת הסופית הכוללת את הגלגלת, החוט המסתובב עליה, החלק המונע מהחוט ליפול, מערכת הבולדוג (מנוע חלזוני + בולדוג), הגיר, המנוע והרגל עצמה נראית כך:



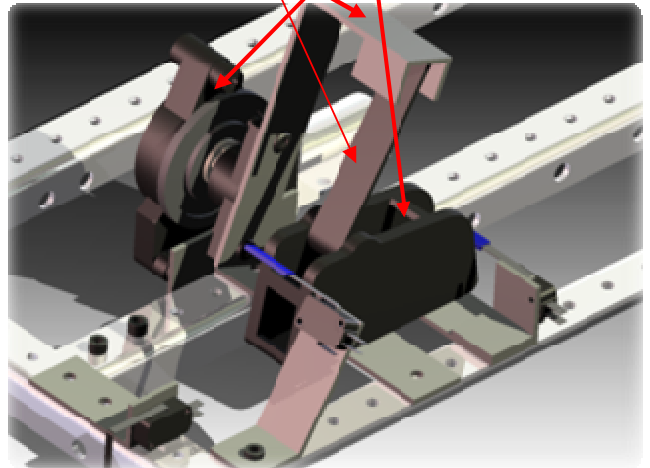
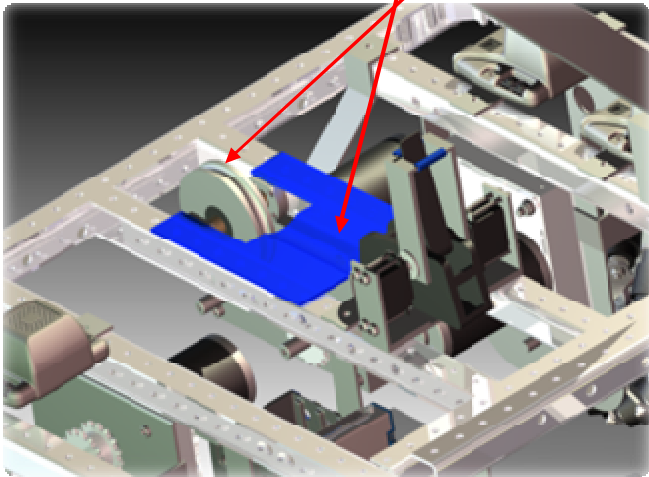
*הצגה צדדית של המערכת*



*הצגה תחתית של המערכת*



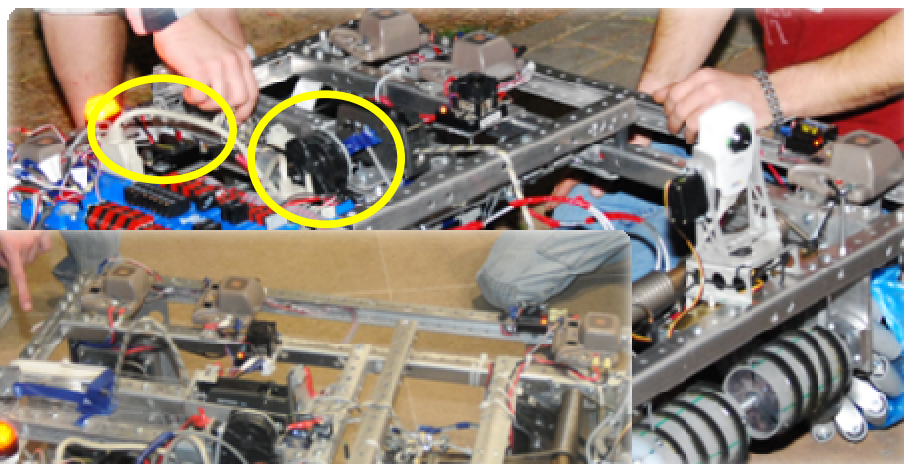
פרספקט (לאיסוף החוט)
גלגלת
ידית הברודוג + המחזיק
ברודוג
מנוע חלזוני



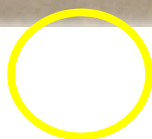


## אופן העבודה של המנגנון:

1. שלב המתיחה: נעשה כאשר הבולדוג במצב סגור והמנוע מסובב את הגלגלת, מה שגורם ל"טעינת הרגל" לזווית רצויה. הזווית קובעת את עוצמת הבעיטה המתקבלת. לנהג האפשרות לקבוע את עוצמת הבעיטה (באחוזים) והתוכנה מתרגמת נתון זה לזווית המתיחה המתאימה, ומוודאת שהבולדוג נמצא במצב סגור. חשוב שתהליך זה יתבצע אוטומטית ובאופן מהיר כדי לקצר את זמני הטעינה והבעיטה.



2. הרפיית הכבל: לאחר שהסתובבה הגלגלת ומתחה את הכבל, היא מסתובבת לכיוון הנגדי, ומרפה את הכבל. כשהבולדוג יפתח הכבל ישוחרר ויעבור לצידו השני של הבולדוג, ויאפשר מתיחה נוספת. אורך הסיבוב (על מנת למתוח את הרגל) יהיה שווה לאורך הסיבוב בעת השחרור. בנוסף, חלק הכבל שמחובר לגלגלת אינו מתוח וכך לא פועל עומס על התמסורת או המנוע.



3. פתיחת הבולדוג ובעיטה: ברגע שהבולדוג נפתח, הכבל משתחרר והרגל בועטת בכדור. שני כבלי פלדה (הסבר נ"ל) עוצרים את הרגל ומונעים ממנה לגרום מק לשלדה ולמערכות אחרות. לאחר הפתיחה הכבל מתוח. פתיחת הבולדוג מתבצעת כאשר הנהג לוחץ על כפתור הבעיטה.



טווח הבעיטה שהתקבל בעוצמה מלאה הינו כ-10 מטרים לאורך וגובה של כ-8 מטרים, בנוסף קיימת אפשרות לכוונון מדוייק של טווח הבעיטה לפי עקומת כיוול המובנית בתוכנה. כאשר המפעיל קובע את המרחק אליו הוא רוצה לבעוט, התוכנה מחשבת את זווית המתיחה המתאימה ומתרגמת נתון זה לכמות הסיבובים שעל המנוע לסובב את הגלגלת. הרגל נמתחת לזווית המתאימה, והמנוע מסובב את הגלגלת לכיוון הנגדי, והכבל מורפה.

4. טעינה מחדש: חוקי התחרות אוסרים על בליטת רכיבי הרובוט מחוץ לשלדה, למעט לצורך בעיטת הכדור. לכן, מייד לאחר הבעיטה, הבולדוג נסגר והרגל נדרכת מיד למתיחה המינימלית הנדרשת, על מנת שהרגל לא תבלוט אל מחוץ השלדה. תהליך זה קורה באופן אוטומטי ללא התערבות המפעיל. מנקודת המתיחה המינימלית ניתן למתוח את הרגל לכל ערך רצוי, ולשחרר אותה בשנית.

## ❖ מנגנון החזקת כדור (Possession):

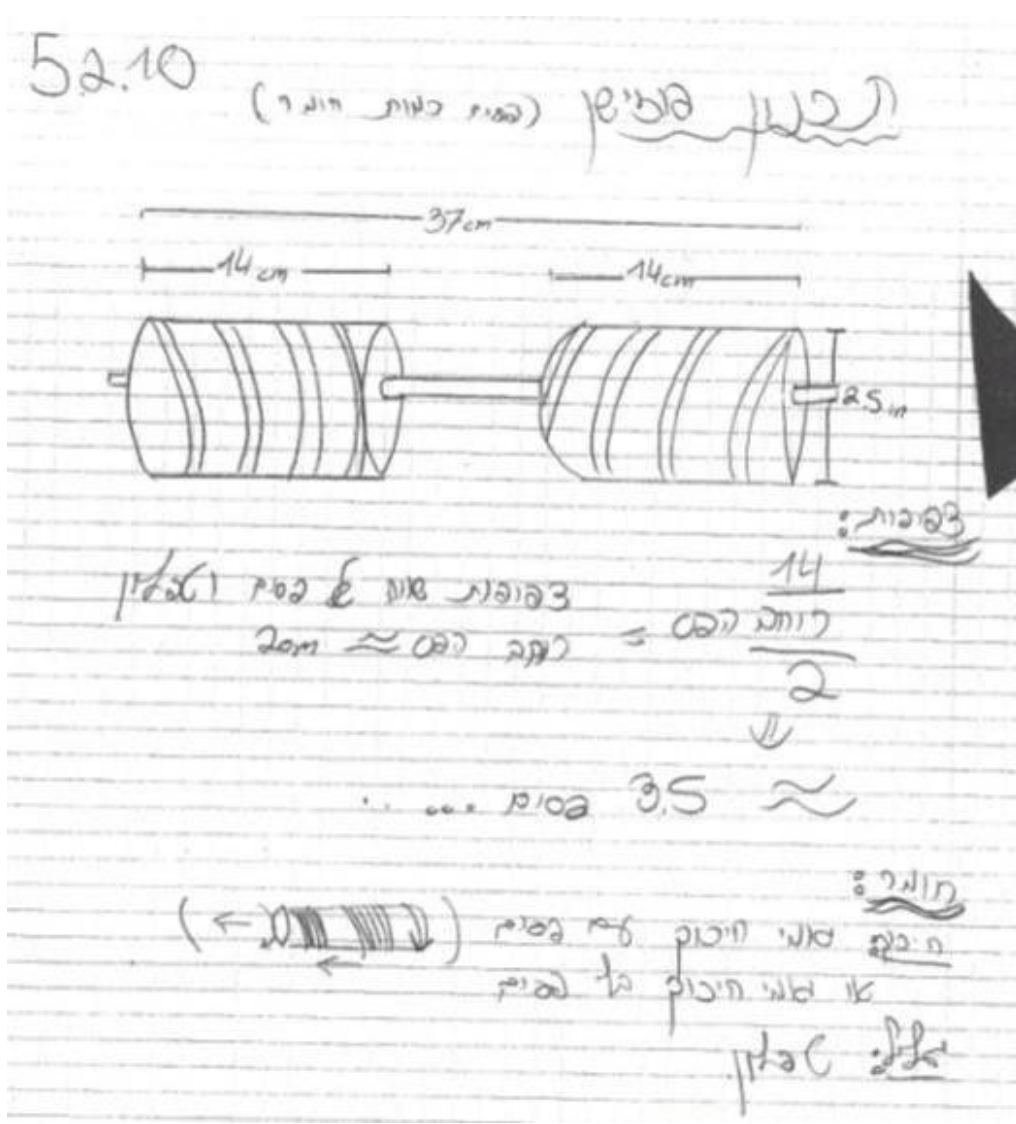
Possession – המצב בו הרובוט שולט על כיוון תנועתו של הכדור ונע ביחד איתו. לאחר התקנת הרגל (מנגנון הבעיטה) על הרובוט ערכנו ניסויי בעיטה, וגילינו כי רוב הפעמים הכדור מגיע אל הרובוט / הרובוט אל הכדור באופן שאינו ניצב לרגל (אינו נמצא ישירות מולה). בעיה זאת עוררה דרישה למנגנון אשר יפתור אותה – ימקם את הכדור בצורה הטובה ביותר מול הרגל לקראת הבעיטה. על מנת שהבעיטה תהיה יעילה ותצלל בצורה מקסימאלית את היכולות של מנגנון הבעיטה (חוק הבעיטה, דיוק הבעיטה) הכדור חייב להימצא בדיוק במרכז הרגל. מנגנון ה-Possession נועד בדיוק למטרה זאת, והוא הפיתרון הטוב ביותר לבעיה. מטרותיו העיקריות של המנגנון הן "תפיסה של הכדור" ושליטה מלאה עליו ע"י הרובוט בעת תנועתו לכל הכיוונים. על המערכת למרכז את הכדור לחלקו הקידמי של הרובוט באופן מאונך למסלול הבעיטה של הרגל ולא להפריע לה. מנגנון ה-Possession ממוקם קרוב לקרקע בקדמת הרובוט כאשר ישנו רווח במרכז המנגנון (שמאפשר את מעבר הרגל בו). הציר של המנגנון מסתובב והכדור מתמרכז אל הרווח הנ"ל, וכך הוא מוכן לבעיטת הרגל.

### סיעור מוחות

מתוך מספר ניסויים עם מקדחה שאליה מחובר ציר ועליו שני גלגלים, נראה שסיבוב מהיר של הציר מאפשר סיבוב של הכדור במקום על משטח המשחק, כאשר נוצר מגע בין הגלגלים וכדור. כך ניתן לנוע עם ההכדור אחורה, קדימה ואף לצדדים במידה והתנועה במהירות סבירה.

המטרה - מניעת מצב שהכדור יתרחק מהרובוט כתוצאה מהמפגש עימו במידה והרובוט נע אל הכדור / הכדור מתגלגל אל הרובוט. על המנגנון לאפשר תמרון והתמקמות מול המטרה.

בחישובים שנערכו בתהליך התכנון של המנגנון הגענו למצב אידאלי של קוטר 3" של הציר הפלנטרי עליו מחובר המנגנון. הוספנו רצועות גומי מחוספסות אשר מודבקות באופן ספירלי על 2 גלילים העשויים מפלסטיק. לפי התכנון, הכדור יגיע למרכז הרובוט (בניצב לרגל הבעוטת) מכל מקום בו יוצר מגע בינו לבין קדמת הרובוט.



תכנון המגנטון

**בניית המגנטון והרכבתו**

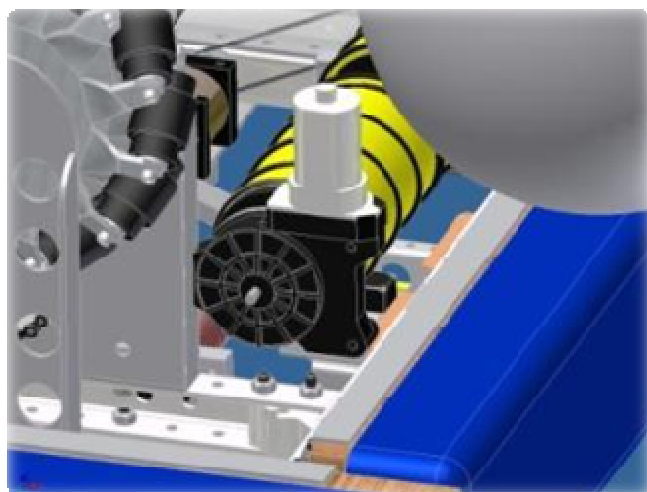
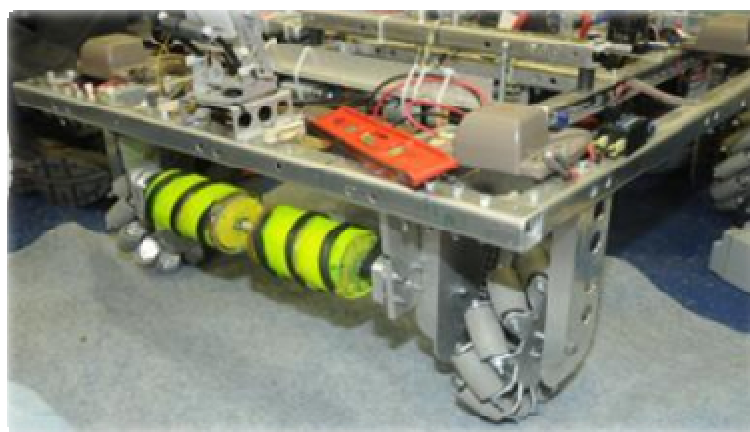
המערכת עשויה מציר פלנטרי העשוי מטפלון, בעל יחס העברה של 1:54 ועליו 2 גלילי פלסטיק. על כל גליל מודבקת רצועת גומי מחוספסת באופן ספירלי. לאחר הדבקת הרצועות יחס ההעברה השתנה ל-1:60. המנוע שמסובב את הציר מגיע להספק של 200 סל"ד.

לאחר התקנת המערכת על הרובוט היא פעלה טוב והשיגה את הביצועים המצופים. לאחר סדרת תיקונים ושיפורים של המערכת וכמה מערכות נוספות נאלצנו להרים מעט את הגובה של ציר המערכת. בניסויים שנערכו לקראת סוף הפרוייקט, התגלה כי המערכת אינה פועלת טוב.

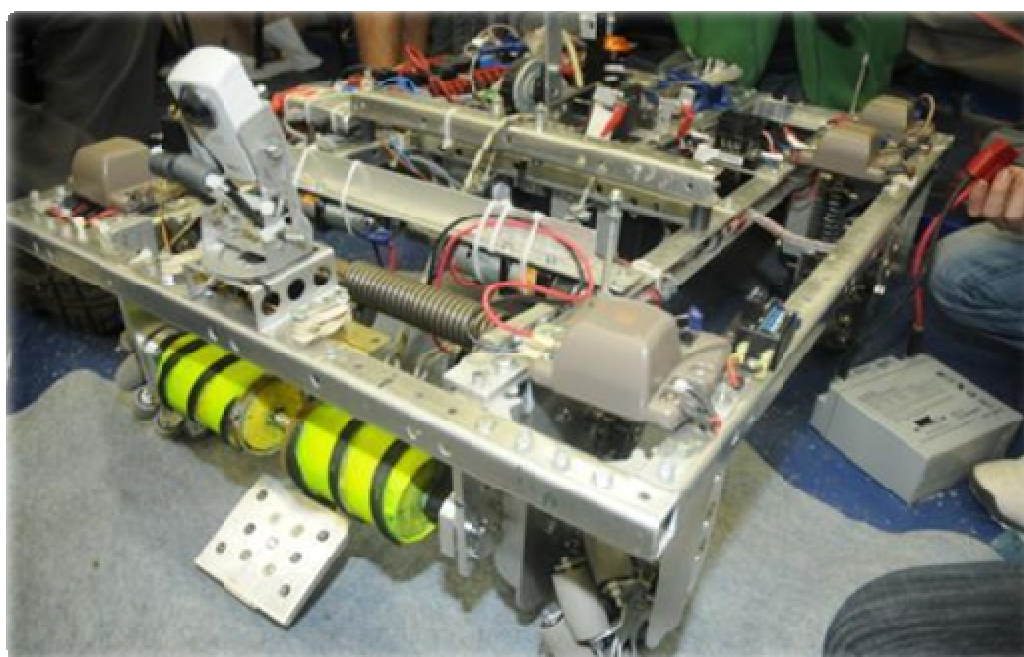
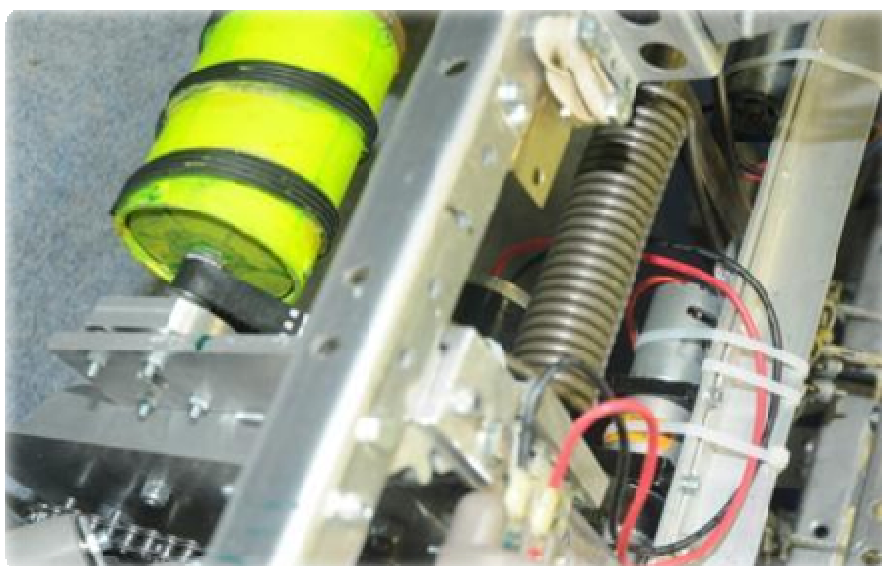
התגלה כי הכדור נדחף אל מתחת לרובוט משום שהיה כוח רב במערכת ומקדם החיכוך בין הגומי לבין הכדור גבוה מאוד. בניסויים מסויימים הכדור לא נתפס כלל ולא התמרז כפי שתוכנן. היה קשה למקם מגביל נוסף לכניסת הכדור בתחתית הרובוט, היות והמערכת שלנו הייתה בנוייה ברובה בחלק התחתון, ולא היה מקום לחלק זה.

ביום האימונים הראשון של התחרות החלפנו את המערכת בבסיס של מטאטא עם תוספת הגבלה כך שהכדור לא יכנס מתחת לרובוט יותר מ-3" בהתאם להנחיות.

הרעיון של המערכת החלופית המאולתרת היה שהכדור יתפס בשערות בסיס המטאטא ויוחזק במקומו עד לבעיטה. כמו כן, ניתן היה לדחוף כדורים לשער ע"י נסיעה עם הכדור לכיוונו, אך תנועה מהירה לאחור לפני הזמן שיחררה את הכדור שכתוצאה מכך לא הוא לא נכנס אל השער.



שרטוט מנגנון ה-Possession



המנגנון הסופי

## ❖ מנגנון המצלמה:

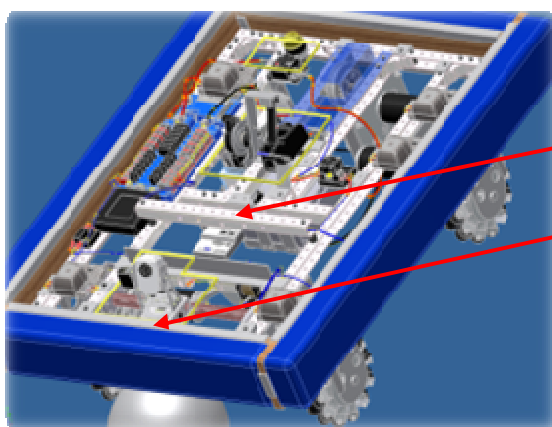
המצלמה היא חלק מהערכת החלקים הבסיסיים שמסופקים ע"י FIRST ונוכחותה על הרובוט היא חובה. מכיוון שמיקום המצלמה הוא הדבר האחרון עליו נערך דיון, התעוררה השאלה היכן למקם אותה וכיצד לתכנן את מיקומה כך שהחלטה כי הרובוט יהיה מסוגל לעבור ב-Tunnel לא תיפגע. מכיוון שבעיה זאת עלתה בשלבי הסיום של בניית הרובוט נאלצנו לבחור בין 2 אופציות למיקום המצלמה.

### סיעור מוחות

ממספר מדידות התגלה כי אם לחבר את גובה הרובוט (בנק' הכי גבוהה שלו) ואת גובה המצלמה, התוצאה גבוהה יותר מגובה ה-Tunnel. בעיה זו הותירה מקום לפיתרון אחד שנבחר מיידית – מערכת מתקפלת עבור המצלמה.

למיקום המצלמה נבחרו 2 אופציות:

- ❖ חיבור פרופיל במרכז הרובוט ואליו תיהיה מחוברת המצלמה. ממספר בדיקות גילינו כי תיהיה בעיה להתקין את המערכת המתקפלת על הפרופיל כי בכל מקרה הגובה הסופי עובר את גובה ה-Tunnel.
- ❖ התקנת המצלמה על הפרופיל הקדמי ביותר המווה חלק משלדת הרובוט. רעיון זה נבחר מיידית מכיוון שמיקום המצלמה בקדמת הרובוט גם תואם את פונקציות התכנות ל הרובוט וגם מתאים לגובה ה-Tunnel עם מערכת מתקפלת מתאימה.

