



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

מספר קבוצה	שם התרגיל			תאריך הגשה
10	מטלה 2 - PLC			08.02.24
204408728	206993420	207207119	316553981	315552489

1. הקדמה ומטרת הפרויקט

מטרת הפרויקט הינה התנסות מעשית עם תכנות בקרים מתוכנתים באמצעות סיפור מעשה של מפעל לייצור בירה. כחלק מהפרויקט, נדרשנו לסייע למנהל המפעל להוזיל את עלויות הייצור ע"י מימוש מערכת ייצור בירה (משלב הבישול, דרך שלב התסיסה ועד לשלב האריזה) באופן אוטומטי בעזרת בקר PLC. כמו כן, התנסנו בתכנות דיאגרמות סולם בתוכנה GX Works 2.

2. הנחות יסוד בפיתוח המערכת

- לא ניתן להתחיל יום עבודה עם פחות מהמצרכים הנדרשים לייצור בירה מסוג לאגר (150 גרם שמרים, 12 גרם לתת ו-60 גרם כשות), על-מנת לאפשר למפעיל לבחור את סוג הבירה שיחפוץ בה (כמות חומרי גלם מקסימלית מבין שני סוגי הבירות האפשריים).
- מאחר ופס הייצור פועל באופן טורי, נרצה להימנע ממצב בו מתחיל תהליך בתחנה מסוימת לפני שהתהליך בתחנה הקודמת הסתיים. לשם כך השתמשנו בנורות עזר כאינדיקטורים לסיום כל שלב. כלומר, תחילת כל שלב מותנה בכך שהאינדיקטור מהתחנה הקודמת היה דלוק.
- הנחנו כי נדרש לדמות את חומרי הגלם הנמצאים במלאי המועברים בעת הצורך למיכל הבישול.
- בעת בחירת סוג הבירה הנדרש לפי הקלט מהמשתמש, ההנחה היא שסוג הבירה זהה לכל מארז הבירה (שישיית בירות).
- בשלב דגימת המשתמש, גורם הנרמול אשר מחלקים בו הוא 400.
- בעת שלב הדגימה, במידה והמשתמש ידגום יותר מפעם אחת, בחירתו הראשונית היא שתקבע את המשך התהליך ואת סוג הבירה המיוצרת.
- מרגע סיום העברת הכמות הנדרשת לתסיסה לקונטיינר הבישול
- בסוף כל איטרציה או לאחר לחיצה על מתג החירום, המפעיל יוריד את כל קלטי הקלט למטה (למצב OFF) ולהתחיל את התהליך חלילה.
- בסוף שלב האריזה, לאחר שהמפעיל יעלה את מתג X0 בפעם השישית, הוא יוריד את המתג למטה.
- כאשר המשתמש מבצע הרמה של מתג X0 על-מנת לארוז בקבוק בירה בודד והוא מוריד את הידית חזרה למקומה לאחר מכן (כלומר, אריזה של בקבוק בירה אחד כוללת פעולת הרמה והורדה של ידית ההפעלה).



3. תיאור מצבי קיצון ושיטות פתרון

- במידה ומתקבל פלט לא תקין (אין מספיק חומר גלם לתחילת יום עבודה או שהתקבל פלט שלילי), המערכת תיתן חיזוי זהה לזה של סיום יום העבודה (כיבוי נורה Y7).
- מאחר ותהליך הייצור הינו טורי, רצינו להימנע ממצב בו מתחיל תהליך בתחנה מסוימת לפני שהתהליך בתחנה הקודמת הסתיים. לשם כך השתמשנו בנורות עזר כאינדיקטורים לסיום כל שלב. תחילת כל שלב מותנה בכך שהאינדיקטור מהתחנה הקודמת היה דלוק.
- במידה והתחלנו תהליך ייצור ובמהלך הייצור נלחץ המתג חירום (X11), אזי כלל חומרי הגלם עבור אותה ששיית בירות ילכו לטמיון, כלומר ירדו מהמלאי ולא יתאפשר לעשות שימוש חוזר.
- בעת הרמת מתג החירום (X11), בכל שלב בו אנו מצויים בתהליך הייצור לפני תום האריזה, הבירות הללו לא ייחשבו כבירות שיוצרו.

4. טבלת תיאור משתנים

טבלת מתגים

שם משתנה	Device	Data type	תיאור
packOneBeer	X000	Bit	Button for individual beer bottle packaging
startCooking	X001	Bit	starting stage 1 - cooking
startStorage	X002	Bit	starting stage 3 - Packing
fermentationStart	X005	Bit	starting stage 2 - fermentation
startDay	X007	Bit	start day button
emergencyButton	X011	Bit	emergency button that stopping the day (production process)

טבלת נורות

שם משתנה	Device	Data type	תיאור
stillCook	Y001	Bit	indicates that the cooking process is still in progress
packingIsOn	Y002	Bit	Indication that packing a case of beers (six beers)



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בר גוריון בנגב

is done			
Indicator light for fermentation Lager beer	Bit	Y003	fermentationLad1
Indicator light for fermentation Pilsner beer	Bit	Y004	fermentationLad2
led on until the day is finish	Bit	Y007	workLed

טבלת קבועים

שם משתנה	Constant	Data type	תיאור
minYeast	150	FLOAT (Single Precision)	minimum quantity needed of yeast to produce beer
minBarley	12	FLOAT (Single Precision)	minimum quantity needed of barley to produce beer
minHops	60	FLOAT (Single Precision)	minimum quantity needed of hops to produce beer
fermentationPilsnerTime	40	Word[Signed]	fermentation time of Pilsner beer
fermentationLagerTime	30	Word[Signed]	fermentation time of Lager beer
cookTime	40	Word[Signed]	beer cook time last 4 seconds
constant_0	0	FLOAT (Single Precision)	constant zero
normaliztionFactor	400	Word[Signed]	normaliztion factor for the sampled value of beer kind
maxLager	6	Word[Signed]	Minimum sample value for lager beer (Underneath it is necessarily Pilsner beer)



