



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

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

**תיאור ומטרת התרגיל:**

מטרת התרגיל להתנסות בתכנות בקר מתוכנת (PLC) באמצעות דיאגרמת סולם ובפתרון תרגילי לוגיקה. "קרמבו שלי" הינו מפעל להכנת קרמבו איכותי וטעים. עליכם לממש מערכת בקרה אוטומטית שמסוגלת להכין קרמבו. **שימו לב** עבודה זו כוללת חלק **מעשי** (תכנות ב-PLC) וחלק **תיאורטי** (לוגיקה). החלק התיאורטי כולל שני חלקים המוקפים במסגרת בהמשך. מפורט תהליך לדוגמא בסוף ההנחיות- מומלץ מאוד להיעזר בו במהלך כתיבת העבודה.

**להלן אפיון התהליך:**

תהליך הייצור מחולק ל-4 שלבים עיקריים המתרחשים בזה אחר בזה באופן טורי:

- 1) זילוף קצפת על תחתיות הביסקוויט במכונה א'.
- 2) שינוע הקרמבו ממכונה א' למכונה ב'.
- 3) טבילת הקרמבו בשוקולד במכונה ב'.
- 4) אריזת הקרמבו המוכנים.

**שימו לב-** כל שלב בתהליך מתבצע עבור משטח קרמבו המכיל 6 יחידות קרמבו.

**תחילת יום עבודה:**

יום העבודה מתחיל בלחיצה על מתג קפיצי X7. נורה Y7 תישאר דלוקה לאורך כל יום העבודה. תנאי לתחילת יום עבודה: יש מספיק חומרי גלם עבור ייצור משטח קרמבו אחד לפחות.

**סיום עבודה:**

סיום יום עבודה יקרה כאשר ישנו חוסר בחומר גלם (קצפת/שוקולד/תחתיות ביסקוויט). במצב זה, כל המשתנים יתאפסו וניתן יהיה להתחיל יום עבודה חדש בלחיצה נוספת על מתג X7. כמו כן, בסיום יום העבודה נורה Y7 תהבהב למשך 3 שניות ולאחר מכן תכבה.

**חומרי גלם:**

- חומרי הגלם השונים הדרושים לתהליך הייצור נמצאים ב-3 מכלי **מלאי** שונים- קצפת (גרם), שוקולד (גרם) ותחתיות ביסקוויט (יח').
- כמות חומר הגלם בכל מיכל **מלאי** מופיעה ברגיסטר המשוך למיכל, ערכי הרגיסטרים יוזנו מבעוד מועד (לפני תחילת יום העבודה).
- ניתן לייצר כל עוד יש מספיק חומרי גלם עבור ייצור משטח קרמבו שלם אחד לפחות (הכולל 6 יח' קרמבו).
- יש לעדכן את משתני המלאי לאחר כל הוצאה של חומר גלם מהמלאי אל הייצור.

**מכלי עבודה:**

- לאורך התהליך נעשה שימוש ב-2 מכלי עבודה – מיכל זילוף ומיכל טבילה. לא קיימת הגבלה על קיבולת המכלים.



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

**פירוט השלבים העיקריים:**

**(1) זילוף קצפת על תחתיות הביסקוויט במכונה א':**

זילוף הקצפת נעשה עבור כל משטח קרמבו אשר מכיל 6 תחתיות ביסקוויט. כמות הקצפת הנדרשת עבור קרמבו בודד הינה 50 גרם. שלב זה מתחיל בעת לחיצה על X11, הקצפת מועברת ממיכל המלאי למיכל הזילוף.

