

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

מעבדת התמחות

סמל מקצוע 11.9117

כיתה י"ד

מעבדת התמחות – 84 שעות

כיתה י"ד

הנחיות לביצוע המעבדה

תכנית הלימודים במעבדת התמחות מורכבת מתכניות לימודים מעשיות במקצועות האלה:

- תקשורת מחשבים
- בקרה
- ניסויים ו/או פרויקטונים באחת משלוש האפשרויות האלה: "עיבוד ספרתי של אותות", "אלקטרואופטיקה ותקשורת אופטית" ו"תקשורת חזותית".

בעבור מקצוע הבחירה "עיבוד ספרתי של אותות"

יש לבצע:

את ארבעת הניסויים במקצוע **תקשורת מחשבים**.
את שמונת הניסויים במקצוע **מערכות בקרה**.
שלושה מבין הניסויים, הכוללים את ניסוי החובה, או ביצוע של ניסוי החובה ופרויקטון אחד ב-"עיבוד ספרתי של אותות".

בעבור מקצוע הבחירה "אלקטרואופטיקה ותקשורת אופטית"

יש לבצע:

את ארבעת הניסויים במקצוע **תקשורת מחשבים**.
את שמונת הניסויים במקצוע **מערכות בקרה**.
שלושה מבין הניסויים, או ביצוע של שני פרויקטונים ב-"אלקטרואופטיקה ותקשורת אופטית".

בעבור מקצוע הבחירה "תקשורת חזותית"

יש לבצע:

שלושה מבין ארבעת הניסויים במקצוע **תקשורת מחשבים**.
חמישה מבין שמונת הניסויים במקצוע **מערכות בקרה**.
את שני ניסויי החובה ושניים מניסויי הבחירה, או את שני ניסויי החובה ואחד מהפרויקטונים ב-"תקשורת חזותית".

1. מעבדה בתקשורת מחשבים

ניסוי 1: הפעלת יישומי רשת

- א. הפעלת יישום הרשת Ping ליעדים שונים על-די שימוש בכתובת IP ובכתובת URL. מעקב אחר תוצאות ההפעלה.
- ב. הפעלת יישום הרשת Tracert ליעדים שונים. מעקב אחר ניתובי התקשורת ממחשב המקור אל מחשב היעד.

ניסוי 2: זיהוי שגיאות

- א. כתיבת תכנית בשפה עילית המדמה שידור של מחרוזת סיביות הכוללת סיביות לאיתור שגיאות במחרוזת בשיטת CRC, או בשיטת LRC-VRC.
- ב. הפעלת התכנית ומעקב אחר הסיביות לאיתור השגיאות בעבור מחרוזת תקינה.
- ג. הפעלת התכנית ומעקב אחר הסיביות לאיתור שגיאות בעבור מחרוזת המכילה מידע משובש.

ניסוי 3: תקשורת טורית בפרוטוקול RS232

- א. התקנה של כבל למפתח ה-COM של המחשב הכולל קצר בין הדק TXD להדק RXD במחבר DB25.
- ב. הפעלת תוכנת HyperTerminal והגדרת מצב של תקשורת טורית במפתח ה-COM.
- ג. שידור של תווים מהמקלדת, וקליטה שלהם על מסך תוכנת ה-HyperTerminal.
- ד. חיבור המבוא של משקף תנודות להדק TXD במחבר והצגת האותות המתקבלים.
- ה. ניתוח האותות המתקבלים במשקף התנודות בעבור: תווים שונים, קצבי עבודה שונים, סוגים שונים של בדיקת זוגיות ואורך שונה של סיביות העצירה.

ניסוי 4: תקשורת טורית בין מחשב ובין התקן חומרה כלשהו

- א. חיבור של התקן חומרה, לדוגמה מיקרובקר, למפתח ה-COM של המחשב.
- ב. הפעלה של תוכנת HyperTerminal והגדרת מצב של תקשורת טורית בין המחשב להתקן.
- ג. קליטה של מידע מההתקן והצגתו, כתווים, על-גבי מסך תוכנת ה-HyperTerminal.
- ד. כתיבה תכנית בשפה עילית הקולטת מידע מההתקן ומציגה אותו על המסך (רשות).

2. מעבדה במערכות בקרה

ניסוי 1: מדידה וסרטוט של אופיין של תלות מהירות הסיבוב של מנוע לז"י במתח הדקיו

(מנוע לז"י בעל עירור מקבילי קבוע)

- א. הרכבת מד מהירות לציר המנוע, חיבור של הדקי המנוע להדקיו של ספק כוח למתח משתנה.
- ב. מדידת מהירות המנוע בעבור מתחי הדקים המשתנים ממתח אפס ועד למתח ההדקים הנקוב של המנוע.
- ג. סרטוט אופיין של תלות מהירות המנוע במתח הדקיו.
- ד. מציאה וסימון של התחום ה"מת" של מהירות המנוע על-גבי האופיין.