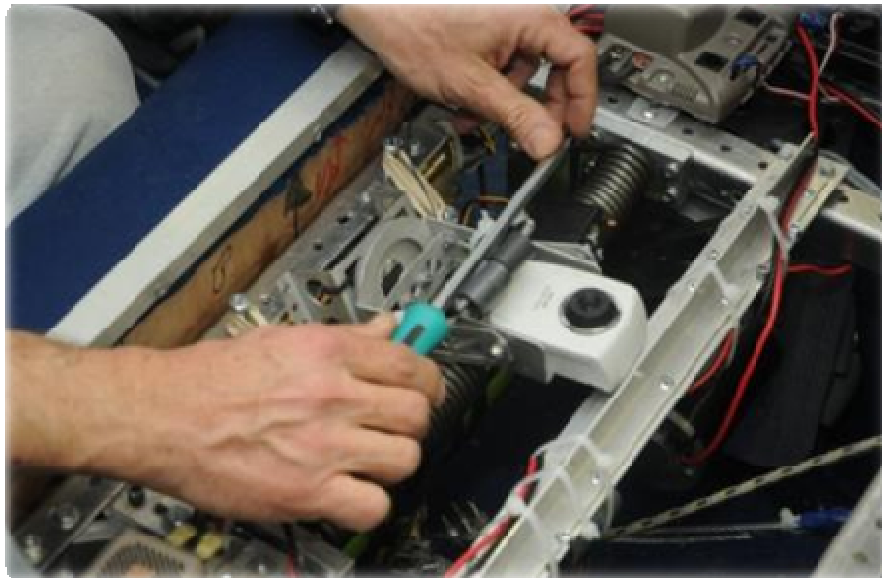


הפרופיל האמצעי

הפרופיל הקדמי

## בניית המנגנון והרכבתו

המנגנון הוא מנגנון פשוט הבנוי ממיט מתקפל אשר מחובר בצידו האחד אל המצלמה ומצידו השני אל שלדת הרובוט (הפרופיל הקדמי). כך המצלמה ניתנת לקיפול של עד כ-90 מעלות. לאחר בדיקה האם הרובוט אכן עובר מתחת ל-Tunnle התברר כי הרובוט עובר והמצלמה אכן מתקפלת כפי שתוכנן אך עדיין ה-Tunnle מתנגש עם איזורים בולטים של המצלמה והדבר מסוכן מאוד בזמן משחק – יכול לגרום לתלישת המצלמה ממקומה. את בעיה זו פתרנו באמצעות חיבור לבסיס המצלמה מוט ברזל דק בצורת "ח" שעליו השחלנו 2 גלילי פלסטיק חלולים. הפתרון יעיל ובניסיון לאחר מכן עבד בצורה חלקה מכיוון שכעת הגלילים הם החלק הכי בולט ברובוט. לאחר שהרובוט נכנס מתחת ל-Tunnle, המצלמה מתקפלת בזכות כך שהגלילים המסתובבים עוזרים לה לעבור ב-Tunnle בצורה חלקה כאשר הם באים במגע עם תקרתו.



*המצלמה במצב מקופל*



## ❖ שיקולים נוספים:

- **מרכז כובד נמוך:** מרכז כובד (הנקרא גם מרכז מסה) הוא מונח בפיזיקה שנמצא בשימוש רב

במיוחד בתחום המכניקה. מרכז המסה של מערכת גופים או חלקיקים הוא

נקודה במרחב שמסת המערכת כולה מתנהגת כאילו היא מרוכזת בה. מקומו של מרכז המסה

הוא פונקציה של המקום והמסה של כל הגופים המרכיבים את המערכת. לאחר בדיקות של

רמת ההשפעה הרלוונטית אלינו של מרכז הכובד על הרובוט (ממאמרים באינט' וסרטונים של

תחרויות רובוטים משנים קודמות) וציפיות לביצועיו בזירה הוחלט כי זהו שיקול חשוב מאוד

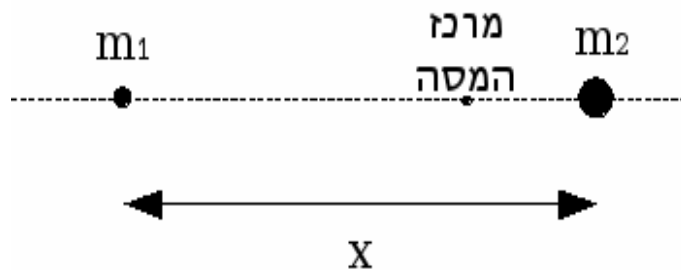
שחובה לשים אליו לב, להתחשב בו ולתכנן לפיו.

להנמיך מרכז כובד נקרא ליצור מצב שרוב המסה של מערכת מסויימת תהיה יותר קרובה

לקרקע. כאשר מצב זה נוצר, יציבותה של המערכת גדלה ובמקרה שלנו, הסיכוי להתהפך

קטן בהתאם. מכך ניתן להסיק שכאשר מרכז הכובד נמוך יותר, כך היציבות של המערכת

גדולה כי היא "נמשכת לקרקע" בצורה חזקה יותר.



M1 – המסה הרחוקה יותר  
מהקרקע

M2 – המסה הקרובה יותר  
לקרקע

לפי איור זה ניתן להדגים את השינוי במרכז המסה כפונק' של סכום המסות שלהן ומיקומם במרחב.

כלומר, ככל שהמסה גדולה יותר והיא ממוקמת קרוב יותר לפני השטח כך מרכז הכובד יהיה נמוך

יותר.

את עובדה זאת ניתן להוכיח גם בצורה מתמטית פשוטה ע"י 2 ביטויים פרופורציונליים המתארים את מרכזי המסה לפי המסות באיור הנ"ל.

$$\frac{m_2}{m_1 + m_2} x \quad (2) \qquad \frac{m_1}{m_1 + m_2} x \quad (1)$$

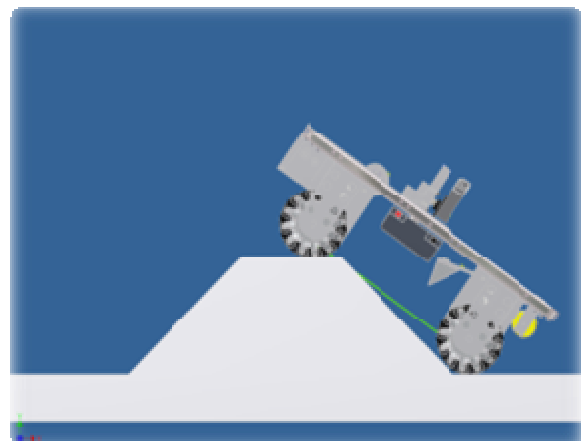
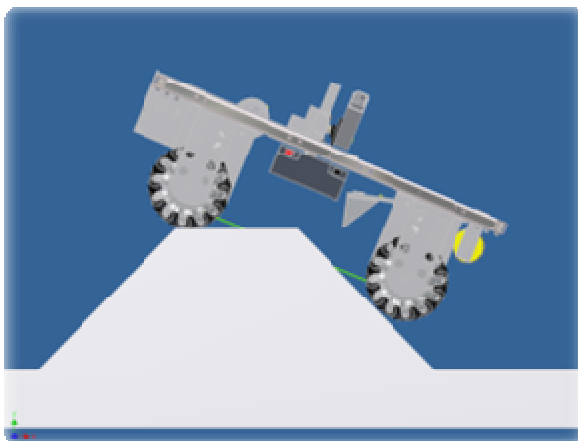
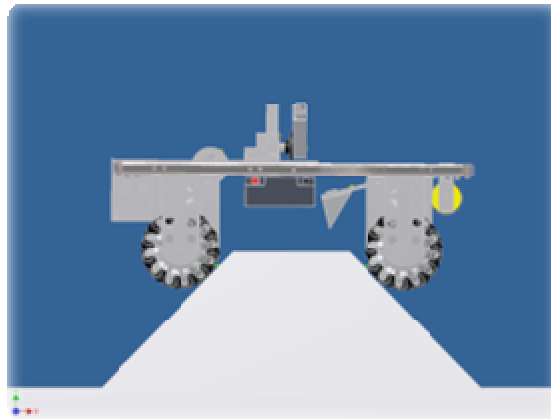
ניתן לראות בביטוי 1 שכאשר M1 גדל, מרכז המסה גדל גם הוא (כלומר הנקודה המייצגת אותו במרחב גובההת – מתקרבת ל-M1 באיור הנ"ל) וזה מראה עם יציבות שהולכת וקטנה והסיכוי להתהפכות הרובוט שהולך וגדל. אותו דבר גם לגבי ביטוי 2, כאשר הנקודה M2 גדלה, מרכז המסה קטן (כלומר הנקודה המייצגת אותו במרחב גובההת – מתקרבת ל-M2 באיור הנ"ל) וזה מראה על יציבות שהולכת וגדלה כי המסה שממוקמת קרוב יותר לקרקע הולכת וגדלה וכך סיכויי ההתהפכות של הרובוט הולכים וקטנים גם כן.

ברובוט שלנו ההתייחסות למפורט לעיל באה לידי ביטוי בהוודה מחושבת וסימטרית של כמה חלקים מכאנים לצד התחתון של הרובוט.

מה שהורד מתחת לשלדת הרובוט:

- 5 Gearboxes (תיבות הילוכים)
- 5 מנועי CIM
- סוללה

הורדת חלקים אלה למיקום הריצוי זו משימה שצורכת תכנון ומדידה מדוייקת כדי למנוע מגע בין חלקים אלה לבאמפ בעת עליית הרובוט עליו. לשם כך נדרש סרטוט איכותי ומדוייק של הרובוט בשלבי העליה והירידה שלו מהבאמפ (בייחוד כאשר נוצרת זווית של 45 מעלות בינו לבין החלק העליון של הבאמפ – במצב זה הבאמפ הכי קרוב לשלדת הרובוט).



ציור קו דימוני העובר דרך הנקודות הנמוכות ביותר של החלקים הנ"ל ובדיקת נק' חפיפה בינו לבין הבאמפ.

סכום משקלם של החלקים הנ"ל המותקנים על הרובוט גבוה יחסית לשאר משקל הרובוט. מיקומם בצד התחתון של הרובוט שכמובן קרוב יותר לקרקע הוא מה שנותן את התוצאה הרצויה – מרכז כובד נמוך וסיכוי קטן מאוד להתהפכות בכל מצב במשחק.

## שלבי הבנייה:

להלן סדר התקנתן ובנייתן של כל מערכותיו המכניות של הרובוט.

#### 1. מבנה שלדת הרובוט ומערכת ההנעה

- 1.1 בניית השלדה – חיבור 4 פרופילי U ליצירת מלבן (צורתו של הרובוט).
- 1.2 חיבור הגלגלים ומחזיקיהם לשלדה.
- 1.3 חיבור ה-Gear Box-ים, המנועים, גלגלי השיניים והשרשראות.

#### 2. התקנת מנגנון הרגל

- 2.1 קדיחת חורים בשלדה למיקום קפיץ הפיתול עבור הרגל.
- 2.2 מתיחת הקפיצים כרצוי וחיבור הרגל לקפיץ.
- 2.3 חיבור חוטי ברזל לעצירת הרגל.
- 2.4 התקנת הבולדוג והגלגלת והעברת חוט המתחבר לרגל דרכם.
- 2.5 חיבור הגלגלת למנוע הרגל, והתקנת מנגנון הרמת הבולדוג והודתו.
- 2.6 התקנת חיישנים בינאריים לבולדוג ולגלגלת.
- 2.7 הכנת משטח קעור מפרספקס אשר יאסוף את החוט בעת שחרורו.

#### 3. התקנת מנגנון הפוזן

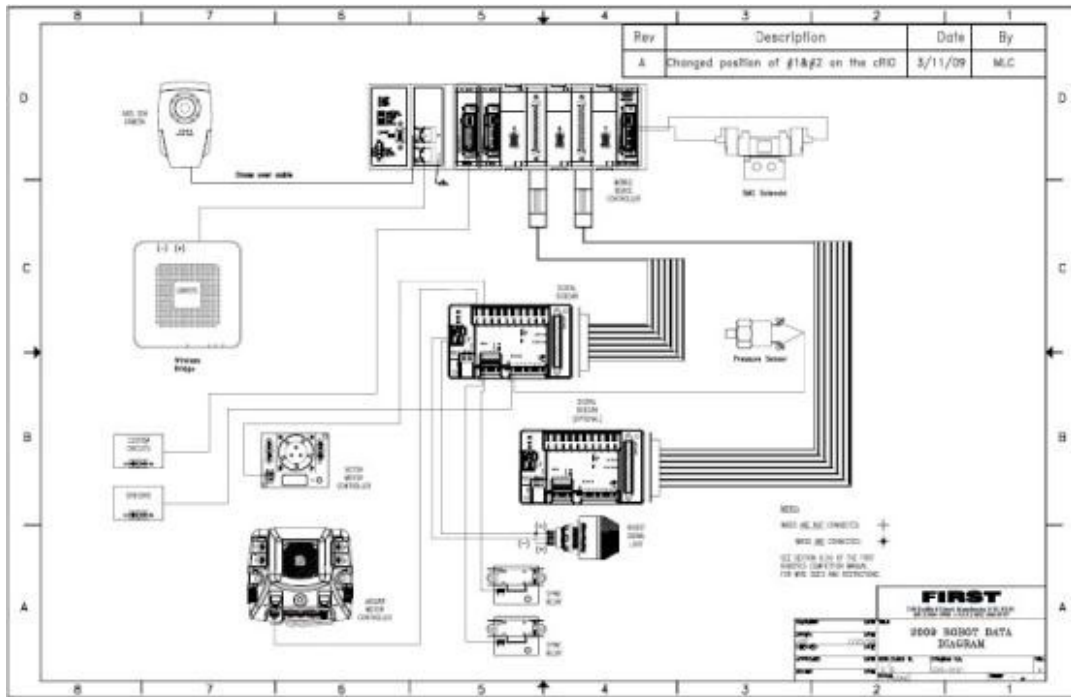
- 3.1 הורדת מוטות ברזל מהשילדה, וחיבור ציר מנגנון הפוזן למוטות (אחד מכל צד).
- 3.2 חיבור המנגנון למנועים המניעים אותו ע"י רצועות גומי משוננות (מגלגל השיניים על ציר המנוע לגלגל השיניים על ציר מנגנון הפוזן).

#### 4. התקנת מנגנון המצלמה

- 4.1 חיבור המצלמה ומנגנון הקיפול שלה.

# ציוד היקפי

## מערכות אלקטרוניות



דיאגרמה כללית של רוב הרכיבים האלקטרוניים בהם נעשה שימוש ברובוט.

### בקר (C-Rio):

הבקר ("קונטרולר") הוא כלי עצמתי מאוד מבית חברת National Instruments אשר מהווה את ה"מח" של הרובוט. על הבקר יש 8 סלטים המיועדים למודולים אשר מחוברים לחלקי הליבה של הרובוט.

אל הזיכרון הנמצא בבקר נצרכת תוכנת הרובוט (ראה תכנות הרובוט).



## נתוני הבקר:

- מעבד בפלטפורמה של 32 bit ומהירות שעון של 400 MHz.
- זיכרון דינמי של 64 Megabyte, מתוכם 32 – עבור תוכנות המשתמש.
- זיכרון סטטי של 128 Megabyte.
- תמיכה מלאה ב- Multi-tasking (עיבוד של מס' משימות במקביל) תחת מערכת הפעלה פנימית ב-Real Time.

## המודולים:

הבקר מסוגל לתקשר כמעט על כל מערכת דרך המודולים המתאימים שמחוברים אליו. לסוגי המודולים השונים יש חיבורים שכל חיבור מתאים לסוג מסויים של מערכת אליו הוא מתחבר.



סוגי מודולים שונים

ברובוט נעשה שימוש ב-2 סוגי מודולים בלבד.

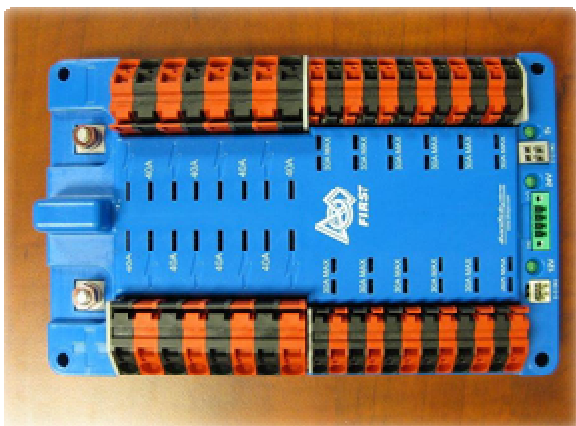
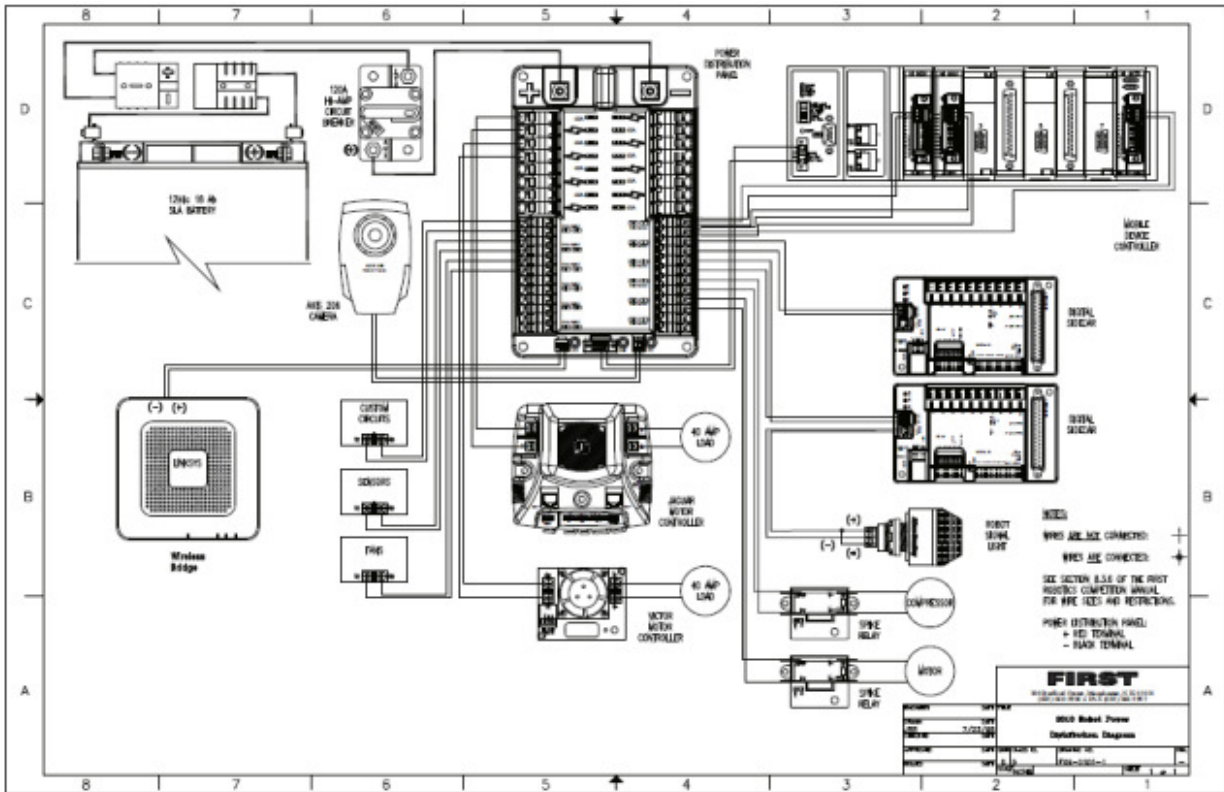
- מודול דיגיטלי – אחראי על התקשורת עם רכיבים דיגיטלים על הרובוט.



- מודול אנלוגי – אחראי על התקשורת עם רכיבים אנלוגיים על הרובוט.



## לוח חשמל (Power Distribution Board):

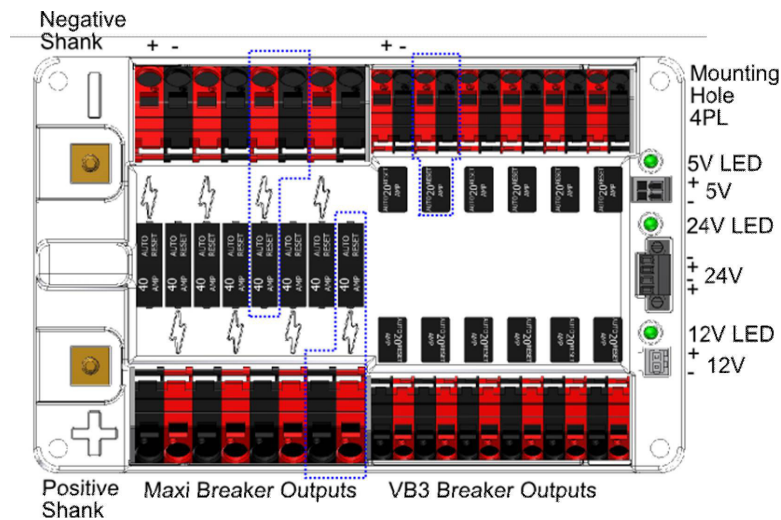


לוח החשל מבצע תפקיד זהה לחלוטין ללוח החשמל המצוי בבמבנים. לוח החשמל מקבל זרם מהמצבר (6V-15V) בגודל של 120A, אותו הוא מפצל ומעביר דרך נחשולים בעלי פלט של עד 40A (לחלקים אלקטרוניים המתאימים למתח זה) ונחשולים בעלי פלט של עד 30A.

ישנם 8 נחשולים בעלי פלט של 40A (8 זוגות של קטבים חיוביים ושיליים הנקראים נחשולי Maxi) ו-12 נחשולים בעלי פלט של עד 30A (12 זוגות של קטבים חיוביים ושיליים הנקראים נחשולי VB3).

ללוח יש מערכת הגנה מובנת נגד קפיצות / נפילות מתח השומרת על חיי הרכיבים האלקטרוניים של הרובוט.

מידותיו של הלוח (ע"א"א): 22.6X14.3X3.8 ס"מ. הלוח עשוי מפלסטיק.



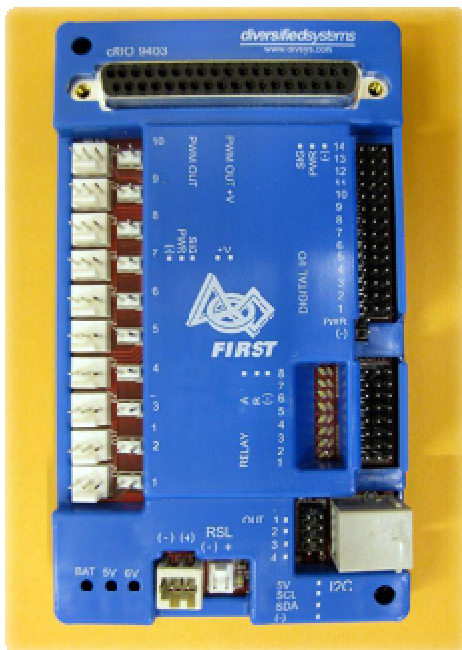
### מענח דיגיטלי (Digital Sidecar):

תפקידו של הלוח הוא לתווך בין הבקר לרכיבים האלקטרוניים שעל הרובוט. הבקר מתחבר ללוח הנתונים דרך חיבור הנקרא cRIO 9403 ודרכו מועברים הנתונים ממעבד המקר אל הלוח. דרך החיבורים שעל הלוח מועברים הפקודות אל כל הרכיבים האלקטרוניים של הרובוט כצורה שהם יודעים לנתח וליישם.

