

משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה
הפיקוח על מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

התמחות מערכות אלקטרוניות

תכנית לימודים למקצוע

מעבדה בתקשורת ובמדידות

סמל מקצוע 11.9105

כיתה י"ג

טבת תשס"ז (ינואר 2007)

הנחיות לביצוע המעבדה

למעבדה שני חלקים: מעבדה בתקשורת (חלק א') ומעבדה במדידות ומכשור (חלק ב').

הפעילות בנושא מעבדת תקשורת מאפשרת בחירה בין שתי חלופות: ביצוע ניסויים בתקשורת תקבילית ובתקשורת ספרתית או ביצוע פרויקטונים בתקשורת תקבילית ובתקשורת ספרתית.

חלק א' - מעבדה בתקשורת

על תלמיד הבוחר בחלופה א' שבחלק זה, לבצע 4 ניסויים מתוך תכנית הניסויים בתקשורת תקבילית ו-4 ניסויים מתוך תכנית הניסויים בתקשורת ספרתית.

על תלמיד הבוחר בחלופה ב' לבצע 3 פרויקטונים מתוך תכנית הפרויקטונים בתקשורת תקבילית ותקשורת ספרתית. עליו לבצע לפחות פרויקטון אחד בתקשורת תקבילית ולפחות פרויקטון אחד בתקשורת ספרתית*.

חלק ב' - מעבדה במדידות

על התלמיד לבצע את ניסויים מספר 1, 2 ו-3, שהם ניסויי חובה, ולבצע ניסוי אחד מתוך הניסויים 4 ו-5.

* ניתן גם לבצע פרויקטונים אחרים מאלו המופיעים בתכנית, אך יש צורך באישור המפמ"ר.

חלק א' – ניסויים ופרויקטים בתקשורת א' (40 שעות)

כיתה י"ג

<u>מס' שעות</u>	<u>חלופה א' – ניסוי מעבדה</u>
20 ש'	1. ניסויים בתקשורת תקבילית
20 ש'	2. ניסויים בתקשורת ספרתית

<u>מס' שעות</u>	<u>חלופה ב' – פרויקטונים</u>
20 ש'	1. פרויקטונים בתקשורת תקבילית
20 ש'	2. פרויקטונים בתקשורת ספרתית

סה"כ 40 שעות לחלופה

הנחיות והערות לביצוע הניסויים והפרויקטים שבתכנית הלימודים בחלק א'

◆ מטרת לימודית:

- א. חקר ואפיון מעגלי תקשורת מגוונים.
 - ב. יישום העקרונות של בניית מעגלי תקשורת הממומשים באמצעות רכיבים בדידים ובאמצעות מעגלים מוכללים.
 - ג. מדידת פרמטרים משמעותיים במערכות תקשורת.
 - ד. שימוש בכלי הדמיה (סימולציה) לצורך חקירת פעולתם וביצועיהם של מעגלי תקשורת אופייניים.
 - ה. יישום תהליך של איתור תקלות במערכת תקשורת.
 - ו. יישום שימוש בדפי מפרט של רכיבים והתקנים.
 - ז. פיתוח מיומנות של כתיבת דוח ניסוי טכני או חוברת פרויקטון.
 - ח. תכנון, בנייה, מימוש ותיעוד של פרויקטון מעשי בתחום התקשורת (עבור חלופת פרויקטון).
- ◆ הלימודים ההתנסותיים אמורים להשלים את הלימודים העיוניים במקצוע. ההתנסות היא, למעשה, יישום של הנושאים העיוניים הנלמדים במקביל.
- ◆ כפועל יוצא - הוראת הנושאים העיוניים והמעשיים צריכה להיות מתואמת מבחינת נושאי ההוראה וזמן ההוראה.
- ◆ נדרש לעשות שימוש נרחב באמצעים ובמידע הזמינים ברשת האינטרנט.

יש לבצע 8 מתוך 19 הניסויים בחלופה זו, יש לבצע, לפחות, 4 ניסויים ברכיבים ממשיים.