ניסוי 2: מדידה וסרטוט של אופיין של תלות מהירות הסיבוב של מנוע לז"י בהעמסה

(במתח הדקים נקוב)

- א. חיבור של עומס, הניתן לשינוי, לציר מנוע לז"י (למשל, חבור של גנרטור לז"י שהוא, למעשה, מנוע לז"י הפועל כגנרטור), לציר המנוע הנבדק, העמסת הגנרטור באמצעות נגד משתנה.
- ב. הרכבת מד-מהירות לציר המנוע, חיבור הדקי המנוע למקור מתח המכוון למתח הנקוב של המנוע.
- ג. מדידת מהירות הסיבוב של המנוע כתלות בהעמסה (שינוי של התנגדות הנגד המחובר להדקי הגנרטור ומדידת הזרם דרכו).
- ד. סרטוט אופיין של תלות מהירות המנוע בהעמסה (הזרם בנגד).

ניסוי 3: בקרת מצב באמצעות מנוע לז"י

- א. הרכבת מערכת לבקרת מצב הכוללת: בקר, מגבר הפרש, מגבר הספק, מנוע לז"י ומתמר מצב.
- ב. חיבור של אות מדרגה (זווית) במבוא המערכת.
- ג. מדידת הזווית ומציאת השגיאה המתקבלת במוצא.
- ד. ביצוע חוזר של הסעיפים ב' ו-ג' בעבור הגברים שונים.
- ה. מדידת ההגבר המזערי הגורם לקבלת תנודות קבועות במוצא המערכת.

ניסוי 4: בקרת מהירות של מנוע לז"י

- א. הרכבת מערכת לבקרת מהירות הכוללת: בקר, מגבר הפרש, מגבר הספק, מנוע ומתמר מהירות.
- ב. חיבור של אות מדרגה (מהירות) במבוא.
- ג. מדידת מהירות המנוע ומציאת השגיאה.
- ד. ביצוע חוזר של הסעיפים ב' ו-ג' בעבור הגברים שונים.

ניסוי 5: הפעלת מנוע צעד

- א. חיבור של מנוע צעד למערכת המאפשרת את פעולתו במהירויות סיבוב משתנה, מימוש של המערכת בחומרה או באמצעות חיבור המנוע למוצאי מחשב וכתיבת תכנית מחשב. (בשני המקרים יש לחבר דרגת הגבר הספק מתאימה להפעלת המנוע).
- ב. הפעלת המערכת לשם קבלת הזוויות הרצויות.
- ג. הגדלת תדירות השעון של מערכת המיתוג עד לקבלת ריטוט של ציר המנוע, ללא סיבוב, מדידת התדר המרבי שבו המערכת עדיין יציבה.

ניסוי 6: הדמיה של תגובת מערכת מסדר ראשון לאותות שונים במבוא

- א. תכנון של מערכת מסדר ראשון באמצעות מחשב אנלוגי (מעגל סוכם), סרטוט של המערכת.
- ב. חיבור של אות הלאם למבוא המערכת, הרצת ההדמיה ומדידת אות המוצא.
- ג. סרטוט של אות המבוא ושל אות המוצא.
- ד. ביצוע חוזר של הסעיפים ב' ו-ג' בעבור מערכות בעלות קבועי זמן שונים.
- ה. חיבור של אותות מסוג מדרגה ושיפוע למבוא המערכת וביצוע חוזר של הסעיפים ג' ו-ד'.

ניסוי 7: הדמיה של תגובת מערכת מסדר שני לאותות שונים במבואה

- א. תכנון של מערכת מסדר שני באמצעות מחשב אנלוגי (שני מעגלי סכימה), סרטוט של המערכת.
- ב. חיבור של אות הלט למבוא המערכת, הרצת ההדמיה ומדידת אות המוצא.
- ג. סרטוט של אות המבוא ושל אות המוצא.
- ד. ביצוע חוזר של הסעיפים ב' ו-ג' בעבור מערכות בעלות מקדמי ריסון שונים.
- ה. חיבור של אות מדרגה למבוא, הרצת ההדמיה ומדידת אות המוצא.
- ו. סרטוט של אות המבוא ושל אות המוצא.
- ז. ביצוע חוזר של הסעיפים ה' ו-ו' בעבור מערכות בעלות מקדמי ריסון שונים.

ניסוי 8: פתירת משוואות דיפרנציאליות באמצעות תוכנת MATLAB

- א. רישום של משוואה דיפרנציאלית מסדר ראשון בתוכנת MATLAB והצגת פתרונה הגרפי בעבור המבואות הלט, מדרגה ושיפוע.
- ב. ביצוע חוזר של סעיף א' בעבור מערכת בעלת קבוע זמן שונה.
- ג. רישום של משוואה דיפרנציאלית מסדר שני בתוכנת MATLAB והצגת פתרונה הגראפי עבור המבואות הלט, מדרגה ושיפוע.
- ד. ביצוע חוזר של סעיף ג' בעבור מערכת בעלת מקדמים שונים.

