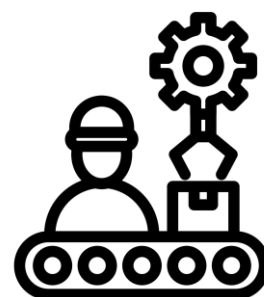


04.05.2023



אוטומציה וייצור ממוחשב

תרגיל בית משולב- מעשי (B) בנושא PLC ותיאורטי (1) בנושא לוגיקה

קבוצה 15

סיואר עיסא - 322217688

איתי פרסקי - 212941397

אלון זהר - 308418060

רומי זרדון - 206124687

מטרת הפרויקט

מטרת פרויקט הינה לצבור ניסיון מעשי בתכנות של בקר באמצעות דיאגרמת סולם המבוססת על תוכנת WORKS GX2 וזאת כדאי ליישם את החומר התיאורטי הנלמד בהרצאות ובמעבדות ליישום מעשי. בנוסף, הפגנת הבנה של העקרונות ולוגיקה בסולם דיאגרמה ויכולת לתרגם סט דרישות נתון לתוכנית מתפקדת.

הפרויקט מדמה מערכת אוטומטית לייצור חבילות קרבו עפ"י תהליך ייצור המחולק ל-4 שלבים מדורגים. שלבי הייצור הם: זילוף קצפת על תחתיות הביסקוויט במכונה א', שינוע הקרמבו ממכונה א' למכונה ב', טבילת הקרמבו בשוקולד במכונה ב', אריזת הקרמבו המוכנים ולבסוף הצגת כמות הייצור היומית. באמצעות פרויקט זה, הצלחנו לפתח מיומנויות בתכנות ופתרון בעיות.

הנחות יסוד בפיתוח המערכת (מעבר להגדרות התרגיל)

1. לא ניתן להתחיל יום עבודה באמצע היום העבודה, כלומר חייב לסיים יום עבודה לפני שמתחילים יום עבודה חדש.
2. יש להזין ערכים עבור כמויות המלאי לכל חומר גלם לפני תחילת יום העבודה באופן ידני בתחילת התוכנית.
3. ניתן ללחוץ על X7 על מנת לאתחול מחדש את כלל המכלים לתחילת יום העבודה.
4. סדר הפעולות של הפעלת המכונה מוכרות למשתמש.
מכך שהמשתמש לא ישבש סדר הפעולות של ייצור הקרמבו בכל איטרציה.
5. לא ניתן לעבור לשלב האריזה ללא סיום שלב הציפוי (טבילה בשוקולד).
6. שים לב להדלקה וכבוי המתגים המצוינים בהוראות המפעלים - על מנת שהשלבים יקרו בסדרם.
למשל לפני לחיצה על X11 יש להוריד את כל שאר הכפתורים הפיזיים בשביל לא לפגוע באיטרציה. לאחר מכן לפני התחלת האיטרציה הבאה יש להוריד את כפתור X11 גם כן.
7. בשלב מעבר השוקולד : המרנו את הקלט למספר שלם בכדי לקבוע ללא עוררין את מספר השכבות לציפוי הקרבו.
8. עבור תנאי הכמות לשוקולד קבענו כי הכמות המינימלית היא עבור שכבת ציפוי עבה - כלומר 240 גרם.

תיאור מצבי קיצון ושיטות הפתרון

1. התמודדות עם הטווחים של הקלט:
הקלט מה-Analog Input עובר המרה אוטומטית למספר שלם, היחס של המרה זו הינו 390 . לכן, לאחר שקלטנו אותו חילקנו ב- 390 כדי שנקבל את הקלט המקורי שרצינו להזין.
2. המרת הפלט לפורמט הדרוש: (analog_output).
השתמשנו בפונקציית REAL_TO_INT_E על מנת להחזיר את הפלט בפורמט הדרוש.
3. מעקב אחרי תקינות חומרי הגלם :
לאחר שימוש במלאי חיסרנו את הכמויות המשומשות בהתאמה לסוג החומר גלם.
כאשר בעת הבדיקה של תקינות חומרי הגלם הוספנו תנאי של פלוס בירידה Y2 המסמן סיום אריזה, מכך שבסוף כל ייצור חבילה של 6 קרבו, נבדקת תקינות כמות חומרי הגלם.

4. מניעת מעבר לשלב השינוע לפני שלב הזילוף:
הוספנו פונקציה המכילה את כל התנאים לסיום שלב הזילוף, שבסופה קיימת נורה (M130) שמציינת סיום השלב (בלוק 10). על ידי ההוספת הנורה כתנאי לתחילת תהליך השינוע נמנע התחלת תהליך טבילה לפני תהליך זילוף (בלוק 12).
5. תקינות כמות השוקולד לצפוי הקרבו: מכיוון שאין לדעת מה תהיה הבקשה לעובי הציפוי, הנחנו (הנחה 8) שכמות הציפוי המינימלית הדרושה הינה 240 וכך מנענו את האופציה שנקבל כמות שלילית במיכל השוקולד.

טבלת תיאור משתנים

נורות			
Label Name	Data Type	Device	Comment
transport_A2B1	BOOL	Y000	נורה מהבהבת לסירוגין (עם Y1) כחיווי לזמן השינוע ממכונה A למכונה B.
transport_A2B2	BOOL	Y001	נורה מהבהבת לסירוגין (עם Y0) כחיווי לזמן השינוע ממכונה A למכונה B.
lamp_finish_notice	BOOL	Y002	נורה המסמנת שקרבו מספר חמש נארז מתוך שש היחידות באריזה.
dipping_lamp	BOOL	Y003	נורה המסמנת שפעולת הטבילה בשוקולד פועלת (5 שניות)
Y_4	BOOL	Y004	נורה המסמנת שפעולת זילוף הקצפת פועלת
start_work_day_lamp	BOOL	Y007	נורות המסמנות שיום העבודה התחיל ונמשך, בנוסף כחיווי לסוף יום העבודה תהבהב במשך 3 שניות.
end_work_day	BOOL	M20	נורת עזר המסמנת שיום העבודה הופסק עקב אי עמידה בדרישות
lamp_blinking1	BOOL	M30	נורת עזר לביצוע תזמון הבהוב סיום יום העבודה (3 שניות עבור Y7)
lamp_blinking2	BOOL	M40	נורת עזר לביצוע הבהוב סיום יום העבודה (3 שניות עבור Y7)
cream_suitable_amount	BOOL	M50	נורת עזר כחיווי לחוסר בקצפת כחומר גלם להמשך יום העבודה
biscuit_suitable_amount	BOOL	M60	נורת עזר כחיווי לחוסר בתחתיות ביסקוויט כחומר גלם להמשך יום העבודה
chocolate_suitable_amount	BOOL	M70	נורת עזר כחיווי לחוסר בשוקולד כחומר גלם להמשך יום העבודה
stop_blink_lamp	BOOL	M80	נורת עזר לביצוע הבהוב סיום יום העבודה (3 שניות עבור Y7)
MachineA_Status	BOOL	M100	נורת עזר כחיווי למצב פעולה של מוכנה A
blink_continue	BOOL	M110	נורת עזר לביצוע הבהוב כחיווי עבור פעולת השינוע (4 שניות עבור Y0/1)
lamp_help	BOOL	M120	נורת עזר לביצוע הבהוב כחיווי עבור פעולת השינוע (4 שניות עבור Y0/1)
end_sprinkling	BOOL	M130	נורת עזר כחיווי לסוף פעולת זילוף הקצפת
analog_lamp	BOOL	M150	נורת עזר כחיווי לקבלת קלט לקביעת כמות שכבות ציפוי.