1. תקשורת תקבילית (יש לבצע 4 מתוך הניסויים 1.1 – 1.11) 20 ש'
- 1.1 מאפייני מקלט:
בדיקת רגישות קליטה - הכרת מערך המדידה ושלבי הבדיקה. (יש לבצע את הבדיקה עבור 4 תדרים לפחות), בדיקת ברירות המקלט - הכרת מערך המדידה ושלבי הבדיקה. בדיקת נאמנות (אחוז עיוותים) - הכרת מערך המדידה ושלבי הבדיקה. (הערה: לצורך הניסוי נדרש צב"ד - מחולל RF, מקלט, מד עיוותים / יחס אות לרעש).
- 1.2 מתנד לתדר גבוה קלפ (Clapp).
בניית המעגל, מדידות של צורות גלים המתקבלות, בדיקת הגורמים המשפיעים על פעולת המתנד.
- 1.3 מתנד מבוקר מתח (VCO) ואפנון FM.
שינוי מתח המבוא (מתח ישר) ובדיקת השפעתו על תדר המוצא. אופיין מעבר של VCO מציאת האזור הליניארי באופיין. אפנון FM בעזרת VCO: חישוב מקדם האפנון ומדידת רוחב הפס.
- 1.4 חוג נעול מופע (PLL).
בניית חוג נעול מופע באמצעות מעגל מוכלל. שינוי אות המבוא (תדר הייחוס) לשם מציאת תחום העקיבה. בדיקת השפעת ה-LPF על תחום הנעילה. מימוש ובדיקת חוג נעול מופע כמכפל תדר.
- 1.5 בניית אפנון AM ואפנון DSB באחת משתי האפשרויות:
א'. באמצעות רכיבים בדידים (דיודות, טרנזיסטורים וכדומה).
ב'. באמצעות מעגל מוכלל (1496 או רכיב דומה).
יש להציג על גבי משקף תנודות את האות המאופנן, לבדוק את השפעת שינוי מקדם האפנון על צורת האות המאופנן, (רשות: הצגת ספקטרום האות המאופנן בנתח ספקטרום).
- 1.6 מימוש גלאי AM סינכרוני באמצעות מעגל מוכלל.
מימוש בניית המעגל, בדיקת השפעת שינוי תדר הגל הנושא על איכות הגילוי.
- 1.7 בקרת הגבר אוטומטית (AGC).
מימוש מעגל ליצירת מתח AGC באמצעות גלאי מעטפת ומסנן מעביר נמוכים (RC).
בדיקת השינויים במתח ה-AGC בתלות בשינויים בעוצמת האות המאופנן, מימוש חוג AGC באמצעות מגבר מבוקר מתח (כגון: MC 1350) ומעגל ליצירת AGC. מדידת יציבות האות במוצא הגלאי בתלות בשינויים בעוצמת האות המאופנן.

- 1.8 מרכיב תדרים ספרתי.
- מימוש מרכיב תדרים באמצעות PLL ומחלק תדר. מדידת אות המוצא ואות הייחוס באמצעות משקף תנודות. בדיקת השפעת שינוי גורם החלוקה על תדר האות במוצא. בדיקת השפעת שינוי תדר הייחוס על פעולת המרכיב.
- 1.9 מימוש ובדיקת גלאי FM באמצעות PLL.
- הפעלת ה-VCO וכיוון תידרו לתדר הגל הנושא, סגירת חוג ה-PLL והפעלתו כגלאי FM, כאשר האות המאופן מוזן ממחולל חיצוני. מדידת האות במוצא הגלאי עבור גל מאפן סינוסי, גל מאפן מרובע וגל מאפן משולש, השוואת האות המתקבל במוצא, עבור כל גל, לגל המאפן.
- 1.10 מגבר RF, או מגבר IF.
- מימוש המגבר באמצעות מגבר טרנזיסטורי המועמס במעגל תהודה, סרטוט עקום ההיענות של המגבר, מציאת רוחב הפס של המגבר וחישוב מקדם הטיב. מדידת השפעת העמסה על רוחב הפס ומקדם הטיב.
- 1.11 משתק (יחס אות לרעש, או צליל לוואי).
- מימוש מעגל השתקה, בדיקת רגישות המשתק. בדיקת נקודת הפריצה והחסימה של המשתק.

