

מטלה מס' 2 – PLC ולוגיקה



קבוצה 8

* 318269362 * 208498105 * 208786814 * 208752311 *

מטרת הפרויקט

כחלק מעבודת הבית המסכמת למעבדות PLC ולנושא הלוגיקה, מימשנו מערכת בקרה אוטומטית למפעל לייצור קרמבו. תהליך הייצור כולל ארבעה שלבים עיקריים – זילוף קצפות על תחתיות הביסקוויט במכונה אחת, שינוע למכונה אחרת, טבילת הקרמבו בשוקולד ואריזת חבילת קרמבו מוכנה שעברה את כל התהליכים במערכת.

מטרת הפרויקט היא תכנות של בקר מתוכנת בקר מתוכנת (PLC) בתוכנת GX Works 2, באמצעות דיאגרמת סולם.

הנחות יסוד בפיתוח המערכת

1. המשתנים השונים יאופסו בסוף יום העבודה.
2. X6 צריך להיות מורם (מצב בורר ON) ל-5 שניות לכל הפחות (בזמן הבהוב נורות Y0, Y1).
3. יום עבודה מתחיל רק כאשר כמות חוה"ג שוקולד מספיקה לטבילה כפולה של אריזת קרמבו (בדיקה מחמירה).
4. בפעם הראשונה שמגיעים לשלב הזילוף ע"מ שמכונת הזילוף תפעל (חיווי מנורה Y4) הטמפ' צריכה להיות מתחת ל-15 (אח"כ יכולה לעלות ולהיות בין 15 ל-30).
5. מכונת הזילוף לא תידלק אם X3 לא יהיה במצב ON כלומר הטמפ' מתחת ל-30.
6. אות מהמצלמה בשלב הזילוף (הדלקה של X4) הוא רגעי – על מנת שיהבהב ארבע שניות יש להוריד את מתג X4.
7. לאחר לחיצה על X11 לצורך העברת חומרי גלם בין המיכלים, יש לכבות אותו בסוף שלב הזילוף (כיוון שמדובר בכפתור לחיצ).

תיאור מצבי קיצון ושיטת הפתרון

1. בעיה: המשתמש הכניס analog input1 לא בטווח שבין 1-10, ומנסה להתחיל את שלב הזילוף.
פתרון: השלב המקושר לקלט לא יתבצע עד אשר המשתמש יתקן את הקלט (לקלט בטווח 1-10).
2. בעיה: המשתמש ניסה להמשיך לשלב מתקדם מהשלב הנוכחי (לפני שהסתיים שלב מוקדם יותר).
פתרון: הסכנה נאכפה ע"י יצירת משתנים פיקטיביים המתריעים על תחילת שלב וסיומו המהווים תנאי התחלה לתחילת שלב הבא.
3. בעיה: יש מספיק שוקולד ליצירת ארגז נוסף, כמו כן יש די ביסקוויטים וקצפת, לכן היום לא נגמר. עם זאת, נבחר ארגז של קרמבו עם ציפוי כפול (עבור זה, אין מספיק שוקולד).
פתרון: אכפנו ע"י לקיחת המקרה המחמיר (בהנחה שתמיד הארגז הבא שייבחר להיות מיוצר יהיה עם ציפוי כפול) לכן אם אין מספיק שוקולד עבור ארגז קרמבו עם ציפוי כפול, יסתיים היום.

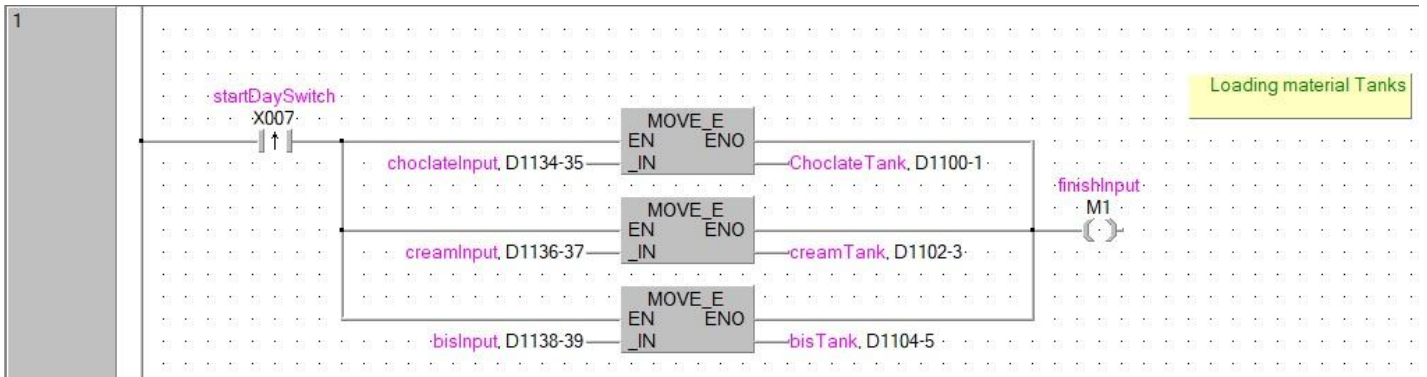
4. בעיה: ישנם מספר מקרים שיכולים להוביל לפונקציית ההבהוב לפעול – סיום יום או שלב המכונה בין מכונה א' למכונה ב'. כל אחד מהמקרים יפעיל נורות אחרת (הרי פונקציית ההבהוב מבוססת על שתי נורות). כלומר יכול להיווצר מצב שגם Y7 מהבהבת וגם Y0, Y1.

פתרון: אכפנו את המקרה הזה ע"י הוספת תנאי להבהוב נורות Y0, Y1: רק כאשר היום פעיל הן יהבהבו.

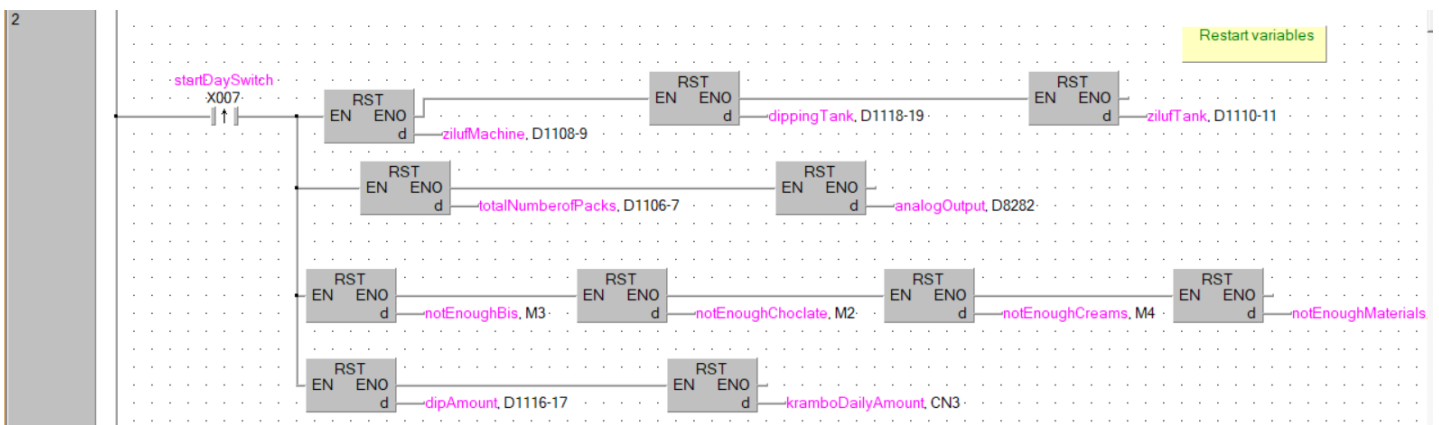
טבלת תיאור משתנים

שם המשתנה	Device	הסבר
chocolateInput	D1134	רגיסטר הזנת מלאי- שוקולד
creamInput	D1136	רגיסטר הזנת מלאי- קצפת
bisInput	D1138	רגיסטר הזנת מלאי- תחתיות ביסקוויט
creamTank	D1102	רגיסטר מלאי- קצפת
ChocolateTank	D1100	רגיסטר מלאי- שוקולד
bisTank	D1104	רגיסטר מלאי- תחתיות ביסקוויט
zilufTank	D1110	רגיסטר מיכל עבודה- מיכל זילוף
dippingTank	D1118	רגיסטר מיכל עבודה- מיכל טבילה
TotalKrembos	D1164	רגיסטר כמות יחידות קרמבו שיוצרו במהלך כל היום

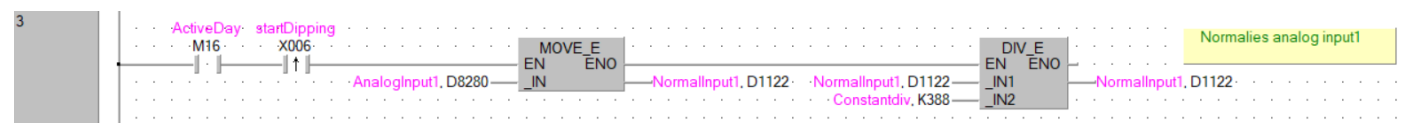
בלוק 1: תחילת יום – איתחול משתנים: כאשר X7 נלחץ (הלחצן הקפיצי המייצג תחילת יום עבודה), מועברים הקלטים של כמות חומר הגלם מכל סוג לרגיסטרים המתאימים.