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בר גוריון בנגב

minimum quantity needed of yeast for Lager beer	FLOAT (Single Precision)	150	yeastLager
minimum quantity needed of barley for Lager beer	FLOAT (Single Precision)	12	barleyLager
minimum quantity needed of hops for Lager beer	FLOAT (Single Precision)	60	hopsLager
minimum quantity needed of yeast for Pilsner beer	FLOAT (Single Precision)	120	yeastPilsner
minimum quantity needed of barley for Pilsner beer	FLOAT (Single Precision)	6	barleyPilsner
minimum quantity needed of hops for Pilsner beer	FLOAT (Single Precision)	53	hopsPilsner
time interval for light while blinking	Word[Signed]	10	timeInterval
limit counter of 6 beers/ 1 package	Word[Signed]	6	packCounterValueLast
counter indicating the packaging of all the case (six beers)	Word[Signed]	5	packCounterValue
counter indicating the packaging of the first beer in a case	Word[Signed]	1	packCounterValueFirst
Constant - insert one package to packages of beer	Word[Signed]	1	OnePackageReady



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

normalization factor for the number of beers produced (decimal representation)	Word[Signed]	40	normaliztionFactor2
constant zero kind word	Word[Signed]	0	constantWord_0



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בר גוריון בנגב

טבלת רגיסטרים

שם משתנה	Device	Data type	תיאור
yeastInput	D1100	FLOAT (Single Precision)	input for yeast inventory
barleyInput	D1110	FLOAT (Single Precision)	input for barley inventory
hopsInput	D1120	FLOAT (Single Precision)	input for hops inventory
yeastQuantity	D1130	FLOAT (Single Precision)	yeast current quantity
barleyQuantity	D1140	FLOAT (Single Precision)	barley current quantity
hopsQuantity	D1150	FLOAT (Single Precision)	hops current quantity
yeast46Beers	D1160	FLOAT (Single Precision)	yeast demand for 6 beers
barley46Beers	D1170	FLOAT (Single Precision)	barley demand for 6 beers
hops46Beers	D1180	FLOAT (Single Precision)	hops demand for 6 beers



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בר גוריון בנגב

A variable indicating the required fermentation time	Word[Signed]	D1190	fermentationTime
current quantity of raw materials in the cooking container	FLOAT (Single Precision)	D2010	cookContainer
current quantity of raw materials in fermentation container	FLOAT (Single Precision)	D2020	fermentationContainer
analog input 1 value which determines which beer will be produced	Word[Signed]	D8280	analogInput_beerKind
Sample value which symbolizes the type of selected beer	Word[Signed]	D8201	sampleValue
number of prepared packages of beer	Word[Signed]	D2040	readyBeerPack
output for the number zero ready beers packages in tens	Word[Signed]	D8282	beerPackOutput



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בר גוריון בנגב

טבלת מוני זמן

שם משתנה	Device	Data type	תיאור
cookTimer4sec	TC7	Bit	counter 4 seconds for cooking time
cookStop	TS7	Bit	cook timer is finished
endTimer1	TS5	Bit	end timer for blinking Y3
timer1	TC5	Bit	timer name for blinking time of Y3
counterSec	TC8	Bit	counter 4 or 3 seconds for fermentation time
finishCounter	TS8	Bit	end timer for fermentation time
timer2	TC6	Bit	counter 4 or 3 seconds for fermentation time
endTimer2	TS6	Bit	end timer for blinking Y4

טבלת מוני אירועים

שם משתנה	Device	Data type	תיאור
packCounter	CC1	Bit	counter for how many beers we pack in single iteration
outCC1	CS1	Bit	first press on X0 after starting packaging
lastPackCounter	CC2	Bit	counter name of counter for last unit packing
outCC2	CS2	Bit	finish 6 press on X0 after starting packaging



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בר גוריון בנגב

טבלת נורות עזר

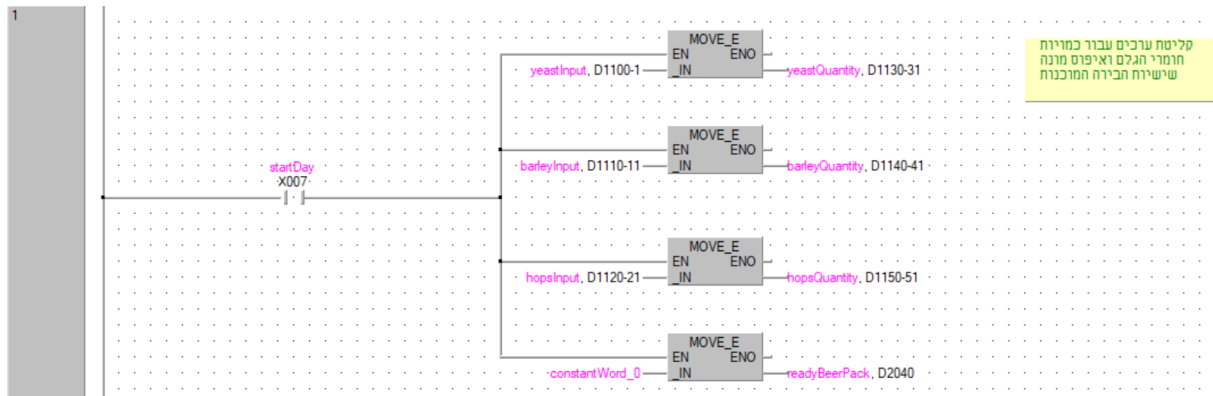
שם משתנה	Device	Data type	תיאור
quantitiesProblem	M1	Bit	if NOT all input quantities are enough for starting the day or iteration
enoughIngredients	M4	Bit	if there is not quantity problem (enough required ingredients)
keepTheDayOn	M6	Bit	auxiliary led - that X7 was pressed
keepWork	M7	Bit	auxiliary led - there is no emergency
finishCooking	M8	Bit	stage 1 of cooking done
finishFillCookContainer	M9	Bit	finish transfer the raw materials from the stock to the cooking container
finishSampleAnalog	M10	Bit	end of the sampling process for choosing the type of beer
lagerBeer	M11	Bit	beer kind is Lager
pilsnerBeer	M12	Bit	beer kind is Pilsner
InitBeerIngredients	M13	Bit	An auxiliary light for initializing the beer variables
finishFillFermentationContainer	M14	Bit	finish transfer the raw materials from cooking container to the fermentation container
timerReset1	M15	Bit	reset timers after blinking
finishFermentation	M16	Bit	stage 2 of fermentation done
iterationDone	M100	Bit	full iteration tray production is done