2. תקשורת ספרתית (יש לבצע 4 מתוך הניסויים 2.1–2.8) 20 ש'

- 2.1 דגימה בשיטת "דגום ושמור" - Sample & Hold.
- יצירת אות מוגבל-פס, דגימת האות שנוצר בקצב ניקוויסט, סינון האות באמצעות מסנן מעביר-נמוכים לשם קבלת האות המשוחזר. בדיקת השפעת חדות המסנן על נאמנות השחזור. בדיקת השפעת קצב הדגימה על נאמנות השחזור.
- 2.2 אפנון PWM.
- ניסוי זה יכול להתבצע בשלושה אופנים:
- חלופה ראשונה: מימוש אפנון PWM לאחר שאות המבוא עבר תהליך של דגימה. האות הדגום מוזן למבוא הייחוס של משווא אנלוגי ולמבואו השני של המשווא מוזן אות גל משולש. המשרעת המרבית של אות הגל המשולש שווה למשרעת המרבית של האות הדגום. זמן המחזור של אות הגל המשולש שווה לזמן המחזור של האות הדגום.
- חלופה שנייה: אות המבוא הוא אות בינארי שיש לאפנו אותו. הערך המספרי של האות קובע את מחזור הפעולה (Duty Cycle) של אות המוצא (ניתן למימוש באמצעות תוכנה, למשל).
- חלופה שלישית: מימוש אפנון PWM באמצעות שימוש במעגל מוכלל (כגון TL494).
- 2.3 אפנון דופק מקודד (PCM).
- הצגת אות שעובר תהליך דגימה (כמופיע בניסוי חובה 1.2), באמצעות מספר משוים, ביצוע תהליך כימוי, ויצירת מספר בינארי (PCM) באמצעות מערכת לוגית. המספר

- הבינאר עשוי להיות ברוחב של 2, 3, 4 או 8 סיביות. את המספר הבינארי הנתון בתצורה מקבילית יש להמיר לתצורה טורית באמצעות אוגר הזזה (74LS165).
- 2.4 מפתוח תנופת הדופק (ASK).
- יצירת אות מאופנן במספר עוצמות (2 לפחות) המוגדרות מראש (ASK) באמצעות שימוש במגבר מבוקר, או שימוש במנחת מבוקר. המימוש מבוצע ברכיבים בדידים. אות המידע מסופק ממחולל אותות או מסופק ממחשב (מומלץ יותר).
- 2.5 מפתוח תדר הדופק (FSK).
- יצירת אות FSK באמצעות שימוש בשני מתנדים לתדרים קבועים (ניתן לקבלם ממחוללי אותות) המחוברים למבואותיו של מרבב (MUX 2→1). אות המידע מחובר למבוא הבקרה. אות המידע ואות המוצא מוצגים על גבי מסך של משקף תנודות. ריבוב אפיקים בזמן.
- 2.6 מימוש של מרבב בעל, לפחות, 2 מקורות אנלוגיים (או ספרתיים) והעברת האות המתקבל בקו אחד.
- 2.7 ריבוב אפיקים בתדר.
- מימוש מרבב של לפחות 2 מקורות תקביליים. העברת האות המרובב על קו אחד. הצגת הספקטרום של האות המרובב בנתח ספקטרום (ספקטרום אנלייזר) - ניתן לבצע את הניסוי בהדמיה.
- 2.8 אפנון QAM.
- מימוש אפנון בשיטת QAM (ניתן להסתפק ב-4QAM).
- אות המידע והאות המאופנן מוצגים, עבור צירופים בינאריים שונים, על גבי מסכו של משקף תנודות.

חלופה ב' – פרויקטונים

40 ש'

בניית הפרוייקטונים כוללת את השלבים הבאים:

- ◆ בניית מעגל (באמצעות ww , או על גבי מטריצה).
- ◆ מדידות ובדיקות של המערכת (כולל כיול וכוונון).
- ◆ איתור תקלות במערכת.
- ◆ כתיבת מסמך טכני (חוברת פרויקטון) המתעדת את תהליך הבניה, הבדיקות, המדידות ואיתור התקלות.

20 ש'

3. פרויקטונים בתקשורת תקבילית

(על התלמיד לבנות אחד, או שניים מהפרוייקטונים המערכתיים 3.1 – 3.4).

- 3.1 משדר AM.
- 3.2 משדר FM.
- 3.3 מקלט מסוג סופרהטרודיין (ל-AM, או FM).
- 3.4 מרכיב תדרים סיפתי ל-50 תדרים לפחות.

20 ש'

4. פרויקטונים בתקשורת ספרתית

(על התלמיד לבנות אחד, או שניים מהפרוייקטונים המערכתיים 4.1 – 4.5).