על הלוח ישנם:

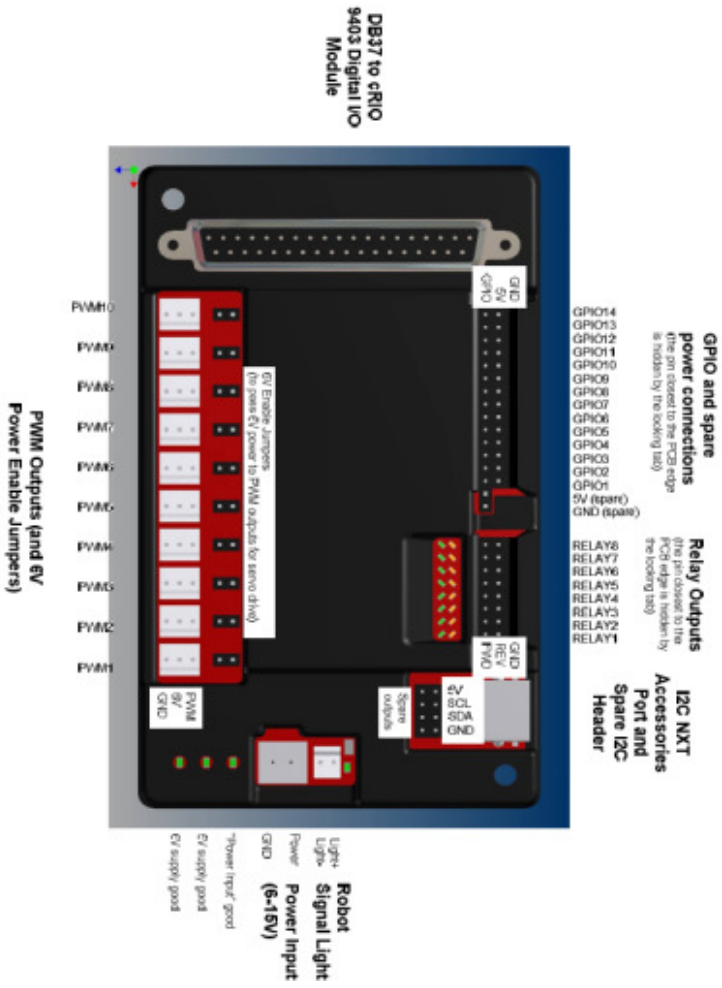
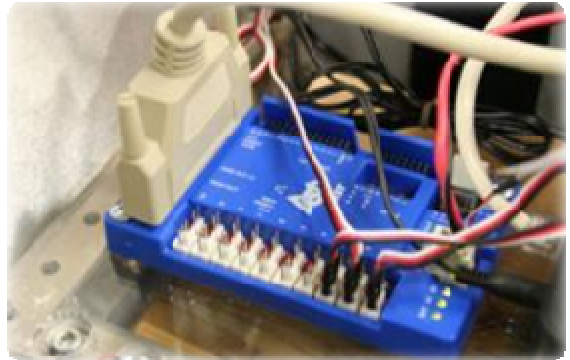
- 10 חיבורים הנקראים PWM המתחברים אל בקרי המהירות ובקרים נוספים של המנועים.
- 14 חיבורי PWR.
- 16 חיבורים לפיזיים.

בנוסף, על הלוח ישנה מערכת הגנה בפני קפיצות ונפילות מתח.

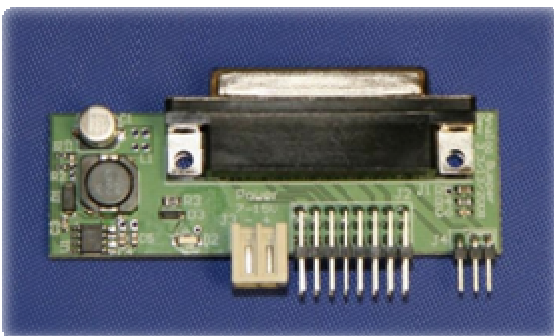




מידותיו של הלוח (עצראא):  
 12.7X7.6X2.5 ס"מ. הלוח עשוי  
 מפלסטיק



המפענח האנלוגי – Analog Breakout מחובר למודול האנלוגי מפענח אותו מספק לוח קלט פלט אלנוגי נוח.



## בקרי מנועים:

### Jaguar ■

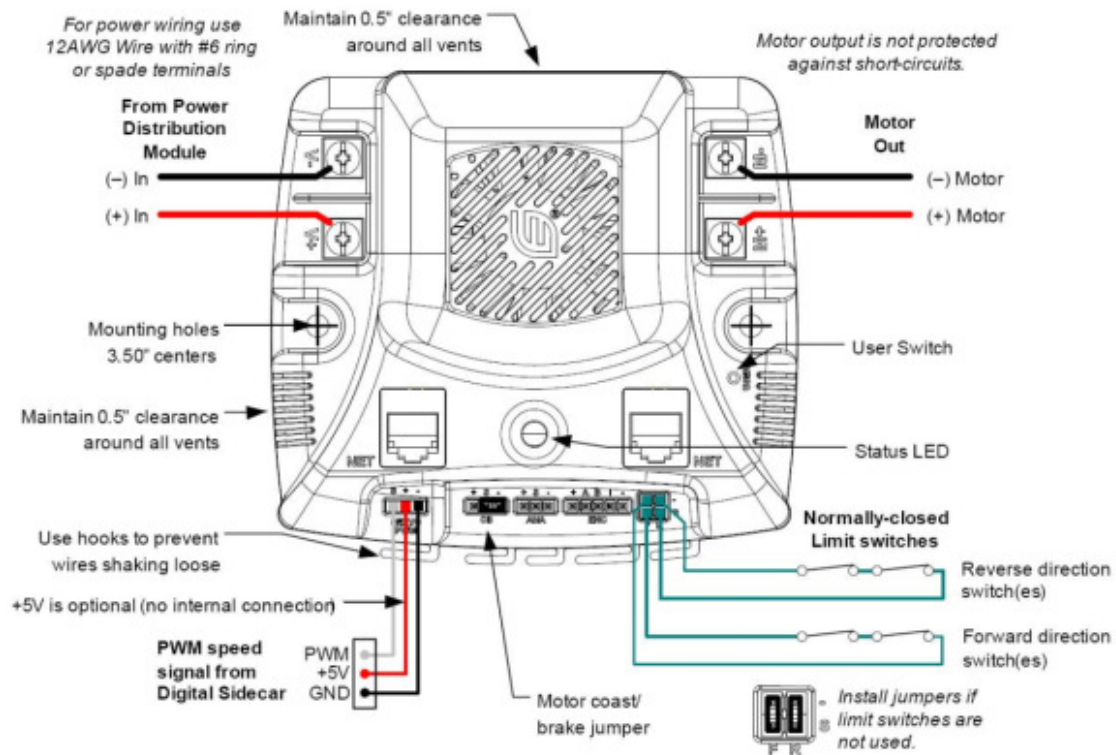


תפקידו של היגואר הוא לבקר על מהירות המנוע אליו הוא מחובר ולקבוע אותו לפי הנתונים שהוא מקבל שקרך חיבור ה-PWM אל לוח בקרת הנתונים.

### נתונים:

- מהירות הרענון של היגואר היא 5 מילי-שניות.
- מתח של 12V זרם של עד 60A.
- נורות לד המסמנות על מצבו בכל זמן.
- תמיכה בחיישן בינארי.
- קירור אוויר מובנה (מאוורר).

נעשה שימוש במערכת הנעה של 4X4 לכן השתמשנו ב-4 יגוארים – אחד לכל מנוע של כל גלגל.

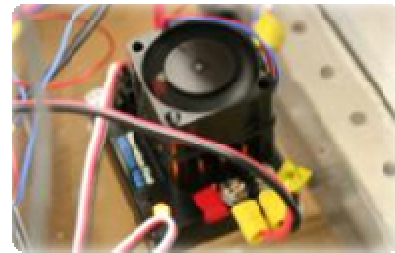
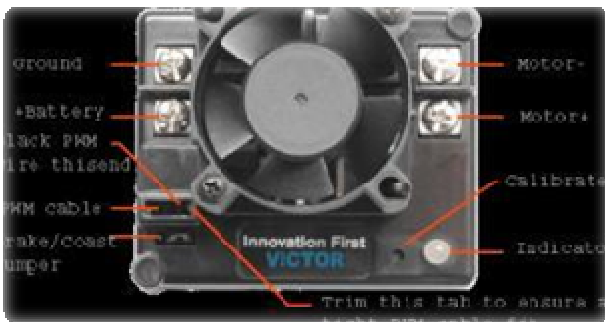


## ▪ Victor:

זוהו לחלוטין ליגור מבחינת תפקיד.

קצב ריענון של 10 מילישניות ובעל מידות קטנות יותר.

נעשה שימוש ב-2 ויקטורים.



## Encoder (חיישן סיבובים):

תפקידו של חיישן הסיבובים הוא לספור את הסיבובים שעושה רכיב מכאני כלשהו בזמן אמת. החיישן סופר מספר סיבובים של ציר אליו הוא מחובר, ומחזיר זווית הפרופורציונלית למספר הסיבובים שהרכיב ביצע.

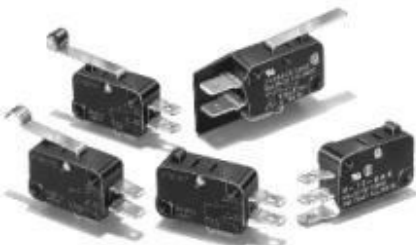


## Limit Switch (חיישן בינארי):

תפקידו של החיישן הבינארי הוא להחזיר אמת / שקר.

כלומר, כאשר יש לחיצה על חלק האלומיניום החיישן מחזיר "אמת" וכל עוד אין לחיצה מצבו של החיישן מחזיר "שקר".

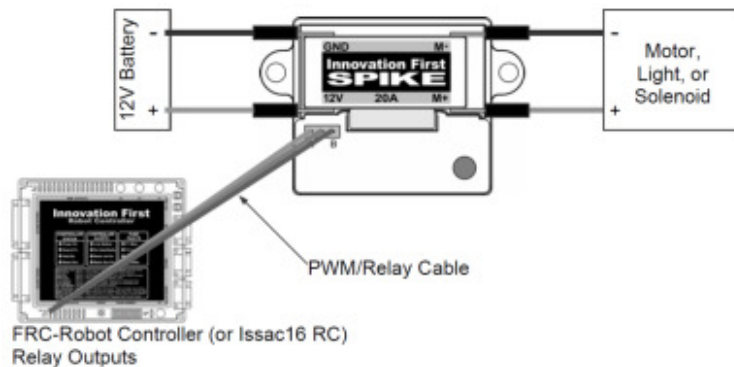
נעשה שימוש ב-3 חיישנים בינאריים – 1 לגלגלת (מחזיר "אמת" כאשר התבצע סיבוב) ו-2 לבולדור (בודק האם פתוח או סגור).



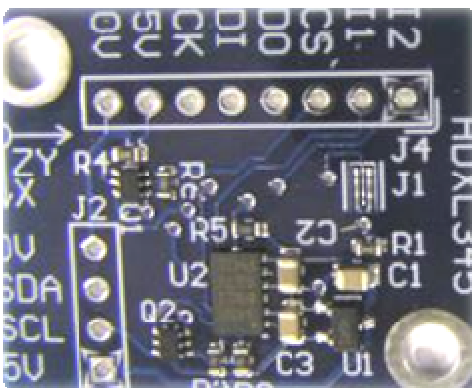
## Spike (פירו):



חיישן השולח למנוע ערכים דרך ה-PWM: אם קדימה – פלוס V12 אם אחורה - V12 אם שניהם או כלום - V0.



## Accelerometer (חיישן תאוצה):



תפקידו של חיישן התאוצה הוא להחזיר בזמן אמת ובכל רגע נתון את תאוצת החיישן (שהיא גם תאוצת הרובוט). החיישן הוא חיישן דיגטלי המחשב גם את התאוצה הדינאמית (ויבדציות) וסטטית (כח המשיכה). החיישן מתחבר ללוח בקרת הנתונים דרך חיבור PWR.

את חיישן זה מיקמנו במרכז הרובוט (בתלת מימד) לקבלת נתונים מדויקים יותר.

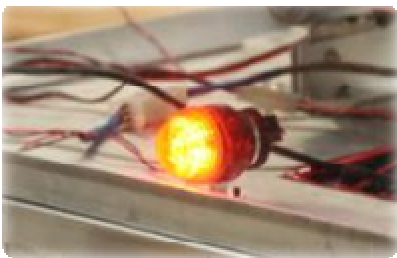
נעשה שימוש בחיישן תאוצה 1 הממוקם במרכז הרובוט.

## נתב אל-חוטי:



Linksys Dual Band – נתב אלחוטי חזק מבית Linksys  
המאפשר את השליטה ברובוט דרך פרוטוקול רשת אלחוטית  
n 802.11 Wireless.

## Big Flashing Light (נורת חיזוי):



נורת החיזוי היא חלק מערכת החלקים שמסופקת של שנה ע"י FIRST.  
תפקידה הוא להציג על מצבו של הרובוט – דלוק / כבוי.  
בזמן צריבת תוכנה לרובוט הנורה מודיעה על כך בעזרת הבהוב מהיר.  
התקנת הנורה על הרובוט היא חובה.

## מצלמה:



תפקידה של המצלמה הוא הצגה בזמן האמת במשחק את מה שהיא רואה  
למסך המחשב של הנהג בעמדת השליטה. במשחק ה-Breakaway, המלמה  
מסוגלת לזהות ולמקד את הרובוט אל ה-Vision Target. למצלמה יש חיבור  
Ethernet אל הבקר (והבקר מחובר ל-Access Point שעל הרובוט) ובכך דרך  
החיבור האלחוטי בינו לבין עמדת הנהג, הוא רואה מה שהיא רואה בזמן אמת  
התקנת המצלמה על הרובוט היא חובה.

## נתונים:

- מצלמת Axis 206 בעלת חיבור Ethernet.
- צבעונית בעלת עדשת 4 מ"מ.
- תומכת בפורמט MPEG וצילום וידאו ב-30 fps.
- רזולוציית VGA ניתנת לקביעה (החל מ-QVGA – 320X240).
- זיכרון דינאמי של 16 mb זיכרון פלאש של 4 mb.
- בעלת יכולת של ניתוח תמונה (צורות וצבעים) בידאו בזמן אמת.

## עמדת הנהגים (Driver Station):



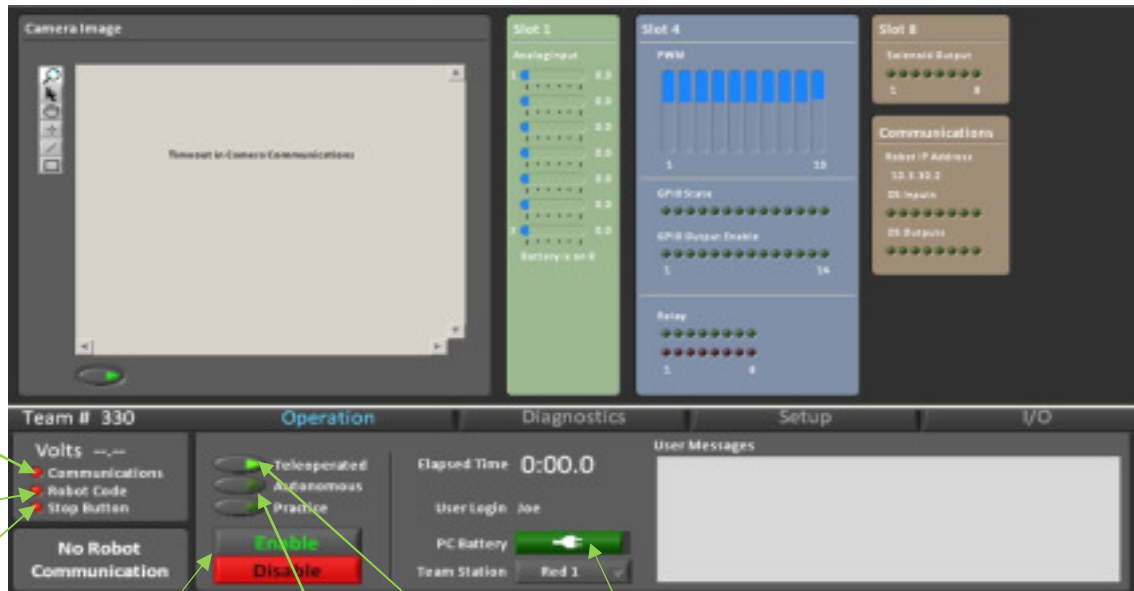
עמדת הנהג מורכבת מן המרכיבים הבאים:

### מחשב:



2GoPc Classmate - המחשב הנמצא על עמדת הנהג מהווה כמרכז הבקרה על הרובוט. המחשב הוא מסוג NetBook המצויד המערכת הפעלה Windows XP ובתוכנת השליטה והכיל על הרובוט המסופקת ע"י FIRST. בתוכנה זו ניתן להדליק ולכבות את הרובוט, לראות נתונים מזמן אמת שמחזיקים החיישנים השונים שמותקנים עליו. כמו כן ניתן לראות דרך התוכנה את מה שרואה המצלמה בזמן אמת.

## ממשק המתמשש של התוכנת השליטה על הרובוט – Dash Board :



זיהוי תקשורת  
 זיהוי התוכנה  
 זיהוי כפתור  
 Stop

הפעלה / כיבוי  
 הרובוט

מצב ידני  
 מצב אוטונומי

מצב הסוללה

## :Joystick



הג'ויסטיק הוא אמצעי השליטה היחידי על הרובוט שעומד לרשותו של הנהג. הג'ויסטיקים המסופקים ע"י FIRST הם תוצרת חברת Logitech. על כל ג'ויסטיק ישנם 11 כפתורים הניתנים לתכנות. הג'ויסטיקים מתחברים למחשב בעזרת חיבור USB. השתמשו ב-3 ג'ויסטיקים השולטים על מערכות שונות ברובוט:

- נהיגה "רגילה" ושליטה על הרגל.
- נהיגה "הולונומית" ושליטה על הרגל.
- שליטה על המצלמה.



### כפתור עצור (Stop Button):

הכפתור נועד למצבי חירום במידה והרובוט יוצא משליטה עקב בעיית תוכנה לא צפויה. לחיצה על הכפור עוצרת את התוכנה שעל הרובוט. אין אפשרות להפעיל את הרובוט כל עוד הכפתור אינו מחובר למחשב (דרך חיבור USB). לאחר עצירה דרך הכפתור יש לאתחל את הרובוט על מנת להפעילו שוב.

### לוח קלט\פלט (I/O Board):



מאפשר חיבור של חיישנים נוספים שאיתם הנהגים יוכלו לתקשר עם הרובוט (לדוגמא: כפתורים נוספים).

### מפצל USB



במחשב ישנם רק שני חיבורי USB. מכיוון שנוצרים מצבים שבהם הנהגים צריכים יותר משני ג'ויסטיקים – נדרש מפצל USB.

### חלקים נוספים:



## מצבר:



המצבר הוא מקור הכח היחידי שיש לרובוט. המצבר הוא של 12V. לקבוצה יש כ-8 מצברים ותחנת טעינה המתאימה לו.

## מנוע CIM:

מנוע CIM הוא המנוע היחידי שמותר לעשות בו שימוש במערכת ההנעה של הרובוט.

עד שנת 2008 היו 2 סוגים של מנועי CIM – 2.5" ו-3.5". משנת 2008 מותר השימוש במנועי CIM בקוטר 2.5" בלבד. מנוע זה מתחבר ל- Gear Box דרך הציר שלו (שהוא זה שמסתובב).



## נתונים:

- מהירות סבוב מקס' – 5550 סל"ד.
- פלט מקס' של מתח – 321W.
- קוטר – 2.5".
- אורך – 4.315".



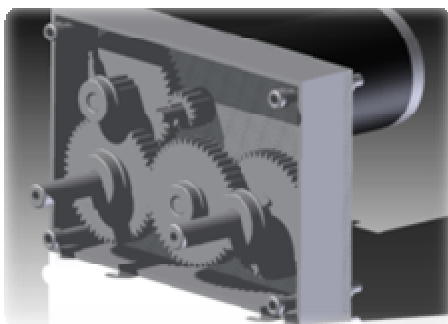
נעשה שימוש ב-5 מנועי CIM – 4 מנועים למערכת ההנעה (מנוע לכל גלגל) ומנוע CIM למנגנון מתיחת הרגל.

TYPICAL PERFORMANCE @ 12 Vdc					
	TORQUE	SPEED	CURRENT	POWER	EFF'CY
	Oz-In	RPM (±10%)	A MAX	Wo	%
FREE LOAD	0	5310	2.7	0	0%
NORMAL LOAD	64.0	4320	27	205	63%
@MAX EFFICIENCY	45.0	4614	19.8	154	65%
@MAX POWER	171.7	2655	67.9	337	41%
@STALL	343.4	0	133.0	0	0%

בעל הספק מקסימלי של 337 וואט ב-2655 סל"ד.

נתוני פעולה תחת עומס נורמלי: 4320 סל"ד, 0.452 ניוטון- מטר של מומנט- סה"כ 205 וואט הספק.

### Gear Box (תיבת גיר):



ה-Gear Box הוא החלק המכאני אשר אחראי לתנועת הגלגלים. הכח שמתקבל ממנוע ה-CIM המחובר אל אחד הצירים, מסובב ע"י גלגל השיניים של אותו ציר מערכת של גלגלי שיניים בעלת יחס העברה קבוע. הצירים האחרים מסתובבים וגורמים לסיבוב הגלגל אליו מחובר ה-Gear Box. ברובוט שלנו השתמשנו ב-5 Gear Box-ים – 1 לכל גלגל ו-1 למערכת המתיחה.

## תכנות מערכות הרובוט

תכנות המערכות של הרובוט מהווה שלב רחב וחשוב מאוד בתהליך בנייתו. תוכנה תקינה היא תנאי הכרחי לך שהרובוט יישם ויבצע בהצלחה את הפונקציות שתוכנתו לו.

שלב זה מתחיל לאחר קבלת הקונספט הסופי, כלומר לאחר ההחלטה על החלקים והמערכות המכאניות שיהיו על הרובוט לפרטי פרטים (כיצד יעבדו, אילו מנועים וחיבורים יהיו מחוברים לחלקים אלו וכו'). התכנות הוא שלמעשה גורם לרובוט לפעול לפי המתוכנן.

התכנות השנה נעשה בשפת LabView (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench). שפה זו היא למעשה פלטפורמה וסביבת פיתוח לתכנות בשפה חזותית. היא מיועדת להפעלת ציוד מדידה ממוחשב, ובמקרה שלנו לתכנות מערכת מכאנית (בעזרת מנגנונים אלקטרוניים) לרובוט. חוץ מהיותה שפה עוצמתית ביותר, היא נוחה מאוד לשימוש בעצם היותה חזותית ומונחת עצמים (Object Oriented Programming – OOP). יתרון משמעותי נוסף הוא צורך השימוש המועט במקלדת והימנעות בזכות כך משגיאות כתיב המקשות בדר"כ מאוד על ה-Debug שמתבצע במידה ומשהו לא עובד כדרוש. כל הפונקציות בשפת LabVIEW בעלות הסיומת (פורמט) VI. (לדוגמא - Func.vi).

התוכנה משתמשת בפונקציות ומחלקות שונות הנבנות בתוכה (במקרה שלנו - אתחול מנועים, חיישנים, חלקי רובוט נוספים, פעולות מתמטיות שונות ועוד), ולמעשה יוצרת מעין רצף חיבורים בין פונקציות שונות, שבסופו של דבר יוצרות את הפונקציה שממלאת את הפעולות הנדרשות מן הרובוט. בסופו של דבר, לכל מערכת מכאנית ברובוט הייתה תוכנה כתובה שבאמצעותה היא פעלה.

כאשר סיימנו את תכנון כל המערכות המכאניות (כלומר ידענו בדיוק כיצד על הרובוט לעבוד), התחלנו את שלב התכנות. צוות תכנות מנה כ-5 חברים.

ארגון FIRST (התומך בתוכנת ה-LabView) מספק לכל הקבוצות מידי שנה עותקים של המהדורה המיוחדת של תחרות ה-FRC שבה מובנות פונקציות רבות המהוות את הבסיס לתוכנה הסופית של הרובוט (אתחול מנועים, חיישנים וכו'), זאת על מנת להקל על שלב התכנות בתקופת הבנייה הקצרה שעומדת לרשות הקבוצה.