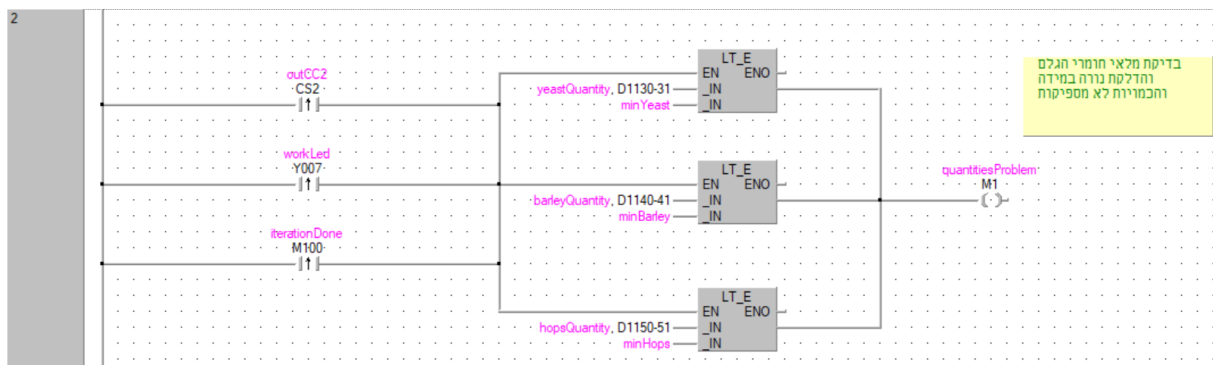
הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

5. תיעוד קוד התוכנית

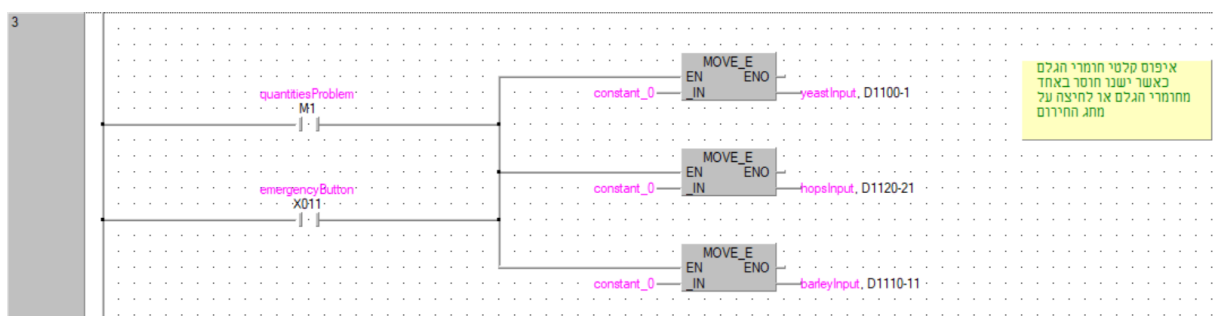
בלוק 1: אתחול משתני קלט ושמירה ברגיסטרים המתאימים לכמויות חומרי גלם - לתת, כשות ושמרים ואיפוס כמות מארזי הבירות המוכנות (שישיות בירה).



בלוק 2: נבדוק האם ישנם מספיק חומרי גלם (לתת, שמרים וכשות) עבור ייצור של מארז בירות בעזרת פונקציית LT_E אשר בודקת האם הערך במלאי נמוך ממספר המינימלי הנדרש. נבצע חיזוי באמצעות נורה פיקטיבית M1 המציינת אם ישנה בעיה לפחות בחומר גלם אחד. את הבדיקה נבצע בסיום כל איטרציה ובתחילת כל יום.