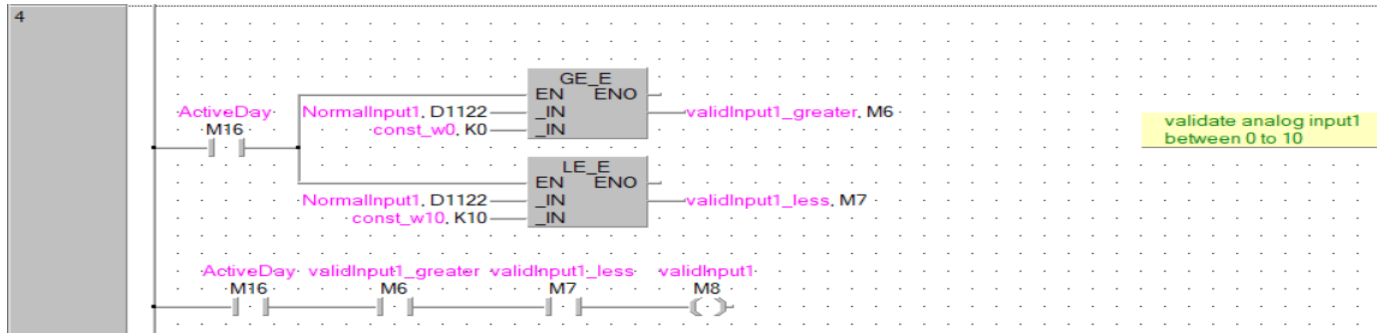
בלוק 2: עם התחלת יום עבודה, נאפס את המשתנים: כמות חומרי הגלם במיכלים השונים, מספר האריזות שנארזו, המשתנה המייצג את החוסר באחד מחומרי הגלם וכן כמות הקרמבו היומית.



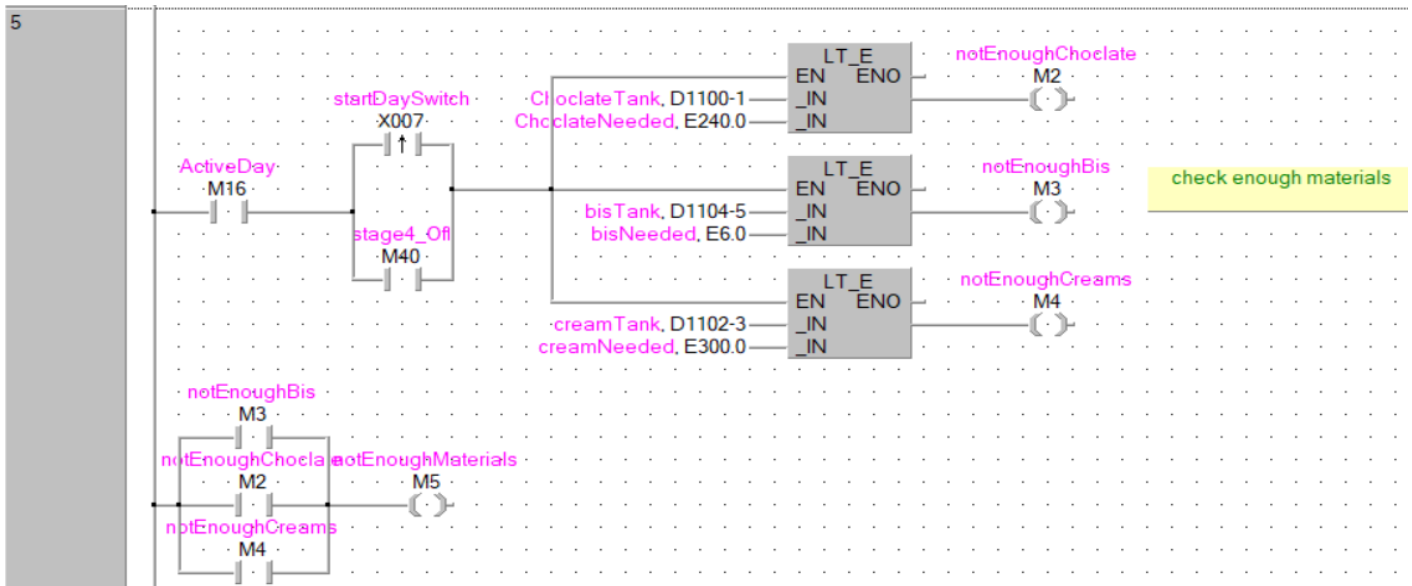
בלוק 3: נירמול ערך ה- 1 analog input שנדגם עם תחילת טבילת הקרמבו במהלך יום העבודה. כדי שערך הקלט יתאים לערך בשעון בבקר, הקלט חולק ב-388 (מספר שחושב לאחר הערכת ממוצע הפערים במעבדה) וזהו למעשה הנרמול וההתאמה.



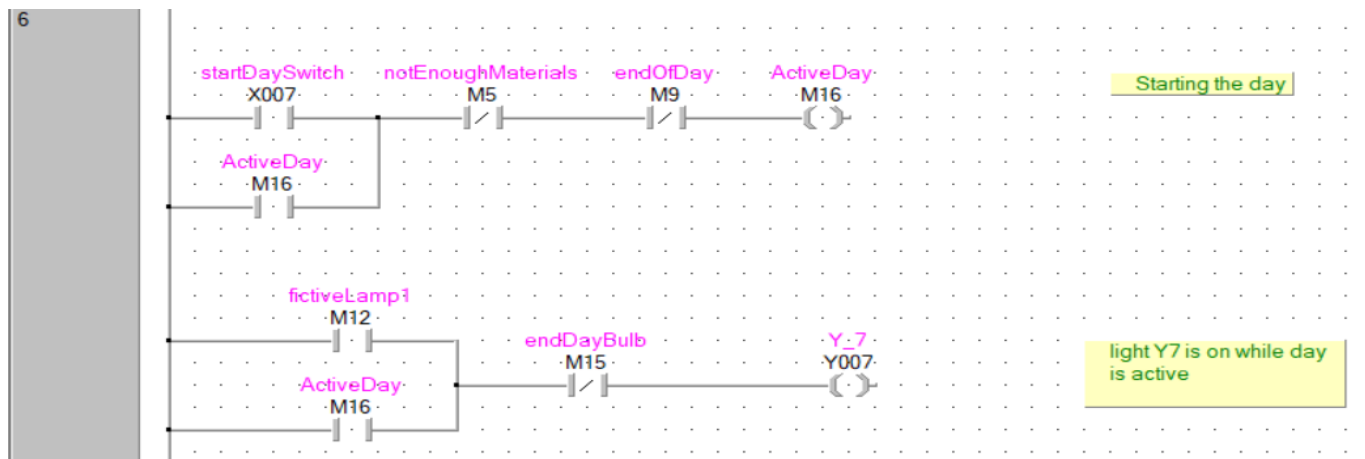
בלוק 4: בדיקת הקלטים מהמשתמש: כל עוד התוכנית נמצאת במהלך יום עבודה פעיל, התוכנית בודקת שערך ה-1 analog input המייצג את סוג ציפוי השוקולד, אכן נמצא בטווח התקין בין 1-10. הנורות הפיקטיביות M6-M7 מהוות אינדיקציה לכך שהערך לא גדול יותר מ-10 ולא קטן יותר מ-1 (בהתאמה). במידה ועומדים בטווח, ובנוסף המערכת נמצאת במהלך יום עבודה תקין – תידלק הנורה הפיקטיבית M8 שמייצגת את תקינות התהליך.