- 4.1 מערכת אפנון וגילוי FSK.
- 4.2 מערכת אפנון וגילוי ASK.
- 4.3 מערכת ריבוב אפיקים בזמן (TDM).
- 4.4 מערכת ריבוב אפיקים בתדר (FDM).
- 4.5 מערכת לאפנון וגילוי QAM.

תכנית הלימודים ההתנסותית במקצוע

חלק ב' – ניסויים במדידות ובמכשור - 20 שעות

כיתה י"ג

הנחיות לביצוע הניסויים:

יש לבצע את שלושת הניסויים 1, 2 ו-3 ואחד מהניסויים 4, 5.

ניסוי 1: הכרה הפעלה ובדיקה של ספקי כוח

- א. הכרה של מבנה ועקרון הפעולה של ספק כוח.
הפעלה ובדיקה של ספק כוח כפול במצבים: חיבור של ספק כוח יחיד (SINGLE), חיבור מקבילי של ספקי כוח (PARRALEL), חיבור טורי של ספקי כוח (SERIAL). הפעלה ובדיקה של מערכת המורכבת משני ספקי כוח עם הארקה משותפת.
- ב. הכרה של מבנה ואופן הפעולה של רב מודד ספרתי שימוש ברב המודד למדידה של מתח וזרם במעגל הפועל בזרם-ישר ובמעגל הפועל בזרם חילופין. יש לבצע את המדידה, בכל אחד מהמעגלים, עבור מספר ערכים. ניתוח מתמטי של המדידות הכולל חישובי שגיאות.
- ג. שימוש ברב מודד למדידת התנגדות של מספר התנגדויות. ניתוח מתמטי של המדידות הכולל חישובי שגיאות.

ניסוי 2: הכרה ושימוש במשקף תנודות ומחולל אותות/מונה

- א. הכרת מבנה ועקרון הפעולה של משקף תנודות והבקרים המותקנים בו.
- ב. הכרת מבנה ועקרון הפעולה של מחולל אותות, כולל השימוש במצב מונה (COUNTER) במחולל.
- ג. הכרה ותרגול של בקרי המחולל/מונה.
- ד. חיבור המחולל אל משקף התנודות לשם הכרה ותרגול של אופני העבודה הבאים במשקף התנודות:

1. מדידת מתח צף

2. X-Y

3. Auto/Normal

4. מדידה רב ערוצית

- ה. הכרה ושימוש במצבי צימוד מבוא שונים של משקף התנודות.
- ו. הכרה ושימוש בשיטות דרבון שונות (כולל שיפוע – SLOPE) במשקף התנודות.

ניסוי 3: ביצוע מדידות באמצעות משקף תנודות המחובר למחולל אותות

- א. מדידה, באמצעות משקף תנודות המחובר למחולל אותות, של:
מתח ישר, מתח חילופין, זמן מחזור של אות מחזורי, הפרש מופע (וחשוב הפרש הזמנים בין האותות הנמדדים).
- ב. קבלת צורות ליסז'ו עבור אות סינוסואידלי וניתוח המידע המתקבל מהן.
- ג. מדידה של זמני עליה וירידה במעגל ספרתי כתגובה לאות ריבועי המחובר במבוא.
- ד. מדידה של גורם המחזור במעגל ספרתי (DUTY CYCLE).

ניסוי 4: ביצוע מדידות של רכיבים או מערכות

- א. מדידה וקבלה של עקום הענות של מגבר, או מסנן על מסך משקף התנודות.
- ב. מדידה של אופיין מעבר של רכיב, או מערכת והצגתו על צג משקף התנודות.

ניסוי 5: הכרה ושימוש בנתח ספקטראלי (spectrum Analyzer)*

- א. הכרה של המבנה של נתח ספקטראלי ואופן השימוש בו.
- ב. הכרה של בקרי הנתח הספקטראלי ואופן השימוש בהם.
- ג. מדידת הספקטרום של אותות מחזוריים והסקת מסקנות מתוך הניתוח המתקבל.
- ד. מדידת הספקטרום של אות המתקבל במגבר והסקת מסקנות מתוך התוצאה המתקבלת במשקף הנתח.

* ניתן להשתמש במשקף תנודות ספרתי המכיל מצב נתח לוגי, או להשתמש בנתח ממוחשב.