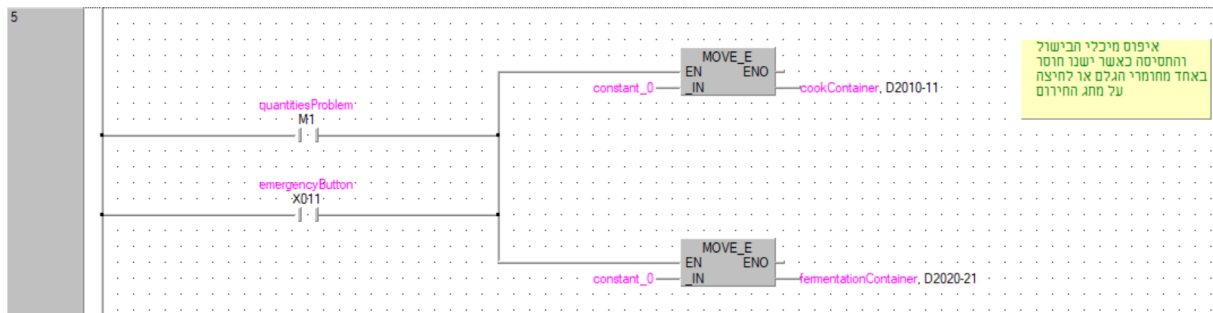
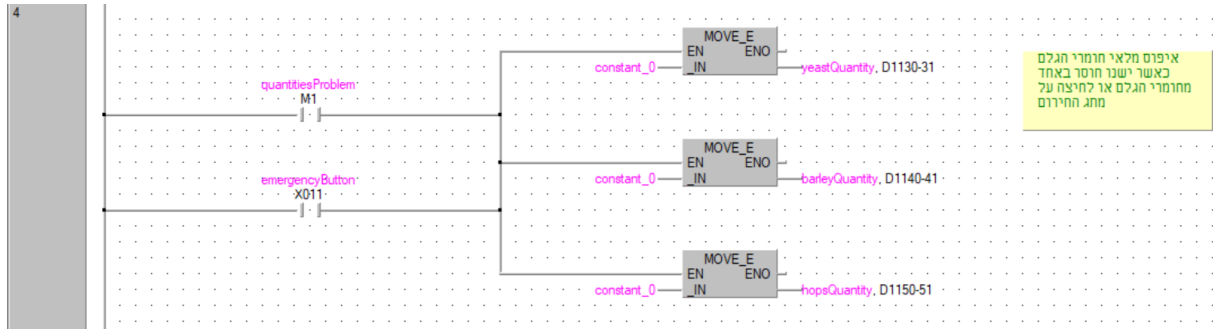


בלוקים 3-5: כאשר ישנו חוסר באחד מחומרי גלם או בעת לחיצה על מתג החירום (X11), נבצע איפוס לכלל המשתנים (קליטים מהמשתמש, כמויות חומרי הגלם וקונטיינרים).

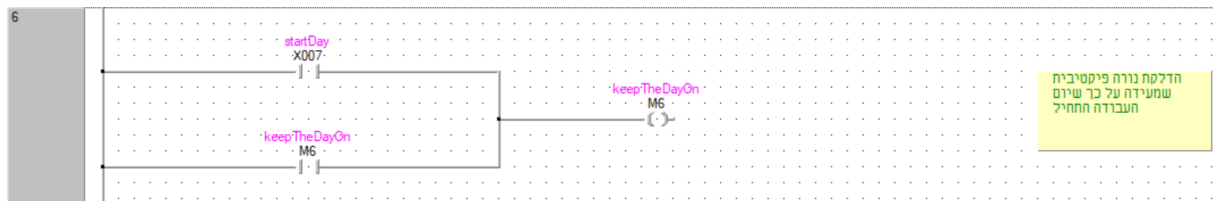




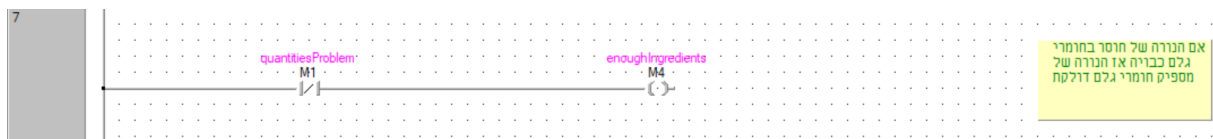
הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב



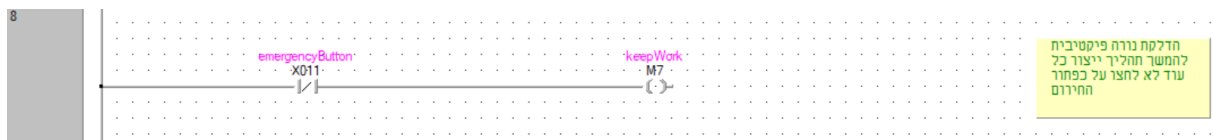
בלוק 6: הדלקת נורה פיקטיבית המעידה על כך שיום העבודה התחיל.



בלוק 7: אם הנורה של חוסר בחומרי גלם כבויה, אזי הנורה של מספיק חומרי גלם דולקת.



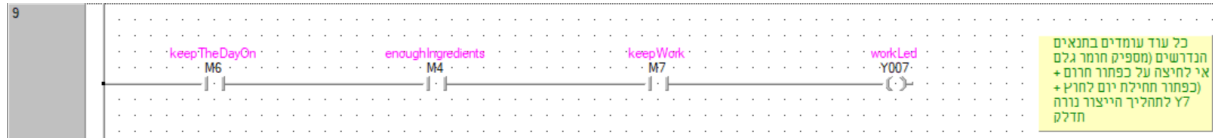
בלוק 8: הדלקת נורה פיקטיבית להמשך תהליך הייצור, כל עוד לא לחצו על כפתור החירום.