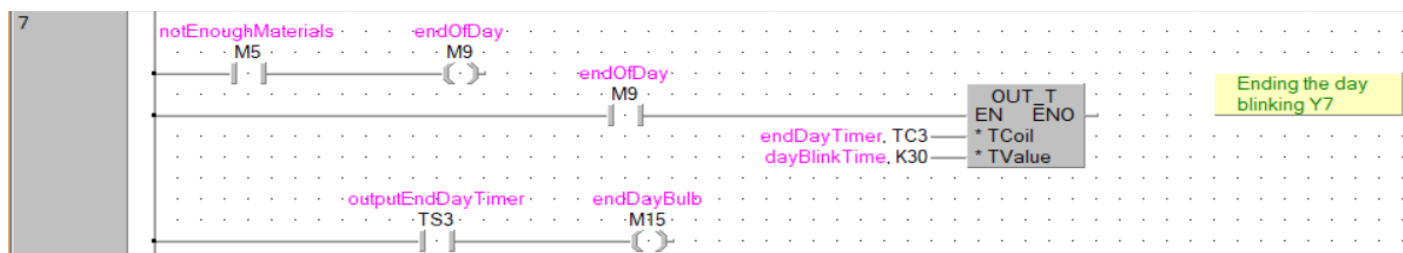
בלוק 5: בדיקת חומרי גלם- בכל רגע נתון, התוכנית בודקת שאכן יש מספיק חומרי גלם לייצור **ארגז קרמבו** נוסף. עבור כל חומר גלם (שוקולד, ביסקוויטים וקצפת) התוכנית בודקת שהכמות הנוכחית במיכל גדולה מהכמות הנדרשת עבור המתכון. אחרת, נדלקות נורות פיקטיביות M2, M3 ו-M4 המייצגות את החוסר באחד מחומרי הגלם בהתאמה. במידה ויש חוסר באחד מחומרי הגלם (או יותר), יקבל משתנה בינארי notEnoughMaterials (נורה פיקטיבית M5) את הערך 1.



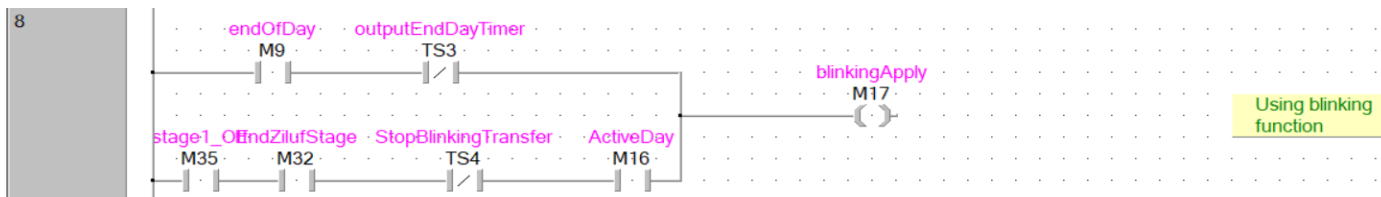
בלוק 6: במידה ונלחץ כפתור ההפעלה הקפיצי X7 המייצג תחילת יום עבודה וכן כל עוד יש מספיק חומרי גלם ועוד לא נגמר יום העבודה, תידלק הנורה הפיקטיבית M16 המייצגת יום עבודה פעיל. כל עוד היא דולקת, וכל עוד לא נגמר יום העבודה, נורה Y7 המהווה אינדיקציה לכך שהמפעל במהלך יום עבודה פעיל, תישאר דלוקה. נורה Y7 תהבהב למשך 3 שניות בהתאם לפונקציה הגנרית שנמצאת בבלוק 9 במידה והיום הסתיים.



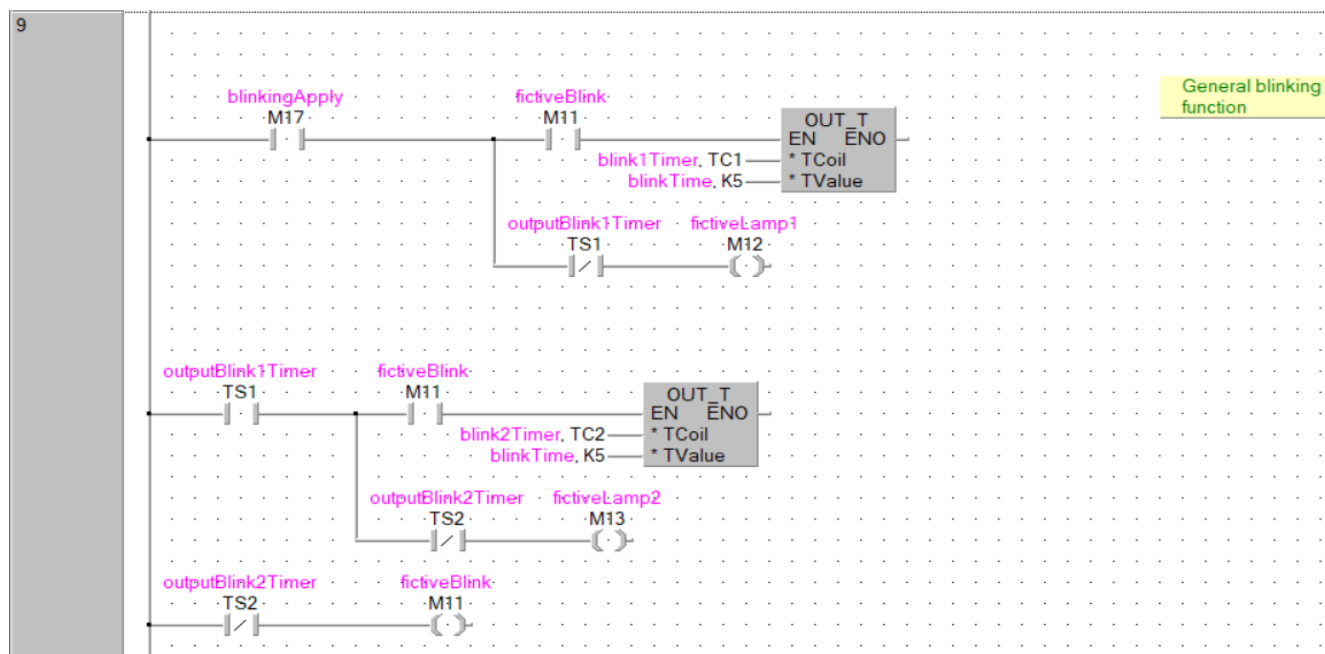
בלוק 7: תנאי לסיום יום עבודה- חוסר באחד מחומרי הגלם. הדבר יגרור הבהוב של הנורה Y7 למשך 3 שניות ולאחר מכן לכיבוייה מה שמסמן שתם יום העבודה.



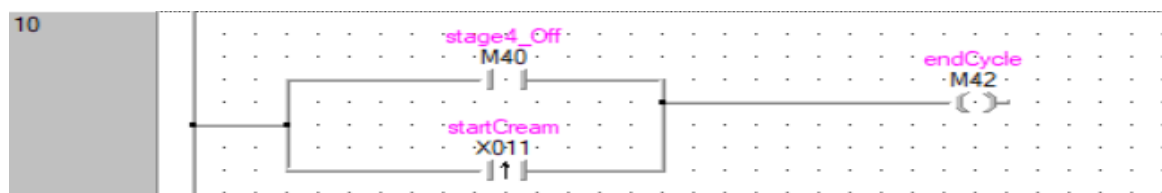
בלוק 8: הפעלת פונקציית ההבהוב הגנרית עם בהתאם לתנאים הרלוונטיים (סוף יום והתקבל אות מהחיישן של מכונת הזילוף).



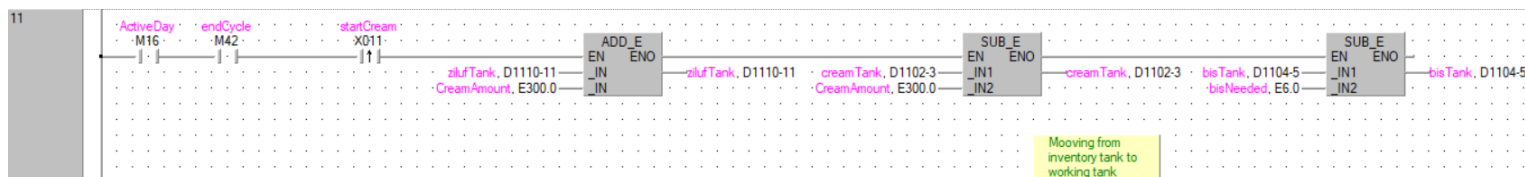
בלוק 9: פונקציית הבהוב מודולארית המותאמת לתהליך שלנו: כאשר התנאים בבלוק 8 מתקיימים תופעל הפונקציה, נורות פיקטיביות יבהבו והשמה מתאימה המופיעה בבלוקים 18 ו6 תוביל להבהוב של הנורות הפיזיות הנדרשות.