בחירה

בחירה א' – מעבדה בעיבוד ספרתי של אותות

ניסוי חובה

ניסוי 1: התמרת אותות

$$y_1(t) = e^t, \quad y_2(t) = \sin(t) + 0.5\cos(2t), \quad y_3(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$$

1. בעבור כל אחת מן הפונקציות ביצוע התמרה של המשתנה הבלתי תלוי "זמן":

א – הזזה ימינה או שמאלה במספר יחידות זמן.

ב – החזרת תמונת ראי.

ג – כיווץ או הרחבה של הפונקציה.

2. בעבור כל אחת מן הפונקציות ביצוע התמרה של המשתנה התלוי y:

א – הוספת הרכיב DC.

ב – היפוך המופע של האות.

ג – הגברה או נייחות של האות.

הנחיות לביצוע:

- חלוקת מסך הגרפים לארבעה חלקים תוך כדי שימוש בפונקציה subplot(m,n,x).

- הצגת הפונקציה המקורית וההתמרות (סעיף 1, 2).

- שימוש באותו קנה מידה להצגת הגרפים – אפשר להשתמש בפונקציה

axis([Xmin, Xmax, Ymin, Ymax])

הערות: (1) הפונקציה y_3 אינה מוגדרת בנקודה $t=0$.

(2) ניתן לבחור פונקציות אחרות המורכבות מפונקציות טריגונומטריות ופונקציות מערכיות.

חלופה א' – ניסויי מעבדה

יש לבצע שניים, לפחות, מבין שמונת הניסויים בחלופה זו.

מבוא לאותות ומערכות

ניסוי 2: מספרים מרוכבים

1. פעולות חשבון בסיסיות במספרים מרוכבים:

כתיבת פונקציה שתקלוט שני מספרים מרוכבים כארגומנטים ותבצע את המשימות האלה:

א. הצגה קרטזית ופולארית של המספרים.

ב. הצגה קרטזית ופולארית של תוצאות הפעולות חיבור חיסור כפל וחילוק.

ג. הצגת התוצאות על-גבי מערכת צירים של המישור המרוכב.

2. חזקות ושורשים:

- א. בחירת מספר מרוכב שערכו המוחלט קטן מ-1 והצגת חזקותיו במישור המרוכב $(z^2, z^3, z^4, z^5, z^6)$.
ב. הצגת שורשי היחידה (למשל, עבור $z^6 = 1$).

3. אותות מרוכבים:

$$s_1(t) = A \cdot e^{j\omega t}, \quad s_2(t) = A \cdot e^{(-kt + j\omega t)}$$

בעבור אותות מרוכבים מהצורה: הערך הממשי, הערך המדומה, הערך המוחלט והארגומנט של הפונקציות. ביצוע ניתוח של האותות והצגת הערך הממשי, הערך המדומה, הערך המוחלט והארגומנט של הפונקציות.

ניסוי 3: דגימה

1. דגימת אות סינוסואידלי עבור אות סינוסואידלי מהצורה $s(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t + \phi)$

- א. הצגת חמישה מחזורים של האות המקורי.
ב. דגימת האות בתדר דגימה השווה ל- $f_s = 2.5f_0$, הצגת האות המתקבל.
ג. חזרה על תהליך הדגימה בעבור אותות בתדרים: $f_0 + f_s, f_0 + 2f_s$, הסבר של התוצאות המתקבלות.
II. דגימת אות המורכב משני אותות סינוסואידליים f_1, f_2 כאשר $f_2 > f_1$:
א. דוגמים מעל לקצב נייקוויסט, כלומר, $f_s > 2 \cdot f_2$.
ב. דוגמים בתדר דגימה: $2 \cdot f_1 < f_s < 2 \cdot f_2$.
ג. דוגמים בתדר דגימה: $f_s < 2 \cdot f_1$.
בכל אחד מן המקרים יש להשוות את תוצאות הדגימה לתוצאות התיאורטיות.

ניסוי 4: מערכות ליניאריות וקבועות בזמן (LTI – Linear Time Invariant)

- יש להוכיח מתמטית את הנכונות של כל אחת מן הבדיקות המבוצעות באמצעות תוכנת MATLAB.
בכל שלב יש להציג גרפים של האותות הנחקרים.
I. בעבור מערכת מהצורה: $y[n] = 2x[n] - 3x[n-3]$ (תנאי התחלה אפס).
א. בדוק את נכונות תכונת החיבוריות ואת נכונות תכונת ההומוגניות כאשר
אות (או אותות) הכניסה הוא אות אקראי כלשהו.
ב. בדוק את נכונות תנאי הקביעות בזמן.
II. הצג את אות מבוא ואת אות המוצא של מערכת LTI הנתונה כמשוואת הפרשים, בעבור מבואות מסוג
אות הלב, מדרגת יחידה ואות סינוסואידלי (יש לנתח מערכת מסדר 2 לפחות עם זיכרון).
III. משפט הקונבולוציה – חשב והצג את אות המוצא של מערכת LTI (מסדר שני לפחות ללא זיכרון),
כאשר אותות המבוא הם:
א. חלון מלבני.
ב. אות אקראי המוכפל בחלון מלבני, הכולל 20 דגימות לפחות.
ג. אות סינוסואידלי הכולל שני מחזורים בדיוק, ו-40 דגימות.
החישוב ייעשה בשני אופנים:
א. באמצעות שימוש ישיר במשוואת הפרשים, כאשר המערכת נתונה כמשוואת הפרשים
ב. באמצעות שימוש במשפט הקונבולוציה, כאשר המערכת נתונה על-ידי התגובה להלב.
בדקו התאמה בין התוצאות