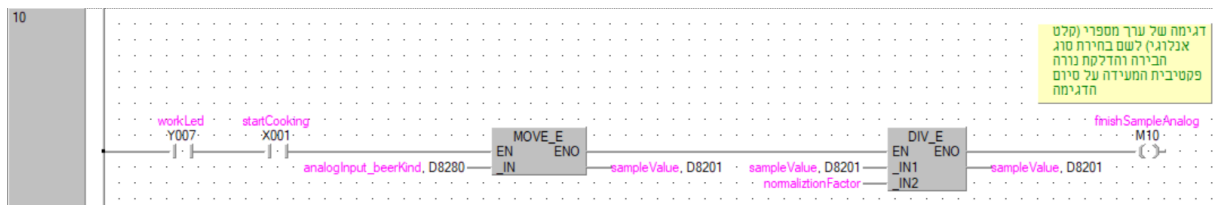


הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

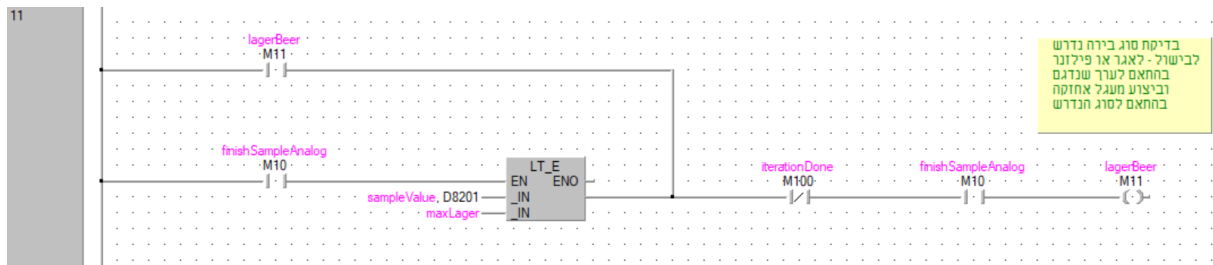
בלוק 9: כל עוד אנו עומדים בתנאים הנדרשים (מספיק חומר גלם וגם אי לחיצה על כפתור החירום וגם כפתור תחילת היום לחוץ) תידלק נורה Y7.



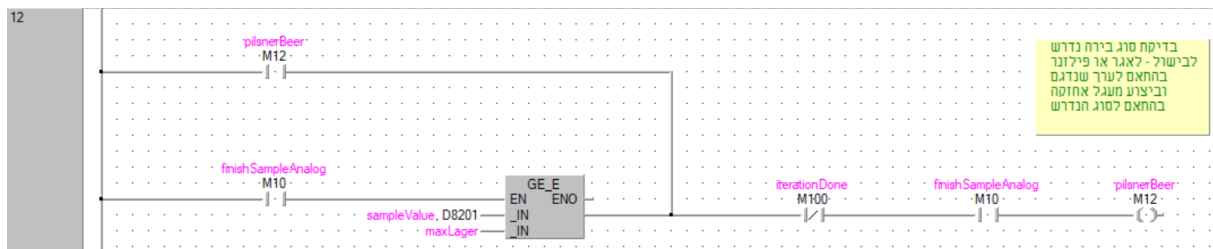
בלוק 10: ניקח דגימה מקלט אנלוגי 1 שעליו שולט המפעיל על-מנת להבין איזה סוג בירה תיוצר במארז (שישיית ברירות) - בירה מסוג פילזנר או בירה מסוג לאגר. כמו כן, נדליק נורת חיווי מתאימה המעידה על סיום הדגימה.



בלוק 11: במידה והקלט מהמשתמש קטן מ-6, נדע כי סוג הבירה שנבחר לייצור המארז (שישיית ברירות) הינו מסוג לאגר ונדליק נורת חיווי מתאימה. בנוסף, על-מנת לוודא כי סוג הבירה הינו לאגר בלבד, הוספנו מעגל האחזקה.



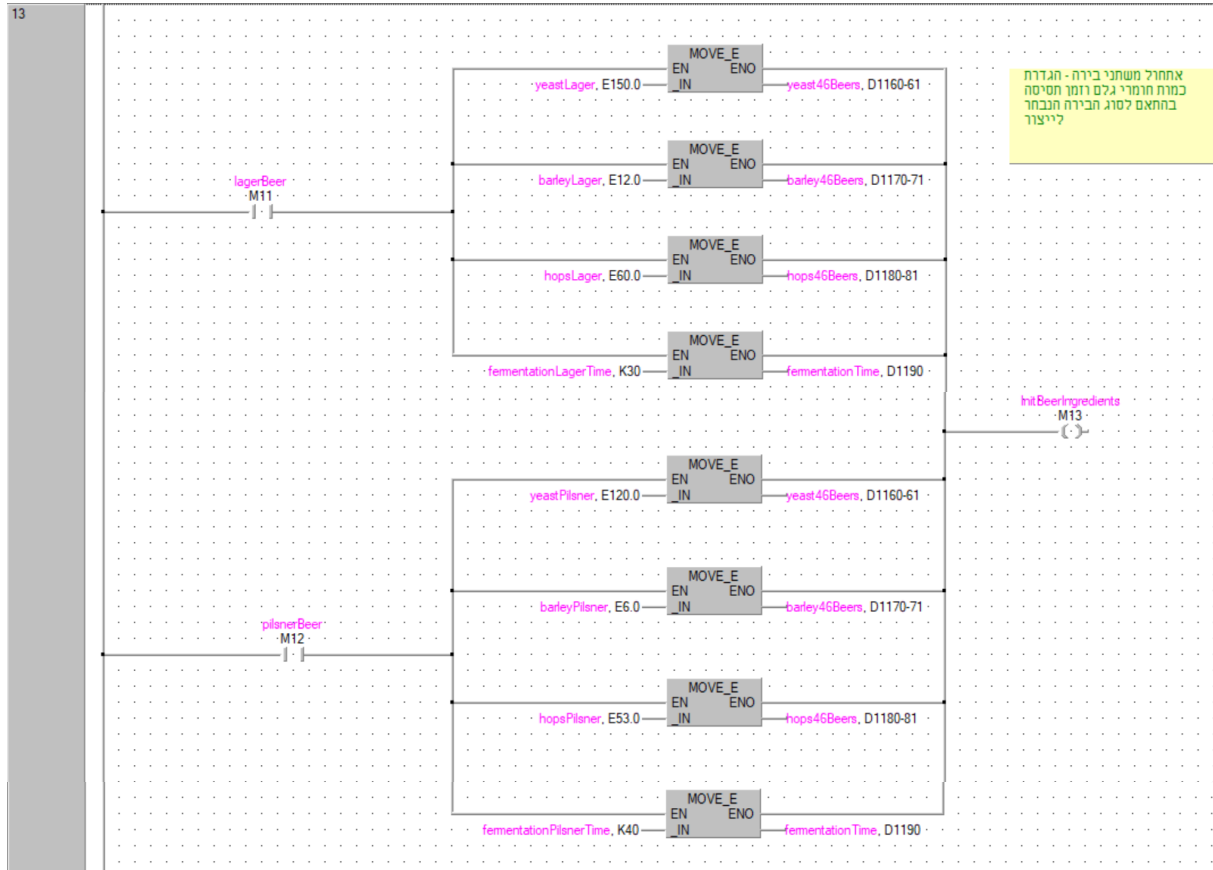
בלוק 12: במידה והקלט מהמשתמש גדול או שווה ל-6 וגם קטן או שווה ל-10, נדע כי סוג הבירה שנבחר לייצור המארז (שישיית ברירות) הינו מסוג פילזנר ונדליק נורת חיווי מתאימה. בנוסף, על-מנת לוודא כי סוג הבירה הינו פילזנר בלבד, הוספנו מעגל האחזקה.