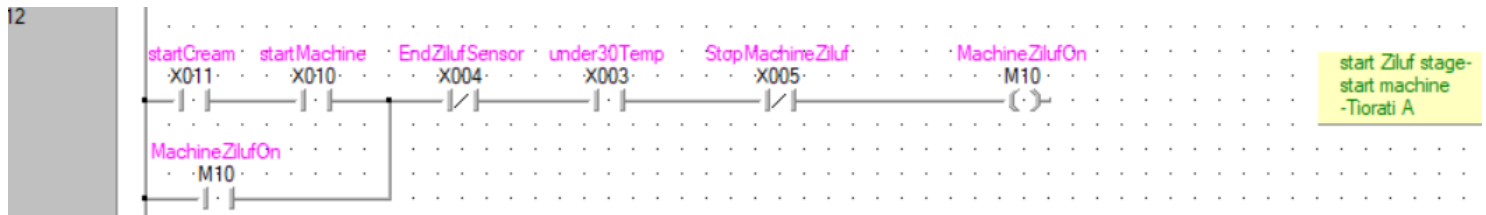
בלוק 10: אינדיקציה לסיום סבב הפעלה כלומר יצירת משטח קרמבו אחד. מתקיים כאשר שלב 4 הסתיים או בלחיצה על x11 עבור ההפעלה הראשונית של התהליך כולו.



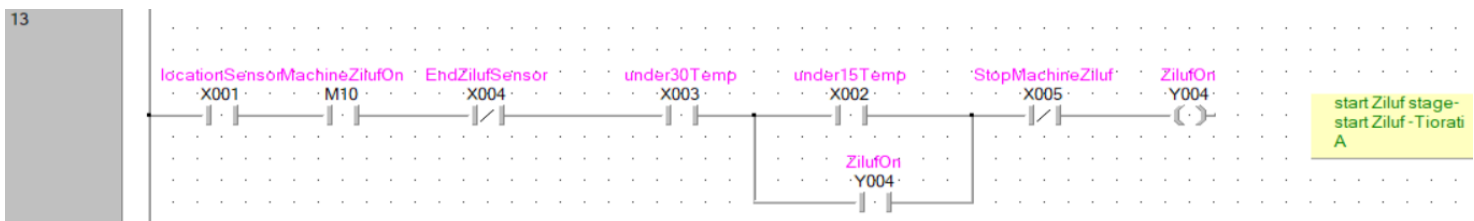
בלוק 11: כל עוד המפעל נמצא במהלך של יום עבודה, ובפרט במהלך עבודה על משטח קרמבו, כלל חומרי הגלם יועברו ממיכלי המלאי למיכלי העבודה בהתאם לכמויות הנצרכות, יורדות מהמיכל הראשון ומתעדכנות במיכל השני.



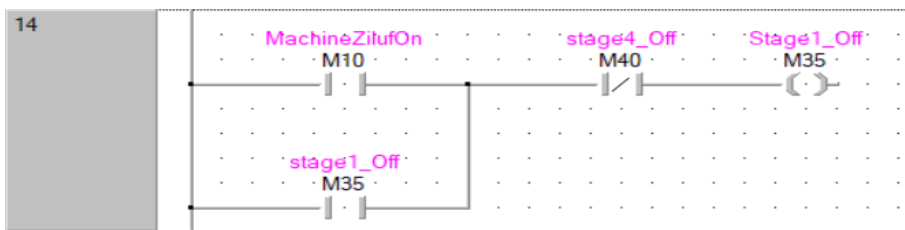
בלוק 12: פעולת הזילוף תתחיל רק כאשר הטמפרטורה נמצא בטווח המתאים עבור הקצפת הרגישה (מתחת 15-1) ותיפסק במידה שהטמפ' עולה מעל 30 מעלות (עד אשר תרד שוב לטווח התקין). במידה ותהליך הזילוף יסתיים או אם תתגלה תקלה, התהליך יעצור מיידית.



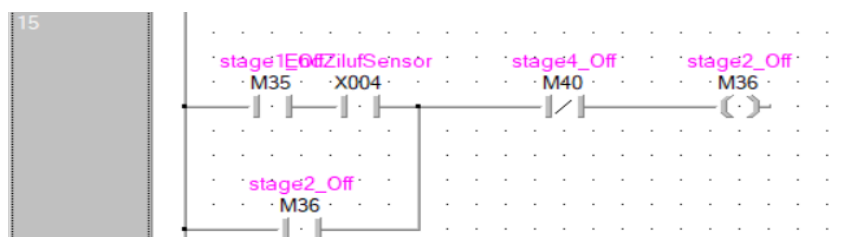
בלוק 13: תהליך הזילוף יחל רק בהתקיימות התנאים הבאים: חיישן מגע שמזהה שמשטח הקרמבו נמצא במיקום הרצוי לזילוף החזיר תשובה חיובית, המכונה דולקת ונמצאת בטמפ' המתאימה וכל עוד לא התקבל אות על כך שהתהליך תם (התבצע זילוף על כלל הקרמבו במשטח).



בלוק 14: מעגל החזקה- ברגע שנדלקת מכונת הזילוף – החל שלב זה ונדלק M35 (המשתנה המתאים לשלב זה) מה שישבור את מעגל ההחזקה יהיה M40 שמהווה אינדיקציה לכך שתם שלב 4- כלומר נגמר המחזור (בסיום מחזור גם נאפס את כל המשתנים הפיקטיביים המתאימים כי תהליך חדש יתחיל בכל שלביו).



בלוק 15: ולידציה: וידוא סדר התהליך התקין: נרצה לא לאפשר את קיום שלב 4 לפני ששלב 1,2,3 יסתיימו ולכן נגדיר משתנה פיקטיבי לכל אחד מהשלבים ונוסיף אותו כתנאי לשלבים הבאים כדי שלא יתבצעו השלבים שלאחר מכן.

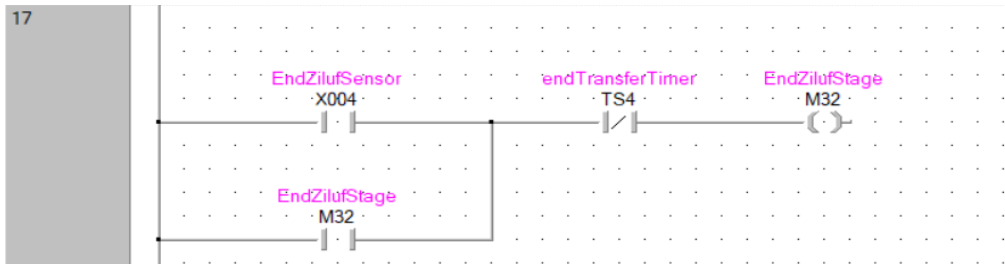


בלוק 16: תהליך הזילוף עצמו – העדכון של המיכל בהתאם לכמות שמוזלפת ממנו אל משטח הקרמבו.