מבוא לעיבוד ספרתי של אותות

ניסוי 5: אותות במישור התדר (ניסוי כפול)

א. שימוש בהגדרה המתמטית של התמרת פורייה לאות בדיד, והצגת את החלק הממשי,

החלק המדומה, הערך המוחלט והזווית (פאזה) של ההתמרה עבור:

א. אות העל משך סופי הכולל חמישה איברים בלבד, למשל: $x[n] = \{1, 2, 3, 4, 5\}$

ב. אות גיאומטרי סיבתי, למשל: $x[n] = 0.5^n \cdot u[n]$

ג. אות המורכב מסכום של שני אותות סינוסואידליים.

ii. DFT / FFT

א. כתוב פונקציה ב-MATLAB המקבלת כארגומנטים: $x[n]$ – וקטור ערכים, N – גודל ה-DFT, ומחזירה וקטור ערכים המהווה את תוצאת ההתמרה. יש לבדוק את נכונות הפונקציה באמצעות הפונקציה FFT הקיימת ב-MATLAB.

ב. בצע את סעיף א תוך שימוש בפונקציית DFT שכתבת, ובפונקציית MATLAB – FFT הקיימת, באורך של 32, 64, 128, 256 סיביות.

ניסוי 6: תכנון של מסננים ספרתיים מסוג FIR

תכנון של מסנן בהתאם לדרישות הלקוח, באמצעות שימוש בטכניקת החלונות, למשל: תכנון של מסנן מעביר תחום באמצעות השימוש בחלון Hamming.

דרישות מהמסנן: גבול חסימה תחתון – 0.3π ,

גבול חסימה עליון – 0.6π ,

נייחות נדרשת – 50dB,

גבול מעבר תחתון – 0.4π ,

גבול מעבר עליון – 0.5π ,

גליות במעבר 0.5dB

הצגת מפת הקטבים והאפסים של המסנן, סרטוט של תגובת התדר של המסנן (הגבר ומופע), העברת אות המורכב ממספר אותות סינוסואידליים דרך המסנן שתוכנן והצגת האותות המתקבלים במישור הזמן ובמישור התדר.

ניסוי 7: תכנון של מסננים ספרתיים מסוג IIR*

א. תכנן מסנן מעביר נמוכים מסוג 'בטרוררת', בעל אדווה הנמוכה מ-1dB ב- $\omega=30$ rad/sec, ונייחות

של לפחות 30 dB ב- $\omega=40$ rad/sec. יש לתכנן את המסנן באמצעות חיבור של מסננים

בקסקדה, ויש להציג את תגובת התדר – הגבר ופאזה, וכן את התגובה להלם במישור הזמן.

ב. חבר למבואו של המסנן, שתכננת בסעיף הקודם את המורכב ממספר אותות סינוסואידליים, כך

שלפחות אחד מן התדרים יוכל "לעבור" דרך המסנן.

* במקום לתכנן את המסנן הנדרש בניסוי אפשר לתכנן מסנן אליפטי או צ'ביצ'ב. כמו כן, במקום לתכנן מסנן מעביר נמוכים, אפשר לתכנן מסנן מעביר פס, חוסם פס, או אחר.

1. הצג את אות המבוא במישור הזמן ובמישור התדר.
2. הצג את האות המתקבל במוצא, הן במישור הזמן והן במישור התדר.
בדוק את נכונות התכנון בהתאם לאותות המתקבלים במוצא.

ניסוי 8: עיבוד תמונה

- בעבור תמונה בעלת 256 רמות אפור, בצע שלוש פעולות עיבוד לפחות מבין הפעולות האלה:
- א. הצג את דיאגרמת הפילוג של רמות האפור (היסטוגרמה), בצע השוואת היסטוגרמה והצג את התמונה שהתקבלה.
 - ב. (1) הצג את התמונה בשחור-לבן בלבד, או באמצעות שתי רמות אפור.
(2) הצג את התמונה באמצעות 16 רמות אפור בלבד.
 - ג. העבר את אות התמונה דרך מסננים שונים, כגון, מסנן המאפשר את "החלקת התמונה" בשיטת הממוצע הנע.
 - ד. (1) צור תמונה המייצגת את התשליל (negative) של התמונה המקורית.
(2) סובב את התמונה ב- 45° .
- i. בצע הקטנה של התמונה (כמות הפיקסלים קטנה יותר), ובצע הגדלה של התמונה באמצעות אינטרפולציה ליניארית בין פיקסלים שכנים.
 - ii. בצע זיהוי חידוד קצוות באמצעות מסכות (למשל, sobel) והצג את התמונה המתקבלת.