**תרגיל תיאורטי חלק א'-**

עבור הדלקה של מכונה א' יש ללחוץ על כפתור הפעלה קפיצי X10. במכונה א' מוצב חיישן מגע אשר מזהה כאשר משטח קרמבו מגיע למיקום רצוי לזילוף. כאשר מכונה א' מופעלת וחיישן זה מזהה משטח, פעולת הזילוף תוכל להתחיל לפעול כתלות בטמפ'. מכיוון שהקצפת רגישה לטמפ' גבוהות פעולת הזילוף תחל כאשר הטמפ' נמוכה מ-15 מעלות, ובמידה והטמפ' עולה מעל 30 מעלות פעולת הזילוף תיפסק עד אשר הטמפ' יורדת שוב מתחת ל-15. פעולת הזילוף תסתיים כאשר יישלח אות ממצלמה אשר מבצעת עיבוד תמונה באופן רציף המחווה על כך שהתבצע זילוף על כלל הקרמבו שבמשטח. במידה ומתגלה תקלה במכונה א' ניתן לעצור אותה מיידית ע"י הרמת מתג X5. לאחר מצב זה, פעולת הזילוף תוכל להתחיל מחדש מההתחלה לאחר הפעלה נוספת (וקיום כל התנאים הנדרשים). כל זמן שפעולת הזילוף פועלת תידלק נורה Y4.

**עבור הסיפור המתואר במסגרת זו יש לענות על הסעיפים הבאים:**  
א. הגדירו את משתני הקלט והפלט (בטבלה המצורפת).

משתנה	כניסה/יציאה	תפקיד	מצב כאשר ערכו 1
X10	כניסה	כפתור הפעלה	הדלק מערכת

- ב. רשמו טבלת אמת ומפת רשמו למציאת הביטוי המינימלי עבור פעולת הזילוף.  
ג. ממשו את הביטוי המצומצם בדיאגרמת הסולם כחלק בלתי נפרד מהתהליך הכולל של ייצור הקרמבו.  
**שימו לב-** עבור משתני הכניסה השתמשו במתגים פיזיים אשר לא נעשה בהם שימוש בהמשך העבודה.

**(2) שינוע הקרמבו ממכונה א' למכונה ב':**

- שלב זה יחל בסיום פעולת הזילוף.
- זמן השינוע הינו 4 שניות, כחיווי לפעולה זו נורות Y0 ו-Y1 יבהבו לסירוגין.

**(3) טבילת הקרמבו בשוקולד במכונה ב':**

בשלב זה תתבצע טבילה של כל הקרמבו של אותו המשטח ביחד. ישנם שני סוגי ציפויים אפשריים לקרמבו: ציפוי רגיל וציפוי כפול. סוג הציפוי נקבע כתלות בערך Analog Input1. במידה וערך ה- Analog Input1 הינו בטווח  $0 \leq input \leq 5$  זהו ציפוי רגיל, ובמידה ו-  $6 \leq input \leq 10$  זהו ציפוי כפול.

- שלב זה יחל בלחיצה על מתג X6, בלחיצה על המפסק תתבצע דגימה של ערך ה- Analog Input1.
- כמות השוקולד הנדרשת עבור קרמבו בודד בציפוי רגיל הינה 20 גרם.
- כמות השוקולד הנדרשת עבור קרמבו בודד בציפוי כפול הינה 40 גרם.
- כמות השוקולד הנדרשת תעבור ממיכל מלאי השוקולד למיכל הטבילה.
- זמן טבילת הקרמבו עבור המשטח הינו קבוע ועומד על 5 שניות, בזמן זה תדלק נורה Y3.



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

(4) **אריזת הקרמבו המוכנים:**

- עבור כל משטח שמגיע, מתבצעת אריזה עבור כל קרמבו בודד הנמצא במשטח.
- עבור אריזה של קרמבו בודד יש להרים את מתג X0.
- בסיום אריזת הקרמבו ה-5 במשטח, יש להדליק את נורה Y2 כהתראה לכך ששלב האריזה עומד להסתיים עבור המשטח.
- בסיום אריזת כל המשטח, נורה Y2 תכבה.

בסיום יום יש להציג ב-analog\_output את כמות יחידות הקרמבו (בבודדים) שיוצרו במפעל במהלך היום ביחידות של עשרות (לדוגמא אם יוצרו במפעל 24 יחידות קרמבו הפלט שיוצג הינו 2.4).