## הפונקציות שקיבלנו (וחלקן מיממשנו) בשפה:

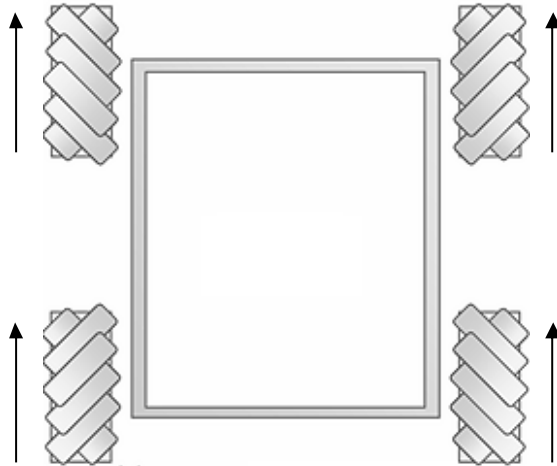
- Robot Main – הפונקציה הראשית של התוכנה הכוללת המריצה את שאר הפונקציות.
- Robot Global Data – פונקציה חשובה וקריטית ביותר בה קיימים כל המשתנים הגלובליים של התוכנה המאפשרים מעבר נתונים בין כל הפונקציות בתוכנה והתקשורת ביניהן.
- Begin – פונקציית הפתיחה הכללית. אחראית על פתיחת כל המשתנים והרכיבים למיניהם, שום הגדרות ראשוניות והגדרת מיקומי רכיבים.
- Finish – פונקציית סגירה כללית (ההופכית ל-Begin). סוגרת את כל המשתנים ומפנה את המקום בזכרון של כל העצמים שאותחלו ב-Begin.
- Autonomous Iterative – פונקציה אוטונומית אשר חוזרת על עצמה בתוך לולאת While, כלומר - היא תרוץ ללא הפסקה עד אשר תקבל פקודת עצירה. בתוך הפונקציה נמצא הקוד האוטונומי (המתוכנת ע"י הקבוצה עבור השלב הראשי במשחק) של הרובוט ומשתנים פנימיים נחוצים.
- Autonomous independent – פונקציה אוטונומית אשר חוזרת על עצמה בתוך לולאת For, כלומר – היא תרוץ מספר מסוים וקבוע מראש של פעמים ולאחר מכן תפסיק. פונקציה זו לא נמצאת בתוכנה של רובוט זה ומתוכנתת מן היסוד ע"י הקבוצה.
- Teleop (קיצור של Teleoperated) – פונקציית השליטה הידנית ברובוט. פונקציה זו מכילה בתוכה את הג'ויסטיקים, המנועים, החיישנים והיא מאפשרת לנהג שליטה מלאה ברובוט.
- Vision Processing – פונקציית המצלמה. בתוכה ניתן לבצע את כל הפעילות הקשורה למצלמה ולנתח עצמים, צורתם וצבעים שונים.
- Periodic Tasks – פונקציה שרצה ברקע בצורה מחזורית בכל זמן הפעולה של הרובוט. הפעולות שנמצאות בה אינן קשורות לאף פעולה שמתבצעת ברובוט. פונקציה זו מתחילה לרוץ כאשר התוכנה של הרובוט נטענת מהזכרון ועד לכיבוי הרובוט.
- Disable – פונקציה שמכילה פעולות שיבוצעו בזמן שהרובוט מושבת (לא נעשה בה שימוש).

התכנות התבצע בשלבים, כאשר לאחר כל שלב נעשתה בדיקת נכונות לאלגוריתם שנכתב. להלן שלבי עבודת הצוות:

- **תכנות פונקציית הנעה** – לאחר שהוחלט להשתמש בגלגלי מכאנום (אשר מאפשרים תנועה ל-4 כיוונים שונים – נסיעה הולונומית), התגלה כי התוכנה המוכנה להנעת גלגלי מכאנום (שהגיע מארגון FIRST) לא עבדה, נאלצנו לכתוב את התוכנה בעצמנו. קלט: צירי X וצירי Y משני הג'וייסטיקים. **אופן פעולת הפונקציה:** הפונקציה ממירה את הקלט למהירות שנשלחת למנועים. **אלגוריתם:** ציג כמה אפשרויות לתזוזת הרובוט וכיוון הסיבוב / התנועה בעט קלאים שונים מהג'וייסטיקים.

1. ג'וייסטיק מופנה כולו קדימה (ציר Y) - TankJoystick.Y=max

תנועת הגלגלים:



עבור מקרה זה פונקציות הגלגלים הם:

Forward Right = TankJoystick.Y

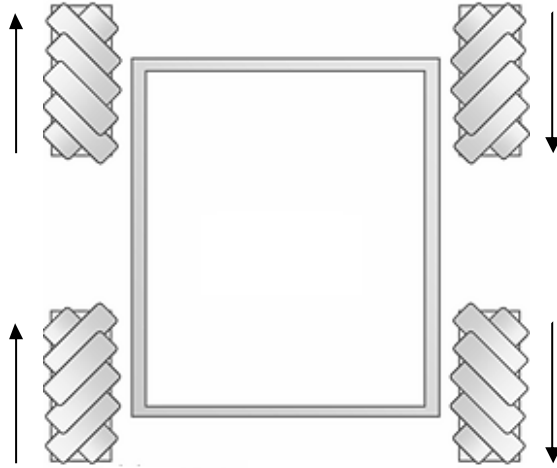
Forward Left = TankJoystick.Y

Backward Right = TankJoystick.Y

Backward Left = TankJoystick.Y

2. ג'וייסטיק מופנה כולו ימינה (ציר X) -  $\text{TankJoystick.X}=\max$

תנועת הגלגלים:



עבור מקרה זה פונקציות הגלגלים הם:

$$\text{Forward Right} = (-1) \times \text{TankJoystick.X}$$

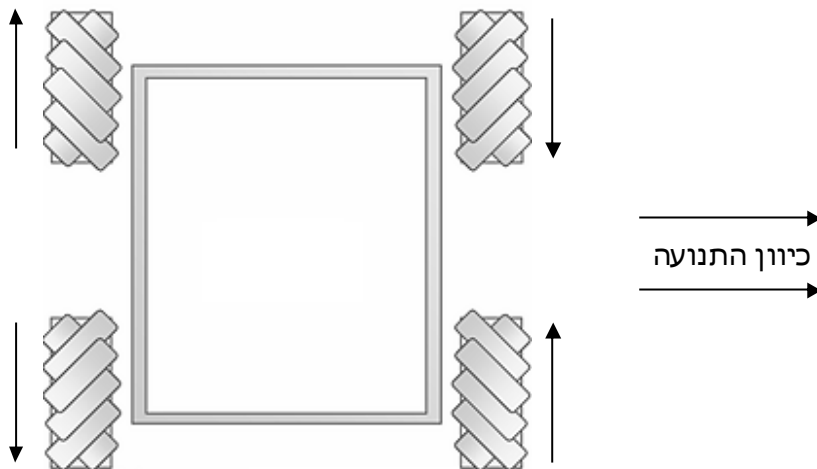
$$\text{Forward Left} = \text{TankJoystick.X}$$

$$\text{Backward Right} = (-1) \times \text{TankJoystick.X}$$

$$\text{Backward Left} = \text{TankJoystick.X}$$

3. ג'וייסטיק הולונומי מופנה כולו ימינה (ציר X) -  $\text{HoloJoystick.X}=\max$

תנועת הגלגלים:



עבור מקרה זה פונקציות הגלגלים הם:

$$\text{Forward Right} = (-1) \times \text{HoloJoystick.X}$$

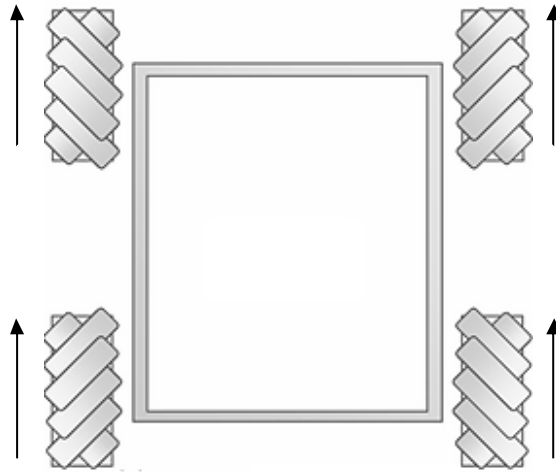
$$\text{Forward Left} = \text{HoloJoystick.X}$$

$$\text{Backward Right} = \text{HoloJoystick.X}$$

$$\text{Backward Left} = (-1) \times \text{HoloJoystick.X}$$

4. ג'וייסטיק הולונומי מופנה כולו קדימה (ציר X) -  $\text{HoloJoystick.Y} = \text{max}$

תנועת הגלגלים:



עבור מקרה זה פונקציות הגלגלים הם:

$$\text{Forward Right} = \text{HoloJoystick.Y}$$

$$\text{Forward Left} = \text{HoloJoystick.Y}$$

$$\text{Backward Right} = \text{HoloJoystick.Y}$$

$$\text{Backward Left} = \text{HoloJoystick.Y}$$

### הפונקציות הסופיות:

כפי שניתן לראות מהדוגמאות הנ"ל, ביטויי הפונקציות פרופורציונלים זה לזה, לכן הפונקציות הסופיות הן:

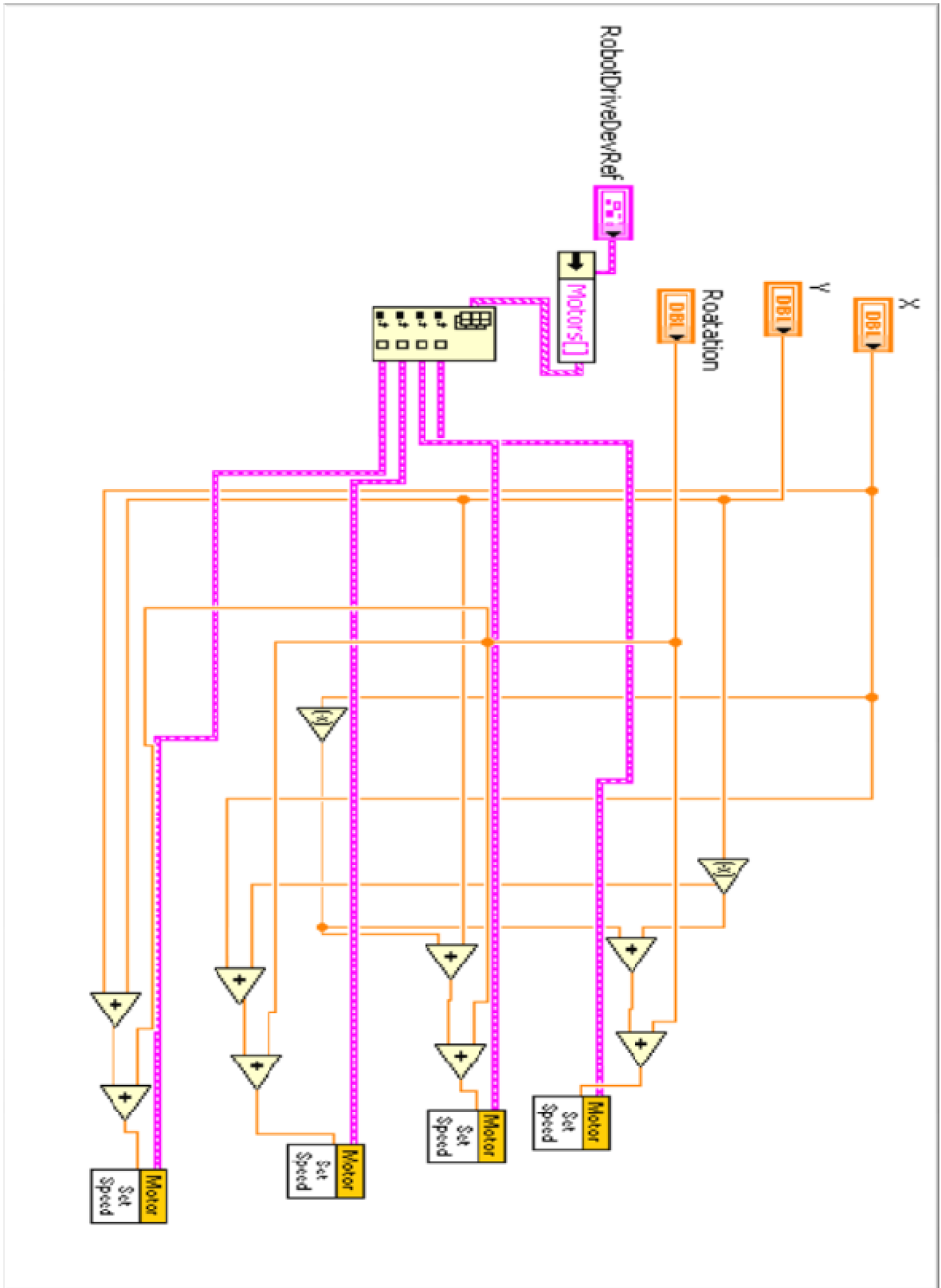
$$\underline{\text{Forward Right}} = (-1) \times \text{HoloJoystick.Y} + \text{HoloJoystick.X} + \text{TankJoystick.X} + (-1) \times \text{TankJoystick.Y}$$

$$\underline{\text{Forward Left}} = \text{HoloJoystick.Y} + \text{HoloJoystick.X} + \text{TankJoystick.X} + (-1) \times \text{TankJoystick.Y}$$

$$\underline{\text{Backward Right}} = (-1) \times \text{HoloJoystick.Y} + (-1) \times \text{HoloJoystick.X} + \text{TankJoystick.X} + (-1) \times \text{TankJoystick.Y}$$

$$\underline{\text{Backward Left}} = \text{HoloJoystick.Y} + (-1) \times \text{HoloJoystick.X} + \text{TankJoystick.X} + (-1) \times \text{TankJoystick.Y}$$



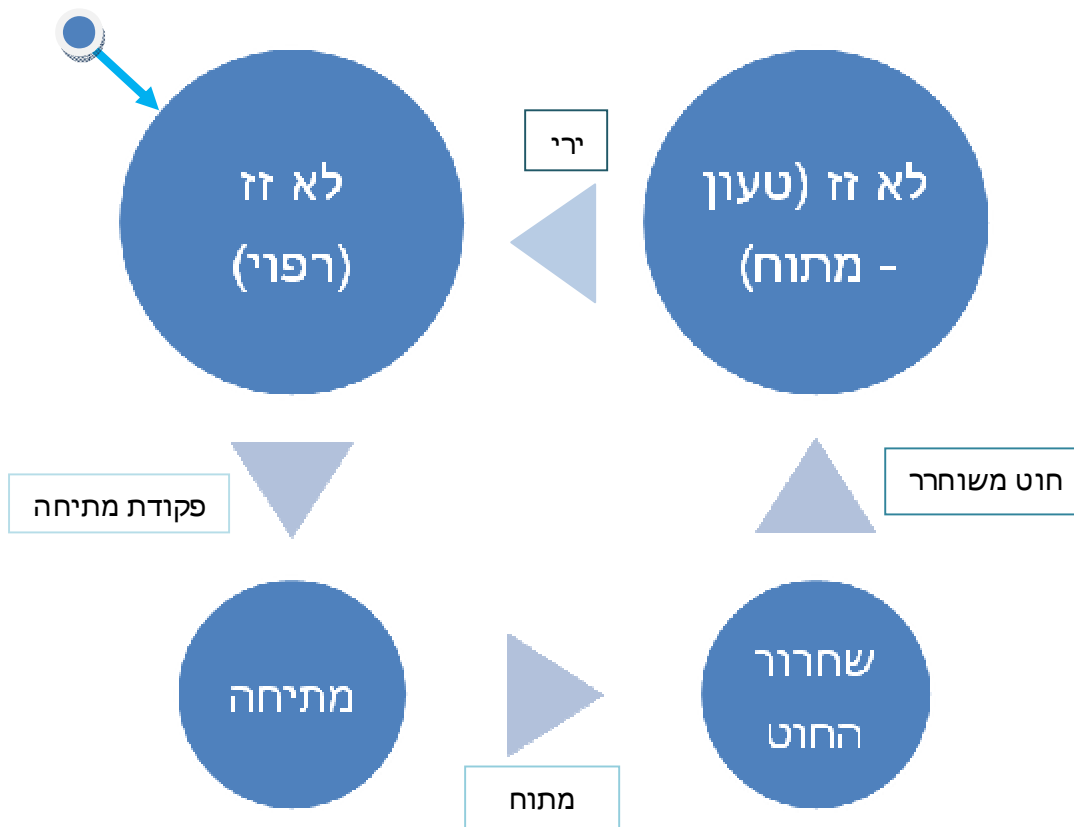


• תכנות פונקיות מנגנון הבעיטה ושחרור הרגל – לחלק זה נדרשו כמה פונקציות:

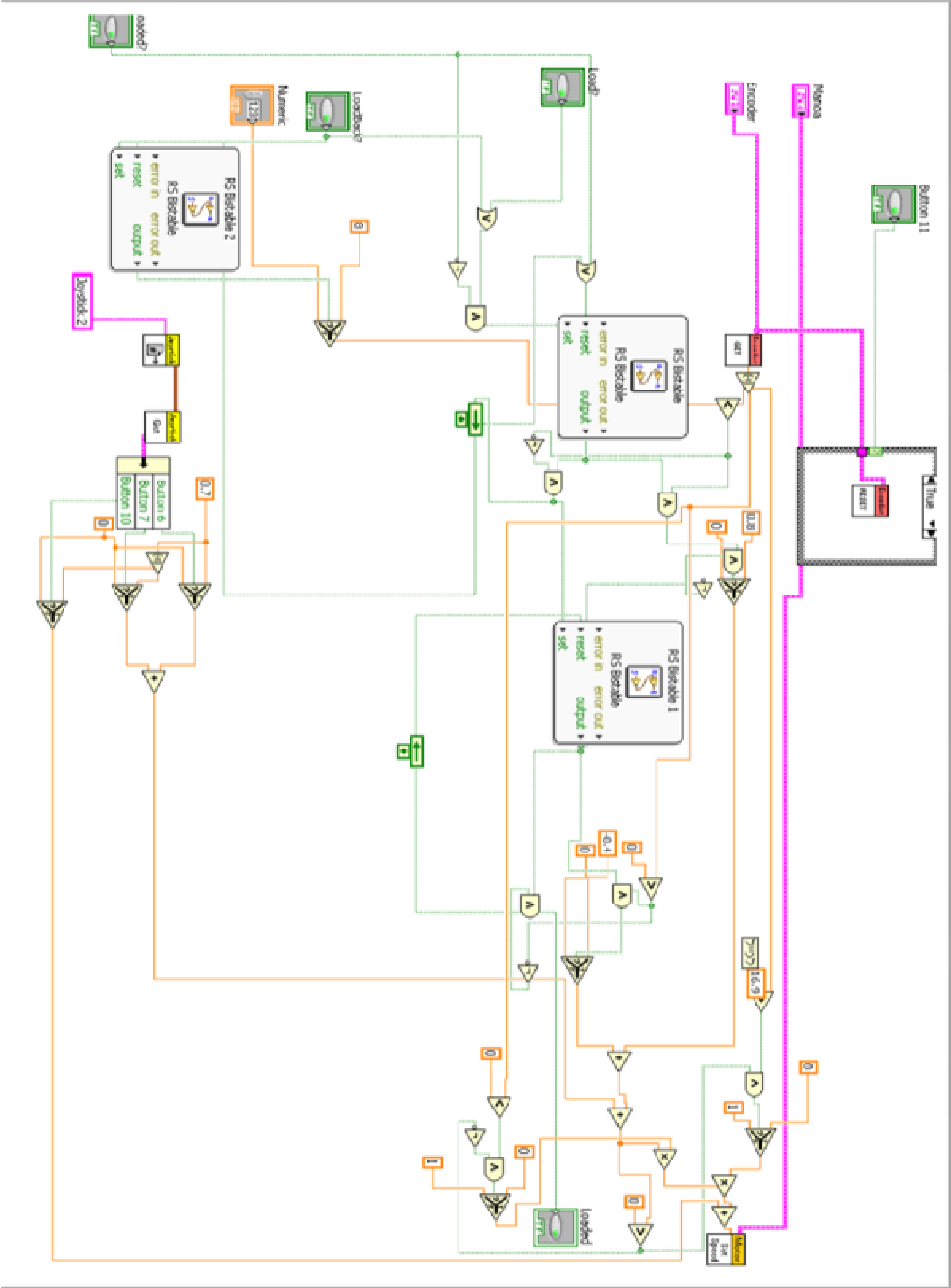
- **פונקצית המתיחה** – הפונקציה אחראית על המתיחה של הרגל הבועטת.  
**קלט:** הפונקציה מקבלת מהמצלמה את המרחק עד לשער ומחזירה את הזמן שדרוש כדי למתוח את הרגל לזווית הרצויה.

**אולגוריתם ואופן פעולת הפונקציה:** ברגע שנלחץ כפתור המתיחה, הפונקציה מסובבת את מנוע המתיחה (ואת הגלגלת) לצד המותח עד שהגיע לערך המתאים בחיישן הסיבובים המחובר למנוע. לאחר מכן, המנוע מסתובב לצד הנגדי ומשחרר את החוט עד שחיישן הסיבובים הגיע ל-0 (סובב חזרה באותו דמות סיבובים בדיוק). לאחר מכן, הפונקציה מחכה לפקודת הירי מהג'ויסטיק. ברגע שבוצע הירי, הפונקציה חוזרת למצבה ההתחלתי.