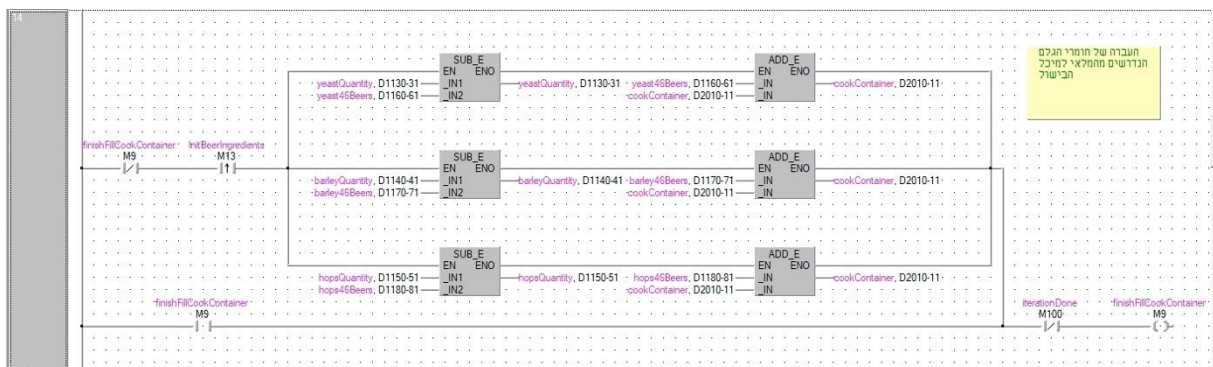


הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

בלוק 13: אתחול משתני הבירה - הגדרת כמויות חומרי גלם וזמן תסיסה, בהתאם לסוג הבירה שנבחר לייצור.



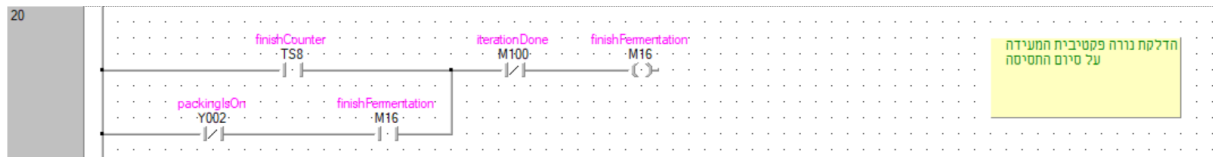
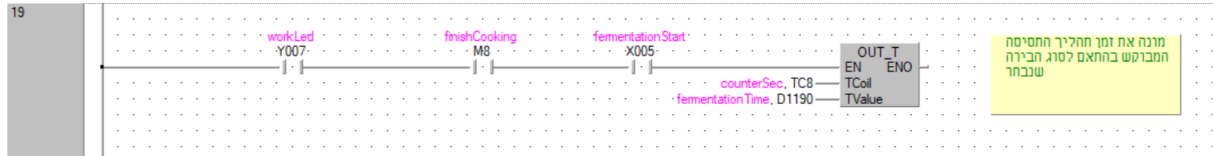
בלוק 14: החסרת חומרי הגלם הנדרשים לייצור מארז הבירות (בהתאם לסוג שנבחר) מן המלאי והעברתם של חומרי הגלם הנדרשים מהמלאי למיכל הבישול.



