



## תרגיל מעבדת בקרים מתוכנתים PLC

קבוצה 1 - דניאלה הדס , עדן דפה , ענוג שטורפר , ניר משולם  
318657962 | 314943572 | 314821182 | 209476399

### 1. הקדמה ומטרת הפרויקט:

במסגרת תרגיל זה מימשנו קו לייצור שוקולדים ממולאים עבור מפעל "שוקו דלוקס" תוך שימוש בבקר ה-PLC. המערכת שולטת באופן רציף בכלל שלבי הייצור בתהליך החל מהמסה ועד קירור ואריזה. הפתרון מבוסס על חיישנים, מתגים ונורות חיווי לצורך שליטה ובקרה על כל תהליך. מטרת הפרויקט היא להמחיש יכולת תכנון והטמעה של מערכת בקר תעשייתית מלאה ויציבה.

### 2. הנחות יסוד:

- א. תהליך הייצור פועל באופן סדרתי, כאשר כל שלב תלוי בהשלמת השלב הקודם ואינו מתבצע במקביל אליו.
- ב. לנוכח היעדר חיישנים פיזיים במערכת, חיישני טמפרטורה ומיקום מומשו ידנית על ידי הפעלת מתג.
- ג. מנגנון הבהוב הנורות במהלך תהליך המילוי תוכנן כך שהן יתחלפו בקצב של חצי שנייה, ליצירת אפקט חזותי ברור למשתמש.
- ד. תהליך בחירת סוג מילוי השוקולד ('מיקס אגוזים' / 'דובאי') מתבצע פעם אחת בלבד בכל איטרציית ייצור בהתאם לקלט המתקבל.
- ה. על מנת להציג את סך כמות המארזים שיוצרו בפלט האנלוגי באופן עשורני, בכל סיום תהליך אריזת מארז נוסף יתווסף ערך של 0.1 למונה של analog\_output.
- ו. לצורך דגימת ערך הקלט האנלוגי וביצוע ההתאמות הנדרשות, הנחנו כי ערך ה-Analog Input מתקבל בתחום שבין 0 ל-10 בלבד. ערך זה מומר לערך עשורני (Real) לצורך חישוב יחס, ולאחר מכן מחולק בקבוע 400 המייצג את טווח העבודה הרצוי. הבחירה בחלוקה ב-400 נובעת מהבנה כי המערכת מבצעת הכפלה אוטומטית של ערך הקלט האנלוגי ב-400 ולכן יש צורך לבצע תיקון זה על מנת לקבל ערך יחסי תקין לצורך המשך התהליך.

### 3. תיאור מצבי קיצון והמענה הניתן:

#### א. חוסר בחומרי גלם לפני תחילת תהליך ההמסה:

בטרם תחילת כל איטרציה בתהליך הייצור, מתבצעת בדיקה אוטומטית לזמינות חומרי הגלם הנדרשים בכל אחד משלבי התהליך. הייצור יתבצע רק במידה וקיימת כמות מספקת מכל חומר גלם, בהתאם לדרישות המקסימליות של כל סוגי המילויים



## הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול

אוניברסיטת בן גוריון בנגב

האפשריים. במקרה של חוסר במלאי – המערכת תעצור את פעילותה, יום העבודה יסתיים אוטומטית ונורת החיווי Y7 תכבה.

### ב. שינוי ערך Analog Input במהלך תהליך הייצור:

על מנת למנוע שינוי בלתי רצוי בסוג השוקולד הנבחר במהלך איטרציה אחת, דגימת ערך Analog Input מתבצעת פעם אחת בלבד, בתחילת שלב המילוי ע"י פולס בעלייה המתקבל בלחיצה על מתג X4. בכך נבטיח כי ערך זה ישמר לאורך כל התהליך.

