



חוברת להכרת מערכת ניסוי וסביבת העבודה

תוכן עניינים

1	הקדמה	1
1	מבנה כללי של מערכת ניסוי	1
1	מתקן המעבדה	1.1
2	כרטיס להמרת נתונים	1.2
2	מחשב	1.3
2	תאור מפורט של מתקן המעבדה	2
4	יישום בזמן אמת	3
4	כללי	3.1
4	הוראות שימוש ביישום בזמן אמת	3.2
5	שמירת וקריאת נתונים - קובץ ".mat" עם תוצאות הניסוי	3.3

רשימת איורים

3	מערכת הניסוי	1
4	External Mode Control Panel	2

הקדמה

חוברת זו תעזור לקוראים להכיר את מערכת הניסוי ואת סביבת העבודה במעבדה. במהלך כתיבת החוברת הנחנו שיש לקוראים ידע בסיסי ב-MATLAB ו-Simulink. החוברת מחולקת לשלושה חלקים. בחלק הראשון יפורטו המרכיבים העיקריים של מערכת הניסוי ויובהר תפקידם. בחלק השני יתואר מתקן המעבדה. החלק השלישי מוקדש לאחת מהספריות של Simulink הנקראת Simulink Desktop Real-Time ומיועדת לבניית יישומים בזמן אמת.

1 מבנה כללי של מערכת ניסוי

מערכת הניסוי מורכבת משלושה חלקים עיקריים: מתקן מעבדה, כרטיס להמרת נתונים (data acquisition board), ומחשב. בחלק זה כל אחד מהמרכיבים יתואר בקצרה ויובהר הקשר בין המרכיבים.

1.1 מתקן המעבדה

מתקן המעבדה הינו מערכת פיזיקלית אותה תמדלו ותבקרו במהלך הסמסטר. במהלך הקורס הוא ישחק את תפקידו של ה-Plant בחוגי בקרה אותם תתכננו. המתקן מורכב ממטוטלת המחוברת לזרוע. הזרוע מסתובבת במישור אופקי עם ציר קבוע.

בתור תאור ראשוני וגס של המתקן, ניתן להגיד שהוא מהווה שילוב של מרכיבים מכניים וחשמליים (כגון מגבר, מנוע, תמסורת וכו'), אשר מתרגמים את המתח (אות הכניסה ל-Plant) שמוזן מהמחשב עם הכרטיס להמרת נתונים, לסיבוב הזרוע והמטוטלת. זוויות הסיבוב של הזרוע והמטוטלת נמדדות ע"י שני חיישנים, וניתן לראות אותן כשני אותות היציאה מה-Plant. לכן, מהווה מתקן המעבדה מערכת SIMO (Single Input Multiple Output), שכניסתה היא מתח ושתי היציאות שלה הן זוויות הסיבוב של הזרוע והמטוטלת. בחלק מהמעבדות תפורק המטוטלת מהזרוע והניסויים יתבצעו ללא מטוטלת, והמתקן יהפוך למערכת SISO (Single Input Single Output), שיציאתה היחידה היא זווית הסיבוב של הזרוע. התאור המפורט של מתקן המעבדה מופיע בפרק 2.

במהלך הסמסטר כל זוג סטודנטים יעבוד על מתקן אחד קבוע שיבחר בתחילת המעבדה הראשונה.

1.2 כרטיס להמרת נתונים

הכרטיס להמרת נתונים (data acquisition board) נמצא פיזית בתוך קופסת המחשב, אך נוח להתייחס עליו כאל חלק נפרד מהמערכת. כרטיס זה מיועד לשמש כממיר בין אותות פיזיקליים וערכים דיגיטליים במחשב. כלומר, הכרטיס מקבל את הקריאות מהחיישנים שעל מתקן המעבדה ומזין למנוע הנמצא במתקן, את מתח הכניסה, שמחושב בהתאם לסכימת Simulink אותה מימשתם במחשב.