אוטומט דטרמיניסטי לתיאור המצבים:

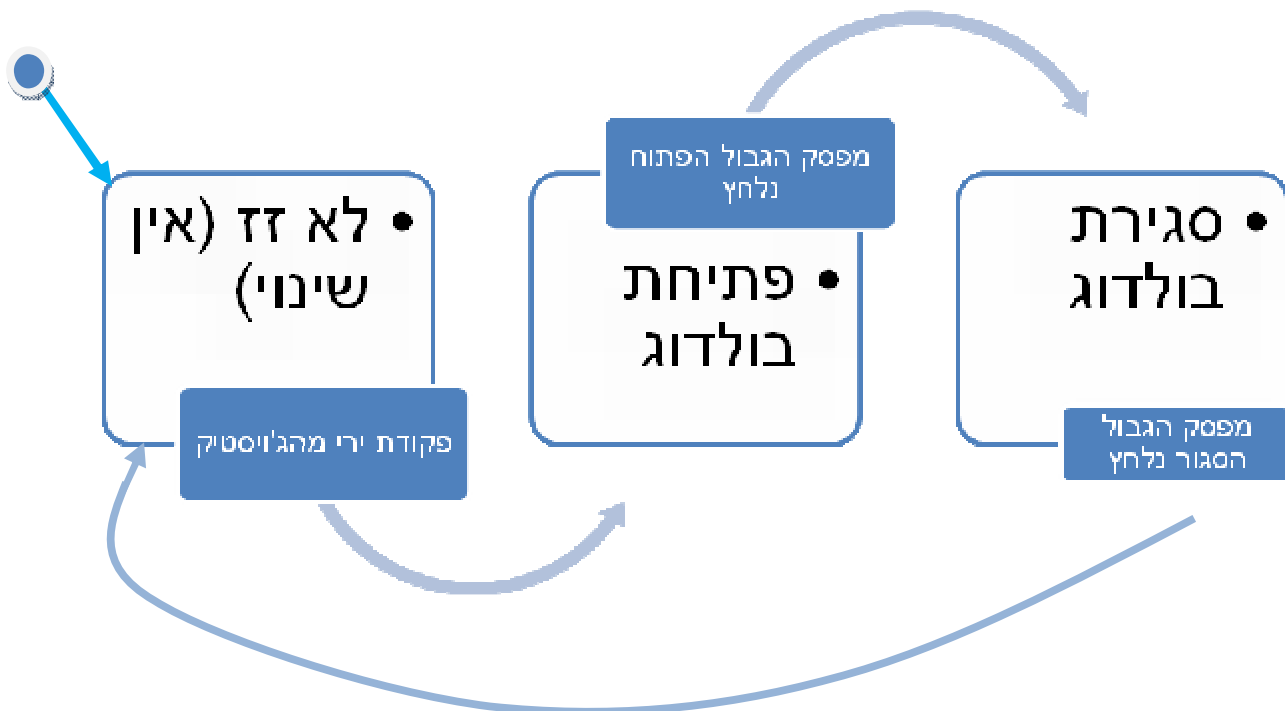


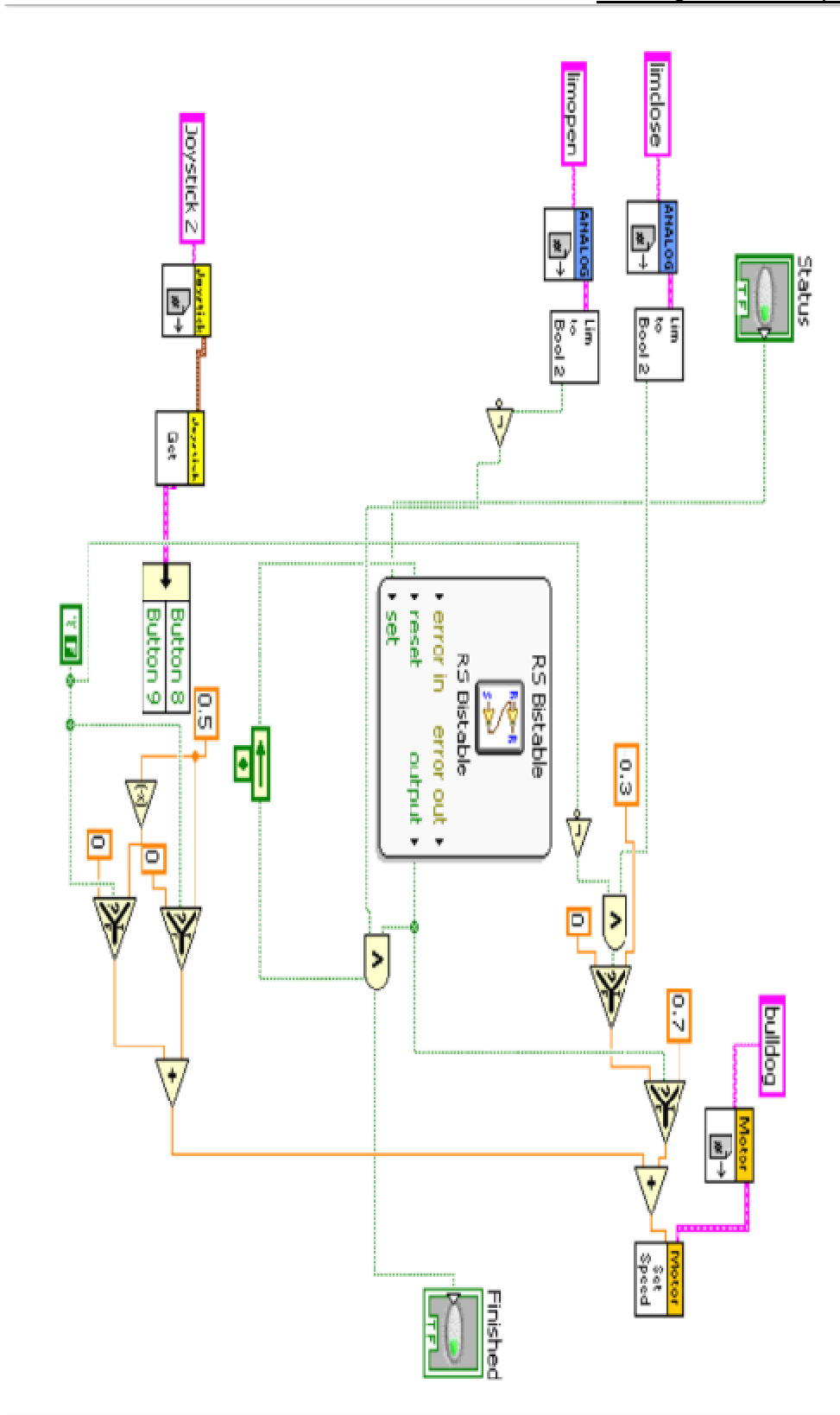
מימוש פונקצית המתיחה: Load.vi



- **פונקצית הירי** – פתיחה וסגירה של הבולדוג (ירי הכדור). הפונקציה דואגת לכך שהמנוע שמשחרר את החבל יחזור למקומו כך שיוכל לעשות זאת שוב בפעם הבאה. קלט: לחצן מס' 1 בג'וייסטיק (שולח את פקודת הירי). אלגוריתם ואופן פעולת הפונקציה: ברגע שנלחץ כפתור הירי, הפונקציה תפתח אל הבולדוג ותלחץ על מפסק הכבול ה"פתוח". לאחר שהתרחשה נגיעה (והבעיטה גם כן לאחר פתיחת הבולדוג) הבולדוג יסגר אוטומטית ויעצר לאחר שלחץ על מפסק הגבול ה"סגור". לפונקציה יש מצב שבו השליטה הופכת לידנית (לצורך תיקונים וכיולים) – מצב זה נקבע לפי קבוע בוליאני (בזמן במשחק הקבוע הוא false).

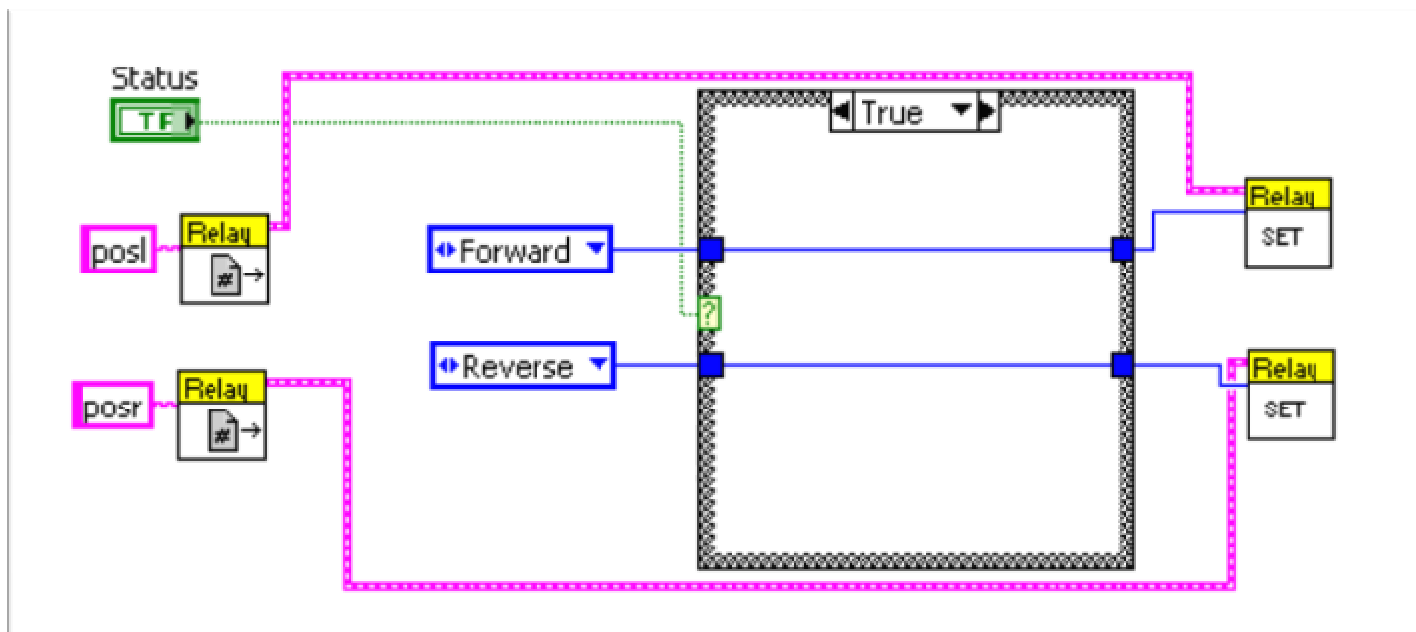
אוטומט דטרמיניסטי לתיאור המצבים:





- תכנות פונקציות מנגנון ה-Possession – על המנגנון להסתובב בכל עת על מנת למרכז כדורים לכיוון הרגל הבוועטת. הפונקציה מסובבת את מנועי הציר לאותו הצד כל הזמן. במידה ונלחץ הכפתור המתאים, הציר הופך את כיוון הסיבוב. קלט: כפתור היפוך הכיוון בג'ויסטיק (על מנת להפוך את כיוון הסיבוב). אלגוריתם ואופן פעולת הפונקציה: הפונקציה מוציאה למנועי המנגנון את הערך 1 כל עוד אין לחיצה. במידה ויש לחיצה – הפונקציה מוציאה למנועים את הערך -1.

מימוש פונקציות מנגנון החזקת הכדור: Possession.vi



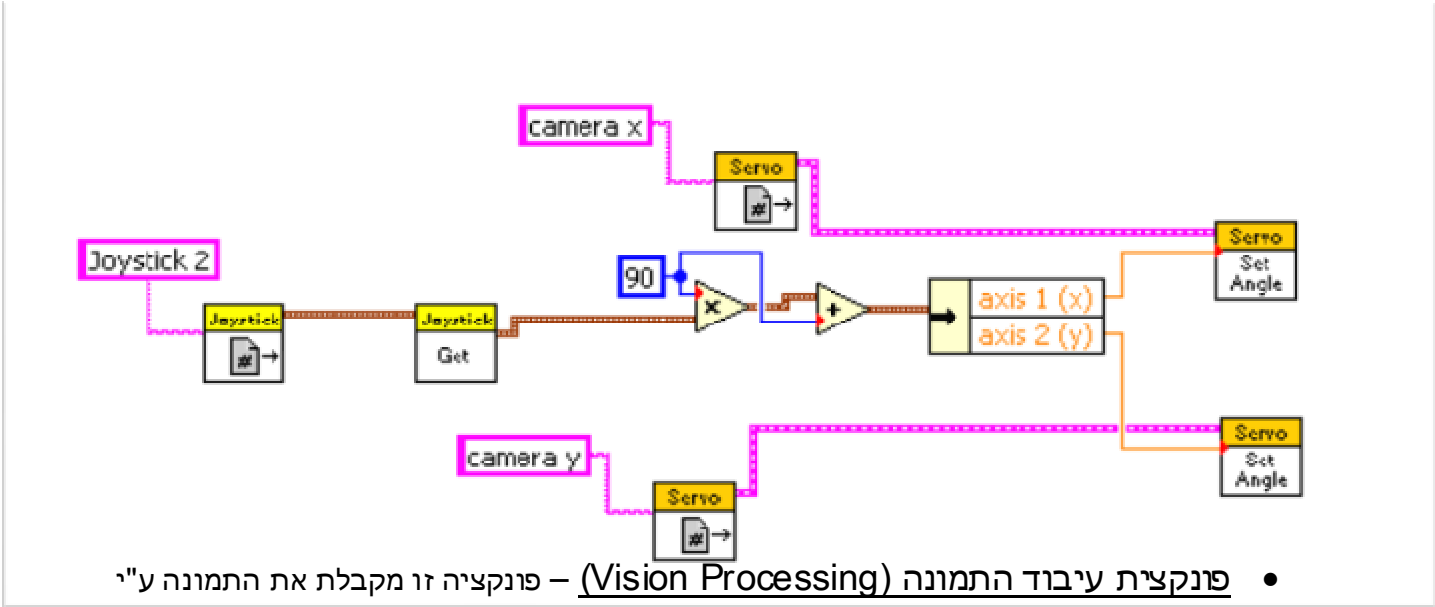
פונקציות המצלמה

- **תכנות פונקצית מנגנון המצלמה** – השליטה במצלמה. מרביתה הגיע מארגון FIRST, כלומר זיהוי ה-Vision Target ע"י המצלמה נעשה על ידם. התוספת לפונקציה הייתה תכנות פונקציה נוספת אשר תפקידה הוא זיהוי כדורים ע"י המצלמה והתבייתות גוף הרובוט ביחס אליהם נעשה על ידינו. בנוסף לכך, התאמת בהירות ותזוזת המצלמה נעשתה גם כן על ידינו. **קלט:** ערכי הצירים בג'ויסטיק השולט על המצלמה. **אופן פעולת הפונקציה:** הפונקציה ממירה את קלט מן הצירים לטווח תזוזה שאותו מקבלי מנועי המנגנון – הסרבואים. **אלגוריתם:**

$$\text{CameraX} = (\text{CoJoystick.X} \times 90) + 90$$

$$\text{CameraY} = (\text{CoJoystick.Y} \times 90) + 90$$

מימוש פונקצית המצלמה: CameraDrive.vi

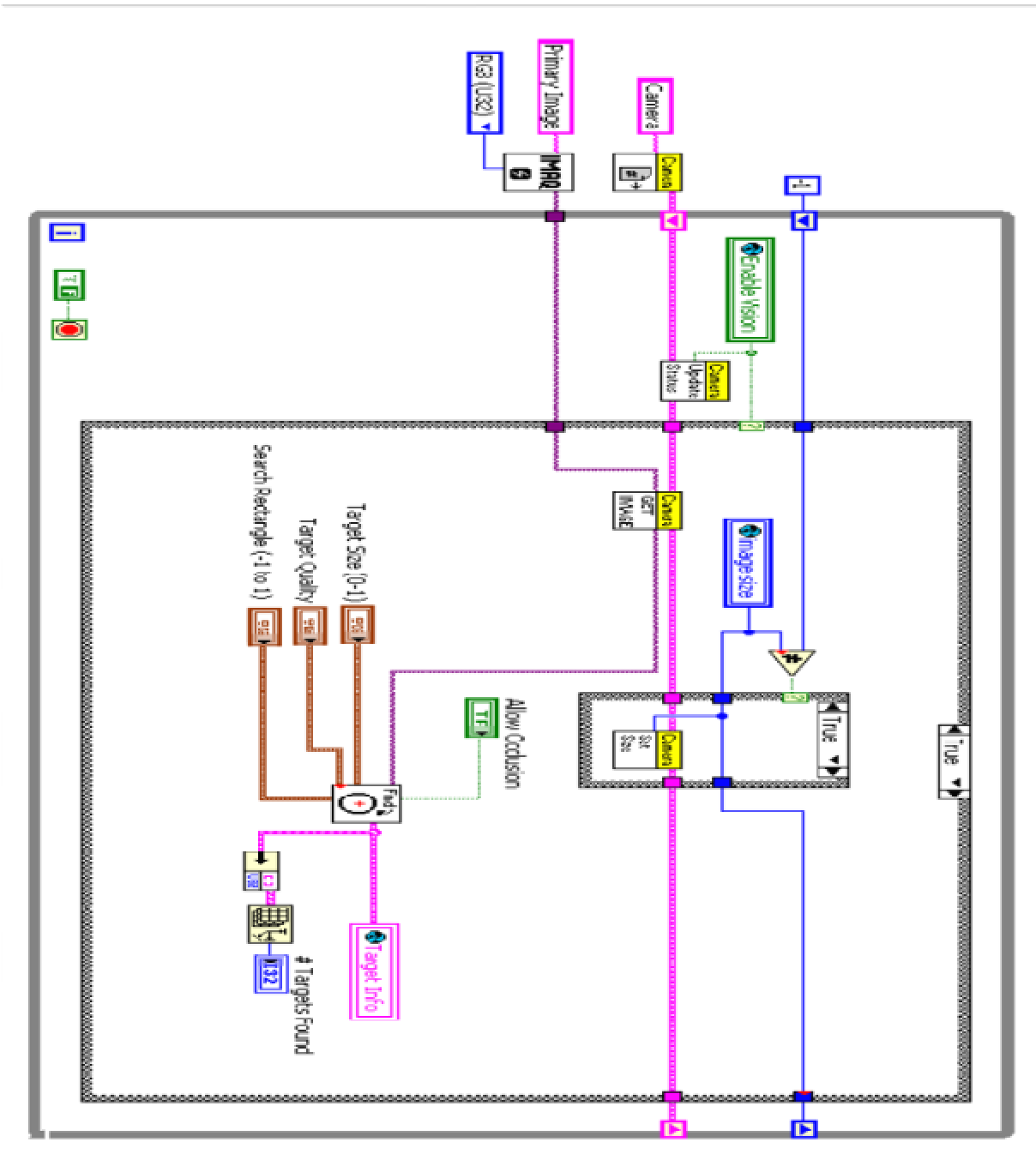


- **פונקצית עיבוד התמונה (Vision Processing)** – פונקציה זו מקבלת את התמונה ע"י

המצלמה, מעבירה אותה לפונקציה מציאת המטרות ולבסוף מעבירה את קואורדינטות המטרה שנמצאה הלאה לכל לשאר הפונקציות שמשמשות בהן.

קלט: התמונה מהמצלמה בזמן אמת.

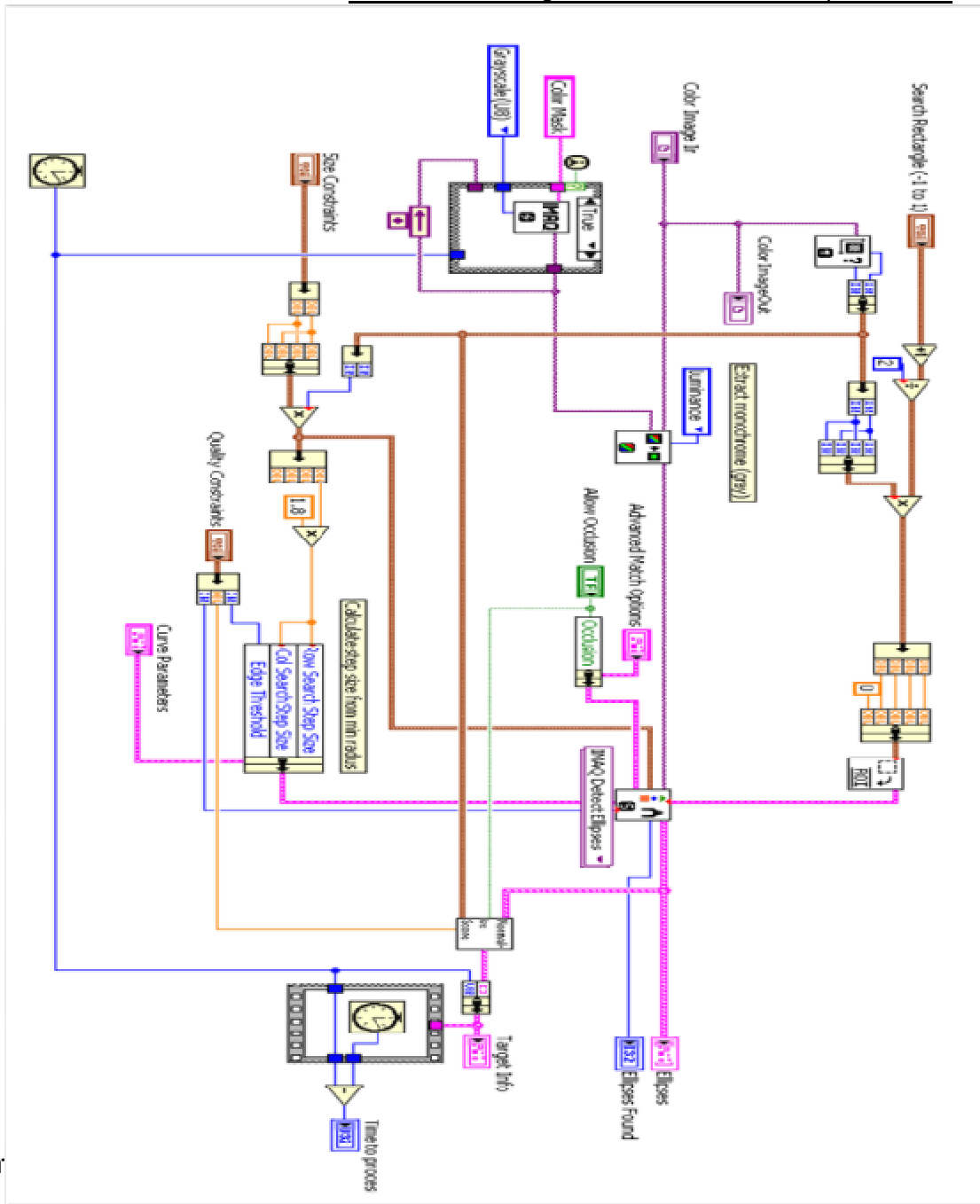
מימוש פונקצית עיבוד התמונה: VisionProcessing.vi



קלט: התמונה מהמצלמה בזמן האמת.



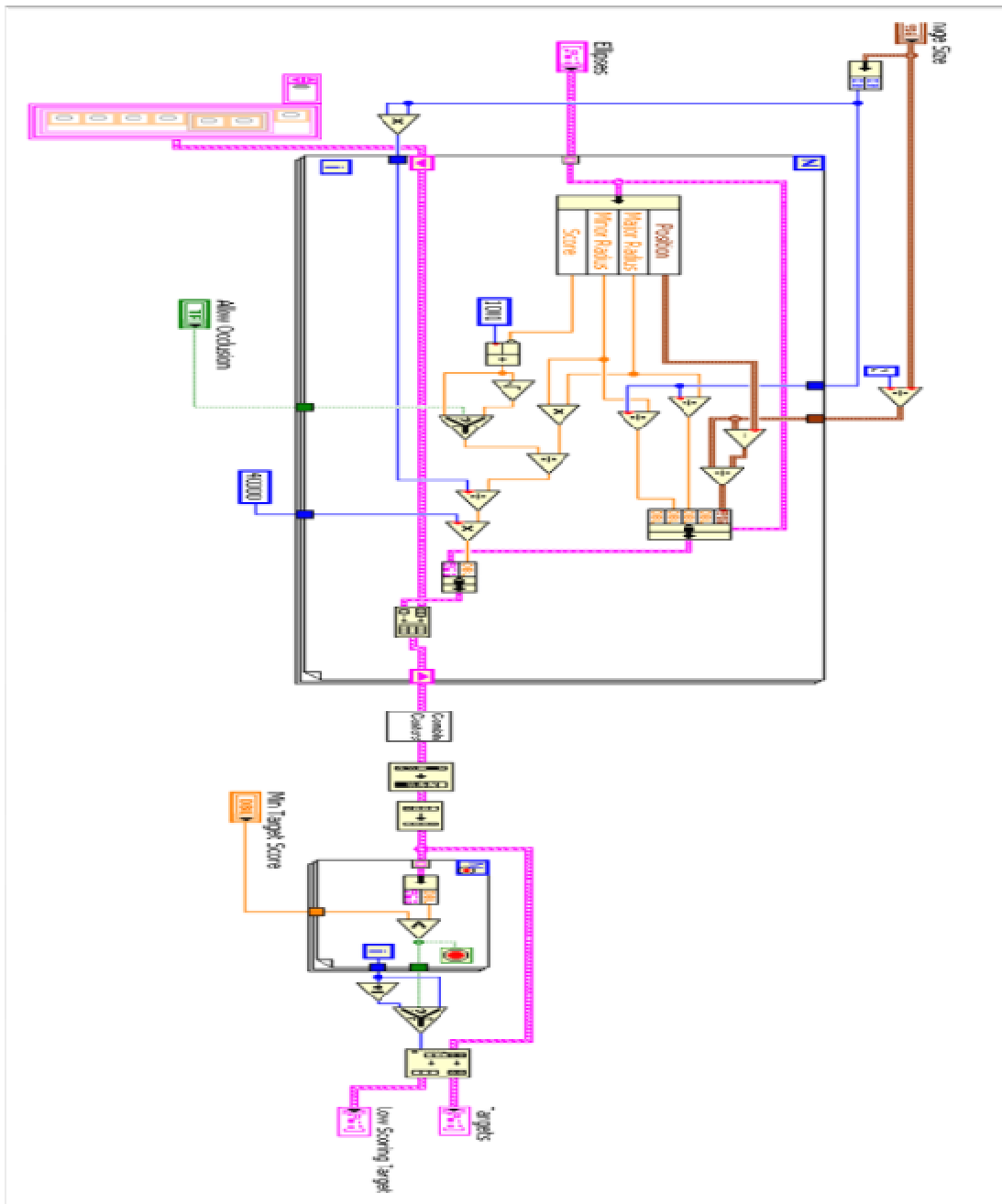
מימוש פונקציית מציאת המטרה: FindCircularTarget.vi



זת

וונתנת לכל אחת מהן ניקוד בהתאם וממיינת אותן לפי הניקוד שלהן – מהגבוה לנמוך. המטרות עם הניקוד הגבוה ביותר הן המטרות שהסיכוי שהן באמת ה-Vision Target הוא הכי גבוה. קלט: רשימת המטרות הנקלטות ע"י המצלמה.