### ג. עיכוב / היעדר הרמת מתג X0 בשלב האריזה:

בשלב האריזה, כל לחיצה על מתג X0 מייצגת הכנסת טבלת שוקולד אחת למארז. במקרה בו לא יתקבלו ארבע לחיצות (הנדרשות להשלמת מארז מלא), תהליך האריזה לא יושלם ולא יתבצע עדכון של מונה המארזים. בכך נשמרת שלמות תהליך האריזה והימנעות מעדכון שגוי של סך המארזים שיוצרו.

### ד. הפעלת מתג חירום X5 במהלך התהליך:

בכל שלב בתהליך, הפעלת מתג החירום X5 תוביל למעבר מיידי של המערכת למצב סיום יום עבודה. כלל הרכיבים והיציאות יכובו, נורת Y7 תכבה, כל ערכי הרגיסטרים יתאפסו והמערכת תוכל לשוב לפעול רק לאחר לחיצה מחודשת על מתג התחלת יום עבודה X7.

### ה. שמירה על סדר פעולות רציף לאורך הייצור:

במטרה להבטיח את תקינות רצף הפעולות ולמנוע מעבר לשלב הבא בטרם הושלמה הפעולה הנדרשת, הוגדרו בכל שלב תנאי כניסה לוגיים המבוססים על סיום מוצלח של השלב הקודם. תנאים אלו מתבססים על חיווי מנורות עזר או קלטים/פלטטים ייעודיים, אשר מעידים כי השלב הקודם בוצע במלואו. גישה זו תורמת למניעת שגיאות תפעול, מעלה את רמת הבטיחות במערכת ומאפשרת תהליך ייצור מבוקר, רציף ואמין.



## הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול

### אוניברסיטת בן גוריון בנגב

#### 4. טבלת תיאור משתנים:

מטלה 2 אוטומציה- טבלת מעקב אחר משתנים

שם בבקר	כינוי	תפקיד	ערכים אפשריים	הסבר
X7	dayStart	מתג תחילת היום	כבוי- 0 דלוק- 1	כמות שוקולד בתחילת יום עבודה, מוגדר חיצוני ע"י MOVE_E
D1120-21	chocolate_input chocolate_inventory	קבוע רגיסטר	מספר ממשי, בחרנו שרירותית 12000 לפי הדוגמה שניתנה יקבל בתחילת יום את הערך שהוזן מעלה, ויורד בכל איטרציה	מייצג את כמות השוקולד הזמינה במלאי בכל שלב ביום העבודה
D1130-31	nuts_input nuts_inventory	רגיסטר	מספר ממשי, בחרנו שרירותית 3000 לפי הדוגמה שניתנה יקבל בתחילת יום את הערך שהוזן מעלה, ויורד בכל איטרציה לפי סוג השוקולד המיוצר	מייצג את כמות האגוזים הזמינה במלאי בכל שלב ביום העבודה
D1140-41	pistachio_input pistachio_inventory	רגיסטר	מספר ממשי, בחרנו שרירותית 3000 לפי הדוגמה שניתנה יקבל בתחילת יום את הערך שהוזן מעלה, ויורד בכל איטרציה לפי סוג השוקולד המיוצר	מייצג את כמות הפיסטוקים הזמינה במלאי בכל שלב ביום העבודה
D1150-51	kadayif_input kadayif_inventory	רגיסטר	מספר ממשי, בחרנו שרירותית 120 לפי הדוגמה שניתנה יקבל בתחילת יום את הערך שהוזן מעלה, ויורד בכל איטרציה לפי סוג השוקולד המיוצר	מייצג את כמות הקדאוף הזמינה במלאי בכל שלב ביום העבודה
M40	switchesOff	נורת עזר	כל המתגים מלבד תחילת יום (אז) כבויים- 1, אחד או יותר דלוקים- 0	נורת עזר שתבדוק בכל תחילת איטרציה שכל הנורות כבויות על מנת למנוע הפרעות במהלך היום
M10	gotChocolate	נורת עזר	יש יותר 4000 גרם שוקולד במלאי- 1, פחות- 0	בדוק האם עברנו את chocolateMinReq=400
M11	gotNuts	נורת עזר	יש יותר 1000 גרם אגוזים במלאי- 1, פחות- 0	בדוק האם עברנו את nutsMinReq=100
M12	gotPistachio	נורת עזר	יש יותר 1200 גרם פיסטוקים במלאי- 1, פחות- 0	בדוק האם עברנו את pistachioMinReq=120
M13	gotKadayif	נורת עזר	יש יותר 600 גרם קדאוף במלאי- 1, פחות- 0	בדוק האם עברנו את kadayifMinReq=60
M1	possibleManufacture	נורת עזר	כל תנאי המלאי קיימו- 1, תנאי אחד או יותר לא התקיים- 0	פעולת כאשר כל תנאי הסף לייצור בהקשרי מלאי קיימו
Y7	workday	נורה	יום עבודה בתהליך יום, תפסקת יום עבודה- 0	כל עוד הנורה פועלת, יום העבודה נמשך
X5	Emergency	מתג	אין מצב חירום- 0, יש מצב חירום- 1	מתג חירום- מכבה את המסמך (מכבה נורה Y7)
M6	newIteration	נורת עזר	אם כל המתגים כבויים ואנחנו במהלך יום עבודה-1, אם לא- 0	עוזרת לנו לוודא שכל המתגים למטה על מנת להתחיל סבב איטרציה חדש במהלך יום עבודה
M7	iterationGong	נורת עזר	אם אנחנו במהלך איטרציה ביום עבודה- 1, אם לא- 0	מקשרת בין התנאי של M6 לתחילת לחיצה על מתגים שהיום דורש. פועלת עד שסיימנו לארוז 4 טבלאות באיטרציה
X1	startMeling	נורה	האם התחלנו תהליך המסה: 1- כן, 0- לא	תחילת שלב ההמסה של השוקולד
X2	heatSensor	סנסור	האם הגענו 45 מעלות: 1- כן, 0- לא	מחובר לסנסור ומורם ידנית כאשר נגיע ל- 45 מעלות חום