חלופה ב' –ביצוע פרויקטון בעיבוד אותות ספרתי

תהליך בניית הפרויקטון צריך לכלול את השלבים האלה:

- ❖ בניית המעגל / התוכנה.
- ❖ מדידות ובדיקות .
- ❖ איתור תקלות.
- ❖ כתיבת מסמך טכני (חוברת פרויקטון) המייצג את המערכת.

על הסטודנט לבצע פרויקטון **אחד**, לפחות, מבין הפרויקטונים המערכתיים 1–8.

פרויקטון 1: תכנות מוזיקה דיגיטאלית (יצירת אותות סינוסואידליים)

פרויקטון זה עוסק ביצירת מוזיקה בעזרת אותות סינוסואידליים. אפשר לבחור מבין כמה קטעים מוזיקליים כדי ליצור אותם בעזרת תוכנת MATLAB. איכות הפרויקט תיבחן על סמך האזנה לקטע שתוכנת. המטרה הראשונית של הפרויקט היא למסד את הקשר בין תווים מוזיקליים, התדר שלהם ואותות סינוסואידליים. המטרה המשנית היא לנסות ולהוסיף לאותות שנוצרו תכונות נוספות, כדי לשפר את איכות הצליל. תלמידים שינסו להשיג את המטרה המשנית ילמדו על הייצוג הספקטרלי של האותות, הבסיס לנושא עיבוד ספרתי של אותות.

פרויקטון 2: יצירת צלילים של כלי נגינה (אותות סינוסואידליים ב- AM וב-FM)

המטרה של פרויקטון זה היא להציג אותות מורכבים המתייחסים לאותות סינוסואידליים. האותות המיישמים אפנון תדר FM ואפנון תנופה AM נמצאים בשימוש נרחב במערכות תקשורת כגון רדיו וטלוויזיה, אך אפשר להשתמש בהם כדי ליצור קולות מעניינים המחקים כלים מוזיקליים. המטרה היא להמשיך ולחקור את התנהגות האותות הסינוסואידליים למקרים מורכבים יותר הכוללים סכומים של סינוסים, או סינוסים בעלי תדרים משתנים. ייושמו אותות AM, אותות FM רגילים, ואותות FM בעלי סקירת תדר ליניארית (Chirp). יש ליצור אותות FM המחקים צלילי פעמונים, צלילי כלי נשיפה מעץ וצלילי תופים.

פרויקטון 3: הדמיה של מסנן FIR בתוכנת MATLAB

המטרה של פרויקטון זה היא לממש מסנן FIR בתוכנת MATLAB וללמוד את תגובתו של המסנן לכניסות שונות. יש להבין איך מגדירים את המסנן, איך מוצאים את מקדמיו וכיצד המסנן ממומש בצורה ספרתית. כמו כן יש לחקור כיצד המסנן מגיב לרכיבי תדר שונים בכניסה. בעבור מבוא של אות קוסינוס יש לחקור את השפעת הסינון על העצמה והפאזה של האות וכיצד אינו משנה את התדר. בעבור סכום של אותות קוסינוס יש לחקור כיצד משפיע המסנן על כל רכיב בנפרד, וכיצד המסנן יכול לסלק לגמרי רכיב אחד, או יותר, מסכום הקוסינוסים. יש לחקור את תכונת הליניאריות של המסנן, אי התלות בזמן. על הסטודנט להראות כיצד הוא יכול לממש, באמצעות שימוש במסנני FIR, אותות מוצא נדרשים עבור מגוון של אותות מבוא נתונים.

פרויקטון 4: עיבוד ויצירת קולות מעוותים (סינון אותות דגומים)

המטרה של פרויקטון זה היא לחקור את תגובת התדר של המסנן בהתייחס ליכולתו ל"החליק" או ל"חדד" את אות המחובר למבואו. יש לחקור את תגובת המסנן לאותות המחברים למבואו, בתדרים שונים. בנוסף לכך יש להראות שאפשר לחבר, טורית, מספר מערכות ליניאריות בלתי תלויות בזמן, והאות המתקבל במוצא יהיה זהה ובלתי תלוי בסדר החיבור של המערכות. המאפיינים החשובים של מסננים בלתי תלויים בזמן המשמשים לסינון אותות דגומים שיש לחקור הם אלה:

- השפעת המסננים על השינוי של ספקטרום התדר.
- חוסר ההשפעה של סדר החיבור הטורי של המערכות על התגובה הכוללת של מערכת המסננים.
- יכולת "החלקת" האות של מסנן מעביר פס נמוך, ויכולת ה"חידוד" של האות של מסנן מעביר פס גבוה. השמעתם של האותות המסוננים יוצרת צלילים "עמומים", או צלילים "חדים" בהתאמה למסנן. יש לבדוק את השפעת המסנן על אות דיבור דגום.