**תרגיל תיאורטי חלק ב'-**

עליכם לפרט ולממש סיפור המתאר תהליך לבחירתכם של מערכת אוטומציה כלשהי (בדומה לסיפור המתואר בשלב 1 בעבודה זו). על הסיפור לכלול את הדרישות הבאות:

א. לכל הפחות **4 משתני קלט**- ביניהם נדרש שימוש ב**לחצן קפיצי ובקאונטר/טיימר**.

ב. **2 משתני פלט**.

עבור תהליך זה יש לענות על השאלות הבאות:

- הגדירו את משתני הקלט והפלט (במבנה טבלה)
- רשמו טבלאות אמת ומפות קרנו למציאת הביטויים המינימליים עבור 2 משתני הפלט שהגדרתם.
- ממשו בדיאגרמת סולם.

**שימו לב-** הניקוד יינתן על פי המקוריות והקושי של התהליך שיתואר. תהליך זה נפרד מתהליך ייצור הקרמבו ולא מבוצע בדיאגרמת הסולם כחלק מהתהליך הכללי.

**הערות נוספות:**

- שימו לב-** בהגשה **חובה** כי המשתנים הבאים יהיו ב-Watch1 בסדר הבא:
  - רגיסטרי הזנת המלאי בתחילת היום
  - רגיסטרי המלאי השונים (קצפת, שוקולד ותחתיות בסקוויט)
  - רגיסטרי מיכלי העבודה (מיכל זילוף ומיכל טבילה)
  - רגיסטר המכיל את כמות יחידות הקרמבו שיוצרו במהלך כל היום
- עבור משתנים אלו יש לציין בטבלה בדו"ח העבודה את שם המשתנה ואת ה-Device המתאים.**

- שימו לב-** מפורט תהליך לדוגמא בהמשך, היעזרו בו במהלך כתיבת העבודה.
- את התרגיל יש להגיש עד לתאריך 4/5 בשעה 23:59.

**לתשומת ליבכם:** כמו בכל פרויקט הנדסי, פרויקט זה דורש מחשבה מקוריות ויצירתיות. ישנם מקרי קיצון אשר לא פורטו בהנחיות לתרגיל, ההתמודדות איתם הינה לשיקולכם, כאשר עבודה שתהייה גמישה, מודולארית ויעילה יותר, תציג התמודדות עם מצבים רבים ומורכבים יותר תוערך בהתאם.



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

מבנה הדו"ח:

נדרש להגיש דו"ח אחד אשר יכלול שילוב של החלק המעשי והתיאורטי כמפורט:

- חלק מעשי:

- **מטרת הפרויקט:** פיסקה קצרה המתארת את העבודה שנעשתה במסגרת התרגיל.
- **הנחות יסוד בפיתוח המערכת:** סעיף זה יכלול את כל ההנחות הנוספות שהנחתם (מעבר להגדרות התרגיל), עליהן מבוסס הפתרון שלכם (נא לא לחזור על הדרישות המובנות של תרגיל).
- **תיאור מצבי הקיצון ושיטת הפתרון:** סעיף זה צריך לכלול הסבר לגבי כל המצבים והמקרים בתרגיל שהיה עליכם למצוא עבורם מענה פרטני שלא במסגרת האלגוריתם הכללי. אלו הם מצבים להם לא ניתן מענה בהגדרות התרגיל או בהנחות היסוד, והיה צורך למצוא עבורם פתרון ייחודי ולממשו בקוד התכנית.
- **טבלת תיאור משתנים** – יש לצרף טבלה עם שם המשתנה וה-Device המתאים עבור הרגיסטרים הבאים:  
רגיסטרי הזנת המלאי, רגיסטרי המלאי השונים, רגיסטרי מיכלי העבודה, רגיסטר כמות יחידות הקרמבו.
- **תיעוד קוד התוכנית:** יש לצרף צילומי מסך ברורים של הקוד בליווי הערות והסברים על התוכנית. על התיעוד להוסיף אינפורמציה ולהסביר את הקוד. בצילומי המסך הקפידו שמוצג גם שם המשתנה וגם ה-Device.
- **סיכום ומסקנות:** פיסקה המתארת נקודות חשובות שנלמדו במהלך הפרויקט ומסכמת את העבודה שהתבצעה.