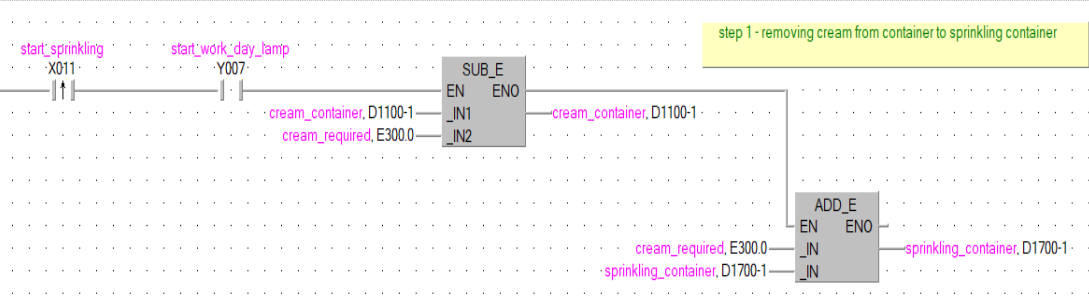
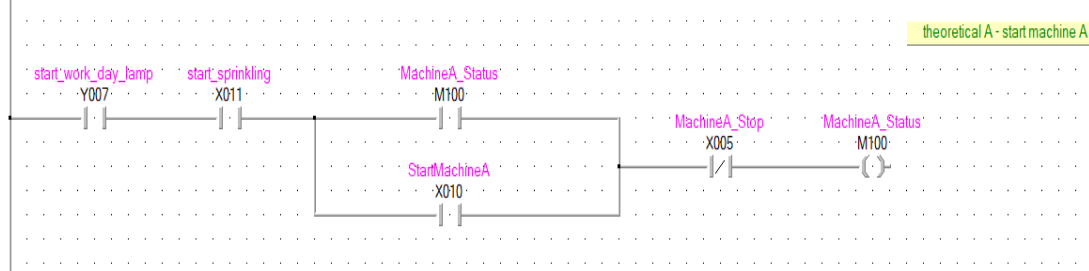
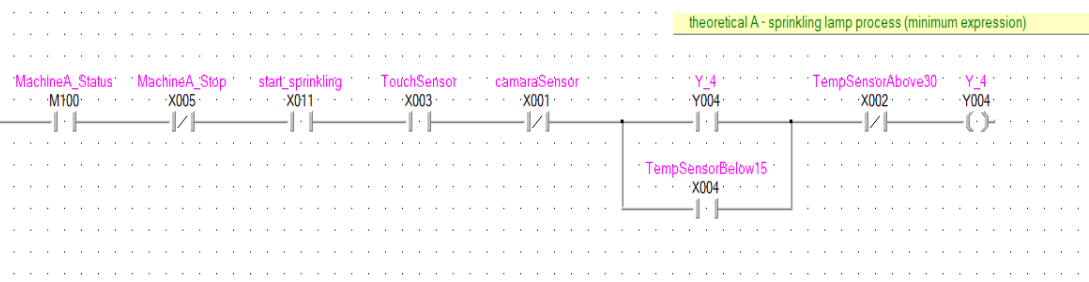
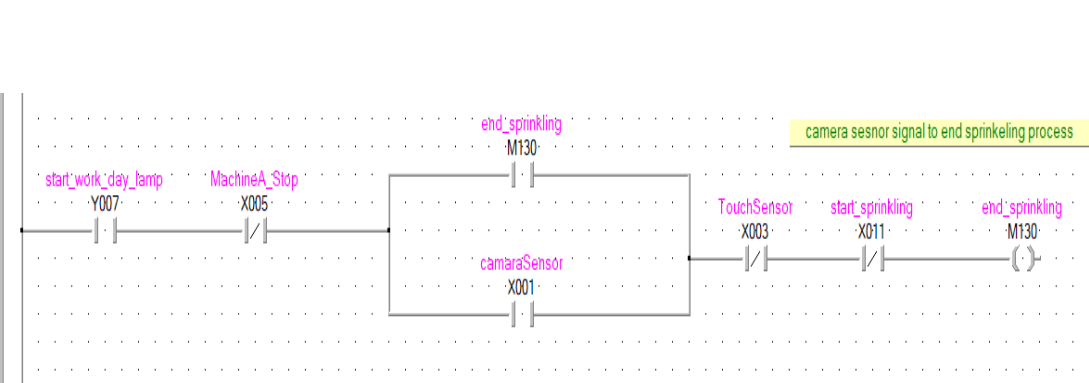
מונים			
Label Name	Data Type	Device	Comment
TC_1	BOOL	TC1	מונה את זמן הבהוב סוף היום (Y7)
TS_1	BOOL	TS1	הפלט של TC1
TC_3	BOOL	TC3	מונה את זמן הבהוב של פעולת השינוע (4 שניות-עבור נורה Y0/1)
TS_3	BOOL	TS3	הפלט של TC3
TC_4	BOOL	TC4	מאפשר הבהוב פעולת השינוע (עבור נורה Y0)
TS_4	BOOL	TS4	הפלט של TC4
TC_5	BOOL	TC5	מאפשר הבהוב פעולת השינוע (עבור נורה Y1)
TS_5	BOOL	TS5	הפלט של TC5
TC_6	BOOL	TC6	מונה את זמן הטבילה בשוקולד (5 שניות)
TS_6	BOOL	TS6	הפלט של TC6
TC_7	BOOL	TC7	מאפשר הבהוב סוף יום (עבור נורה Y7)
TS_7	BOOL	TS7	הפלט של TC7
TC_8	BOOL	TC8	מאפשר הבהוב סוף יום (עבור נורה Y7)
TS_8	BOOL	TS8	הפלט של TC8
CC_0	BOOL	CC0	מונה עד 5 יחידות קרבו שנארזו (עבור נורה Y2)
CS_0	BOOL	CS0	הפלט של CC0
CC_1	BOOL	CC1	מונה עד 6 יחידות קרבו שנארזו עבור סיום אריזת חבילה של קרבו.
CS_1	BOOL	CS1	הפלט של CC1