Y1	metInProgress	נורה	האם התחלנו תהליך המסה: 1- כן, 0- לא	נורה הדולקת החל מתחילת תהליך ההמסה ועד לחיצה על חיישן טמפרטורה/ סיום יום עבודה
X3	sensorStartCasting	סנסור	האם תבניות ריקות ממוקמות (לפני יציקה)	תבניות ריקות ממוקמות (לפני יציקה)
Y2	castInprogress	נורה	נורה הדולקת למשך 4 שניות ומסמנת שתהליך היציקה בעיצומו	נורה הדולקת למשך 4 שניות ומסמנת שתהליך היציקה בעיצומו
TC1	castingTimer	מונה זמן	ערכים בדידים מ-0 עד המספר שהוגדר לו- 40	מונה 4 שניות לתום יציקה (מונה מתאפס 100MS)
X4	startFilling	מתג	האם ניתן להתחיל בתהליך היציקה: 1- כן, 0- לא	תחילת מילוי בתוך היציקה
D8280	analog_input	קלט חיצוני	מספר רציף	המשתמש מזין קלט רציף בין 0 ל-10 אשר מוכפל ב-400 ונכנס למערכת בתור בידי ומשמש לבחירת סוג המילוי
D1200-1	analog_real1	קלט כעשרוני	מספר רציף	תוצאת ההמרה של קלט המשתמש לערך רציף לטובת החלוקה ב-400
D170-71	analog_input_div	קלט לאחר חלוקה	מספר רציף	תוצאת החלוקה של הקלט העשרוני ב-400 לשימוש המערכת
M21	finish_input_analog1	נורת עזר	האם תהליך בחירת והמרת הקלט הסתיים: 1- כן, 0- לא	נורת עזר שמסמנת את סיום התהליך על מנת למנוע התקדמות בטרם עת של השלבים
M39	input_chosen	נורת עזר	האם תהליך בחירת המילוי בפעולה: 1- כן, 0- לא	נורת עזר שדולקת מסיום תהליך המרת הקלט עד סיום בחירת והורדת המילאים של המילוי הנבחר
M2	nutsMix	נורת עזר	האם המילוי הנבחר הוא מיקס אגוזים: 1- כן, 0- לא	נורת עזר שדולקת למשך 5 שניות בעת מילוי התבניות
M3	dubai	נורת עזר	האם המילוי הנבחר הוא דובאי: 1- כן, 0- לא	נורת עזר שדולקת למשך 5 שניות בעת מילוי התבניות
M34	metInChosen	נורת עזר	האם נורה M2 או M3 דולקות: 1- כן, 0- לא	נורת עזר שדולקת למשך 5 שניות בעת מילוי התבניות
TC2	flingTimer	מונה זמן	ערכים בדידים מ-0 עד המספר שהוגדר לו- 50	מונה 5 שניות לתום מילוי (מונה מתאפס 100MS)
TC3	met3Timer	מונה זמן	ערכים בדידים מ-0 עד המספר שהוגדר לו- 5	מונה 5 שניות לתום מילוי (מונה מתאפס 100MS)
TC4	bulb3Timer	מונה זמן	ערכים בדידים מ-0 עד המספר שהוגדר לו- 5	מונה 5 שניות לתום מילוי (מונה מתאפס 100MS)
Y3	bulb3	נורה	דולקת- 1 כבוי- 0	נורה
Y4	bulb4	נורה	דולקת- 1 כבוי- 0	נורה
M5	flashingRound	נורת עזר	דולקת- 1 כבוי- 0	נורת עזר
X6	startCooling	מתג	האם נוצר להתחיל את תהליך הקירור: 1- כן, 0- לא	מתג
TC5	coolingTimer	מונה זמן	ערכים בדידים מ-0 עד המספר שהוגדר לו- 30	מונה זמן
Y6	coolingInProgress	נורה	דולקת- 1 כבוי- 0	נורה
M20	cooling_finished_indicator	נורת עזר	האם אנחנו בתהליך אריזת ההכילות: 1- כן, 0- לא	נורת עזר
X0	startPacking	מתג	האם חבילה בתהליך אריזה: 1- כן, 0- לא	מתג
CC4	tables_n_package_number	מונה אירועים	ערכים בדידים מ-0 עד הערך שהוגדר- 4	מונה אירועים
Y5	packingBulb	נורה	האם ארונו בין 1 ל-3 חבילות: 1- כן, 0- לא	נורה
D1160	output_storage	רגיסטר	מתחיל ב-0 ומקבל ערכים רציפים, אצלנו 40.0 בכל איטרציה ביום	רגיסטר
D8282	analog_output	פלט	מספר רציף מתחיל מ-0	פלט