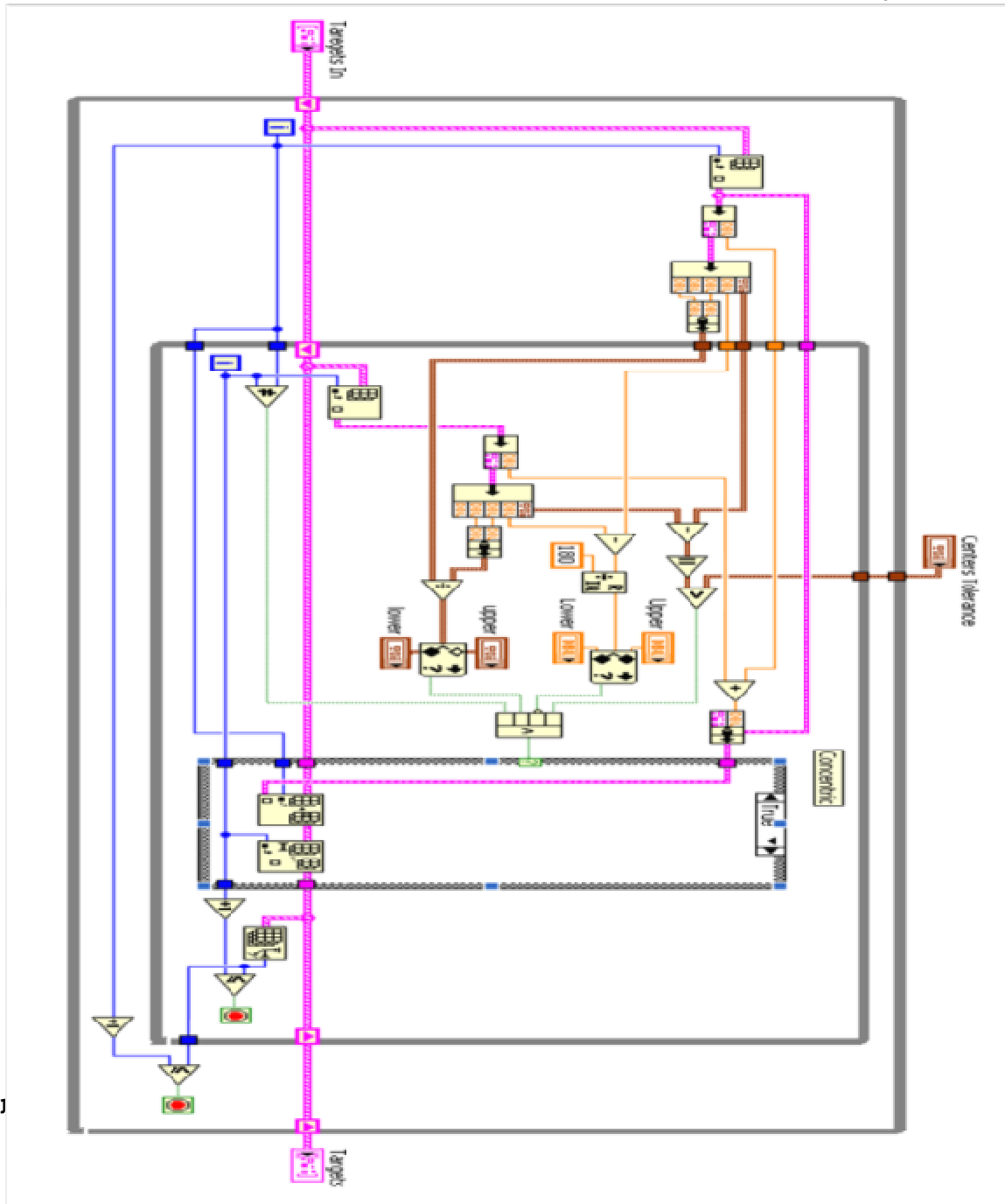
מימוש פונקציית ניקוד המטרות: NormalizeScores.vi



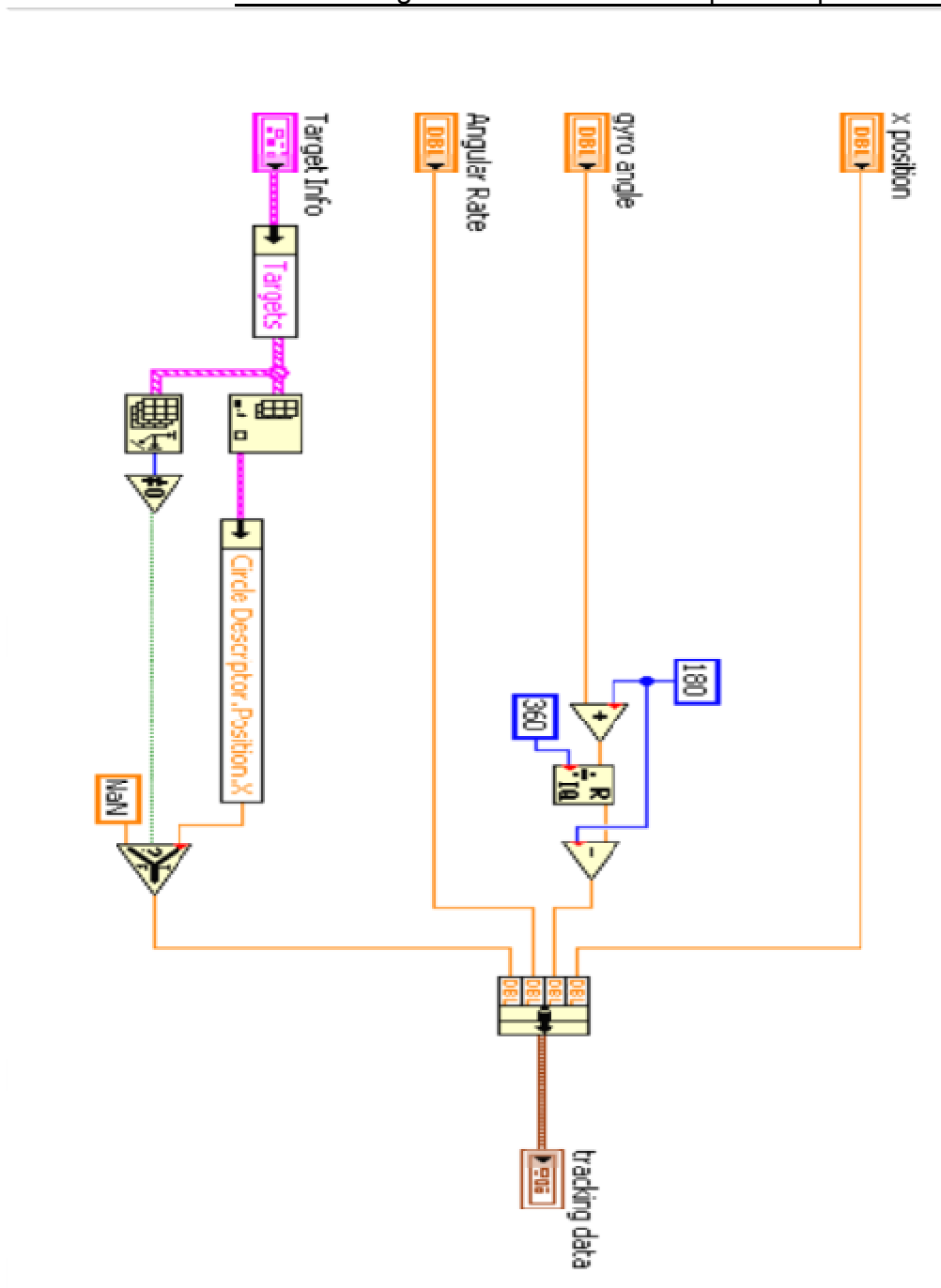
מעגלים מן המצלמה ומחפשת זוגות של מעגלים שיוצרים טבעת (מעגלים בעלי מרכז משותף). מעגלים בודדים שנקלטים ע"י המצלמה נמחקים מהרשימה.

קלט: רשימת המעגלים מן המצלמה.

מימוש פעולת התאמת המרכזים: CombineCenters.vi



קלט: קואורדינטת הרחב של המטרה, זווית של הרובוט ביחד למישור ומידע על המטרה.

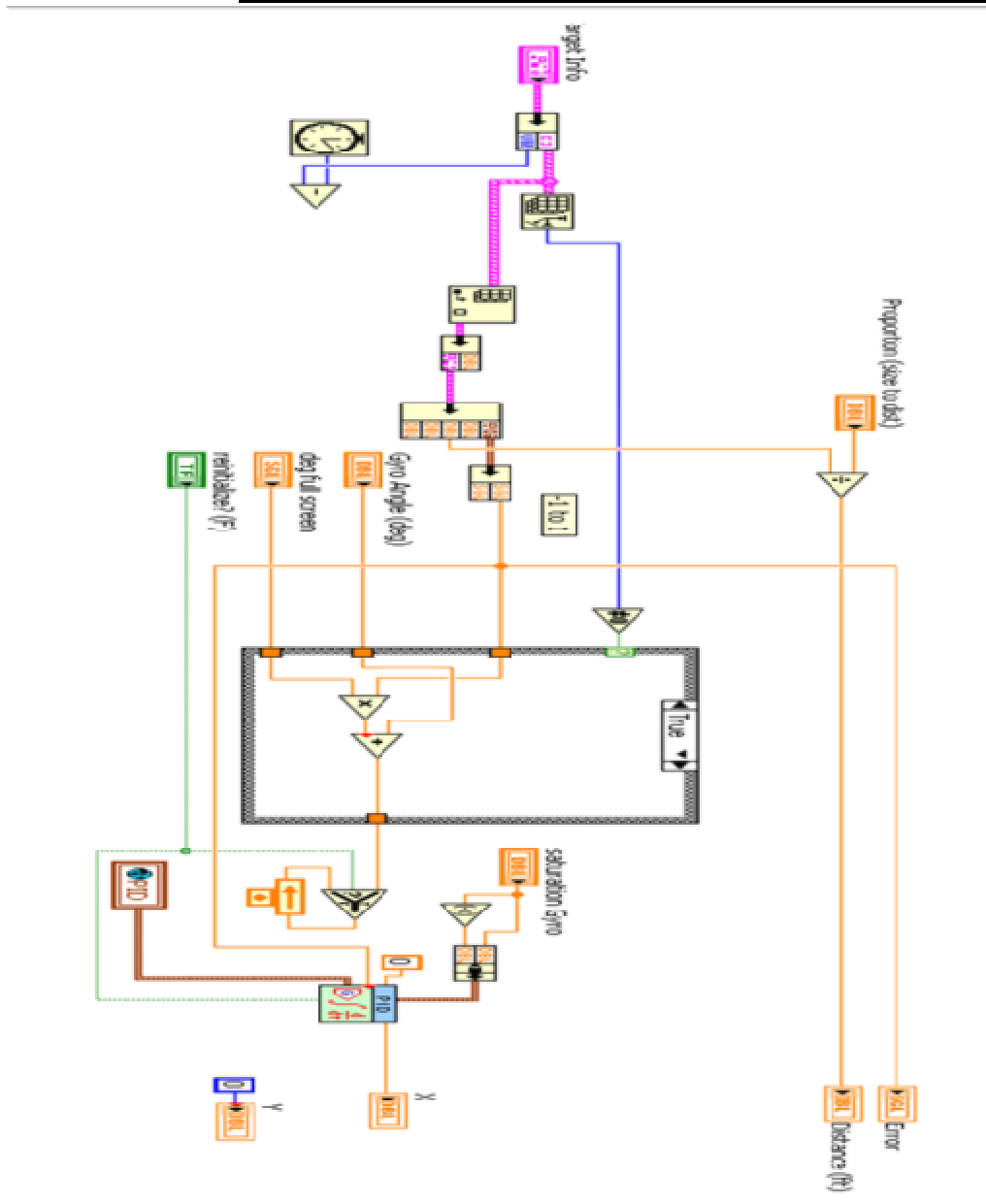


- פונקצית סיבוב הרובוט למטרה (Rotate To Target) - הפונקציה מקבלת את הזווית של הרובוט ביחס למישור (ע"י חיישן ה-Gyroscope) ואת קואורדינטת הרוחב של המטרה ושולחת פקודה אל מנועי ההנעה של הרובוט לסיבובי אל המטרה.

הפונקציה מחשבת את ההפרש בין זווית הרובוט לזווית המטרה ואת הפרש זה הפונקציה מכניסה לאלגוריתם PID (כיוול נתונים).

קלט: זווית הרובוט ביחד למישור זווית המטרה ביחס לרובוט (קורדיטת רחב).

מימוש פונקצית סיבוב הרובוט אל המטרה: RotateToTarget.vi

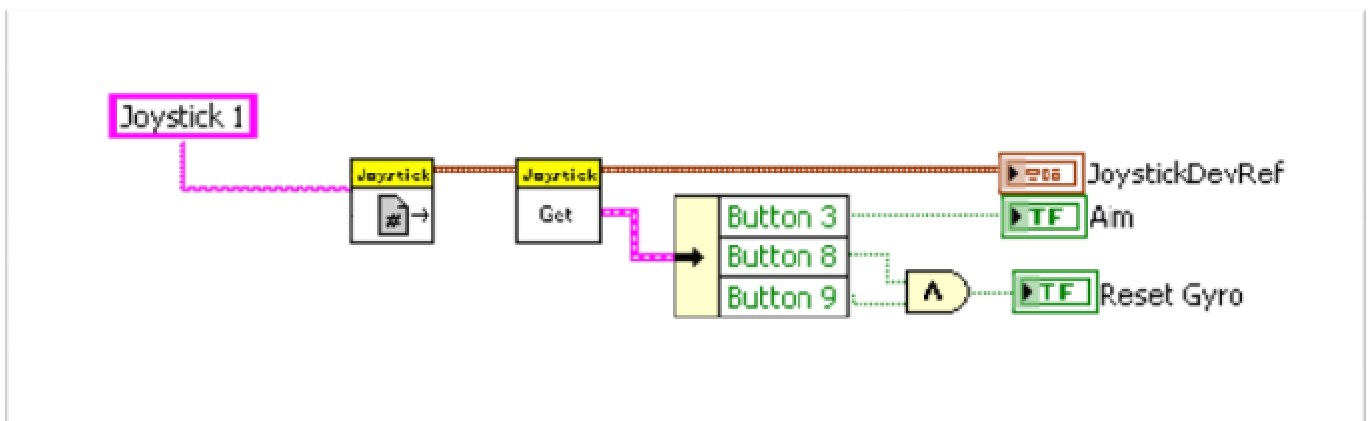


### פונקציות נוספות

- פונקצית קריאת הנתונים מהג'ויסטיק (Joystick Read) – פונקציה זו יוצרת לג'ויסטיק עצם חדש מאותחל וקוראת את נתוניו (פקודות ממנו). לאחר מכן, מעבירה אותם החוצה אל שאר הפונקציות.

קלט: אין.

מימוש פונקצית קריאת הנתונים מהג'ויסטיק: JoystickRead.vi



- פונקצית המרת מידע ממפסקי גבול (Limit Switch to Boolean) – פונקציה זו

מקבלת מידע מחיישן מפסק הגבול (Limit Switch) וממריה את האות החשמלי לערך בוליאני.

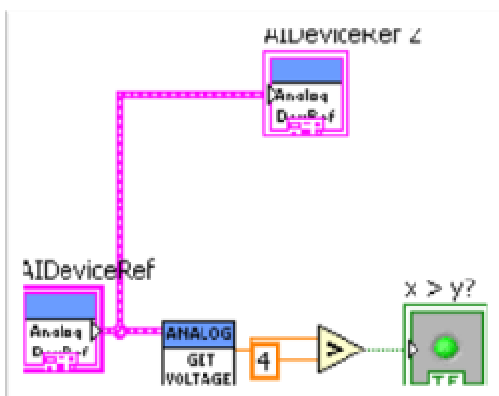
קלט: אות חשמלי ממפסק הגבול.

אלגוריתם ואופן פעולת הפונקציה: אם יש מעבר של זרם במעגל המפסק, הפונקציה תחזיר

true. אם לא, הפונקציה תחזיר false.

מימוש פונקצית המרת המידע ממפסקי גבול:

LimToBool.vi



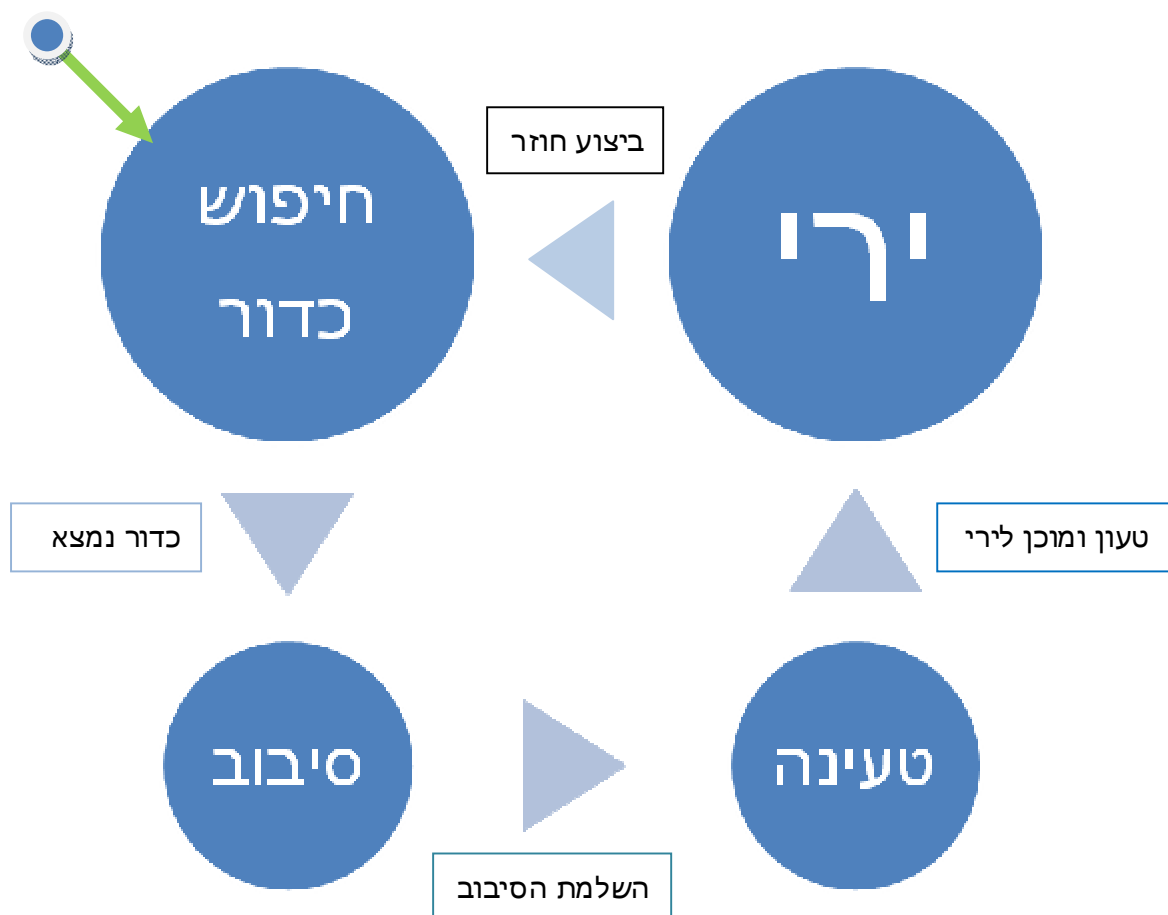
## פונקצית השלב האוטונומי (Autonomous Iterative) – הפונקציה אחראית על כל

הפעולות של הרובוט במהלך המשחק בשלב האוטונומי.

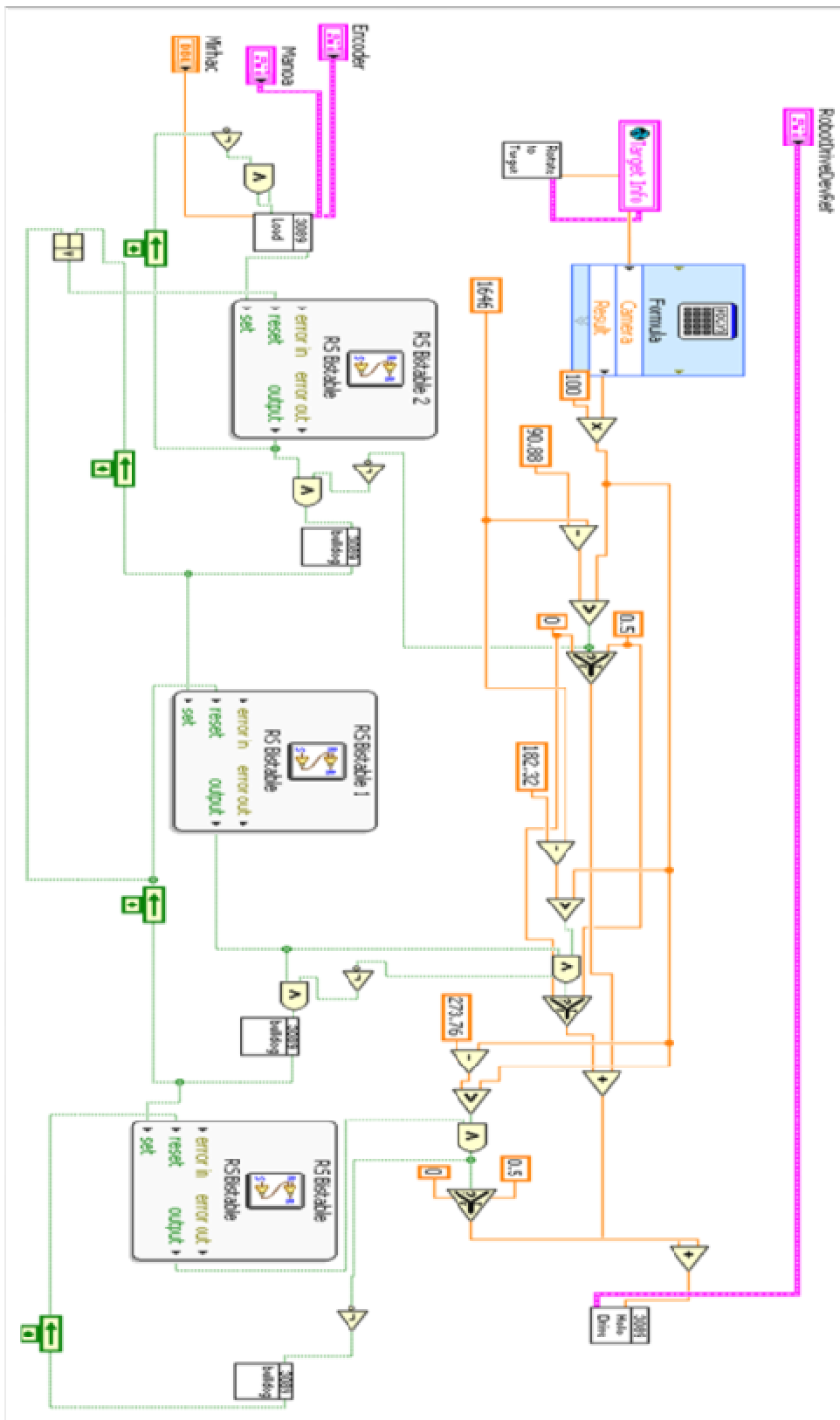
קלט: אין.

אלגוריתם ואופן פעולת הפונקציה: בשלב האוטונומי הרובוט נוסע קדימה אל הכדור (שנמצא לפניו). ברגע שהכדור בטווח בעיטה הרובוט מסתובב אל המטרה ולאחר מכן הרובוט מחשב את המרחק מהמטרה וטוען את הרגל בהתאם למרחק זה, ולבסוף משחרר את הרגל ובוועט. מיד לאחר מכן, הרובוט מבצע את כל התהליך מחדש.