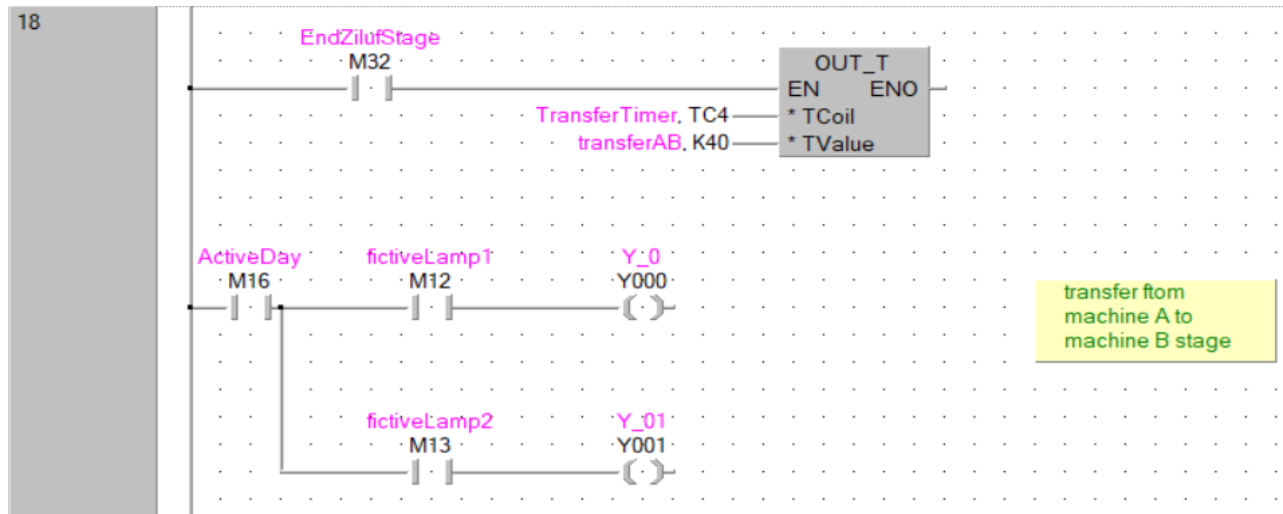


בלוק 17: מעגל החזקה: עם סיום הזילוף, משטח הקרמבו המקוצף מוכן לשלב 2 (שינוע מהמכונה הנוכחית א' למכונה ב'). המשטח ישונע למשך 4 שניות בדיוק.

TS4 מהווה אינדקציה לסיום 4 השניות האלו כלומר נדע ששלב 2 הסתיים וניתן לעבור לשלב 3 – טבילת הקרמבו בשוקולד במכונה ב'.

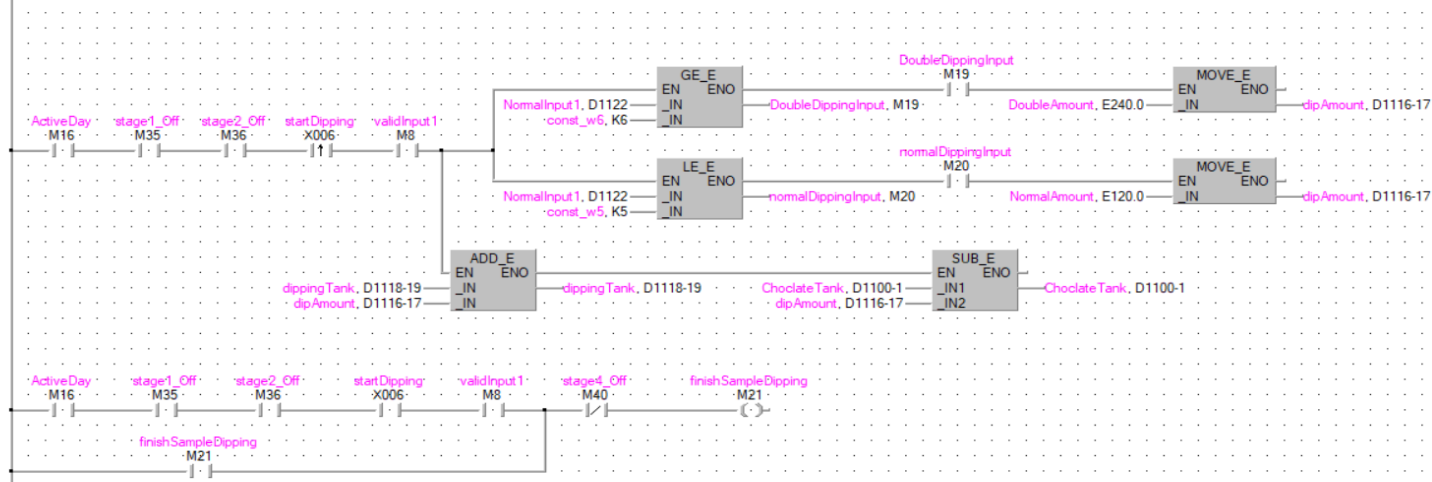


בלוק 18: תהליך ההעברה ממיכל א' למיכל ב'- כחיווי לפעולה הנורות Y0, Y1 מהבהבות לסירוגין.



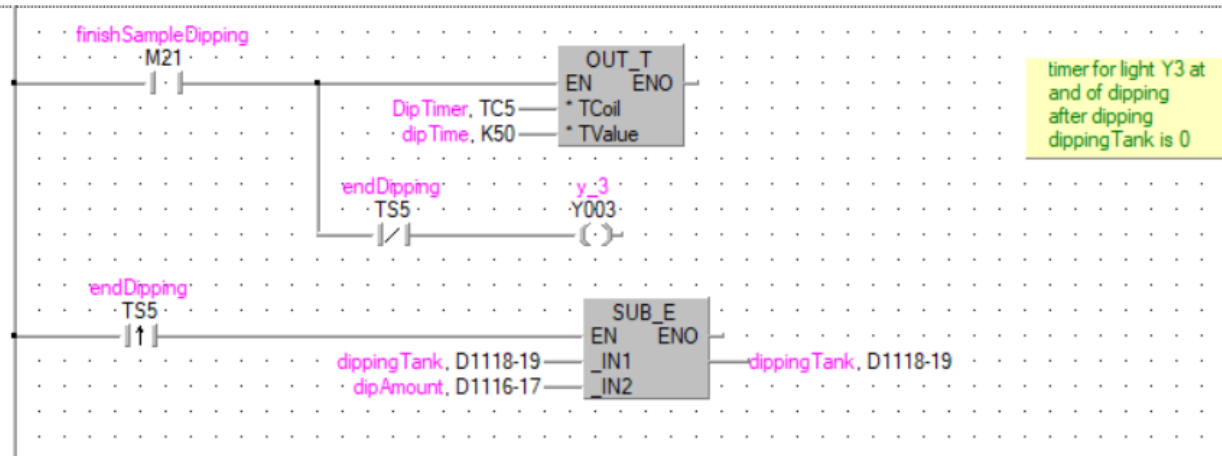
בלוק 19: עם סיום שלב 2, משטח הקרמבו מוכן להתחיל את שלב 3. תהליך טבילת הקרמבו בשוקולד יחל בדגימת הקלט (בתנאי שהוא תקין כמובן) והתאמת סוג הציפוי – רגיל או כפול, בהתאם. כמות השוקולד המתאימה תעבור ממכל השוקולד למיכל הטבילה והמשטח כולו יצופה בהתאם לכמות השוקולד הרצויה. בסיום התהליך, המשטח יעבור לשלב 4.

19

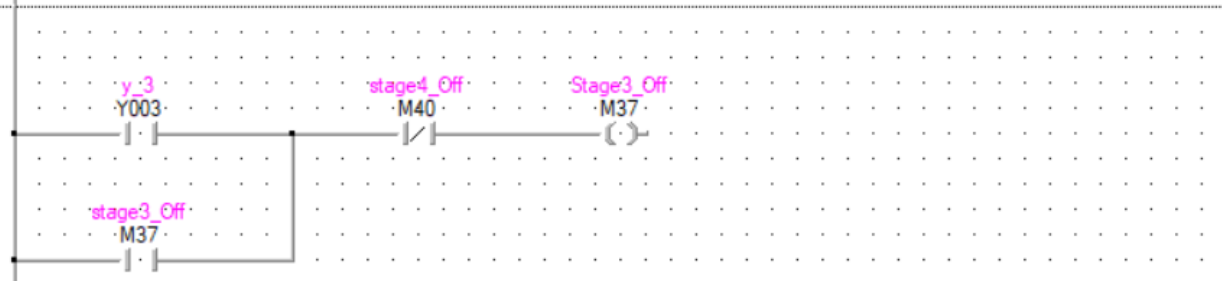


בלוק 20-21: עם תום טבילת הקרמבו (הנמשכת 5 שניות) נדלקת נורה Y3. כמות השוקולד במיכל הטבילה מתעדכנת והמשטח מוכן לשלב 4.