חלק תיאורטי:

- פתרון של תרגילים א' ו-ב'.
- יש לציין את מספרי הבלוקים בהם בוצע המימוש של תרגיל א' בדיאגרמת הסולם.

**שימו לב** לאופן הגשת העבודה כפי שמפורט במודל במסמך "הוראות הגשת עבודות" במודל.

**היעזרו בתהליך לדוגמא המצורף בעמוד הבא.**

**בהצלחה!!**



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

**תהליך לדוגמא:**

אתחול חומרי גלם: קצפת – 700 גרם, שוקולד – 500 גרם, תחתיות בייסקוויט- 100 יח'.

תחילת יום עבודה: לחיצה על מתג X7, נורה Y7 תדלק ותישאר דלוקה לאורך כל יום העבודה.

**איטרציה ראשונה:** (1

זילוף קצפת על תחתיות הביסקוויט במכונה א': (שימו לב בשלב זה עבור חלק מהמשתנים לא ציינו מפסקים כי זה תלוי במימוש שביצעתם).

- לחיצה על X11, 300 גרם קצפת מועבר ממיכל המלאי למיכל הזילוף.
- מיכל מלאי הקצפת מתרוקן ל-400 גרם, מיכל מלאי תחתיות הביסקוויט מתרוקן ל-94.
- הדלקה של מכונה א' בעזרת לחיצה על X10.
- הגיע משטח קרמבו, טמפ' נמוכה מ-15 מעלות- נורה Y4 תידלק.
- התקבל אות מהמצלמה- פעולת הזילוף הסתיימה.

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.
- ערך analog input1 הינו 2 ולכן הציפוי הוא רגיל.
- 120 גרם שוקולד מועבר ממיכל מלאי השוקולד למיכל הטבילה.
- מיכל מלאי השוקולד מתרוקן ל-380 גרם.
- 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'.



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

(2) איטרציה שנייה:

זילוף קצפת על תחתיות הביסקוויט במכונה א': (שימו לב בשלב זה עבור חלק מהמשתנים לא ציינו מפסקים כי זה תלוי במימוש שביצעתם).

- לחיצה על X11, 300 גרם קצפת מועבר ממיכל המלאי למיכל הזילוף.
- מיכל מלאי הקצפת מתרוקן ל-100 גרם, מיכל מלאי תחתיות הביסקוויט מתרוקן ל-88.
- הדלקה של מכונה א' בעזרת לחיצה על X10.
- הגיע משטח קרמבו, טמפ' נמוכה מ-15 מעלות- נורה Y4 תידלק.
- הרמה של מתג X5- פעולת הזילוף מופסקת ונורה Y4 נכבת.
- לאחר "תיקון התקלה"- הורדה של מתג X5 ולחיצה על מתג X10 להפעלת המכונה מחדש.
- הגיע משטח קרמבו, טמפ' נמוכה מ-15 מעלות- נורה Y4 תידלק.
- התקבל אות מהמצלמה- פעולת הזילוף הסתיימה.

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.
- ערך analog input1 הינו 7 ולכן הציפוי הוא כפול.
- 240 גרם שוקולד מועבר ממיכל מלאי השוקולד למיכל הטבילה.
- מיכל מלאי השוקולד מתרוקן ל-140 גרם.
- 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-12 יח'.

סיום יום בעקבות מחסור בחומר גלם, נורה Y7 מהבהבת למשך 3 שניות ולאחר מכן נכבית.

ב-analog\_output יוצג ערך של 1.2 מכיוון שייצרנו 12 יח' קרמבו.