אוטומט דטרמיניסטי לתיאור המצבים:



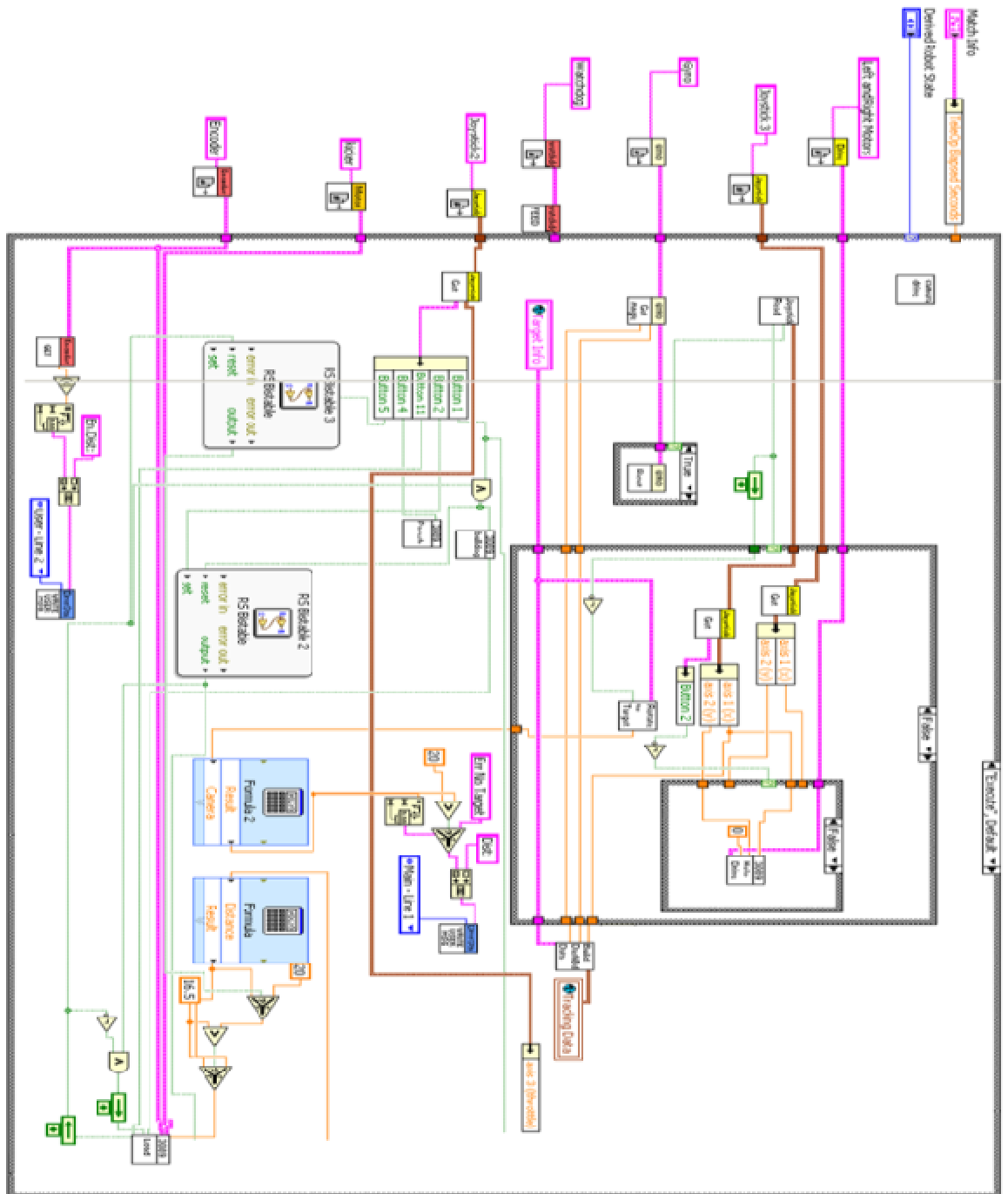
מימוש פונקצית השלב האוטונומי: Autonomous.vi





- פונקצית הנהיגה הידנית (Teleoperated) – הפונקציה אחראית על כל הפונקציונליות של הרובוט בשלב הנהיגה הידנית. קלט: אין אלגוריתם ואופן פעולת הפונקציה: הפונקציה מקשרת בין כל הפונקציות שצריכות לרוץ בזמן הנהיגה הידנית ובעצם מכילה את כל יכולותיו של הרובוט.

מימוש פונקציה הנהיגה הידנית: Teleop.vi

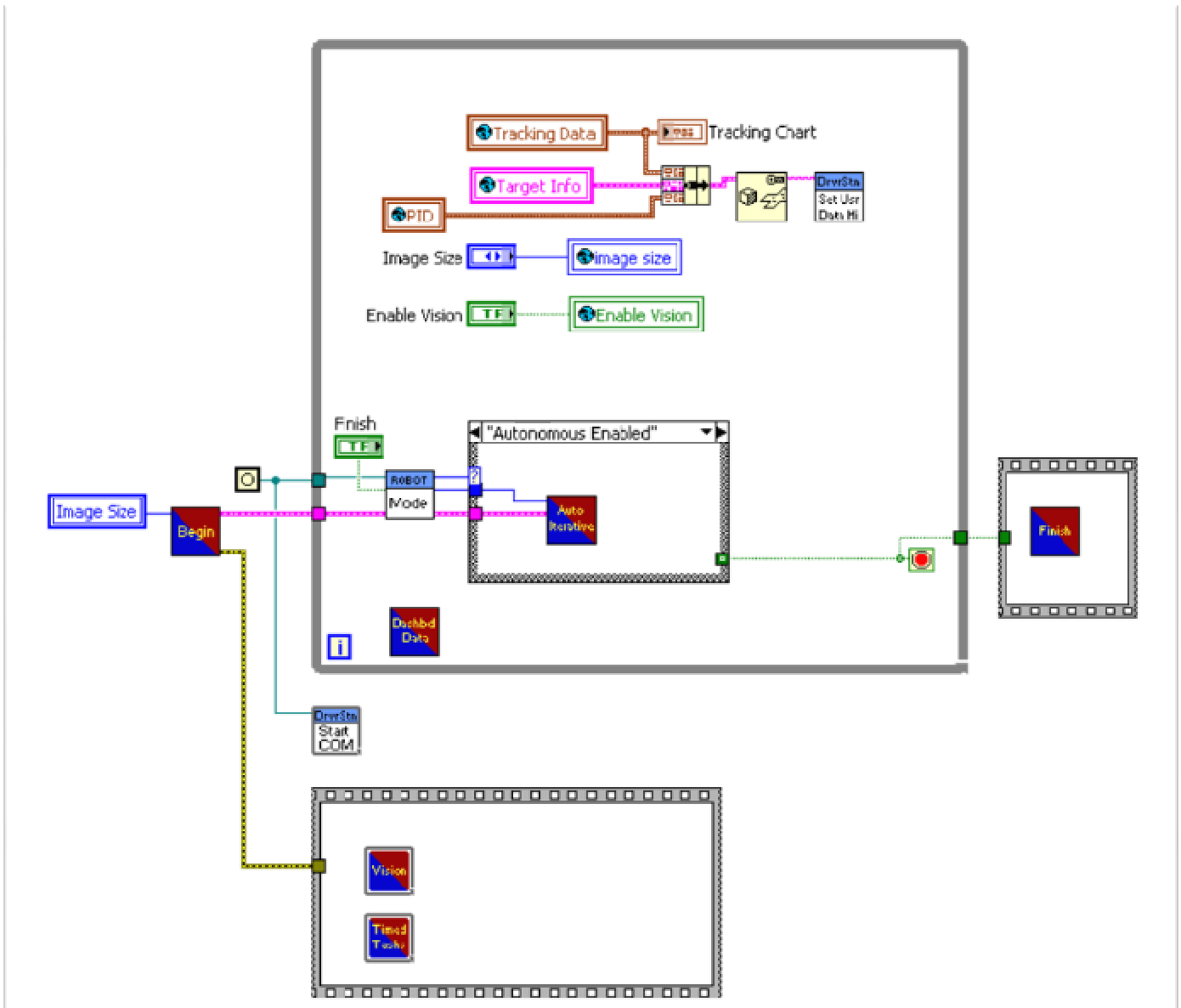


- הפונקציה הראשית (Robot Main) – בוחרת איזו מהפונקציות להריץ בהתאם לשלב המשחק ופקודות הנהג

קלט: אין.

אופן הפעולה: בפונקציה יש "בורר מצבים" המקבל את הנתונים מהזירה ומעמדת הנהגים ובוחר איזו מהפונקציות להריץ.

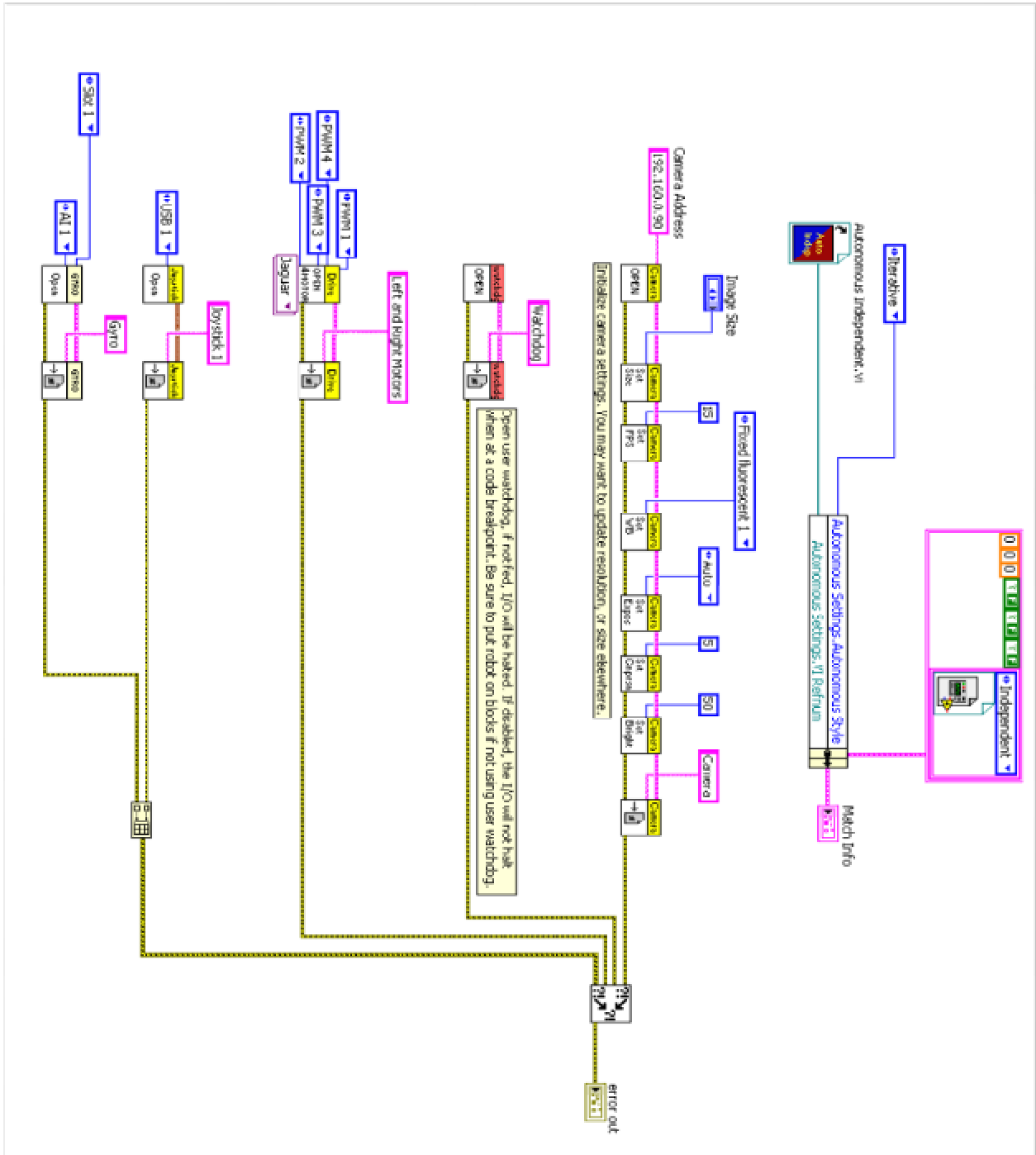
### מימוש הפונקציה הראשית: RobotMain.vi



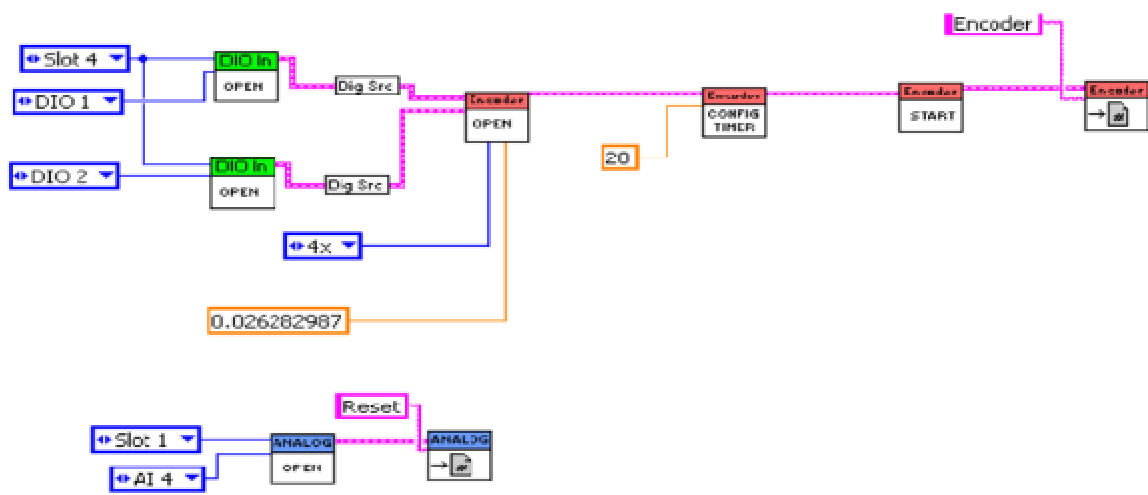
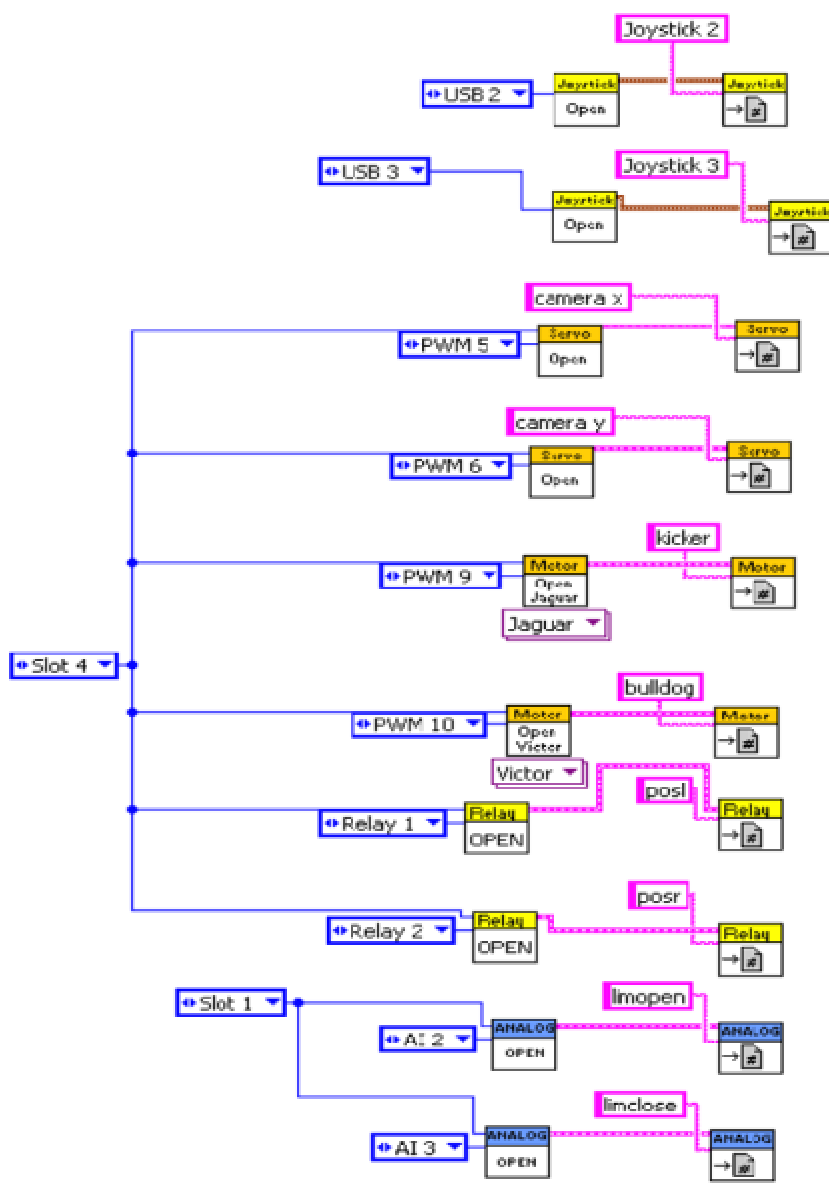
- פונקצית האתחול (Begin) - הפונקציה אחראית על אתחול כל המשתנים והעצמים בתוכנת הרובוט.

קלט: אין.

מימוש פונקצית האתחול: Begin.vi



המשך פונקציית Begin.vi



**דוגמא לניתוח פונקציית LabVIEW – יצירת עצמים, אתחולים ואלמנטים נוספים.**

עדכון מנועני הרובוט, דרל חיבורי ה-PWM אליהם הם מתחברים.

פונקציה בה מתוכנתות פעולותיו של הרובוט בשלב האוטונומי.

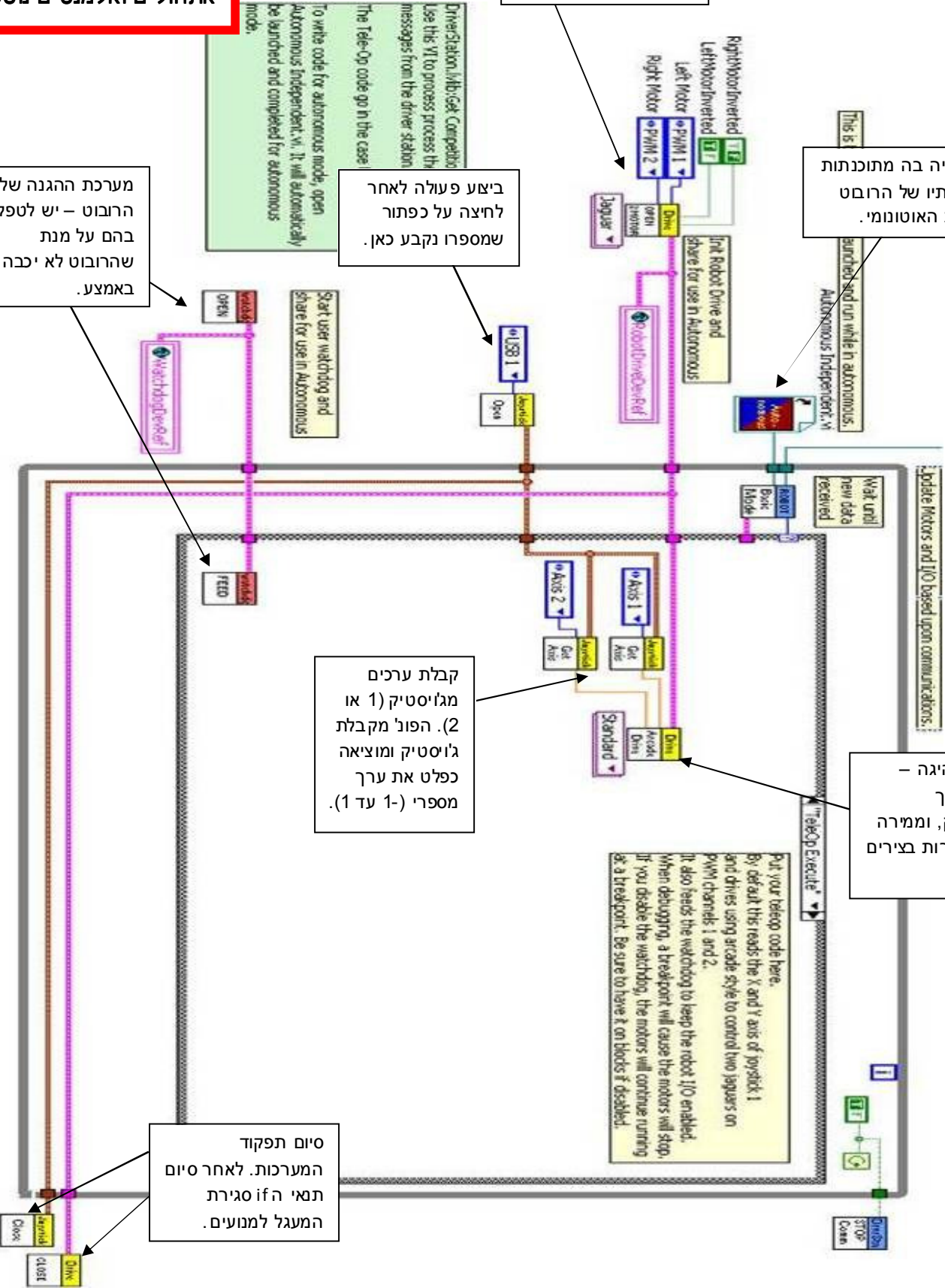
ביצע פעולה לאחר לחיצה על כפתור שמספרו נקבע כאן.

מערכת ההגנה של הרובוט – יש לטפל בהם על מנת שהרובוט לא יכבה באמצע.

קבלת ערכים מג'ויסטיק (1 או 2). הפונל מקבלת ג'ויסטיק ומוציאה מספרי (-1 עד 1).

פונקציית נתיגה – מקבלת ערך מהג'ויסטיק, וממירה אותו למהירות בצירים  $y - x$ .

סיום תפקוד המערכות. לאחר סיום תנאי ה-if סגירת המעגל למנועים.



## לקראת התחרות - Scouting:

במהלך עבודתנו השנה הגענו למסקנה כי המשחק משלב המון אסטרטגיה ושת"פ בין קבוצות ולכן חשוב מאוד לעקוב אחרי ביצועי רובוטים של קבוצות אחרות. שלב זה הוא חשוב מאוד ומכריע בהחלטות האסטרטגיות המתקבלות בזמן אמת מכיוון שעלינו להיות מוכנים כאשר נהיה עם קבוצות מסוימות יחד בברית, או נגדם וכל בעזרת מידע שאספנו עליהן, נוכל להרכיב אסטרטגיית משחק.

לאחר מספר דיונים בנושא, הוחלט שבסוף זמן הבנייה ייבחר צוות של כ-7 אנשים, שבראשו יעמדו חברי צוות אסטרטגיה שירכזו את הצוות וידריכו אותו לאיסוף נתונים איכותי בתחרות.

לצורי נוחות וסדר, צוות ה-Scouting קיבל טפסים שהוכנו לאחר חשיבה על אילו קריטריונים הם החשובים לאסטרטגיות משחק. מטרת הדפים היא לרכז עבור כל קבוצה את המידע שנאסף על הרובוט שלה גם מהפיט וגם את ביצועיו בזמן משחק. הטופס הוכן בצורה כזאת שהדברים החשובים יהיו בולטים וקלים למילוי על מנת שיהיה ניתן להתרכז ברובוט בזמן המשחק ובמקביל למלא את הפרטים עליו.

הטופס "מידע מהפיט" (מוצג בהמשך), זה הטופס איתו חברי צוות ה-Scouting מסתובבים בתחילת היום הראשון, לפני שמתחילים המשחקים, ואיתו הם אוספים מידע ראשוני על הקבוצות בתחרות. לאחר שמעקב אחרי כל קבוצה, הפרטים הבסיסיים למשחק מולה ולאסטרטגיה שבה יש לנקוט היו ברורים. כמו כן, הקריטריונים החשובים לדעתנו ברובוט (Possession), מנגנון תלייה ותפקוד בשלב האוטונומי), סגנון המשחק שלו (איפה הוא יכול לעבור / לנוע במגרש), צפייה ראשונית במבנה ובתכולתו של הרובוט דרך התמונה והצפייה בו בפיט עצמו. טופס זה אינו מפורט במיוחד, מכיוון שאנו לא יכולים לסמוך על מה שקבוצה סיפרה לנו עד שראינו נוכחות לכך במשחק.