פרויקטון 5: שימוש באותות סינוסואידליים – תכנון של גלאי לצליל חיוג של טלפון צלילים

בפרויקטון זה נעשה שימוש באותות סינוסואידליים לשידור אינפורמציה: חיוג צלילים, ושימוש במסנן FIR כדי לגלות את המידע המקודד בגל. יש לחקור את הייצור ואת הגילוי של אותות המשמשים בטלפון צלילים. יש לחקור את הדרך שבה נוצרים הצלילים המיוחדים לטלפון, למצוא מהם התדרים הבסיסיים המשמשים לייצורם וכיצד הם מתחברים לשם יצירת צליל ייחודי לכל מקש הנלחץ בטלפון. תהליך הגילוי של הצלילים השונים מתבסס על השלבים האלה: חלוקת האותות הנקלטים לקטעי זמן המייצגים לחיצות בודדות; מציאת המרכיבים (שני צלילים) של הצליל בכל קטע זמן; מציאת הלחצן שנלחץ. אפשר למצוא את הצלילים על-ידי שימוש ב"בנק" של מסנני FIR "פשוטים". המבוא ל"בנק" המסננים הוא צליל החיוג. האות המתקבל במוצא ה"בנק" בעבור שניים מהמסננים יהיה גדול מהאותות המתקבלים בשאר המסננים. יש לזהות את שני המוצאים המתאימים כדי לקבל את קידוד הצליל.

פרויקטון 6: שימוש באותות סינוסואידליים – תכנון של אפנן וגלאי AM

בפרויקטון זה נעשה שימוש באותות סינוסואידליים לאפנן ולגילוי של אות AM, כמו זה המשמש בשידורי רדיו. כדי לייצר אות AM יש להכפיל אות בתדר גבוה (הנקרא גל נושא) באות בתדר נמוך [הנקרא אות מאפנן (אות המידע)]. תפקידו של גלאי אות ה-AM הוא לשחזר את המידע מהאות המאופנן. בפרויקט זה נחקר שתי טכניקות של גילוי. שיטת הגילוי הראשונה היא באמצעות גלאי מעטפת. במוצא גלאי המעטפת יתקבל אות המהווה קירוב טוב לאות המידע ששודר. הגילוי בשיטה השנייה יעשה באמצעות "אפנן מחדש" של האות הנקלט וסינון מתאים של האות המתקבל. על-פי עיקרון זה פועלים מקלטי רדיו מסחריים. בתהליך הגילוי יש להשתמש במסנן מסוג NOTCH לשם שחזור המידע.

פרויקטון 7: "טשטוש" ו"חידוד" של תמונות (סינון וגילוי קצה בתמונות)

בפרויקטון זה נתייחס לתמונה ספרתית כאות שיש לסנן אותו. נשתמש במסנן מעביר נמוכים ובמסנן מעביר גבוהים לחקור את ספקטרום התדרים של התמונה. כמו כן נציג פתרון לבעיה של גילוי קצה בעזרת שימוש במסנן ליניארי ובמסנן לא ליניארי.

אפשר לייצג תמונה ספרתית באמצעות אות ספרתי דו-ממדי. תמונת שחור-לבן מוצגת על-ידי שימוש בשני צבעים אלה ובגווי האפור שביניהם. בפרויקטון זה נחקור תמונות בשחור-לבן. אפשר לסנן תמונות כפי שאפשר לסנן אותות. שיטה אחת היא לסנן ממד אחד של האות המייצג את התמונה באמצעות מסנן חד-ממדי ואחר-כך לסנן את הממד השני באמצעות המסנן החד-ממדי. אפשר גם לטשטש את התמונה על-ידי שימוש במסנן ממצע בממד אחד, בממד השני, בשני הממדים, או רק בחלק מסוים של התמונה (למשל, לשם טשטוש פני אדם בטלוויזיה). כדי לחקור את הרכב התדרים של התמונה נעשה שימוש במסנן מעביר נמוכים שגורם לטשטוש התמונה. יש להראות שמסנן מעביר גבוהים "מחדד" את התמונה.

למימוש של גילוי קצה יש לבנות מערכת הגורמת ל"חידוד" התמונה על-ידי הוספת ערכי תדר גבוה לתמונה המטושטשת הנתונה. מימוש גילוי הקצה יתבצע על-ידי בדיקת השינוי ברמת הצבע האפור. רמת האפור בשטחי תמונה רגילים לא משתנה בחדות. שינוי חד ומהיר ברמת האפור נוצר בעת מעבר קצה. גילוי השינוי המהיר, או שינוי השיפוע ברמת האפור, יציין את נקודות הקצה המבוקש. על-ידי קביעה של רמת שיפוע מסוימת ורמת סף לגובה השינוי ברמת האפור ניתן לגלות את הקצה.

פרויקטון 8: ביצוע תקריב (ZOOM) בתמונה ספרתית (דגימה והגדלת תמונות)

בפרויקטון זה ייעשה שימוש בסינון FIR לשם ביצוע הגדלה של תמונה, כאשר מסננים מעבירי נמוכים מבצעים את האינטרפולציה הנדרשת להגדלה באיכות גבוהה. בעיית ההגדלה דומה לבעיית השחזור של ממיר D/A. יש לדגום את התמונה המקורית (שתשמש לצורכי השוואה במהלך כל הפרויקט) כתת-דגימה. התמונה הדגומה תשמש לצורכי הגדלה. לאחר הדגימה יש לבצע אינטרפולציה (שהיא בעצם סינון מעביר נמוכים) של התמונה שנדגמה. יש להגדיל את התמונה, או חלק ממנה, ולהפעיל את אחת משלוש שיטות האינטרפולציה (zero-order hold, אינטרפולציה ליניארית, וסינון מעביר נמוכים) לקבלת תמונה מוגדלת ומשוחזרת.