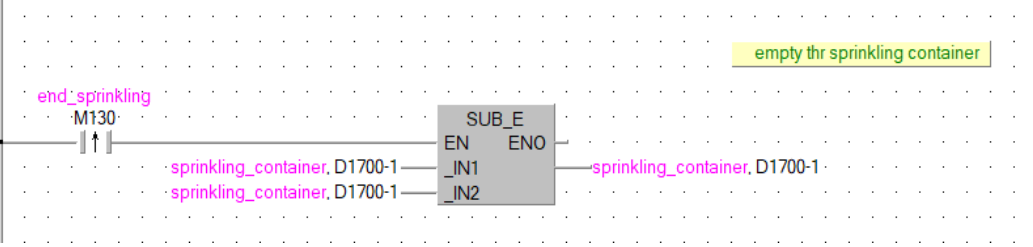
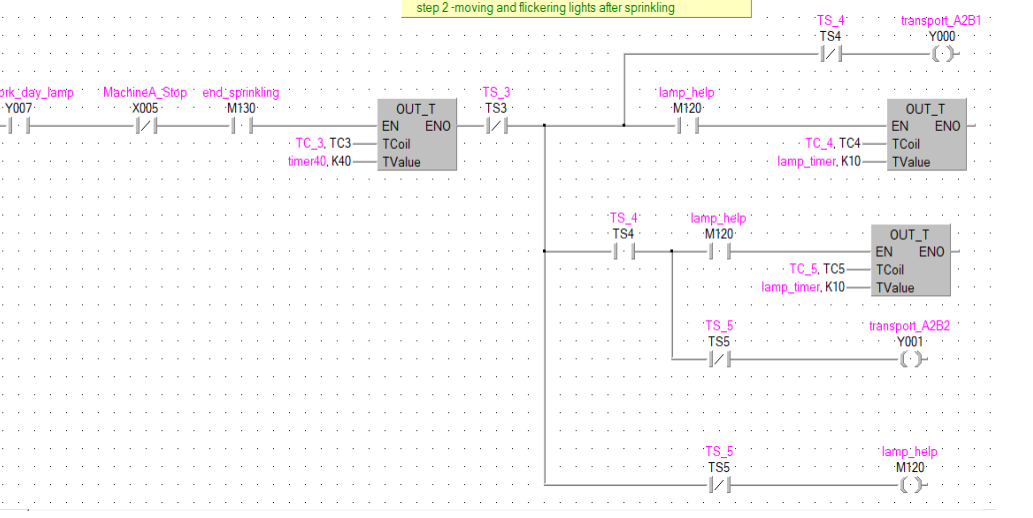
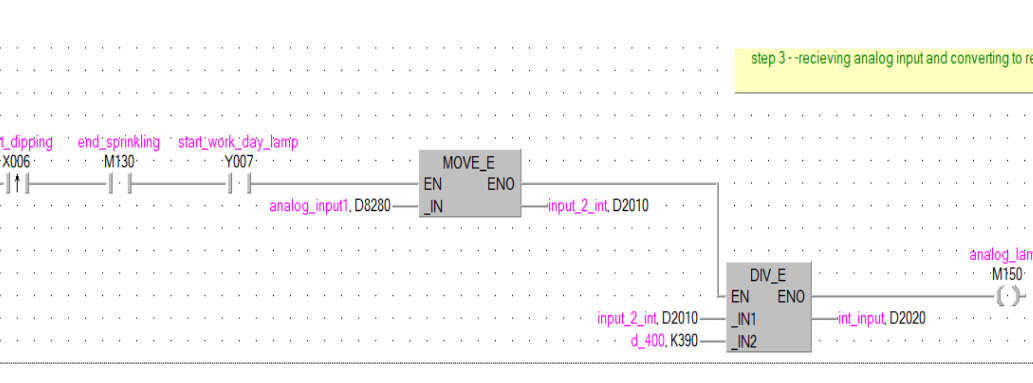
מתגים			
Label Name	Data Type	Device	Comment
krembo_wrapping	BOOL	X000	מתג לביצוע אריזת יחידת קרבו
camaraSensor	BOOL	X001	מתג לקבלת אות מחיישן המצלמה לסיום פעולת הזילוף
TempSensorAbove30	BOOL	X002	מתג לקבלת אות כי הטמפ' בפועלת הזילוף מעל 30 מעלות
TouchSensor	BOOL	X003	מתג לקבלת אות מחיישן המגע כי משטח קרבו הגיע למכונה A
TempSensorBelow15	BOOL	X004	מתג לקבלת אות כי הטמפ' בפועלת הזילוף מתחת ל 15 מעלות
MachineA_Stop	BOOL	X005	מתג חירום עבור מכונה A אשר מפסיק כל פעילות במכונה
start_dipping	BOOL	X006	מתג להפעלת פעולת ציפוי השוקולד
start_work_day	BOOL	X007	מתג להתחלה יום העבודה ואתחול המכילים לחומרי הגלם.
StartMachineA	BOOL	X010	מתג להפעלת מכונה A
start_sprinkling	BOOL	X011	מתג להפעלת פעולת זילוף הקצפת

רג'יסטרים			
Label Name	Data Type	Device	Comment
cream_container	REAL	D1100	שומר את מלאי כמות הקצפת במיכל עדכני
chocolate_container	REAL	D1200	שומר את מלאי כמות השוקולד במיכל עדכני
biscuit_container	REAL	D1300	שומר את מלאי כמות הביסקוויטים במיכל עדכני
cream_amount	REAL	D1400	קלט כמות הקצפת בתחילת יום העבודה
chocolate_amount	REAL	D1500	קלט כמות השוקולד בתחילת יום העבודה
biscuit_amount	REAL	D1600	קלט כמות הביסקוויטים בתחילת יום העבודה
sprinkling_container	REAL	D1700	שומר את כמות הקפצת המעוברת למיכל הזילוף
dipping_container	REAL	D1800	שומר את כמות השוקולד המעובר למיכל הטבילה
krembo_container	REAL	D1900	שומר את כמות יחידות הקרבו שהוכנו ביום העבודה
analog_input1	INT	D8280	הערך שהוכנס עבור תנאי כמות שכבות הציפוי (טווח בין 0 ל-10)
input_2_int	INT	D2010	העברת הקלט למשתנה מסוג מספר (INT)
int_input	INT	D2020	חילוק הערך ב-390 עבור קבלת הקלט שהוכנס ושמירתו
analog_output	INT	D8282	מציג את מספר יחידות הקרמבו שיצרו
total_krembo	REAL	D2030	שומר את מלאי יחידות הקרבו שיצרו עדכני

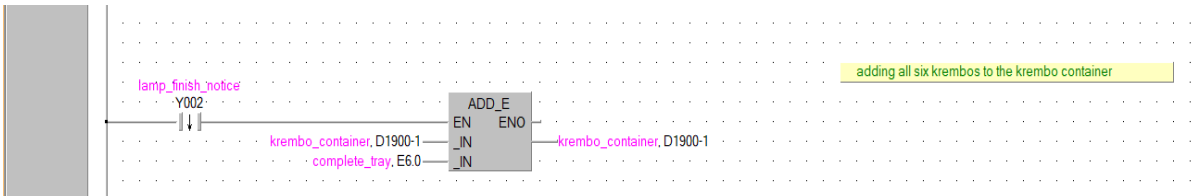
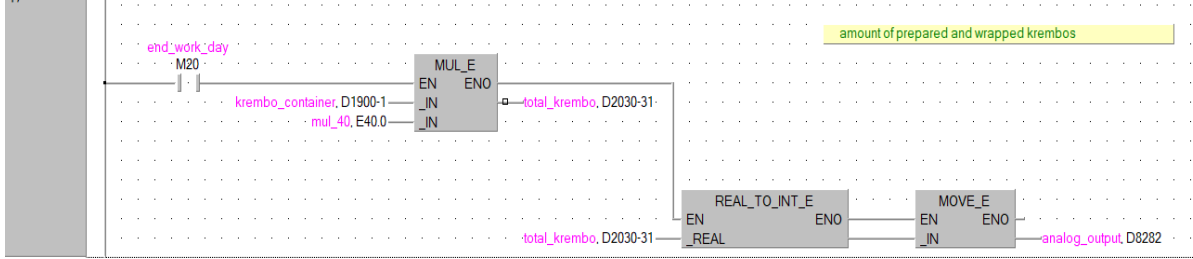
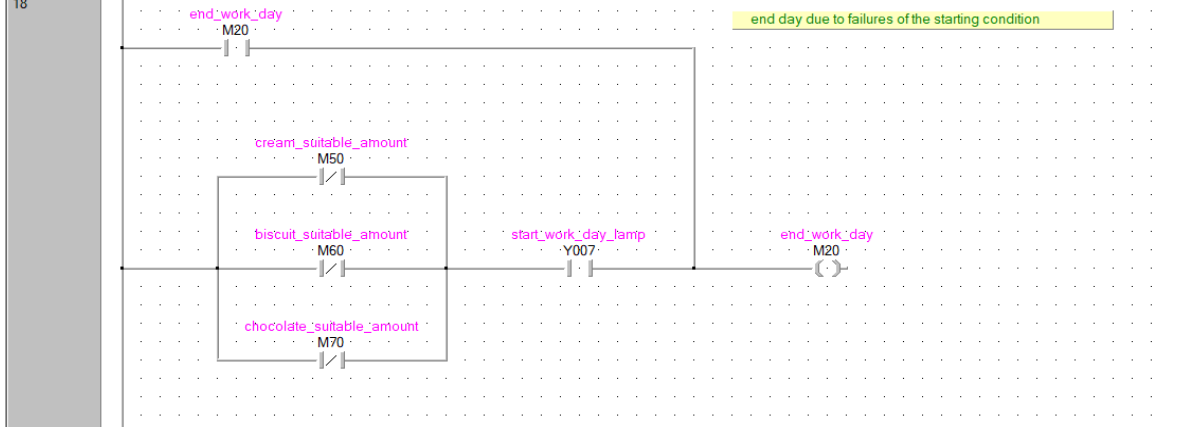
קוד התוכנית	הסבר
<p>1</p>	<p>יום העבודה יתחיל עם לחיצה על כפתור X7 : ראשית יתבצע איפוס של המכילים. לאחר מכן יתבצע אתחול כמויות חומרי הגלם המוזנים ב- watch1. נורה Y7 תדלק ותישאר דולקת עד סוף יום העבודה.</p>
<p>2</p>	<p>תנאי בדיקה שכמות חומרי הגלם שהוזנו בתחילת יום העבודה (X7) ולאחר סיום אריזת חבילה (Y2), תקין וניתן להמשיך לייצר.</p>