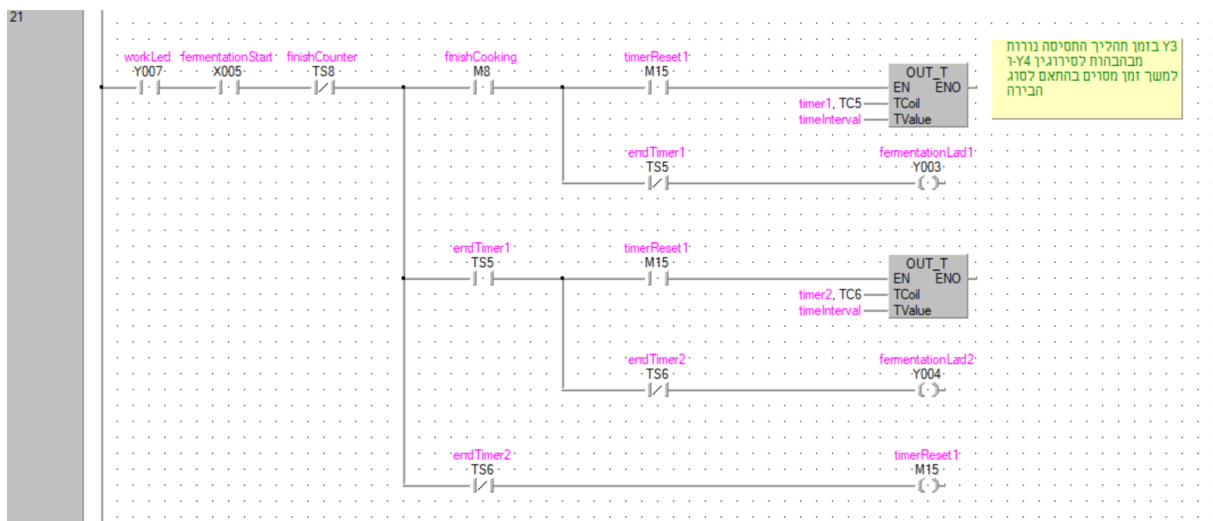


הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

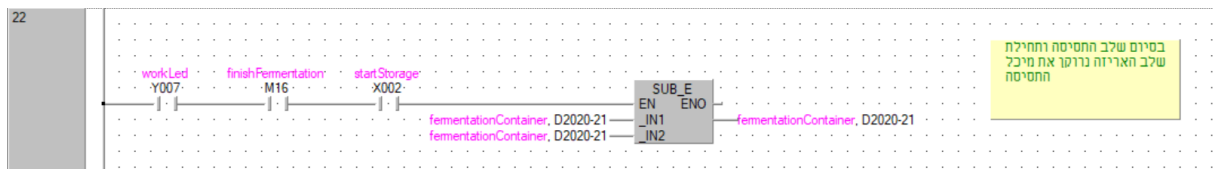
בלוקים 19-20: מונה את זמן תהליך התסיסה המבוקש בהתאם לסוג הבירה שנבחר והדלקת נורה חיווי מתאימה מעידה על סיום תהליך התסיסה.



בלוק 21: בזמן תהליך התסיסה הנורות Y3 ו-Y4 מבהבות לסירוגין למשך זמן מסוים בהתאם לסוג הבירה.



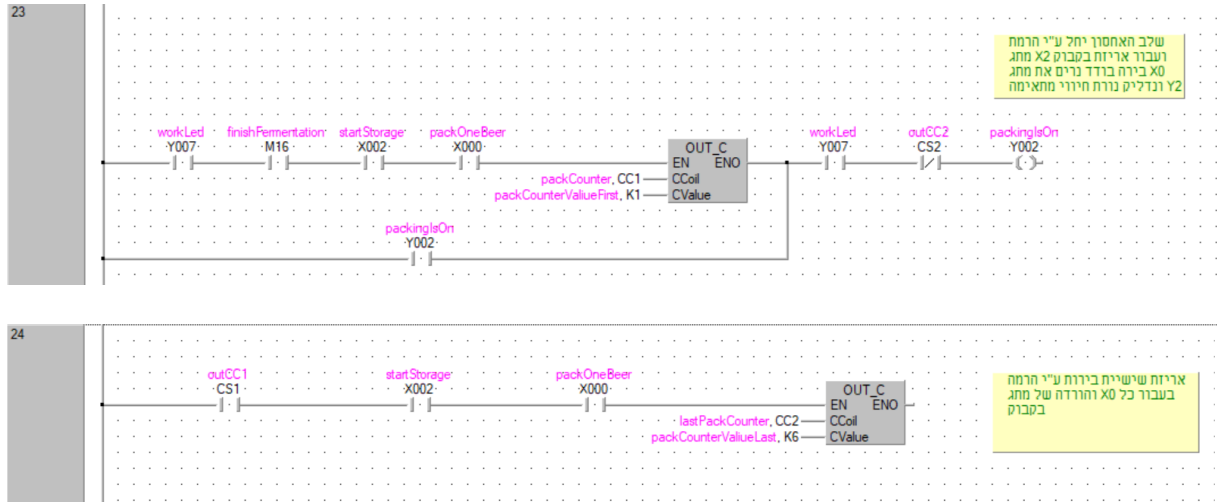
בלוק 22: לאחר סיום שלב התסיסה ובתחילת שלב האריזה נרוקן את מיכל התסיסה.



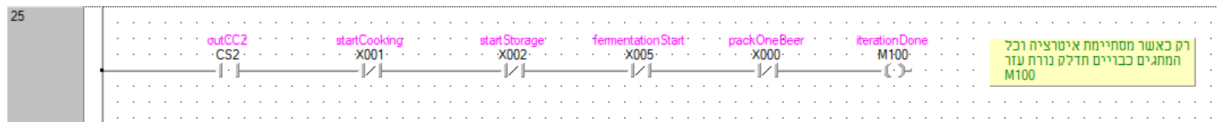


הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

בלוקים 23-24: לאחר סיום שלב התסיסה יחל שלב האחסון ע"י הרמת מתג X2. בשלב זה עבור אריזת בקבוק בירה בודד יש להרים ולהוריד את המתג X0 ולכן נבצע זאת 6 פעמים ע"מ לדמות מארז בירה ובזמן זה תידלק נורת חיווי מתאימה Y2. בסיום אריזת השישייה נורה Y2 תיכבה.



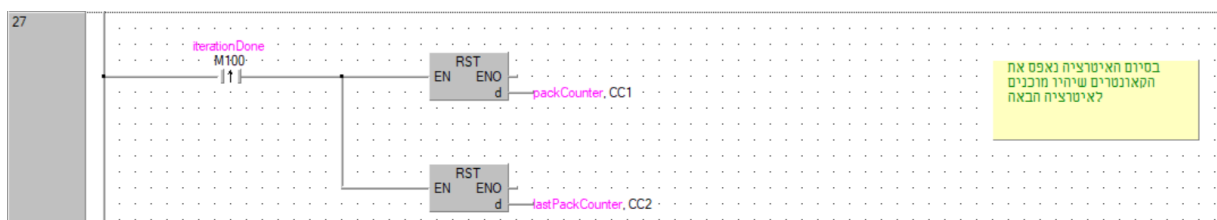
בלוק 25: בסיום איטרציה וכיבוי כלל המתגים (X1,X2,X5,X0) תידלק נורת עזר M100 המעידה על סיום האיטרציה.