בחירה ב' – מעבדה בתקשורת אלקטרואופטית

סביבת העבודה הנדרשת לשם ביצוע המעבדה:

אפיון המחשב ותוכנות ייעודיות

- מחשב אישי הכולל כרטיס קול*.
- תוכנת MATLAB ושתיים או שלוש חבילות ייעודיות.

מעבדה אופטית

- ספסל אופטי בסיסי.
- מקורות אור לייזריים – הליום ניאון, לייזר דיודה אדום (מצביע לייזר).
- כרטיס מצלמה.
- אביזרים לספסל האופטי – מתאמים מכניים, שולחן אופטי סובב.
- רכיבים אופטיים – עדשות, מראה, מקטב, מסובב, מפצל אלומה, מנסרה משולשת, שקופיות מתאימות (חריץ, חריר, חריץ כפול, סריג), סיב אופטי פלסטי (באורך של שניים-שלושה מטרים) ומחברים, סיב זכוכית רב-אופני ומחברים, לוח פלסטי שקוף קטן (בעובי של מספר מ"מ).
- רכיבים אלקטרו אופטיים – פוטודיודה, דפ"א אדום, מקלט ומשדר לסיב פלסטי.

מכשירים אלקטרוניים

- ספק כוח (עם בקרת זרם קבוע).
- מחולל אותות – רצוי עם יכולת לחולל פולסים צרים (של מספר ns – לצורך הדגמת הנפיצה בסיב).
- משקף תנודות – רצוי משקף של 100 MHz.
- מסנן מעביר פס מתכוונן – לתחום השמע.

* כרטיס הקול יכול לשמש (בשילוב עם חבילת דגימת האותות MATLAB) כמשקף תנודות וכאוגר אותות לקבצים – לשם המשך הניתוח, וכן כמחולל אותות – כל עוד האותות הנדונים הם בתחום השמע.

1. ניסויים באופטיקה גיאומטרית

- 1.1 החזרה באמצעות מראה מישורית.
- 1.2 שבירה – חוק סנל.
 - 1.1.1 שבירה במעבר מאוויר למים (האוויר והמים עכורים, כדי לראות את מסלול הקרן).
 - 1.1.2 מדידת זווית השבירה.
 - 1.1.3 מציאת הזווית הקריטית במעבר בין מים לאוויר.
 - 1.14 הנחיית אור בתוך פיסת זכוכית.
 - 1.15 הסחת אור שפוגע בניצב ללוח שקוף.
 - 1.1.1.1 מדידת ההסחה כתלות בזווית הפגיעה.
 - 1.1.1.2 חישוב מקדם השבירה של לוח הזכוכית מתוך תוצאות המדידה.
 - 1.1.1.3 מטלת MATLAB: חישוב של משפחת גרפי הסחה כתלות בזווית, עם מקדם השבירה כפרמטר. מתוך הגרף שנמדד, מציאת מקדם השבירה שבעבורו מתקבל ההפרש המזערי.

2. ניסויים ברכיבים אופטיים

- 2.1 מיקבול (קולימציה) של אלומה ממקור נקודתי באמצעות עדשה מרכזת.
- 2.2 הדמיה באמצעות עדשה:
 - 2.2.1 מרכזת.
 - 2.2.2 מפזרת.
- 2.3 מדידת ההגדלה של עדשה.

3. ניסויים באופטיקה פיזיקלית

- 3.1 נפיצה – הדגמת נפיצת האור במנסרה
- 3.2 הדגמת תופעת העקיפה:
 - 3.2.1 בחרץ.
 - 3.2.2 בחריר.
 - 3.2.3 בסריג.
 - 3.2.4 החזרת אור לבן ואור אדום מפני תקליטור.
 - 3.2.5 מטלת MATLAB: צילום תבנית העקיפה המתקבלת בחרץ באמצעות חיישן CMOS, הפקת קובץ תמונה, והפקת גרף חתך של פילוג עוצמת האור. השוואת הגרף המתקבל מחישוב על-פי נוסחת העקיפה בממד אחד, לגרף המתקבל בניסוי.
- 3.3 הדגמת תופעת ההתאבכות בין שני חריצים סמוכים.
 - 3.3.1 ההשפעה של קוהרנטיות המקור על האיכות של תבנית ההתאבכות – ביצוע הניסוי בשלושה מקורות אור: שני מקורות לייזריים (הליום ניאון, דיודה) ו-דפ"א אדום.
- 3.4 התאבכות של גל עומד – סינון של אורכי גל במעבר דרך שכבה דקה.