3	<p>start of working day with stop condition</p>	<p>הדלקת/כיבוי נורה Y7:</p> <p>מעגל אחזקה לנורה כל עוד תנאי סוף יום לא מתקיים (M20).</p> <p>במידה ותנאי סוף היום מתקיים נורית החיווי תדלק ובעזרת נורית חיווי נוספת (M40) Y7 תהבהב למשך 3 שניות ואז תכבה.</p>
4	<p>blinking-end day function helper</p>	<p>פונקציה של נורות הבהוב, כפי שנלמד בכיתה, אשר מופעלת ל-3 שניות לאחר שתנאי סוף היום מתקיים.</p>
5	<p>end day blinking lamp</p>	<p>תנאי סוף יום מתקיים : הפעלת מונה זמן ל-3 שניות עבור הבהוב Y7.</p>
6	<p>step 1 - moving 6 biscuit to the sprinkling operation</p>	<p>לחיצה על כפתור X11: העברת 6 תחתיות בסקוויטים לעמדת הייצור.</p>

<div>7</div> 	<p>לחיצה על כפתור X11: העברת כמות הקצפת הנדרשת ממכל הקצפת למיכל הזילוף.</p>
<div>8</div> 	<p>הדלקת מכונה A על ידי לחיצה על כפתור X10, ומעגל אחזקה למכונה בכדי שתישאר דולקת, כולל תנאי עצירה למקרה חירום (X5) ותנאי תחילת יום ותחילת תהליך הזילוף.</p>
<div>9</div> 	<p>הפעלת נורה Y4- משמע תהליך הזילוף בפעולה לפי התנאים הדרושים: מכונה A פועלת, מתג חירום סגור, חיישן המגע למשטח פועל, לא יתקבל אות סיום מהמצלמה וטמפרטורה מתחת 15 מעלות .</p>
<div>10</div> 	<p>סיום/ הפסקת פעולת הזילוף על פי התנאים הדרושים: מכונה A פועלת, מתג חירום סגור, יתקבל אות מהמצלמה כי הסתיימה פעולת הזילוף ולחצן פעולת הזילוף מכובה (X11)- כל זה יגרום לנורית החווי לעצירת זילוף (M130) לדלוך.</p>

11		<p>ריקון מיכל הזילוף מתרוקן ומתאפס בחזרה ברגע שמתקבל אות מנורית החווי עבור הפסקת זילוף (M130)</p>
12		<p>פונקציה של נורות הבהוב עבור Y1/0, כפי שנלמד בכיתה, אשר מופעלת ל-4 שניות לאחר סיום תהליך הזילוף ובמהלך פעולת השינוע.</p>
13		<p>תהליך טבילת השוקולד יתחיל בעת הרמת מתג X6, ראשית נקבל קלט ונבצע המרה אוטומטית, היחס של המרה זו הינו 390 . ולבסוף נדליק נורית חיווי עבור קבלת הקלט.</p>

<p>14</p>		<p>בעת קבלת הקלט באופן תקין נורית M150 תדלק ונבצע בדיקה עבור עובי שכבת הציפוי - במידה והקלט בין 0 ל-5 נבצע העברה חומר הגלם למיכל טבילה עבור שכבת ציפוי אחת (שימוש בכמות של 120 גרם). ובמידה והערך בין 5 ל-10 נבצע העברה חומר הגלם למיכל הטבילה עבור 2 שכבות ציפוי (שימוש בכמות של 240 גרם).</p>
<p>15</p>		<p>ברגע קבלת הקלט (6X הופעל), תהליך הטבילה מופעל ונורת החווי Y3 פועלת למשך 3 שניות</p>
<p>16</p>		<p>תהליך אריזת יחידות הקרבו: הרמה והורדת מתג X0 מסמנת אריזה של יחידת קרבו אחת. ישנם שתי מונים- אחד עבור ספירה של 5 יחידת ולאחר מכן נורה Y2 תפעל. השני עבור ספירה של 6 יחידות – משמע חבילה קרבו מוכנה ונורה Y2 תכבה. בעזרת פולס בירידה עבור נורה Y2 נדע כי חבילה</p>

	<p>של 6 יחידות מוכנה ונוסיף אותם למספר יחידות הקרבו שיצרו ביום העבודה הנוכחי. בנוסף לאחר מוכנות החבילה המונים יתאפסו בחזרה לאפס, עד האריזה הבא.</p>
	<p>במידה ותנאי סיום יום העבודה פועל (M20) במרה למספר אנלוגי בחזרה ונשלח כפלט לבקר את המספר היחידות שנוצרו באותו יום עבודה.</p>
	<p>תנאי סיום יום עבודה : במידה ואחת הנורות אשר מסמנות כי כמות חומרי הגלם תקינה (בלוק 2) מכובות – תופעל נורת החיווי M20 ויתחיל תהליך סוף יום: הבהוב Y7 וכיבויה והדפסת כמות היצור היומי בבקר.</p>

משתנה	כניסה/יציאה	תפקיד	מצב כאשר ערכו 1
X10	כניסה	לחיצה על כפתור זה מפעילה את מכונה A	המכונה נדלקת
X5	כניסה	הרמת מתג זה עוצרת את מכונה A מיד	המכונה נעצרת
TouchSensor	כניסה	מזהה מתי משטח הקרמבו מגיע למיקום הרצוי לזילוף	המשטח נמצא במצב הרצוי לזילוף
CameraSignal	כניסה	שולח אות המציין שהזילוף בוצעה על פני השטח	הזילוף בוצעה על פני השטח
TempSensorBelow15	כניסה	מזהה כאשר הטמפרטורה נמוכה מ-15 מעלות	הטמפרטורה נמוכה מ-15 מעלות
TempSensorAbove30	כניסה	מזהה כאשר הטמפרטורה היא מעל 30 מעלות	הטמפרטורה מעל 30 מעלות
Y4	יציאה	אות שפעולת הזילוף מתבצעת	הנורה נדלקת

ב. טבלת אמת ומפת קרנו למציאת הביטוי המינימלי עבור פעולת הזילוף.

ראשית נתבסס על הדרישות שסופקו בסיפור, כך נוכל לפרק את הבעיה (הטבלה) ולהגדיר את הכללים הלוגיים למשתנים.

נתבונן על המשתנים הבאים : X10, X5, TouchSensor, CameraSignal :

פעולת הזילוף יכולה להתחיל רק אם כפתור X10 נלחץ וה-TouchSensor מזהה שמשטח הקרמבו נמצא במיקום הרצוי לזילוף.

לכן, Y4 נכון - אם גם X10 וגם TouchSensor נכונים.

בנוסף, פעולת הזילוף מסתיימת כאשר CameraSignal או X5 מופעלים.

לכן, Y4 נכון - רק אם גם X5 או CameraSignal מכובים.

מכך במצב זה נורת הזילוף תהיה כבויה:

Y4	X10	X5	TouchSensor	CameraSignal
0	0	1	0	1

כעת נבדוק מה קורה במצב שהמכונה פעולת, מתג חירום מכובה, TouchSensor פועל (כלומר משטח ממקומם) ו- CameraSignal מכובה כלומר אין אות לסיום פעולת הזילוף.