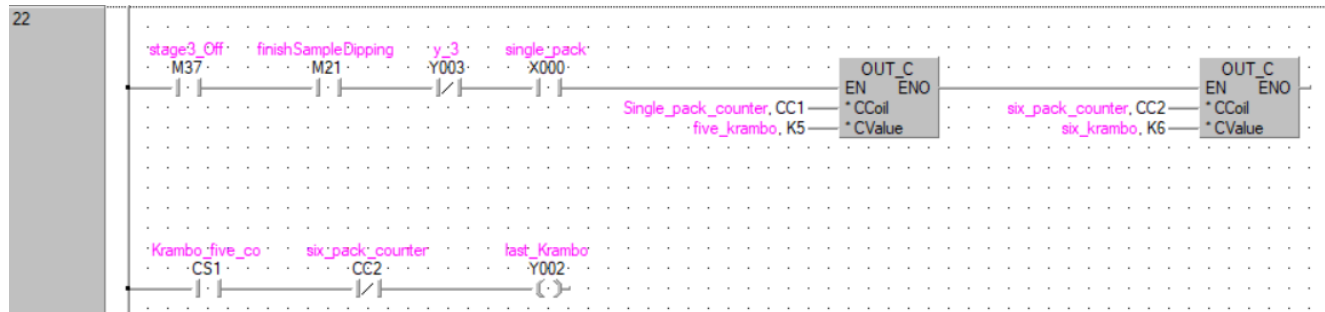
20



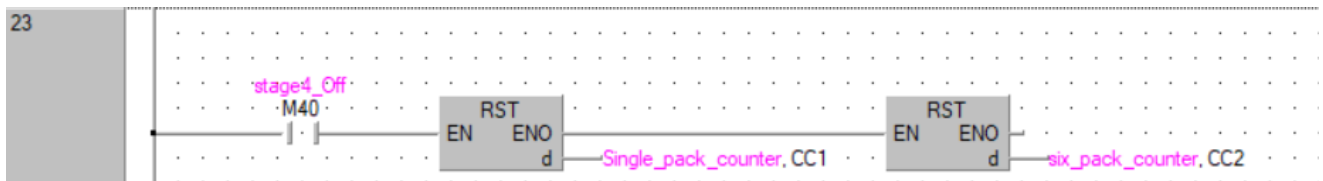
21



בלוק 22: עם תום השלב השלישי, מתחיל השלב הרביעי באריזה של כל קרמבו בודד (X0). הנורה Y2 תידלק בסיום אריזת הקרמבו החמישי ותיכבה בסיום אריזת הקרמבו השישי.



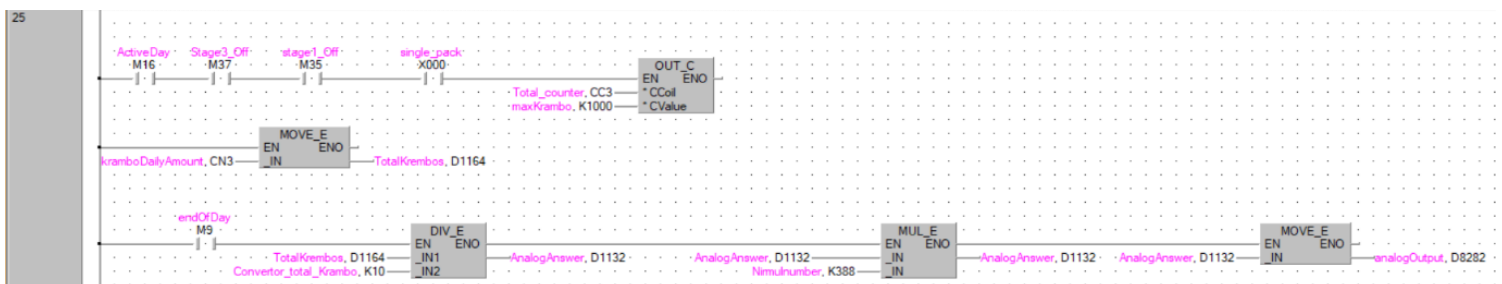
בלוק 23: במהלך האריזה תחזקנו קאונטרים של קרמבואים בודדים, קאונטרים של 5 קרמבואים (single pack counter – משמש כדי להורות ל-Y2 להידלק) וקאונטרים של אריזות קרמבו (המורכבות כאמור מ-6 קרמבואים). שני הקאונטרים האחרונים מתאפסים בכל מחזור כדי לדאוג למחווה תקין של נורה Y2.



בלוק 24: מעגל החזקה ששומר על הימשכות השלב הרביעי – שעובד כל עוד קאונטר 6 הקרמבו שיש באריזה פעיל (CS2) ומתאפס כאשר מתחיל סבב חדש – עם הידלקות X11 (הדלקת מכונת הזילוף – השלב הראשון בתהליך - כלומר סבב חדש החל).



בלוק 25: קאונטר ספירת הקרמבואים (Total_counter) מתאפס בסיום יום. לצורך חישוב התפוקה היומית נחלק את מספר הקרמבואים מהקאונטר ב- 10 לפי דרישה. לאחר מכן מתבצעת הכפלה ב- 388 לצורך נירמול. בסיום יום כמות הקרמבו המיוצרת היומית מחושבת ומוצגת ביחידות של עשרות ב-analog_output.



סיכום ומסקנות

הפרויקט דימה יום עבודה במפעל ייצור הקרמבו. בתחילת העבודה על הפרויקט ועוד לפני ההגעה למעבדות, יצרנו שלד כללי של איתחול יום העבודה במפעל והפעלת השלב הראשון בתהליך. עם ההגעה למעבדות גילינו תקלות מסוימות שהצריכו מאתנו חשיבה מחודשת ושימוש בכלים שונים כדי להבין את התקלות ואת הסיבות שעמדו מאחוריהם. כדי לאתר את התקלות, השתמשנו בנורות פיקטיביות, יצירת משתנים ושימוש בכלי ה-WATCH של התוכנה כדי לבצע מעקב צמוד אחרי המשתנים, וגם כמובן (ואף בעיקר) בחשיבה מחוץ לקופסה וניסיונות להבין את הפעולות שמתרחשות מאחורי הקלעים. ביצענו חשיבה לוגית מעמיקה וניתחנו את התהליכים לעומקם וביצענו את ההתאמות בקוד בהתאם.

בעבודות במסגרת התואר היינו רגילים לחקור באינטרנט ולחפש דרכי פיתרון או מידע על התוכנה שאנו נדרשים להתמודד איתה אך גילינו שהמידע עבור תוכנת GxWorks2 דל ולכן נאלצנו לחשוב בעיקר בעצמנו.

דבר שעזר מאוד לעבודה היה עבודת הצוות השיתופית ונקודות ההשקפה השונות של חברי הקבוצה- היכולת של כל חבר צוות לראות תהליך בצורה חיצונית לשל חברו ובאופן חשיבה שונה, כך התייעצנו והצלחנו לחשוב על פתרונות יצירתיים ומחוץ לקופסה וכן רבות התחלקנו לצמדים, התחלקנו במשימות ועם הצלחת משימה מסוימת וסיומה התחלפנו בינינו בעמדות העבודה ובדקנו את עבודתו של הצמד השני כדי לוודא מקרי קצה, לנסות להפעיל בצורה עצמאית (חבר צוות כמפעיל חיצוני ולא ניסיון של כותב הקוד) ולבדוק האם ייתכן שלא טופלו כל המקרים האפשריים וההרצה תקינה.

לסיכום, הכרנו תוכנה חדשה, למדנו שיטת עבודה, התנסינו בנושא הלוגיקה והבקרים המתוכננים ועבדנו בעבודת צוות תוך חשיבה ופתרון בעיות הדורשות חשיבה לוגית מעמיקה.