בלוק 26: בסיום אריזת שישיית בירות, נוסף לרגיסטר המונה את מספר הבירות שיוצרו ביום העבודה כמארז בירות המונה 6 יחידות בירה.



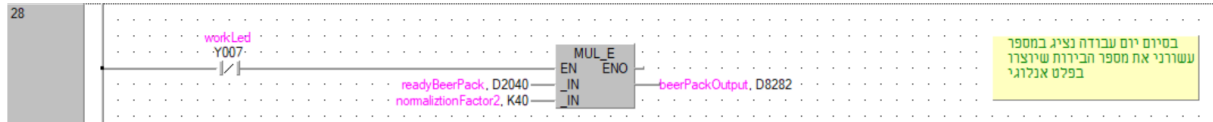
בלוק 27: על-מנת לוודא שמוני האירועים יאופסו עבור האיטרציה הבאה, כאשר האיטרציה הסתיימה, יתבצע איפוס עבור המונים הללו.





הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

בלוק 28: בסיום יום עבודה, כמות מארזי הבירות שיוצרו במהלך אותו יום עבודה תוצג עבור המפעיל בפלט האנלוגי לאחר נרמול שיתבצע על מספר זה.



6. סיכום ומסקנות

במהלך העבודה על הפרויקט הבנו לעומק את הלוגיקה מאחורי דיאגרמת הסולם, כיצד היא פועלת וכיצד ניתן לממש מערכת מורכבת בעזרת מכוון רב של ביטים. למדנו לעבוד עם משתנים מסוגים שונים ולנתח את סוגי הפלט והקלט הנדרשים בפונקציות השונות. כמו כן, התנסינו בעבודה עם הבקר, הכרנו את יכולותיו ומגבלותיו, את הממשק בין המחשב לבקר ואת תהליך צריבת התוכנה. בנוסף, עמדנו על ההבדלים בין כפתור לחיץ ומתג. היכרות נוספת שחווינו היא העבודה עם ה-input וה-output רציפים וביצוע המרת יחידות בין מה שמוצג בבקר לבין מה שרואים בתוכנה במחשב.



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

נספח א' - הוראות למפעיל – ReadMe

הפעלת הבקר ואתחולו

1. יש להפעיל את הבקר
2. Connection Destination → Connection1 → Serial USB → USB → OK → OK
3. Compile → Rebuild All
4. Online → Remote Operation(s)
5. STOP → YES → OK
6. Online → Write to PLC
7. Press on Parameters + Program
8. Press Execute
9. Online → Remote Operation(s)
10. RUN → YES → OK

תהליך ייצור הבירות

1. הזן ערכי מלאי חומרי גלם ל-Watch1.
משתני הקלט : yeastInput, hopsInput, barleyInput.
2. בלחיצה על כפתור X7 יתחיל יום העבודה של המפעל. נורה Y7 תידלק ותישאר דלוקה לאורך כל יום העבודה כאינדיקציה לכך שיום העבודה מתרחש, זאת כל עוד יש מספיק חומר גלם ולא נלחץ כפתור החירום X11. במידה ויש חוסר בחומר גלם או נלחץ כפתור החירום, הנורה Y7 תיכבה, כלל המשתנים יתאפסו.
3. בחר את הערך באמצעות הקלט האנלוגי (Analog Input_1) הנע בין 0 ל-10. במידה והקלט קטן מ-6 מארז הבירות המיוצר יהיה מסוג לאגר ובמידה והקלט גדול מ-6 וגם קטן שווה ל-10 מארז הבירות המיוצר יהיה מסוג פילזנר.
4. העלאת מתג X1 המבצע את פעולת הבישול ע"י הדלקת נורה Y1 למשך 4 שניות.
5. העלאת מתג X5 המבצע את פעולת התסיסה תוך הדלקת נורות Y3 ו-Y4 המהבהבות לסירוגין. כאשר סוג הבירה הוא לאגר ישנם שלושה הבהובים סה"כ וכאשר סוג הבירה הוא פילזנר ישנם ארבעה הבהובים סה"כ.



הפקולטה למדעי ההנדסה - המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

6. העלאת מתג X2 המתחיל את פעולת האריזה של מארז בודד הכולל שישית בירות.
7. העלאה והורדה של מתג X0 מבצע אריזה של בקבוק בירה בודד. בעת העלאה של המתג X0 הנורה Y2 נדלקת ונשארת דולקת לאורך כל תהליך האריזה של מארז בודד. יש לבצע את העלאה וההורדה של מתג X0 שש פעמיים כדי לסיים אריזה של מארז בודד, בסיום הפעולה השישית נורה Y2 נכבית.
8. בסיום ייצור של מארז בירות וגם העלאת כלל המתגים (X0,X1,X2,X5) מסתיימת איטרציה אחת וכלל המונים מתאפסים (packCounter,lastPackCounter). בנוסף מתווסף למונה של מספר המארזים מארז בירות אחד (readyBeerPack).
9. בסיום יום העבודה יופיע בפלט האנלוגי (Analog Output) מספר המייצג את כמות מארזי הבירה שיוצרו בצורה עשרונית. לדוגמה: מארז אחד יופיע באופן הבא: 0.1.
10. בכל שלב ניתן ללחוץ על כפתור החירום X11 המפסיק את יום העבודה. בעת לחיצה על כפתור X11 נכבית נורה Y7 וכלל המשתנים מתאפסים.
11. להתחלת איטרציה חדשה יש להעלות את כלל המתגים ולשחרר את הלחיצה של כפתור X11 וכן לבצע את כלל השלבים מההתחלה.