X10	X5	TouchSensor	CameraSignal
1	0	1	0

$$X10 * NOT X5 * TouchSensor * NOT CameraSignal$$

במצב זה הנורה (Y4) תפעל בהתאם לטמפרטורה, כמתואר בטבלה הבאה:

TempSensorBelow15	TempSensorAbove30	Y4 _t	Y4 _{t+1}	הסבר
0	0	0	0	הטמפרטורה מעל 15 ומתחת 30 אך המנורה כבויה, לכן ניתן להניח שפעולת הקירור מופעלת והמנורה כבויה.
0	0	1	1	הטמפרטורה מעל 15 ומתחת 30 אך המנורה מופעלת לכן ניתן להניח שפעולת הקירור כבויה והמנורה דלוקה.
0	1	0	0	הטמפרטורה מעל 15 ומעל 30 - מכך פעולת קירור חייבת לפעול והמנורה כבויה
0	1	1	0	הטמפרטורה מעל 15 ומעל 30 - מכך פעולת קירור חייבת לפעול והמנורה כבויה
1	0	0	1	הטמפרטורה מתחת 15 ומתחת 30 אך המנורה מכובה (כנראה בדיוק הופסקה פעולת הקירור) ולכן נפעיל את המנורה.
1	0	1	1	הטמפרטורה מתחת 15 ומתחת 30 והמנורה מופעלת לכן ניתן להניח שפעולת הקירור כבויה והמנורה דלוקה.
1	1	0	N/A	הטמפרטורה מתחת 15 ומעל 30 - אפשרות לא הגיונית
1	1	1	N/A	הטמפרטורה מתחת 15 ומעל 30 - אפשרות לא הגיונית

כעת נוכל לבצע מפת קרנו כדי למצוא את הביטוי המינימלי:

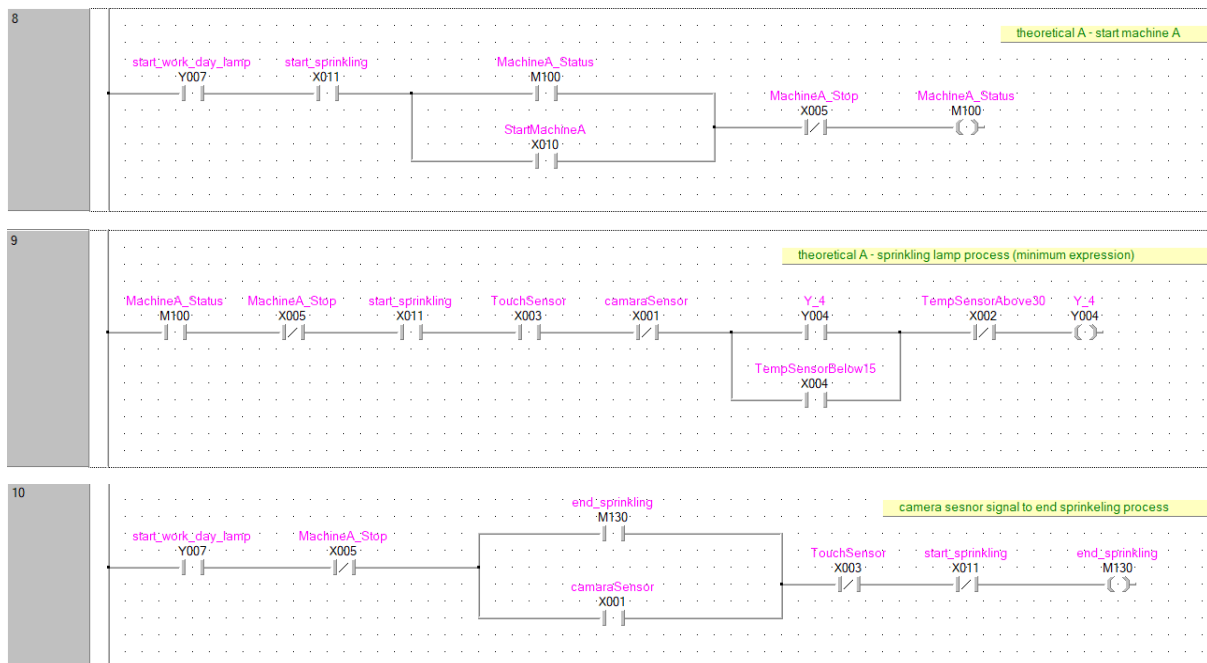
TempSensor Below15 /TempSensor Above30 $Y4_t$	00	01	11	10
0	0	0	N/A	1
1	1	0	N/A	1

$$Y4_{t+1} = X10 * NOT X5 * TouchSensor * NOT CameraSignal * (Y4_t + NOT TempSensorAbove30 + TempSensorBelow15 * NOT TempSensorAbove30)$$

$$Y4_{t+1} = X10 * NOT X5 * TouchSensor * NOT CameraSignal * NOT TempSensorAbove30 * (Y4_t + TempSensorBelow15)$$

ג. תיעוד מימוש הביטוי בדיאגרמת הסולם וממוש כחלק התלוי בתהליך הכולל של ייצור הקרבו.

(הסבר מצורף בתיעוד הקוד - בלוק 10-8)



הסיפור:

ג'ון היה נרגש לקחת את המכונית החדשה שלו לסיבוב על הכביש הפתוח. תוך כדי נסיעה הבחין שהוא מכון כל הזמן את מהירותו כדי לשמור על מרחק בטוח ממכוניות אחרות ולהימנע מכרטיסי מהירות. אז הוא נזכר שבמכונית שלו יש בקרת שיוט, שתאפשר לו להגדיר את המהירות הרצויה ולהירגע תוך כדי נסיעה.

הוא לחץ מתג X10 כדי להפעיל את בקרת השיוט, ולוח המחווים של המכונית נדלק בשלושה אורות שונים: Y1, Y2, ו-Y3. Y1 מציינת שבקרת השיוט מופעלת, Y2 מהבהבת כדי להזכיר לו שהוא עדיין בבקרת שיוט, ו-Y3 מציינת שבקרת השיוט מופעלת ומתבצעת בלימה.

תוך כדי נסיעה, ג'ון שמ לב שמהירות המכונית גדלה מעט עקב שיפוע קל בירידה. אבל מערכת בקרת השיוט התאימה במהירות את המהירות חזרה להגדרה הרצויה, תוך שימוש בבלמים כדי להאט את המכונית.

ג'ון התרשם עד כמה המערכת הייתה חלקה ויעילה. (רגיש ברמת ה-1 קמ"ש)

עם זאת, כשהמשיך בנסיעה, הבחין שגלגלי המכונית החלו להחליק על כתם קרח על הכביש שזוהו על ידי חיישן ההחלקה של הרכב. הוא בלם באופן אינסטינקטיבי ולקח בחזרה את השליטה על הרכב. מכך הבין שבקרת השיוט נכבת על ידי שימוש בחיישן שנמצא על דוושות הרכב שזיהה לחיצה על בלימה. (כלומר בזמן זה לא יהיה ניתן ללחוץ על כפתור X10 - בקרת שיוט). ג'ון הבין שהמערכת תוכננה לתת עדיפות לבטיחות ולמנוע תאונות.

כשהמשיך בנסיעה, ג'ון התקרב למכונית שנסעה לאט ממנו. הוא רצה לעקוף את המכונית, אבל הוא לא היה בטוח אם זה בטוח לעשות זאת. אז הוא הבחין שבמכונית יש שני חיישנים שיכולים לזהות את המרחק מהעצמים שלפניו.

חיישן אחד מציין אם אובייקט נמצא במרחק של יותר מ-5 מטרים, ואילו החיישן השני מציין אם אובייקט נמצא במרחק של יותר מ-3 מטרים. ג'ון ידע שבטוח לעקוף את המכונית האיטית יותר כאשר החיישנים הצביעו על כך שהמרחק פנוי.