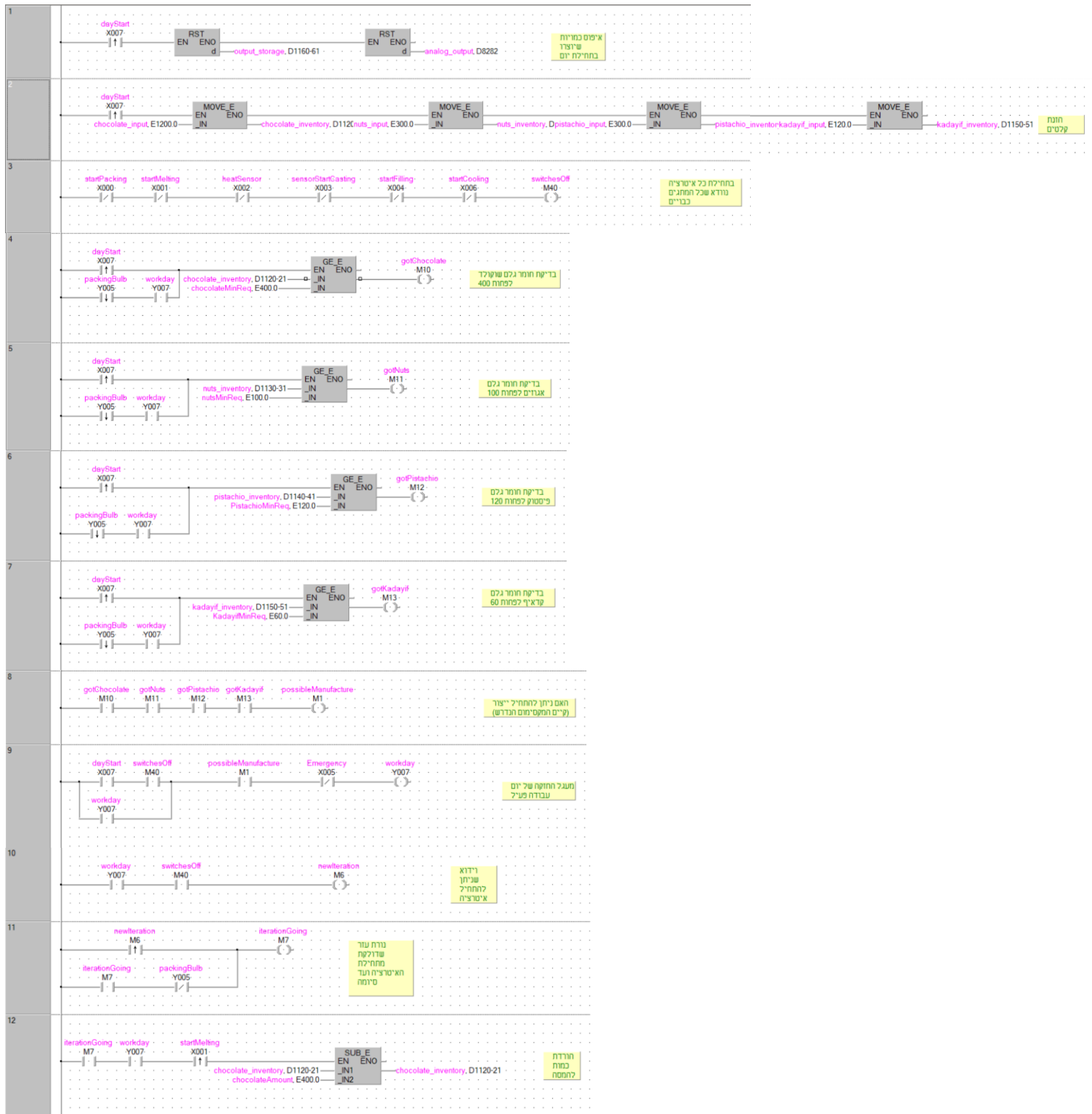
Device/Label	Current Value	Data Type	Class	Device	Address	Comments
chocolate_input	--	FLOAT (Single Precision)	VAR_GLOB...	E1200.0	--	
nuts_input	--	FLOAT (Single Precision)	VAR_GLOB...	E300.0	--	
pistachio_input	--	FLOAT (Single Precision)	VAR_GLOB...	E300.0	--	
kadayif_input	--	FLOAT (Single Precision)	VAR_GLOB...	E40.0	--	
chocolate_inventory	0.00000000	FLOAT (Single Precision)	VAR_GLOB...	D1120	%MD0.1120	
nuts_inventory	0.00000000	FLOAT (Single Precision)	VAR_GLOB...	D1130	%MD0.1130	
pistachio_inventory	0.00000000	FLOAT (Single Precision)	VAR_GLOB...	D1140	%MD0.1140	
kadayif_inventory	0.00000000	FLOAT (Single Precision)	VAR_GLOB...	D1150	%MD0.1150	
analog_output	0.00000000	FLOAT (Single Precision)	VAR_GLOB...	D8282	%MD0.8282	



## הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול

### אוניברסיטת בן גוריון בנגב

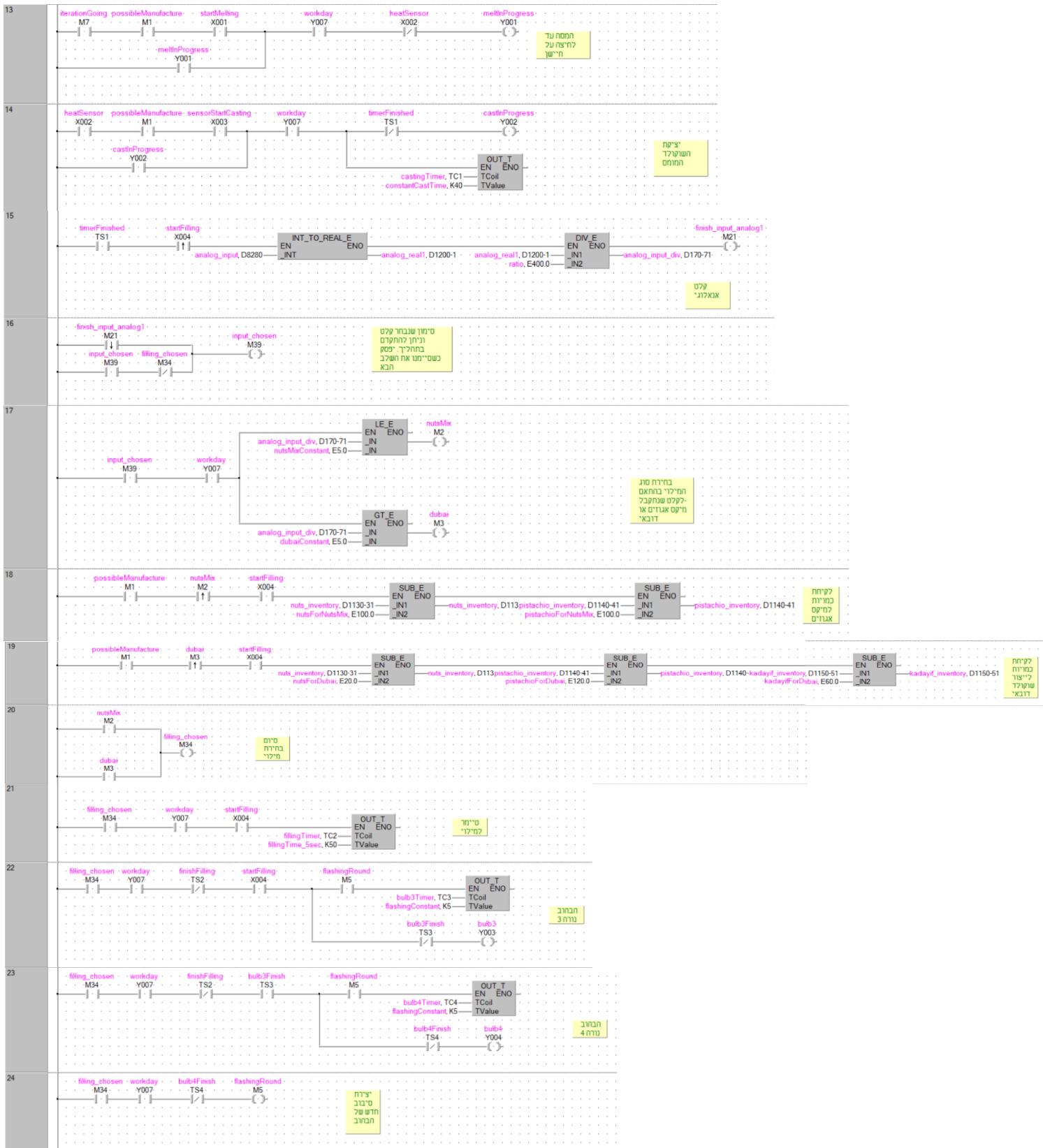
#### 5. תיעוד קוד התכנית:





## הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול

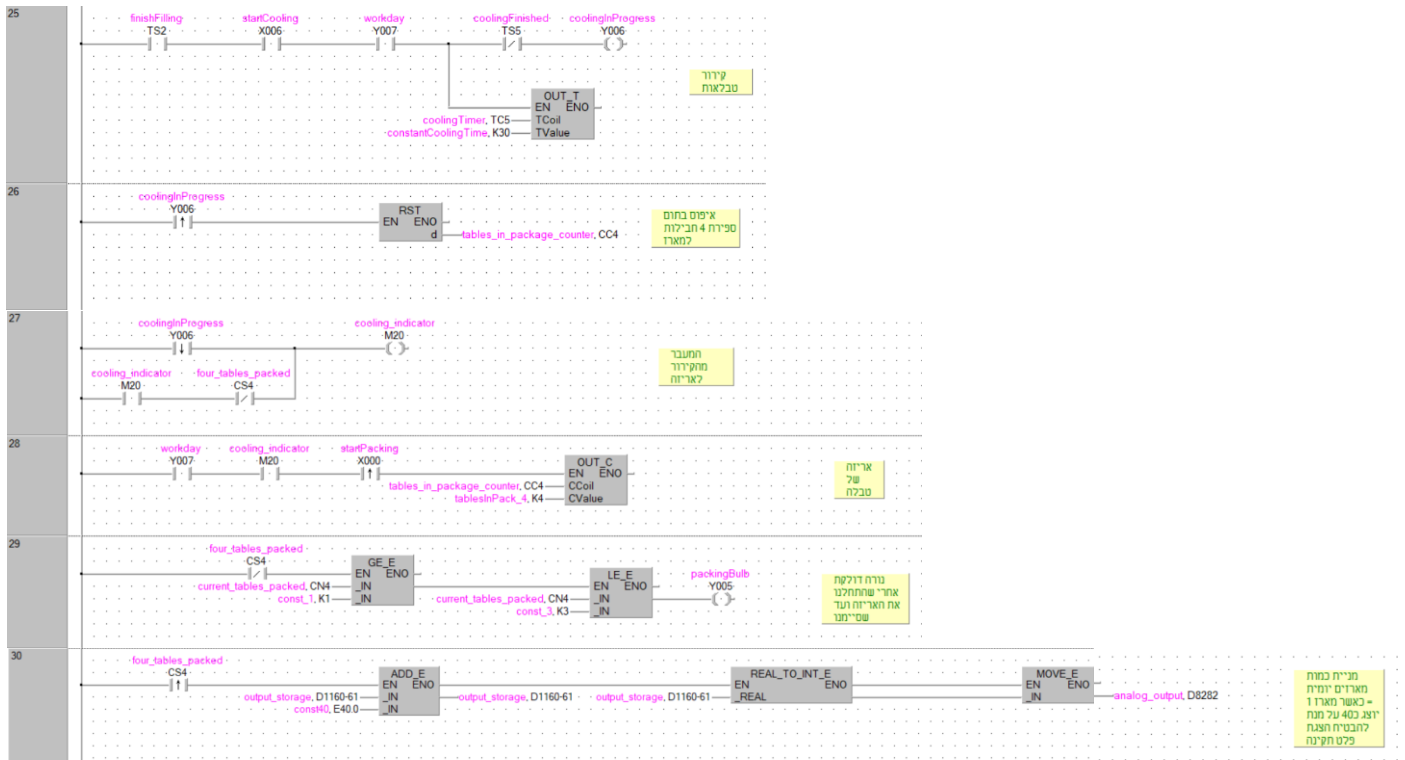
### אוניברסיטת בן גוריון בנגב





## הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול

אוניברסיטת בר גוריון בנגב



### 6. סיכום ומסקנות:

הפרויקט אפשר לנו לתרגל תכנון, אפיון ומימוש מערכת אוטומטית מורכבת באמצעות בקר PLC המדמה תהליך ייצור תעשייתי אמיתי. נדרשנו להבין לעומק את עקרונות הבקרה הלוגית, ניהול משתנים, תזמון פעולות ותיאום בין שלבים שונים במערכת. ההתמודדות עם מקרי קצה, תרחישים לא מוגדרים והצורך להבטיח פעולה בטוחה, רציפה ואמינה חידדו את הבנתנו לגבי החשיבות של תכנון מקדים, בדיקת תנאים לוגיים וכתובה מודולרית של קוד.

הפרויקט תרם לחיזוק היכולת שלנו ליישם חשיבה מערכתית ופתרון בעיות בזמן אמת, בדומה לאתגרים הנפוצים בתעשייה.



## הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול

אוניברסיטת בן גוריון בנגב

### נספח 1: הוראות למפעיל לפי שלבים

0. איפוס תחילת איטרציה:
  - ❖ ודא כי כל המתגים כבויים.
1. תחילת יום עבודה:
  - ❖ לחץ על מתג X7.
  - (נורה Y7 תידלק אם התנאים לעבודה מתקיימים- יש מספיק מלאי לייצור 2 סוגי השוקולד וכל המתגים מורדים).
  - ❖ בכל שלב ביום ניתן יהיה להרים את מתג החירום X5 שיגרום להפסקת הפעולה הנוכחית והפסקת יום העבודה ככלל.
2. תהליך ההמסה:
  - ❖ לחץ על מתג X1 - העברת 400 גרם מטבעות שוקולד למיכל ההמסה.