החלק התיאורטי

חלק תיאורטי- חלק א'

הגדרת משתנים

משתנה	כניסה/יציאה	תפקיד	מצב כאשר ערכו 1
X10	כניסה	כפתור הפעלה	הדלקת מכונה
X1	כניסה	חיישן מגע	משטח במיקום הנכון
Sen_15	כניסה	חיישן טמפ'	טמפ' מתחת ל-15 מעלות
Sen_30	כניסה	חיישן טמפ'	טמפ' מתחת 30 מעלות
X4	כניסה	חיישן מצלמה	סיום פעולת זילוף
X5	כניסה	מתג עצירה	עצירת המכונה
Y4	יציאה	חיווי זילוף	זילוף פעיל
M10	יציאה	חיווי עזר זילוף	המערכת פועלת ומזלפת

טבלת אמת

Sen_15	Sen_30	Y_t	Y_t+1	תיאור המצב
0	0	0	0	טמפ' מעל 15 ומעל 30 מעלות ולכן המכונה לא מזלפת
0	0	1	0	טמפ' מעל 15 ומעל ל 30 המכונה חייבת להפסיק לזלף לכן לא יכולה לזלף
0	1	0	0	טמפ' מעל 15 ומתחת ל-30 מעלות, המכונה לא מזלפת ולכן גם לא צריכה לזלף.
0	1	1	1	טמפ' מעל 15 ומתחת ל-30 מעלות, המכונה מזלפת ולכן צריך להמשיך לזלף כי הטמפ' לא ירדה תחת 15.
1	0	0	N/A	לא ייתכן מצב שבו הטמפ' מתחת ל-15 מעלות וגם מעל 30 מעלות.
1	0	1	N/A	
1	1	0	1	טמפ' מתחת ל-15 מעלות ולכן ניתן לזלף.
1	1	1	1	

מפת קרנו

sen15,sen30	00	01	11	10
Yt				
0	0	0	1	0
1	0	1	1	0

$$Y_{t+1} = \overline{X_5} \cdot X_1 \cdot M_{10} \cdot \overline{X_4} \cdot (sen15 \cdot sen30 + sen30 \cdot Y_t)$$

$$Y_{t+1} = \overline{X_5} \cdot X_1 \cdot M_{10} \cdot \overline{X_4} \cdot sen30 \cdot (sen15 + Y_t)$$

הערה: בתוכנה מימשנו את Yt בתור Y4, את Sen15 בתור X2 ואת Sen30 בתור X3.
הנחה: בעת הפעלת המערכת בפעם הראשונה, חיישן X3 הינו במצב 1 (כלומר הטמפ' היא מתחת ל-30).

מימוש בדיאגרמת סולם

הבלוקים הרלוונטיים עבור חלק תיאורטי א' – **בלוקים 12 - 17**.

חלק תיאורטי- חלק ב'- תהליך הפעלה של מתקן האונייה המתהפכת בלונה פארק ת"א

הסיפור

מאחר ונמצא רווחי להפעיל את המתקן רק כאשר משקל האנייה הכולל הוא 950 קילו, עם הגעה למשקל זה נפעיל את האנייה ונחל הרצה של המתקן למשך 10 דקות (האנייה מתהפכת באוויר לאימת המשתתפים במשך 10 דקות).

הפעלה יכולה להתבצע גם ע"י אחראי באמצעות לחיצה על לחצן קפיצי להפעלה מרוחקת מיידית. כאשר המתקן יופעל תדלק נורה המחווה על פעילות המתקן (Y7) ויחל טיימר של 10 דקות עד לסיום ההרצה. בסיומו תידלק נורה המחווה על סיום הרצה (Y1), ושער היציאה (Y0) ייפתח - רק כאשר חיישן קרבה יזהה אדם שרוצה לצאת (כדי למנוע כניסה מצד היציאה).
הערה: נציין כי את ההדמיה של 10 דקות עשינו כ-5 שניות.

הגדרת משתנים

משתנה	כניסה/יציאה	תפקיד	מצב כאשר ערכו 1
Y1	יציאה	נורת חיווי לסיום תהליך הרצה	המתקן סיים תהליך הרצה
X1	כניסה	מתג בורר המשמש כחיישן משקל	משקל האנייה הגיע ל-950 ק"ג לפחות
X7	כניסה	מתג קפיצי המשמש ככפתור הפעלה יזומה	תהליך הרצה הופעל (ללא קשר למשקל האנייה)
Y7	יציאה	נורת חיווי לתהליך הרצה פעיל	המתקן נמצא במהלך 10 דקות ההרצה שלו
X6	כניסה	מתג בורר המשמש כחיישן קרבה לדלת היציאה	אדם נמצא בתחום החישה של דלת היציאה
Y0	יציאה	נורת חיווי מצב דלת היציאה	דלת היציאה פתוחה
X5	כניסה	מתג בורר המשמש כחיישן שהאונייה ריקה מאנשים	האנייה ריקה (משקל = 0)

טבלת אמת - עבור נורת החיווי של תהליך הרצה פעיל (טיימר)

Y1	X1	X7	Y7_t	Y7_t+1	תיאור המצב
0	0	0	0	0	לא הגענו למשקל היעד ולא בוצעה הפעלה יזומה לכן המתקן לא יודלק
0	0	0	1	NA	לא ייתכן שהמתקן פעיל כאשר לא הגענו ל950 קילו
0	0	1	0	1	לא הגענו למשקל היעד אבל בוצעה הפעלה יזומה
0	0	1	1	1	בוצעה הפעלה יזומה, כאשר המתקן פעיל, המתקן ימשיך לפעול ללא שינוי
0	1	0	0	1	המתקן הגיע ליעד המשקל ולכן יתחיל
0	1	0	1	1	המתקן פעיל והגענו ליעד המשקל, זמן ההפעלה עוד לא נגמר נשאיר את המתקן פעיל.
0	1	1	0	1	נלחץ כפתור ההפעלה היזומה בזמן שהמתקן הגיע ליעד המשקל לכן נפעיל את המתקן
0	1	1	1	1	המתקן פעיל והגענו ליעד המשקל, זמן ההפעלה עוד לא נגמר נשאיר את המתקן פעיל.
1	0	0	0	NA	לא ייתכן שנגמר הזמן כאשר המתקן לא היה פעיל
1	0	0	1	0	נגמר הזמן לכן נכבה את המתקן
1	0	1	0	NA	לא ייתכן שנגמר הזמן כאשר המתקן לא היה פעיל
1	0	1	1	0	נגמר הזמן לכן נכבה את המתקן
1	1	0	0	NA	לא ייתכן שנגמר הזמן כאשר המתקן לא היה פעיל
1	1	0	1	0	נגמר הזמן לכן נכבה את המתקן
1	1	1	0	0	לא ייתכן שנגמר הזמן כאשר המתקן לא היה פעיל
1	1	1	1	0	נגמר הזמן לכן נכבה את המתקן

מפת קרנו - עבור נורת החיווי של תהליך הרצה פעיל (טיימר)

Y1,X1 X7,Y7t	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	0	1	0	0
11	1	1	0	0
10	1	1	0	0

הביטוי המינימאלי: $(X1 + X7) * \overline{Y1}$

טבלת אמת- עבור שער היציאה

Y1	X6	Y0_t	Y0_t+1	תיאור המצב
0	0	0	0	ההפעלה עוד לא נגמרה לכן נשאר סגור
0	0	1	NA	לא ייתכן ששאר היציאה פתוח כאשר עוד לא נגמרה ההפעלה
0	1	0	NA	לא ייתכן שיגיע אדם ליציאה כאשר עוד לא נגמרה ההפעלה
0	1	1	NA	לא ייתכן שיגיע אדם ליציאה כאשר עוד לא נגמרה ההפעלה וגם לא ייתכן שהשער היה פתוח.
1	0	0	0	נגמרה ההפעלה אך אין אדם בטווח החישה לכן נשאר סגור
1	0	1	0	נגמרה ההפעלה ואדם יצא מן טווח החישה ולכן השער ייסגר.
1	1	0	1	נגמרה ההפעלה והגיע אדם לתחום החישה ולכן נפתח את השער
1	1	1	1	נגמרה ההפעלה והגיע אדם לתחום החישה ולכן נשאר את השער פתוח

הערה: כאשר האנייה מתרוקנת מאנשים, יש שלב ביניים בו אנשים עושים את דרכם החוצה במסלול ייעודי, שאורכו 50 מטר המחברים בין האנייה עצמה לבין דלת היציאה. זמן היציאה זניח.

מפת קרנו- עבור שער היציאה

Y1,X6 Y0t	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	0	1	0

הביטוי המינימלי: $(Y1 + X6)$

הנחה- בשבריר שנייה בו מגיע האדם הראשון לתחום החישה תיפתח הדלת. אם הדלת באותו שבריר שנייה פתוחה עבור האדם הראשון ואחריו מגיע אדם נוסף כך שהוא גם נמצא בתחום החישה, יש להשאיר את הדלת פתוחה גם במחזור הסריקה הבא ולכן 2 השורות רלוונטיות להצגה לחידוד אך אינן נכנסות לביטוי המינימלי כיוון שהוא נכון עבור $Y0t=0/1$.

הנחה- כאשר משקל האנייה הוא 0 בדיוק – כלומר האנייה ריקה- נדלקת נורה פיקטיבית M0 (X5) שמחוזה על יציאת כלל האנשים מהמתקן. נורה זו תשבור את המתח שמפעיל את הטיימר.