כלומר במידה והמכונית קרובה ביותר מ-3 מטר לאובייקט שלפניו נורה Y4 תידלק והמכונית תתחיל לבלום עד אשר יגיע למרחק של 5 מטר מאותו אובייקט.

בסך הכל, ג'ון התרשם ממערכת בקרת השיוט ומהחיישנים והמחווים השונים שהפכו את הנהיגה לבטוחה ונוחה יותר. הוא הרגיש רגוע יותר ובעל שליטה בזמן הנהיגה והיה אסיר תודה על הטכנולוגיה המתקדמת שהייתה מובנית במכוניתו.

הגדרת משתני הקלט והפלט:

משתנה	כניסה / יציאה	תפקיד	מצב כאשר ערכו 1
X10	כניסה	כפתור הפעלת בקרת השיוט	הכפתור נלחץ הרכב אמור להיכנס לבקרת השיוט
SEN_T	כניסה	חיישן על הדוושות לבדוק האם הנהג ניסה לבלום או להאיץ	הנהג לחץ על דוושת הגז או הבלמים ובקרת השיוט מפסיקה לפעול
SEN_W	כניסה	חיישן המזהה האם הרכב מחליק ואז לא יהיה אפשר להיכנס לבקרת שיוט	האוטו מחליק ולא ניתן להיכנס לבקרת שיוט
SEN_SP1	כניסה	חיישן המודד האם המהירות גבוהה ביותר ב-1 ביחס למהירות שהיה כאשר הופעלה בקרת השיוט	האוטו נוסע במהירות גבוהה יותר ב-1 ביחס למהירות כאשר לחצנו על X1
SEN_SM1	כניסה	חיישן המודד האם המהירות נמוכה ביותר ב-1 ביחס למהירות שהיינו כאשר נכנסו לבקרת השיוט	הרכב נוסע במהירות נמוכה יותר ב-1 ביחס למהירות כאשר לחצנו על X1
SEN_D3	כניסה	חיישן אולטרסוני הבדוק האם אנחנו במרחק גדול מ-3 מטר מהאובייקט שלפנינו	אנחנו במרחק של יותר מ-3 מטר מהאובייקט שלפנינו
SEN_D5	כניסה	חיישן אולטרסוני הבדוק האם אנחנו במרחק גדול מ-3 מטר מהאובייקט שלפנינו	אנחנו במרחק של יותר מ-5 מטר מהאובייקט שלפנינו
T1	כניסה	טיימר של 2 שניות	הגיע ל-2 שניות
T2	כניסה	טיימר של 2 שניות	הגיע ל-2 שניות
Y1	יציאה	נורה עבור בקרת השיוט לראות שמופעל	בקרת השיוט מופעלת ברכב
Y2	יציאה	נורה שמהבהבת כדי להזכיר שבקרת השיוט בפעולה	בקרת השיוט עובדת והמנורה מהבהבת כדי להתריע
Y3	יציאה	נורת בלימה בכל פעם שהרכב בולם	הרכב בבקרת שיוט והוא בולם לבד במקרה הצורך
Y4	יציאה	נורת אזהרה שהרכב קרוב יותר מאשר 3 מטר לאובייקט שלפניו	הרכב ברחק של פחות מ-3 מטר ממה שלפניו
M0	יציאה	נורת עזר עבור הטיימר על מנת שנורה Y2 תהבהב	הנורה דולקת

טבלת אמת ומפת קרנו למציאת הביטוי המינימלי

עבור $Y1$ ו- $Y2$ – התנאים ההכרחיים בכדי שיעבוד הם:

נורה $Y1$ תידלק רק אם בזמן שכפתור $X10$ לחוץ וחיישן SEN_W יהיה שווה 0.
 במקרה ו- $Y1$ כבר דולק : אם SEN_W שווה 1, לא יהיה ניתן להפעיל את בקרת השיט, ומכך שהתהליך יתבצע כל עוד SEN_T יהיה שווה 0.
 משמע הנהג לא נוגע בדוושות ולקוח שליטה על הרכב.
 לכן הביטוי המינימלי:

$$Y1_{t+1} = (X1 * \overline{Sen - w} + Y1 t) * \overline{Sen - t} t + 1$$

$$Y2 = Y1_{t+1} * (\overline{TS1} + \overline{TS2A})$$

עבור $Y3$:

המצב	$Y3 t+1$	$Y3 t$	Sen_sm1	Sen_sp1
המהירות לא גדולה יותר- לכל הפחות ב1 ולא קטנה יותר- לכל הפחות ב1 מה שאומר שאנו בדיוק במהירות שקבענו וגם הבלמים לא בפעולה והנורה תשאר כבויה	0	0	0	0
המהירות לא גדולה יותר לכל הפחות ב1 ולא קטנה יותר לכל הפחות ב1 מה שאומר שאנו בדיוק במהירות שקבענו וגם הבלמים כן בפעולה מה שאומר שאפשר להפסיק להשתמש בהם והנורה צריכה להכבות	0	1	0	0
המהירות נמוכה יותר מכל הפחות ב1 והבלמים לא בפעולה וזה צריך להישאר ככה כדי שהרכב יגביר מהירות ויחזור למהירות שלו	0	0	1	0
המהירות נמוכה יותר מכל הפחות ב1 והבלמים בפעולה וזה אומר שצריך להפסיק להשתמש בבלמים כדי שהרכב יגביר מהירות ויחזור למהירות שלו	0	1	1	0
המהירות גבוהה יותר בכלל הפחות ב1 מה שאומר שצריך להתחיל לבלום ואז הנורה צריכה לדלוק	1	0	0	1
המהירות גבוהה יותר בכלל הפחות ב1 וגם הבלמים פועלים מה שאומר שהם צריכים להמשיך לפעול והנורה צריכה להמשיך לדלוק	1	1	0	1
לא יכול להיות שהמהירות גם גבוהה יותר ב1 או יותר וגם נמוכה יותר ב1 או יותר	N/A	0	1	1

1	1	1	N/A	לא יכול להיות שהמהירות גם גבוהה יותר ב1 או יותר וגם נמוכה יותר ב1 או יותר
---	---	---	-----	---

מפת קרנו:

Sen_sp1/Sen_sm1 Y3 t	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	0	0	0	1

הביטוי המינימלי:

$$Y3\ t+1 = (X1 * \overline{sen - w} + Y1\ t) * \overline{sen - t}\ t + 1 * (sen - sp1 * \overline{sen - sm1} + Y4)$$

עבור Y4:

Sen_d3	Sen_d5	Y4 t	Y4 t+1	המצב
0	0	0	1	הרכב במרחק קרוב יותר מ5 מטר וגם קרוב יותר מ3 מטר לכן הנורה צריכה להתחיל לדלוק והאוטו צריך להתחיל לבלום
0	0	1	1	הרכב במרחק קרוב יותר מ5 מטר וגם קרוב יותר מ3 מטר לו והנורה כבר דולקת וצריכה להמשיך לדלוק והרכב ממשיך לבלום
0	1	0	N/A	המרחק בין הרכב לאובייקט גדול מ5 אך קטן מ3 לא יכול להיות
0	1	1	N/A	המרחק בין הרכב לאובייקט גדול מ5 אך קטן מ3 לא יכול להיות
1	0	0	0	המרחק בין הרכב לאובייקט בין 3 ל5 מטר והנורה לא דולקת מה שאומר שנורה שעדיין לא התקרבו יותר מ3 מטר ואין סיבה לבלום
1	0	1	1	המרחק בין הרכב לאובייקט בין 3 ל5 מטר והנורה דולקת לכן אנחנו בולמים כדי להגיע למרחק של 5 מטרים בינו
1	1	0	0	המרחק בין הרכב לאובייקט גדולים מ3 מטר ומ5 מטר לכן אין סיבה לבלום
1	1	1	0	המרחק בין הרכב לאובייקט גדולים מ3 ומ5 והנורה דלקה מה שאומר שהגענו למרחק הרצוי ואפשר לכבות את הנורה