  - (בזמן ההמסה נורה Y1 דולקת).
  - ❖ כאשר החיישן מראה שהטמפרטורה הגיעה ל-45°C הרם את מתג X2.
3. תהליך יציקה:
  - ❖ בסיום ההמסה, נרים את חיישן X3 כאשר הוא זיהה שהתבניות במקום.
  - השוקולד המומס יועבר לתבניות.
  - (משך זמן היציקה הוא 4 שניות ובמהלכו נורה Y2 דולקת).
4. בחירת סוג מילוי:
  - ❖ בלחיצה על X4 תתבצע דגימת הערך האנלוגי (Analog Input)
    - $0 \leq \text{input} \leq 5$  שוקולד מיקס אגוזים.
    - $5 < \text{input} \leq 10$  שוקולד דובאי.
  - שלב זה מתרחש בסיום היציקה ומתבצע אחת לאיטרציה.
  - ❖ לאחר הבחירה חומרי הגלם יורדו מהמלאי.
5. מילוי הקרם:
  - ❖ לאחר העברת חומרי הגלם מתחיל תהליך מילוי הקרם.
  - (משך המילוי הינו 5 שניות, בזמן זה נורות Y3 ו-Y4 מהבהבות לסירוגין כאשר כל אחת דולקת במשך חצי שנייה בכל סיבוב).
6. קירור:
  - ❖ בסיום המילוי, לחץ על מתג X6 להעברת השוקולדים למערכת הקירור.



**הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול**  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

(משך הקירור אורך 3 שניות, בזמן זה נורה Y6 דולקת).

**7. אריזה:**

- ❖ עם סיום הקירור, טבלאות השוקולד יועברו לאריזה.
- ❖ עבור כל טבלת שוקולד יש להרים את מתג X0, כלומר 4 הרמות של המתג בסה"כ עבור מארז (בו 4 טבלאות).
- (בסיום אריזת השוקולד הראשון: נורה Y5 נדלקת).
- (בסיום כל מארז (בהרמה הרביעית) : נורה Y5 נכבית).
- ❖ בתום כל מארז – הפלט האנלוגי מתעדכן ב+0.1.