בטופס "ניתוח משחק" (מוצג בהמשך), אנו צופים בתפקוד הרובוט במהלך משחק בברית מסוימת נגד ברית אחרת. לפני המשחק צוות ה-Scouting מתחלק כך שלכל חבר צוות יש רובוט לעקוב אחריו. לפני תחילת המשחק כל אחד זיהה את הרובוט שאחריו הוא עוקב והתחיל במילוי פרטים ובסימון מצב הכדורים השלב האוטונומי שבו הוא מתחיל. בסיום השלב האוטונומי על חבר הצוות למלא את נתוני הכנסת הכדורים בשלב זה. לאחר מכן, מכיוון שהנחנו שהמשחק קצבי מאוד, הכנו טבלה לעקוב שבעזרתה יוכל לזכור מה קרה מבחינת הכנסת כדורים בשלב העיקרי של המשחק, בעזרת סימונים כרצונו בטבלה כל שלאחר סיום המשחק יוכל למלא את המספרים הסופיים בתוך המקום המיועד לכך בטופס. בנוסף, אנו משווים את יכולת הרובוטים כפי שנאמרו לנו בפיט, כדי לגלות האם היכולת / המנגנון המדובר אכן עובדים כפי שתוכנן על ידי קבוצה זו.

## Scouting

### מידע מהפיט

מספר קבוצה: \_\_\_\_\_

איזור: \_\_\_\_\_

# תמונת הרובוט

### מידע על רובוט

יכולות נסיעה(אפשר להקיף כמה ביחד או בכלל לא): עובר במהרה / עובר מעל באמפ  
יכולת שליטה בכדור של רובוט: יש / אין  
האם הרובוט יודע להפוך את עצמו / אחרים? כן / לא / ק / לא

מה עושים באוטומי:

---

---

---

מה עושים בבנוס (סוף משחק):

---

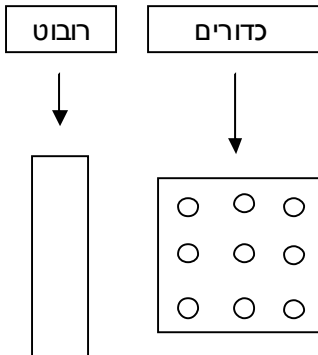
---

---

## ניתוח משחק

מספר קבוצה: \_\_\_\_\_

איזור: \_\_\_\_\_



### :Autonomous

מקום התחלה: רחוק מהגול / באמצע / קרוב לגול  
 איך הציב כדורים (למלא מקום בו היה כדור ומקום בו היה הרובוט):

- מספר ניסיונות/כדורים שנכנסו: \_\_\_/\_\_\_

-

### :Tele-Operated

האם היה מעבר מעל באמפ? כן / לא

- האם הרובוט התהפך במהלך המעבר? כן / לא

o האם הפך את עצמו חזרה? כן / לא

מספר כשלונות:	מספר הצלחות:

האם עבר במנהרה? כן / לא

בעיטה והחזקת כדור:

- האם הרובוט מחזיק כדור (possession)? כן / לא

- מספר ניסיונות כשלים: \_\_\_\_\_

- מספר ניסיונות מוצלחים: \_\_\_\_\_

### :Bonus

האם הרובוט נתלה על המגדל? כן / לא

- האם הרובוט נתלה על רובוט אחר? כן / לא

- האם רובוט אחר נתלה עליו? כן / לא

- האם רובוט עלה על פלטפורם? כן / לא

האם הרובוט בעט לשער? כן / לא

- מספר ניסיונות/כדורים שנכנסו: \_\_\_/\_\_\_



לאחר כל יום של משחקים, התאסף הצוות, עיבד את הנתונים של אותו יום על הקבוצות ובכך התקבלה תמונה ברורה יותר לגבי אסטרטגיית המשחק שיש לנקוט בה עם כל קבוצה. להלן דוגמא לחלק מן טבלת המצב שהורכבה בסוף היום הראשון:

מ.ס. קבוצה	משימה	אוטונומי		משחק התקפה							משחק הגנה	סה"כ התקפה	סה"כ הגנה
		מוריד כדור	מ"ס קזים	מספר הקפות	יעילות העברה	יעילות תמרון	כשלונות העברה	העברת כדור	הנחת כדור בסוף	הפלת כדור יריב בסוף			
	הבהרה	מס' כדורים שהוריד באוטו-נומי	מספר רבעים שחצה באוטו-נומי	מספר הקפות	מעביר מהר, אמין בהעברה 5, -1	לא קופץ, נסיעה לאחור, נהג זהיר 5, -1	מספר כשלונות	מספר העברות עליונות	מספר כדורים שהניח	מספר כדורים שהפיל	1 ↓, 5		
	ניקוד	2	2		4		1				2		
	משקל	5	2	1	1	1	-1	4	5	5	7		
2056	תוצאה משוקללת	10	4	0	4	0	-1	0	0	0	14	17	28
	ניקוד	3	3								3		
	משקל	5	2	1	1	1	-1	4	5	5	7		
2356	תוצאה משוקללת	15	6	0	0	0	0	0	0	0	21	21	42
	ניקוד	4	4								4		
	משקל	5	2	1	1	1	-1	4	5	5	7		
1625	תוצאה משוקללת	20	8	0	0	0	0	0	0	0	28	28	56

פרק ג'

---

סיכום

## סיכום

### הערכת פתרון ומסקנות לאחר התחרות:

במהלך התחרות הרובוט עמד במגוון יעדים שהצבנו לו בתחילת הבנייה ובחלקם לא:

קריטריון	בוצע בהצלחה	בוצע חלקית	לא בוצע	סיבה והסבר
נסיעה מהירה	✓			מנגנון הנסיעה עבד בהצלחה בהמלך המשחקים, לא היו תקלות ובעיות במנגנון זה.
מכלולים נפרדים הניתנים להחלפה – גישה נוחה לתיקון.	✓			למכלולים הייתה גישה נוחה.
מנגנונים פשוטים		✓		חלק מן המנגנונים היו פשוטים וקלים לבנייה וחלקם מורכבים יותר. עלות המנגנונים הייתה סבירה.
מנגנון "חכם"		✓		חלק מן המנגנונים היו מתוכננים בצורה מתוחכמת ויישמו את מטרותם.
מנגנונים אמינים וחזקים		✓		רוב המנגנונים היו חזקים, אך לא היו אמינים במיוחד.
יכולת "הכנסת גול" מהשליש הקרוב	✓			ההכנסה בוצעה בדחיפת הכדורים לכיוון השער, בשל כשל בתפקוד הרגל.
יכולת "הכנסת גול" מהמרכז			✓	בשל כשל בתפקוד מנגנון הרגל לא הייתה אפשרות הכנסת כדור משליש זה, ונאלצנו לדחוף כדורים מתחת לתעלה.

העברת כדור לשליש אחר		✓		דחיפת כדורים מתחת לתעלה ע"י הרובוט.
יכולת "הכנסת גול" משליש רחוק			✓	בשל כשל בתפקוד מנגנון הרגל לא הייתה אפשרות הכנסת כדור משליש זה, ונאלצנו לדחוף כדורים מתחת לתעלה.
יכולת הבקעה לא בדחיפה אלא בבעיטה			✓	בשל כשל במנגנון הרגל נאלצנו לדחוף את הכדורים לשער.
יכולת עלייה וירידה על הבאמפ	✓			הרובוט עלה וירד מהבאמפ במעבר בין שלישים.
יכולת תלייה			✓	לא נעשה מנגנון מתאים, בשל חוסר זמן וסיבוכים.
יכולת תלייה על רובוט אחר			✓	מנגנון מסובך ביותר, ולכן לא נעשה.
יכולת היפוך עצמי			✓	לרובוט לא היה מנגנון מעין זה, אך בשל בנייתו עם מרכז כובד נמוך, לא הייתה התהפכות.
יכולת להפוך רובוטים אחרים			✓	לא נעשה מנגנון מעין זה בשל מורכבותו.
מנגנון מונע התקעות על הבאמפ	✓			אמנם לא היה מנגנון פיזי שמונע התקעות, אך צורת השילדה וגובהה מנעו התקעות מעין זו.
<b>שלב אוטונומי:</b> 1. תנועה ללא חציית הקו הלבן במרכז המגרש. 2. זיהוי כדור. 3. בעיטה לכיוון השער.			✓ ✓ ✓	בשלב האוטונומי הרובוט לא עשה דבר פרט לנסיעה קדימה (ההנחה הייתה שמיקום הרובוט ההתחלתי יהיה בשליש הקרוב, והכדור יכנס לשער בדחיפה).
רובוט יציב	✓			הרובוט נבנה בצורה יציבה.

מניעת כניסת כדור מתחת לשאסי / על הרובוט.		✓		הוספת סרט גומי למניעת הכניסה של הכדור.
חוטף כדורים			✓	מנגנון מסובך הגוזל משאבים וזמן.
מנגנונים משולבים: תפסן תלייה שהוא גם המהפך			✓	לא נבנה מנגנון תלייה או היפוך.
מרכז כובד נמוך	✓			נלקח בחשבון מרכז הכובד הנמוך, והרובוט נבנה על פיו (ראה נ"ל מרכז כובד נמוך).
הגנת גחון		✓		הוספת סרט גומי למניעת הכניסה של הכדור.
יכולת להתגבר על חסימה בשלב הבנוס			✓	מנגנון מסובך מאוד וקשה לתכנות.
מקוריות / מיוחדות / "מגניבות"	✓			לרובוט היה מראה טוב, היה מיוחד.
שיגור לאחור	✓			מנגנון קשה לבנייה, לא פרקטי.

## סיכום מקצועי:

רבים מן המנגנונים שתכננו ובנינו במהלך זמן הבנייה לא עבדו בתחרות.

נעשה ניסיון לתקן את המערכות ולשפץ אותן תוך כדי התחרות:

תכנות מערכת הבעיטה מחדש, החלפת פוזשן (משום שלא עבד טוב נאלצנו להחליפו לתחתית מטאטא).

בסופו של דבר לא נבחרנו ע"י קבוצה אחרת להמשך התחרות, אך זכינו בפרס האתר הטוב ביותר.

לאחר התחרות הגענו למסקנות לגבי שיטת הפעולה בשנים הבאות

○ **שיפורים ניהוליים, חלוקת עבודה ועבודה בצוותים:**

- מעורבות רבה יותר של חברי הקבוצה הצעירים.
- צוות לתיעוד העבודה במהלך הפרוייקט והתחרות.
- העברת ידע ממנטורים בוגרים או מחברי קבוצה בעלי ניסיון – לצעירים.
- צוות פרסום, שציבור בית הספר ידע על מה שקורה בפרוייקט בכל שבוע, ויקל על התלמידים המשתתפים בו.
- הכנה מוקדמת משמעותית וספציפית הרבה יותר לכל הצוותים בתחומם.
- גיוס ספונסרים אינטנסיבי הרבה יותר במהלך כל השנה.

○ **שיפורים בתהליך התכנון:**

- ארגון מפורט יותר של לו"ז לכל צוות בסנכרון בין כל הצוותים.
- ניצול מירבי של זמן העבודה.
- הפצת החוקים בקרב כל חברי הקבוצה.
- בניית המגרש כבר בשלבים ההתחלתיים של תקופת הבנייה.
- נתינת דגש על שלב התכנון הכללי של כל המערכות להפחתת הבעיות העתידיות.

○ **שיפורים בתהליך הבנייה:**

- לדאוג לסדר וניקיון במעבדה.
- ניהול רשימות ציוד מסודרות בכל צוות.
- הכנת חלקי חילוף.
- התייעצות של חברי הקבוצה על החלטות מתקבלות לגבי דרך הפתרון של בעיות מכאניות.
- שלב טרום בנייה – הכרת המעמיקה של הקבוצה, תפקידה והכלים העומדים לרשותה.
- עמידה בלו"ז.

## סיכום אישי:

פרוייקט **FIRST - For Inspiration And Recognition Of Science And Technology**, כשמו כן הוא. כחברי קבוצת 3089 וכשותפים לפרוייקט, זכינו לחוויה חד פעמית ומדהימה מכל הבחינות. כתלמידים בעלי משיכה לטכנולוגיה ולהנדסה, הפרוייקט משמש כמסגרת המושלמת המשלבת המון למידה – מעשית ותיאורטית וביטוי של היצירתיות שטמונה בכל חבר בקבוצה. ממצב של אי ידיעה מוחלטת של כל החומר והכישורים המעשיים הנדרשים, חברי הקבוצה צוברים לאורך הפרוייקט את כל הידע והכישורים שהם צריכים גם מלימוד עצמי וגם משימוש בניסיון המנטורים וראשי הקבוצה בעלי הניסיון. האהבה למקצוע והרצון ללמוד ולהצליח במשימה – היא הסיבה לכך שלא חשוב מה, הקבוצה תצליח להתגבר על כל הבעיות בדרך. בשל חוסר במגמה מסודרת אשר מלמדת את החומר התיאורטי הדרוש לפרוייקט, הלמידה מתבצעת לפני תחילתו ע"י ראשי הצוותים כשעיקר הלמידה מתבצע תוך כדי הפרוייקט. הפרוייקט הוא גם חוויה חברתית אדירה שמתבטאת בהיכרות קרובה מאוד עם כל חברי הקבוצה אשר לאורך הפרוייקט הופכים להיות כמשפחה אחת מגובשת. בנוסף לכך, הודות ל"רוח FIRST" ישנם קשרים טובים מאוד בין קבוצות שמתבטאות ברצון לעזור עד כמה שאפשר לכל מי שצריך זאת. הפרוייקט מחבר בין אנשים מכל העולם.

במהלך הפרוייקט, כל חבר קבוצה לומד מהי עבודת צוות ואת חשיבותה הרבה. הקבוצה מתנהלת כחברה לכל דבר – בעלת ספונסורים, תקציב, צוותים שונים, מנטורים, איזור עבודה, כלים ומטרה אחת משותפת זה מה שמשרה את האווירה החיובית למרות הכל.

במהלך הפרוייקט נתקלנו במכשולים רבים, בקשיים ובמצבי לחץ שבהם עבדנו, חשבנו, יצרנו ופתרנו בעיות. למרות זאת המטרה נשארה אותה מטרה והאווירה הייתה תמיד אותה אווירה של עבודה ונחישות. אחריות היא דבר שהרגשנו המון תוך כדי הפרוייקט והיא אחריות של כל אחד ואחד על הפחייקט, הספונסורים והקבוצה.

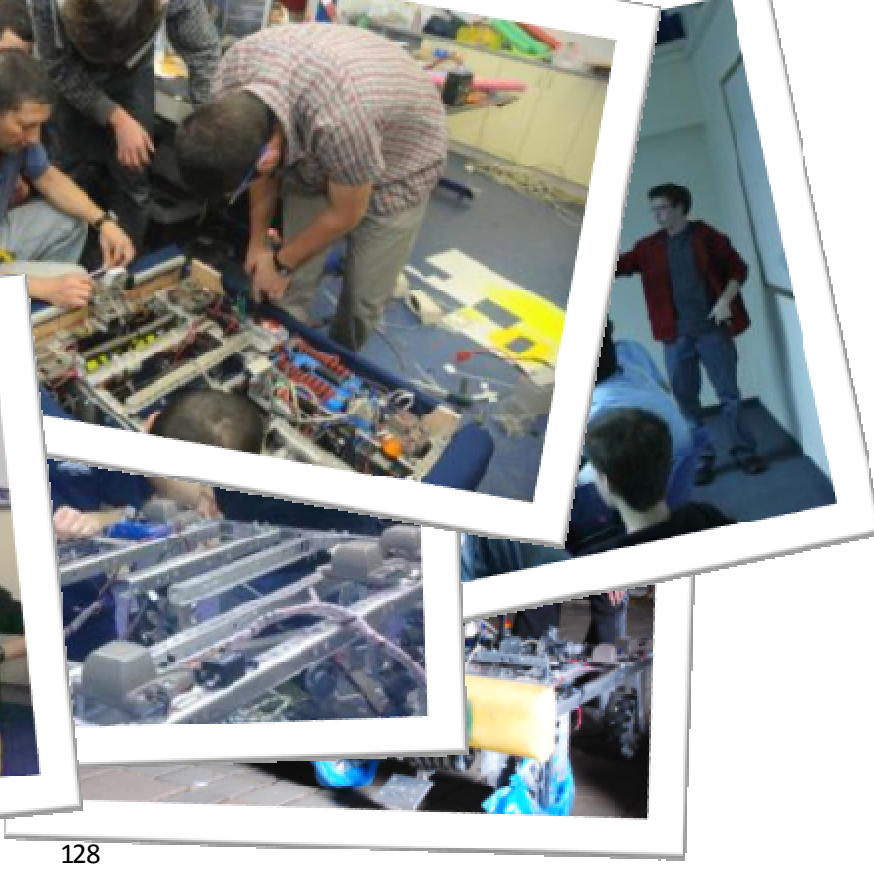
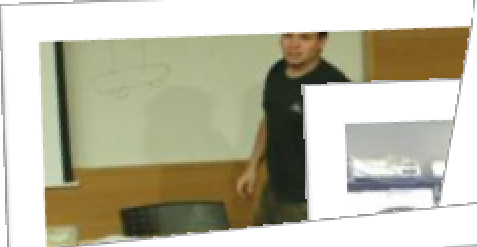
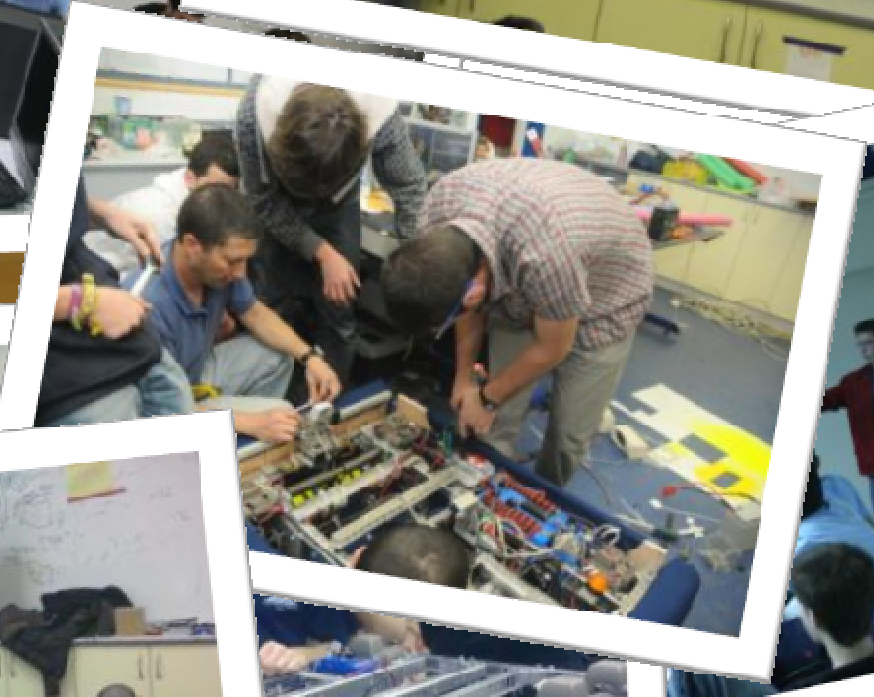
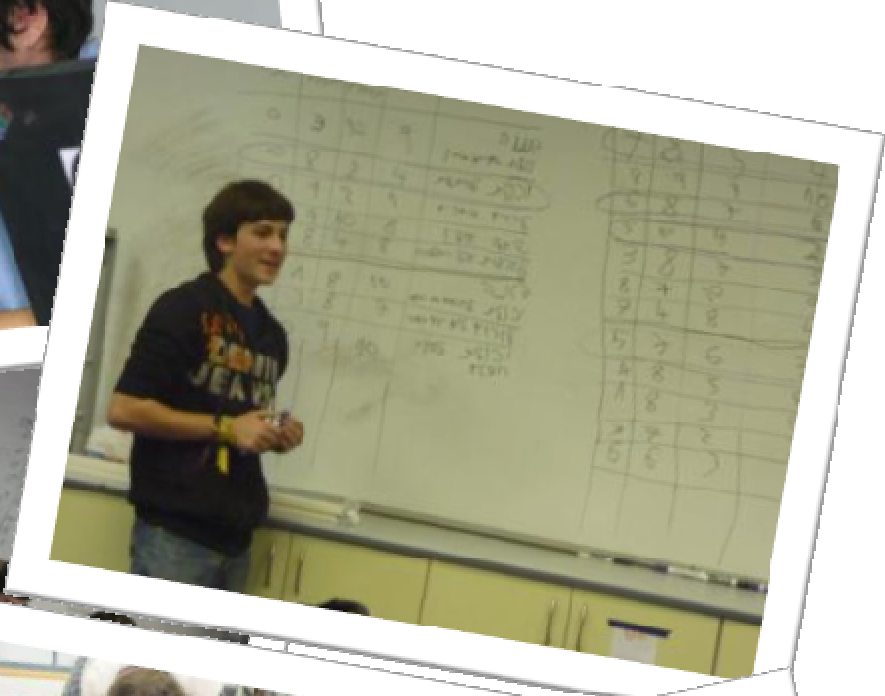
בתחרות ביד אלהו נפעמנו מצורת הארגון האדירה האווירה המחשלמת של האירוע העצום הזה. כמות האנשים, הרובטים, היצירתיות והמחשבה שנכללת באירוע הזה מראה על כמה גדול הארגון הזה ועל החשיבות שיש לו על העתיד הטכנולוגי של העולם כולו.

למרות ההפסד של הקבוצה בתחרות בשל בעיות תקשורת רבות שהיו לאורך כמעט כל התחרות הרגשנו הרבה יותר טוב מהמצופה הודות לכל התהליך שעברנו שהיה חשוב הרבה יותר. למרות ההפסד בתחרות עצמה, הקבוצה זכתה בפרס האתר הטוב ביותר.

ברמה האישית, הפרוייקט מלמד המון מעבר למכניקה, שימוש בכלים שונים, אלקטרוניקה, חשמל ותכנות. הפרוייקט מלמד על עבודה בכל מצב, תחת כל תנאי בכל שעה. הפרוייקט מלמד שצריך להביט קדימה אל המטרה לא משנה מהם הקשיים בדרך.

אנו ממש שמחים על הזכות שנפלה בידינו להשתתף בפרוייקט להיות חברים בקבוצת 3089 בריאלי העברי בחיפה. הפרוייקט היה עבורינו הגשמת חלום, מסגרת שבה אפשר ליזום, ליצור, להביע רעיונות ולתת ליצירתיות ביטוי. את החוויה עברנו בפרוייקט ואת כל מה שלמדנו בו, ניקח כשיעור חשוב לחיים ונעשה מייטב יכולתנו לעביר זאת הלאה.

תודה לקבוצת 3089 על כל החוויות ושיהיה המון בהצלחה בשנים הבאות.







## ביבליוגרפיה

[www.usfirst.org](http://www.usfirst.org) - - - - - אתר ארגון FIRST העולמי הרשמי

[www.chiefdelphi.com](http://www.chiefdelphi.com) - פורום - - - - - עולמי לא רשמי

[www.firstaid.firstisrael.org.il](http://www.firstaid.firstisrael.org.il) - - - - - פוחם ישראלי לא רשמי

[www.ifirobotics.org](http://www.ifirobotics.org) - - - - - אתר מכירת מוצרים לרובוט RC, כולל תמונות והסברים

[www.andymark.biz](http://www.andymark.biz) - אתר - - - - - מכירות מוצרי אלקטרוניקה ומכניקה לרובוט

<http://www.firstwiki.net> - - - - - דף הויקיפדיה של ארגון FIRST העולמי

[www.team3089.com](http://www.team3089.com) - - - - - אתר קבוצתנו