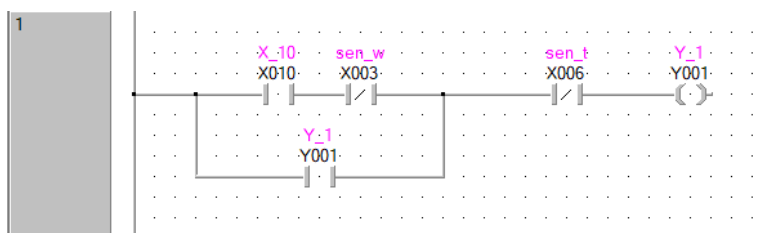
מפת קרנו :

Sen_d3/ Sen_d5 Y4 t	00	01	11	10
0	1	0	0	0
1	1	0	0	1

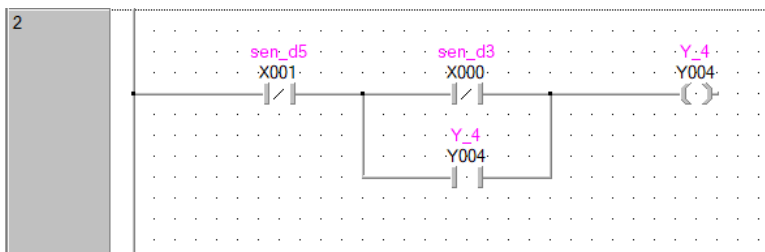
$$Y4 t + 1 = \overline{Sen - d3} * \overline{Sen - d5} + \overline{Sen - d5} * Y4 t$$

הוספנו את Y4 מפני שגם אם הוא בקרת שיט, כאשר הרכב קרוב יותר מאשר 3 מטרים לאובייקט האוטו יתחיל לבלום לבד ואז הנורה של הבלמים בזמן בקרת השיט גם תדלוק.

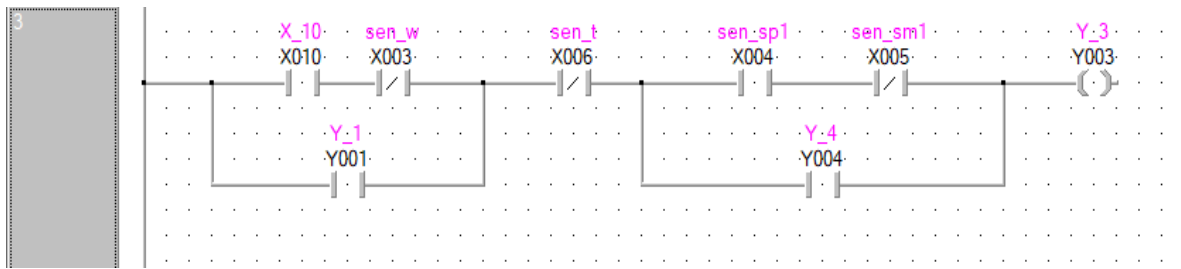
דיאגמת סולם:



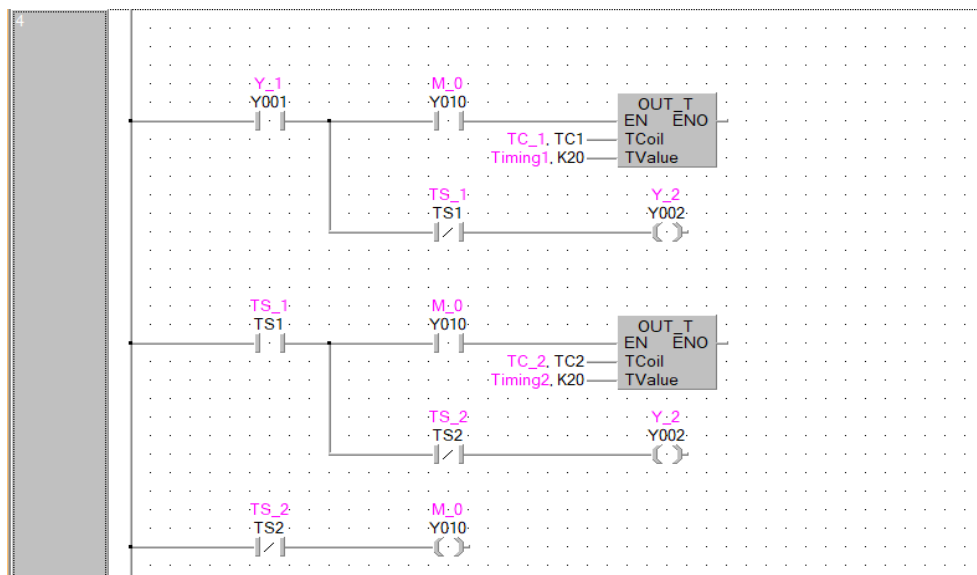
הסבר: כדי שמנורה Y1 תדלוק צריכים לקרות 3 דברים : צריך ש sen_w יהיה שווה 0 כלומר הנהג לא נוגע בדוושות. X10 יהיה שווה 1 כלומר הכפתור נלחץ . בנוסף, בזמן שהנהג לוחץ על הכפתור X10 החיישן sen_w יהיה שווה 0. לאחר מכן כל עוד Y1 דולקת היא תכבה רק כאשר הנהג יגע בדוושות ואז הוא זה ששולט לגמרי במכונית.



הסבר: Y4 תידלק רק כאשר הרכב קרוב יותר מאשר 3 מטרים לאובייקט שלפניו. לכן אם הוא קרוב יותר מאשר 3 מטרים, זה אומר שהוא גם קרוב יותר מאשר 5 מטרים ואז הנורה Y4 תידלק. גם לאחר שאנחנו רחוקים יותר מ3 מטרים, זה לא אומר שהגענו ל5 מטרים מרחק בין הרכב לאובייקט כמו שרצינו. לכן הנורה תמשיך לעבוד עד שהגענו למרחק של 5 מטרים בין הרכב לאובייקט ואז Y4 תיכבה



הסבר: כדי שנורה Y3 תידלק, שזוהי הנורה שנדלקת כאשר הרכב משתמש בבלמים בזמן שהוא בבקרת שיט. צריך ש- Y1 הנורה שמסמנת לנו שאנו נמצאים במצב של בקרת שיט תדלוק ואז יש שני מקרים שבגללם הרכב יתחיל לבלום. הראשון הוא שעלינו מעל המהירות שקבענו והשני הוא שהאוטו קרוב יותר מאשר 3 מטרים מהאובייקט שלפניו. לכן אם המהירות גדולה יותר ממה שקבענו או שאנחנו קרובים מדי לאובייקט שלפנינו, הנורה Y3 תדלוק וכל זה עוד Y1 דולקת והנהג לא נגע בדוושות והחליט שהוא שולט לגמרי על הרכב, כי זה אומר שהרכב כבר לא בבקרת שיט.



הסבר: הבהוב מנורה Y2 תפעל רק כאשר בקרת השיט עובדת. כלומר הנורה Y1 דולקת, לאחר מכן הטיימר T1 יתחיל כאשר יגיע ל 2 שניות. ערך TS1 יהיה שווה 1 ואחת הנורות Y2 תיכבה. לאחר מכן T2 תתחיל את הטיימר שלה של 2 שניות. בהמשך TS2 יהיה שווה 1 וזה יכבה את נורת Y2 השנייה מה שיגרום ל Y2 להיכבות לגמרי. מכאן שגם M0 תיכבה, ובמקביל TS1 יהיה שווה 0 וזה יתחיל את כל התהליך מחדש.