הנחה: לא ייתכן שגם X1 וגם X5 יהיו דולקים במקביל (לא ייתכן שמשקל האנייה 0 וגם 950)
לשם הבהרה, להלן מיני טבלה המייצגת את מצבי הטיימר ומתי הוא יתאפס לקראת ההפעלה הבאה:

X5	Y7_t	Y7_t+1	תיאור המצב
0	0	0	האנייה בהפעלה, הטיימר עדיין באמצע ספירה או שעוד לא התחיל ספירה חדשה, לכן ניתן לו להמשיך לספור ולא נאפס אותו
0	1	1	יש אנשים על האנייה (עדיין יוצאים) אך הטיימר סיים לספור-נגמרה הפעלה. לא נאפסו עד שלא יצאו כל האנשים מהאנייה
1	0	0	כל האנשים יצאו מהאנייה, הטיימר מאופס, נשאר אותו מאופס עד תחילת ההרצה הבאה
1	1	0	האנייה ריקה והטיימר סיים לספור כלומר תמה ההרצה הקודמת – נאפס אותו לקראת ההרצה הבאה.

מימוש בדיאגרמת סולם

בבלוק השני ניתן לראות כי נורת החיווי המחווה על תהליך הרצה פעיל תידלק בשני מצבים – אם משקל האנייה הגיע למשקל היעד או אם נלחץ כפתור ההפעלה המרוחק הקפיצי, וגם כל עוד לא הסתיימה ספירת 10 דקות פעילות המתקן (כלומר הספירה פעילה, לא תמו 10 הדקות). ניתן לראות בבלוק הראשון כי נדרש מעגל החזקה כדי להשאיר את ההפעלה פעילה עבור המקרה שנלחץ כפתור ההפעלה המרוחקת הקפיצי.

המעגל יישבר כאשר האנייה תתרוקן כדי לאפשר איטרציה נוספת של הרצת המתקן.

הבלוק השלישי מטפל בסוגיית איפוס הטיימר. הטיימר יתאפס כאשר תמה ספירת הטיימר / נדלקת נורת החיווי

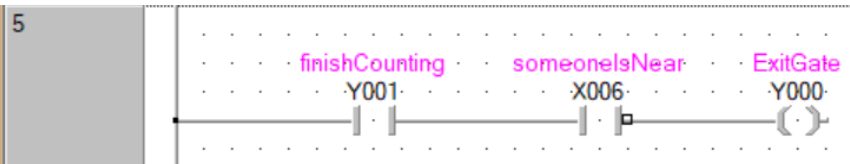
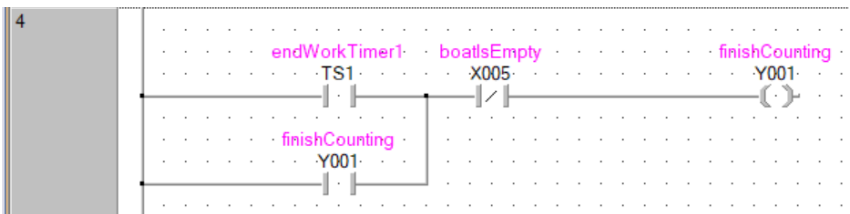
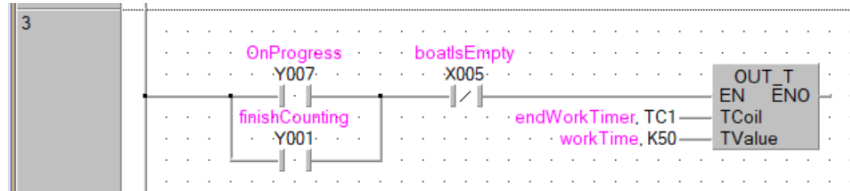
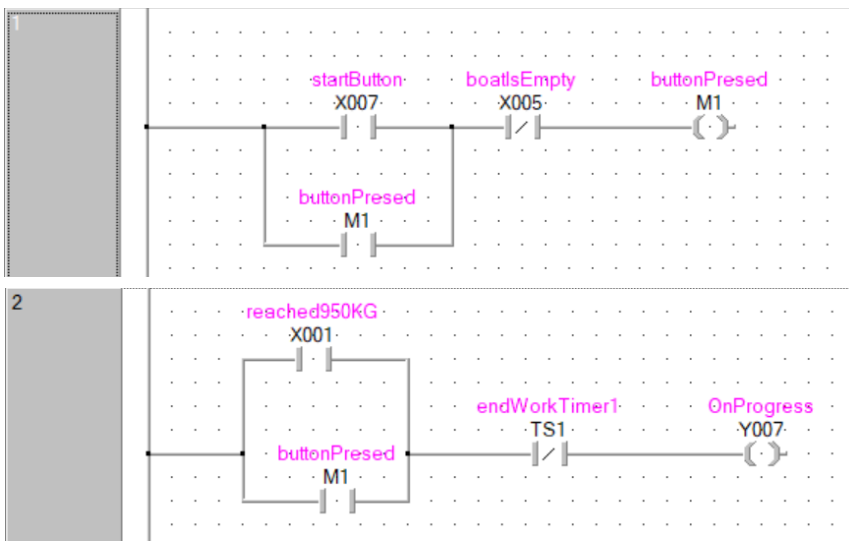
של סיום תהליך ההרצה (שקולים זה לזה), וגם בתנאי שהאנייה ריקה מאנשים (כלל המבקרים יצאו מהמתקן). כעת כשהוא מאופס, הוא מוכן לקראת ההרצה הבאה שישירות תגרור את הדלקתו המחודשת.

הבלוק הרביעי מאפשר איטרציה נוספת להרצת המתקן – עם סיום הרצה אחת, ולאחר שהאנייה התרוקנה

כולה מאנשים – תיכבה נורת החיווי על סיום ההרצה (Y1) כדי שתוכל להידלק מחדש עם סיום ההרצה הבאה.

שער היציאה ייפתח רק אם הסתיים תהליך ההרצה (נורת החיווי Y1 דולקת) וגם בתנאי שאדם נמצא בתחום

החישה של דלת היציאה (כדי למנוע מצב שנכנסים אנשים מהצד השני משער היציאה).



נספח 1- הוראות מפעיל

אתחול חומרי גלם: ראשית ובתחילת כל יום עבודה יש להזין את ערכי חומרי הגלם עבור כל אחד מהם – קצפת, שוקולד ותחתיות ביסקוויט ב-watch1.

תחילת יום עבודה: לחיצה על מתג X7, נורה Y7 תדלק ותישאר דלוקה לאורך כל יום העבודה. זילוף קצפת על תחתיות הביסקוויט במכונה א':

- לחיצה על X11, 300 גרם קצפת מועבר ממיכל המלאי למיכל הזילוף.
- מיכל מלאי הקצפת יורד ב-300 גרם, מיכל מלאי תחתיות הביסקוויט יורד ב-6 יחידות (ארגז מכיל 6 קרמבו).
- הדלקה של מכונה א' בעזרת לחיצה על X10.
- הגיע משטח קרמבו, במידה וטמפ' נמוכה מ-15 מעלות- נורה Y4 תידלק.
- במידה והתקבל אות מהמצלמה (העלאה והורדה של X4) פעולת הזילוף הסתיימה ונורה Y7 תיכבה.

שינוע הקרמבו ממכונה א' למכונה ב': הבהוב נורות Y0 ו-Y1 למשך 4 שניות.

טבילת הקרמבו בשוקולד במכונה ב':

- לחיצה על מתג X6- תתבצע דגימה של analog input1.
- עבור analog input1 שהינו בין 1 ל-5 יוגדר ציפוי רגיל (120 גרם).
- עבור analog input1 שהינו בין 6 ל-10 יוגדר ציפוי כפול (240 גרם).
- הכמות המתאימה של שוקולד שהוגדרה ב-analog input1 תועבר ממיכל מלאי השוקולד למיכל הטבילה.
- מיכל מלאי השוקולד מתרוקן בהתאם.
- נורה Y3 דולקת למשך 5 שניות (מרגע הרמת מתג X6).

אריזת הקרמבו המוכנים:

- הרמת מתג X0 5 פעמים.
- נורה Y2 נדלקת.
- הרמה נוספת של מתג X0.
- נורה Y2 נכבת.
- רגיסטר כמות קרמבו מוכנים מתעדכן ל-6 יח'.

סיבוב נוסף יתחיל בלחיצה על X11 ויתאפשר עד לגמר כל חומרי הגלם (בהנחה המחמירה של ציפוי כפול עבור שוקולד).