1.3 מחשב

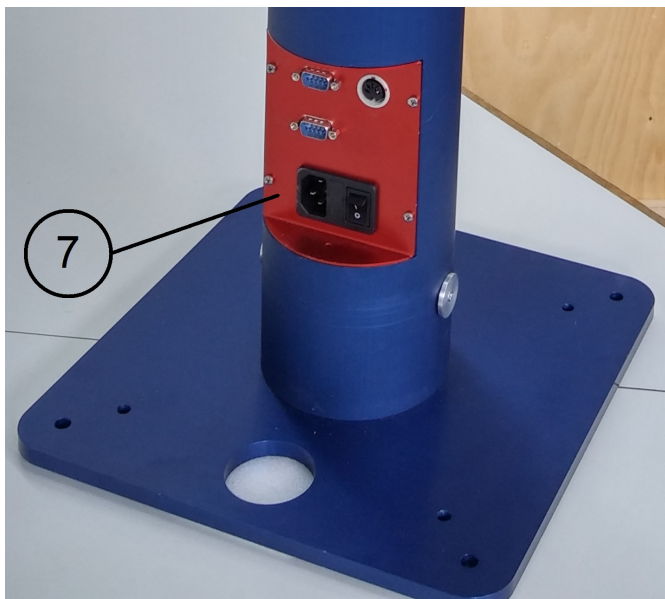
בנוסף לכלל השימושים הרגילים (כגון ביצוע חישובים וסימולציות, שמירה ועריכה של הנתונים וכו') יש למחשבי המעבדה שני תפקידים נוספים שחיוניים לביצוע הניסויים:

1. בעזרת מחשב תוכלו לממש ולהריץ בזמן אמת את חוק הבקרה שתכנתתם. לצורך זה תשתמשו בסביבת Simulink (עם Simulink Desktop Real-Time) שתאפשר לכם לבנות בצורה גרפית את חוק הבקרה, לחבר את החוק ע"י בלוקים מתאימים לחיישנים ולמנוע, ולתרגם את הקובץ המתקבל ב-Simulink ליישום בזמן אמת.
2. במהלך ביצוע הניסויים יספק המחשב ע"י Simulink את האפשרות לעקוב בזמן אמת אחרי האותות הרלוונטיים, לבצע שינויים בפרמטרי הבקר או בגודל המדרגה באות ייחוס.
3. הנחיות מפורטות על שימוש בסביבת SIMULINK לצורך מימוש הבקר וביצוע הניסויים מופיעות בפרק 3.

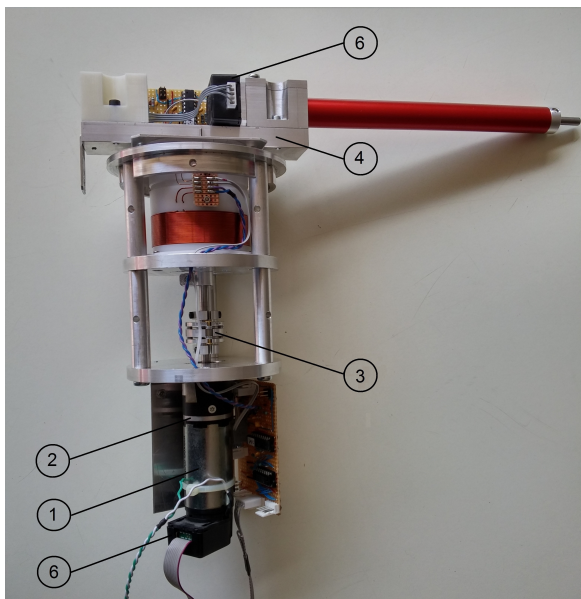
2 תאור מפורט של מתקן המעבדה

מתקן המעבדה בנוי מהחלקים הבאים:

1. מנוע DC (המפרט הטכני נמצא באתר הקורס). המתח למנוע מוזן מקופסת פיקוד (7) וצירו מחובר לציר התמסורת (2).
 2. תמסורת (גיר) המגדילה את המומנט המסופק ע"י המנוע (1) על חשבון הורדת המהירות. יחס התמסורת הוא 4.5 : 1 או 5.2 : 1.
 3. מצמד (coupling) המעביר מומנט מהתמסורת (2) לזרוע (4).
 4. זרוע המקבלת מומנט הסיבוב מהמנוע (1) דרך התמסורת (2) ומצמד (3).
 5. מטוטלת שניתנת לחיבור ע"י בורג לציר הקיים בזרוע (4), ויכולה לנוע בתנועה סיבובית במישור האנכי. הנתונים הגיאומטריים של המטוטלת נמצאים במעבדה.
 6. שני מקודדים. מקודד (encoder) הינו חיישן דיגיטאלי אשר באמצעותו ניתן למדוד זווית. המקודדים המותקנים במערכת הם ברזולוציה של 500 או 1000 פולסים לסיבוב. היציאות מהמקודדים מועברות לכרטיס להמרת נתונים, בו מתבצעת ספירת הפולסים. מקודד אחד מחובר לציר המנוע כך שמתקבלת קריאה היחסית למיקום ציר המנוע, והשני מחובר לציר המטוטלת כך שניתן למדוד את זווית הסטייה שלה מהאנך.
 7. קופסת פיקוד שמשמשת כממשק בין המנוע (1) והמקודדים (6) לכרטיס להמרת נתונים המותקן על המחשב. חשוב לציין שמתח היציאה בכל כרטיס להמרת נתונים מוגבל ב- $\pm 10[V]$ ולכן המתח שהמנוע מקבל מוגבל גם הוא באותם ערכים. ניתן להפעיל את קופסת הפיקוד בלחיצה על מפסק הנמצא על הפנל. בנוסף על הפנל נמצאים היציאות משני המקודדים והכניסה למתח מכרטיס להמרת נתונים.
 8. מתג הפעלה ראשי המחבר את הכרטיס להמרת נתונים לקופסת הפיקוד. כשאינכם משתמשים במתקן הניסוי, מתג זה חייב להיות במצב off.
 9. כרטיס להמרת נתונים. הכרטיס כולל אמצאי כניסה/יציאה לתקשורת עם המנוע (1) והחיישנים (6). במעבדה משתמשים בכרטיס PCI-6221 או בכרטיס PCIe-6321. סוג הכרטיס רשום על יד מתג הפעלה ראשי (8).
- החלקים מ-1 עד 7 הוצגו באיור 1. מתג הפעלה הראשי (8) מחובר לשולחן. הכרטיס להמרת נתונים (9) נמצא במחשב.



(ב)

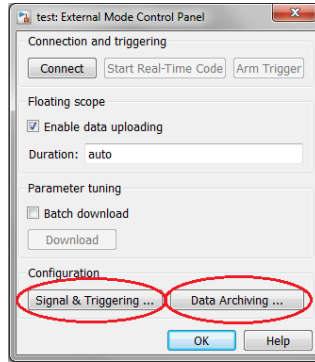


(א)



(ג)

איור 1: מערכת הניסוי



איור 2: External Mode Control Panel

3 יישום בזמן אמת

3.1 כללי

לקובץ ה-Simulink יש תפקיד חשוב במערכת הניסוי, הוא מהווה את הממשק בין המשתמש ליישום בזמן אמת שרץ על מערכת הניסוי. ממשק זה מעביר נתונים ופרמטרים מיישום בזמן אמת למשתמש ולהיפך. בחלק הנוכחי נתאר את הוראות ההפעלה הבסיסיות לממשק לצורך ביצוע הניסויים.

3.2 הוראות שימוש ביישום בזמן אמת

לאחר הרכבת דיאגרמת הבלוקים המתאימה לניסוי ב-Simulink וקבלת אישור ממטרגל המעבדה, היישום בזמן אמת והממשק (קובץ Simulink) מוכנים להפעלה. לפני הפעלת יישום בזמן אמת חשוב לוודא ש:

- המתג הראשי (8 בתיאור הכללי של מערכת הניסוי) במצב "off",
- המפסק בקופסת הפיקוד (7 בתיאור הכללי של מערכת הניסוי) במצב "on".