הוראות למפעיל חלק תיאורטי ב' (readme file):

1. לפני שהינך מתחיל את התהליך הרם את X_1 ו- X_2 המסמנים שאנחנו רחוקים יותר 3 ו-5 מטר מהאובייקט שלפנינו
2. לחץ על כפתור X_{10} כדי להיכנס למצב בקרת שיוט
3. במקרה וחיישן Sen_w שווה 1 כלומר X_3 מורם לא יהיה ניתן להיכנס למצב בקרת שיוט ויהיה צורך להוריד את כפתור X_3
4. במידה וכפתור X_{10} נלחץ ו- X_3 למטה ושווה 0 נורה Y_1 תידלק לסמן שבקרת השיוט עובדת Y_2 תהבהב כדי להזכיר שבקרת השיוט עובדת
5. במידה ולוחצים על X_6 שזהו בעצם Sen_t שאומר האם הנהג נגע בדוושות Y_1 Y_2 וגם Y_3 יכבו מיד מפני שהם כולם קשורות לבקרת השיוט
6. במידה ולא לוחצים על X_6 ניתן להוריד את X_4 שאומר שעברנו את המהירות שהגדרנו עבור בקרת השיוט ונורה Y_3 תידלק עד אשר נוריד בחזרה את X_6
7. במידה ומורידים את X_1 ואת X_2 נורה Y_4 ו- Y_3 גם ידלקו מפני שאנו קרובים מדי לאובייקט שלפנינו והיא תמשיך לדלוך עד אשר נרים את X_1 ואז את X_2

לסיכום, זהו היה פרויקט שכלל בתוכו הרבה חשיבה, תכנון ויצירתיות, האינטראקציה עם בקר חיצוני ומוחשי הייתה חדשה ומעניינת. לפעמים תגובות הסימולטור היו שונות מתגובות הבקר וזה בהתאם לזמן הריצה של כל אחד מהם. למדנו הרבה על הלוגיקה של תכנות בקרים, על מושגים כמו פולס בעליה, רגיסטרים, NO וNC.

בנוסף הפעלנו מחשבה רבה כיצד לממש את הדרישות בצורה הגנרית ביותר כך שיהיה מימוש כללי שייתן מענה על דרישות המופיעות בחלקים שונים בפרויקט.

המסקנה העולה מפרויקט זה היא שכאשר לוקחים עקרונות שמלווים אותנו בתואר בעוד קורסים רבים של מודולריות ועבודה מסודרת לתוך עולם של plc אפשר לתת מענה לדרישות מורכבות לוגית ומשימות רלוונטיות בתעשייה.

נספח – הוראות למפעיל (README FILE)

1.1 (1) פתח את קובץ הפרויקט "TOPIC_GROUP15" בתוכנת Works2 Gx 2 .

1.2 הפעל את בקר ה-PLC

1.3 בתחילת כל יום עבודה מחק את זיכרון הבקר :

Online → PLC Memory Operations → Clear PLC Memory

1.4 טען את התוכנית אל זיכרון הבקר

1.5 הורדת וכבה את כלל הכפתורים והמתגים בבקר.

1.6 פעולות ההפעלה:

1. Compile -> Rebuild All
2. Online -> Remote Operation(s)
3. STOP -> yes -> ok
4. Online -> Write to PLC
5. Press on Parameters + Program
6. Press Execute g. Online -> Remote Operation(s)
7. RUN -> yes -> ok
8. Start Monitoring (All Windows)

2) הכנסת מלאי חומרי הגלם ההתחלתי לרגיסטרים המתאימים דרך 1watch .

א. cream_amount – כמות הקצפת בתחילת יום העבודה.

ב. chocolate_amount – כמות השוקולד בתחילת יום העבודה.

ג. biscuit_amount – כמות הביסקוויטים בתחילת יום העבודה.

3) לאתחול חומרי הגלם ותחילת יום העבודה לחץ על כפתור X7 וראה כי נורה Y7 דולקת ללא הבהוב (סימן שהכמויות תקינות ונתחיל והתחיל יצור).

4) ניתן לצפות ב 1watch כי כמות חומרי הגלם אתחלו כראוי.

- (5) להתחלת שלב הזילוף לחץ על X11 (נורת כפתור X11 תישאר דולקת עד סיום תהליך זה).
- (6) ניתן לצפות ב 1watch כי כמות הקצפת הועברה כראוי למיכל הזילוף.
- (7) להפעלת מכונה A לחץ על X10 - (כפתור קפיצי לכן הנורה תדלק ותתכבה ישר לאחר הלחיצה).
- (8) לסימון הגעת משטח הקרבו למכונה הרם את מתג X3 TouchSensor.
- (9) לסימון כי טמפרטורת המכונה נמוכה מ 15 מעלות הרם את מתג X4 TempSensorBelow15.
- (10) ראה כי נורה Y4 נדלקת כאות לכך שפועלת הזיוף פועלת.
- (11) קבלת אות מהמצלמה כי פעולת הזילוף הסתיימה – הרם את מתג X1 camaraSensor.
- (12) הורדת מתג X3 TouchSensor – כאות לקח שמשטח העבודה עובר לשלב הבא.
- (13) הורדת את מתג X4 TempSensorBelow15 על מנת שיאופס למשטח הבא.
- (14) לחץ על כפתור X11 – סיום שלב הזילוף.
- (15) הורדת את מתג X1 camaraSensor כאות לסיום פעולת הזילוף ואיפוס למשטח הבא.
- (16) ניתן לצפות ב 1watch כי מיכל הזילוף רוקן בסוף התהליך.
- (1) אם ברצונך לכבות את מכונה A ולהפסיק את פעולת הזילוף לחץ על X5
- MachineA_Stop
- (2) דאג להוריד בחזרה את מתגים X1, X3 ו-X4 במקרה והתהליך התחיל על מנת לאפס את המכונה.
- (3) לאחר תיקון התקלה הורד את מתג X5.
- (4) חזור לשלב 7 לביצוע תהליך חוזר.
- (17) ראה כי נורות Y0 ו-Y1 מהבהבות לסירוגין במשך 4 שניות כאות לתהליך השינוע של המשטח למכונה B.
- (18) הכנס בלוח הבקר analog_input1 את טווח לכמות שכבות השוקולד לציפוי.
- $0 \leq input \leq 5$ זהו ציפוי רגיל, ו- $6 \leq input \leq 10$ זהו ציפוי כפול.
- (19) הרם את מתג X6 לקבלת הקלט וביצוע תהליך הטבילה.
- (20) ניתן לצפות ב 1watch כי כמות השוקולד הרצוי הועבר כרצוי על פי הטווח למיכל הטבילה.
- (21) ראה כי נורה Y3 דולקת למשך 5 שניות כאות למשך תהליך הטבילה.
- (22) הורד את מתג X6 כאות לסיום התהליך.
- (23) התחל את תהליך האריזה והרם את מתג X0 חמש פעמיים.
- (24) ראה כי נורה Y2 נדלקת כאות להתראה כי תהליך האריזה בסופו.
- (25) הרם והורדת את מתג X0 פעם נוספת.
- (26) ראה כי נורה Y2 נכבתה. (סיום שלב האריזה)
- (27) ניתן לצפות ב 1watch כי כמות יחדות הקרבו המוכנים עד כה הועברו למיכל הקרבו.
- (28) לייצור חבילת קרבו נוסף חזור לשלב 5.

29) בעת סיום העבודה עקב חוסר בחומר גלם:

(1) ראה כי נורה Y7 מהבהבת למשך 3 שניות ונכבת.

(2) יופיע פלט בלוח בקרה עם כמות הקרבו שיצרו באותו יום עבודה.

30) לאתחול יום עבודה חדש עם כמויות חומרי גלם שונים חזור לשלב 1.3.

לאתחול יום עבודה חדש עם אותם כמויות חומרי גלם כבה את כלל הכפתורים בבקר

וחזור לשלב 3.

- נכתב בלשון זכר מטעמי נוחות בלבד, אך מיועד לנשים וגברים כאחד.