כלי ההפעלה הוא החלון External Mode Control Panel באיור 2 (ניתן לפתוח את החלון מתפריט Code/External Mode Control Panel בקובץ Simulink). השלבים להפעלת יישום בזמן אמת הם כדלקמן (ראו את הלחצנים הנמצאים בחלק העליון של External Mode Control Panel באיור 2):

1. כדי להכין את היישום להרצה בזמן אמת יש ללחוץ על הלחצן "Connect",
2. הלחיצה על הלחצן "Start Real-Time Code" מריצה את היישום בזמן אמת (אחר הלחיצה לחצן זה הופך ל-"Stop Real-Time Code"),
3. יש ביד להיזי ולהחזיר למצב מאופס את הזרוע (והמטוטלת, אם היא מופיעה) כדי לוודא שכל החיישנים הם תקינים והיישום מסוגל לקרוא אותם,
4. יש להעביר את המתג הראשי למצב "on".

נציין שהלחיצה על הלחצן "Stop Real-Time Code" בסיומו של השלב השלישי, ואחרי כך הלחיצה על "Start Real-Time Code" תאפס את הקריאות של המקודדים. אם בזמן ההרצה משתמש ישנה פרמטר מסויים בקובץ Simulink, פרמטר זה ישתנה גם ביישום בזמן אמת ומערכת הניסויי תתנהג בהתאם. הפרמטר המסויים יכול להיות, למשל, פרמטר של בקר או גודל מדרגה באות ייחוס.

השלבים הרגילים לעצירת יישום בזמן אמת הם כדלקמן:

1. הלחיצה על הלחצן "Stop Real-Time Code" עוצרת את היישום בזמן אמת,
2. יש להעביר את המתג הראשי למצב "off".

השלבים לעצירה במקרים בעייתיים (למשל, במקרה של תגובות לא יציבות) הם הפוכים לשלבים הרגילים המתוארים לעיל. זאת אומרת, יש להעביר את המתג הראשי למצב "off", ואחרי כך ללחוץ על הלחצן "Stop Real-Time Code". בסיום הניסויים יש להעביר את המפסק בקופסת הפיקוד למצב "off".

3.3 שמירת וקריאת נתונים - קובץ "*.mat" עם תוצאות הניסוי

שמירת הנתונים תעשה על ידי שימוש בבלוק "To Workspace", מספריית ה-"Sinks" של ה-Simulink, על המידע הרצוי. נשתמש בשם משתנה שיתאים למידע הרלוונטי (למשל יציאה ב-"y") ובפורמט שמירה של "Structure With Time". לאחר ההרצה בזמן אמת נשמור את המידע, שכעת נמצא ב-Workspace של ה-MATLAB, על ידי שימוש בפקודת ה-MATLAB `save`. לדוגמא, נניח שהמידע אותו בחרנו לשמור היה אות היציאה, אות הייחוס ואות הבקרה, ונניח ששמות המשתנים שהגדרנו בבלוקים "To Workspace" היו `y`, `r`, `u`. בהתאמה. אזי הפקודה המתאימה לשמירת הנתונים תהא:

```
save('data.mat','y','r','u')
```

כאשר שם הקובץ בדוגמא זו הוא `data.mat` ושמות המשתנים הם `y`, `r`, `u`. קריאת הנתונים תעשה מתוך MATLAB, לדוגמא כאשר שם הקובץ הוא `data.mat`, ושם המשתנה - `y`. נניח שהמשתנה הנ"ל מכיל את ווקטור הזמנים (כברירת מחדל) ואות אחד. כדי, למשל, ליצור גרף של האות כפונקציה של הזמן, יש להקיש ב-MATLAB את השורות הבאות:

```
load data.mat; % loading the file to matlab workspace variable "y"
y
```

תוכנת MATLAB מחזירה:

```
y =
    time: [37543x1 double]
  signals: [1x1 struct]
blockName: 'test/To Workspace'
```

הפורמט של משתנה `y` נקרא "Structure With Time". בשורה הראשונה קיים שדה בשם `time` ובסוגריים המרובעים נתון כי הוא מכיל את ווקטור הזמנים:

```
t = y.time; % the time vector
```

בשורה השנייה קיים שדה בשם `signals` ובסוגריים המרובעים נתון כי `signals` שומר את המבנה האחד. מספר המבנים מתאים למספר האותות שנשמרו. כדי לקבל את האות יש להקליד:

```
y = y.signals.values; % y data vector
```

הגרף יהא:

```
plot(t,y)
```