4. אפיון של אלומת לייזר

- 4.1 ביצוע של מדידות באמצעות דיודת לייזר אדומה.
 - 4.1.1 מדידת התבדרות האלומה.
 - 4.1.2 מדידה של מעבר האלומה בעדשה מרכזת.
 - 4.1.2.1 מיקוד.
 - 4.1.2.2 מיקבול (קולימציה).
 - 4.1.3 מדידת הספק האלומה בתלות בזרם.
 - 4.1.4 בדיקת הקיטוב של האלומה.
 - 4.1.4.1 מידת הקיטוב.
 - 4.1.4.2 כיוון הקיטוב.
 - 4.1.5 יצירת מד התאבכות פשוט – אינטרפרומטר מייקלסון.
 - 4.1.6 מדידת אורך הקוהרנטיות
- 4.2 חזרה על המדידות עבור לייזר הליום ניאון.
- 4.3 הרחבת האלומה באמצעות בניית טלסקופ פשוט.

5. אפיון של סיב אופטי

- 5.1 סיב פלסטי
 - 5.1.1 מדידת המפתח הנומרי.
 - 5.1.2 מדידת ההפרש בין מקדמי השבירה בסיב.
 - 5.1.3 מדידת הנייחות.
 - 5.1.4 יעילות הצימוד לסיב של דפ"א לעומת היעילות של דיודת לייזר.
 - 5.1.5 המחשת תופעת הנפיצה על רוחב הדפקים בסיב (לשם ביצוע הניסוי נדרשים מחולל ומשקף תנודות לתדר של 100 MHz לפחות).
- 5.2 סיב זכוכית רב אופני – ביצוע חוזר של סעיף 5.1 (למעט בדיקת נפיצה).

6. אפיון של פוטודיודה

- 6.1 תגובתיות – ותלותה באורך הגל.
- 6.2 מדידת הספק שווה הרעש (NEP).
- 6.3 השפעת רוחב פס הגילוי על הרגישות – מדידת אות אופטי מחזורי (למשל, דפ"א מאופננת בהתאם) תוך שימוש במסנן מעביר פס (תקבילי) בעל רוחבי פס שונים.
מטלת MATLAB: סינון האות הגולמי באמצעות סדרת מסננים ספרתיים.
- 6.4 מדידת שיפור איסוף האור על-ידי הוספת עדשה לפני הגלאי.
 - 6.4.1 מדידת התלות במספר המוקד של העדשה.

ניסויים מתקדמים

7. אפיון של מצלמת CMOS

- 7.1 שדה הראייה.
- 7.2 הרזולוציה המרחבית.
- 7.3 השפעת העדשה על שדה הראייה.
- 7.4 השפעת רמת האור בסביבה על הרגישות.
- 7.5 השפעת מפתח העדשה על הרגישות.
- 7.6 מדידת פונקציית ה-MTF (עם ובלי מסנן חשמלי) באמצעות הדמיה של תבנית פסים בתדרים מרחביים שונים.
- 7.7 מדידת תבנית התגובה להלם מרחבי (פונקציית ה-PSF).
- 7.8 מטלת MATLAB: חישוב פונקציית ה-MTF מתוך פונקציית ה-PSF, והשוואה לפונקציית ה-MTF שנמדדה.

8. ניסויים בערוץ תקשורת סיב-אופטית בסיסי (סיב פלסטי)

- 8.1 מדידת ההספק במקלט כתלות ביעילות הצימוד.
- 8.2 מדידת יחס האות לרעש במוצא כתלות בנייחות ובעוצמת מקור האור.
- 8.3 מדידת BER כתלות ביחס האות לרעש.
- 8.4 מטלת MATLAB: חישוב וסרטוט של גרף ה-BER כתלות ביחס אות לרעש (בהנחה שהרעש הוא גאוס).

9. היכרות עם כלי העבודה ונוהלי העבודה של טכנאי מערכות תקשורת בסיבים אופטיים

- 9.1 חיבור סיב למחבר.
- 9.2 חיבור בין שני סיבים.
- 9.3 מדידת ההשפעה של חיבור לא תקין על הנייחות.

פרויקטונים

1. שלט רחוק אינפרא-אדום
2. ערוץ קולי אווירי אופטי
3. ערוץ חוזי אווירי אופטי (אות וידאו ממצלמת CMOS)
4. ערוץ קול בתקשורת בסיב פלסטי
5. ערוץ חוזי (אות וידאו) בתקשורת בסיב פלסטי
6. מצביע לייזר
7. מד-טווח לייזרי

בחירה ג' – מעבדה בתקשורת חזותית

1. ניסויי חובה

ניסוי 1.1: ניתוח של אות חוזי ושל תמונת טלוויזיה תקנית

שימוש במערכת המורכבת ממצלמה וצג לניתוח של תמונות ייחוס. ביצוע הניסוי כולל מדידה של אותות חוזי וניתוחם במצבים שונים.

ניסוי 1.2: השוואה של מאפייני תמונות לאחר דחיסתן

דחיסת תמונות באמצעות תוכנה כלשהי בשני תקני דחיסה, JPEG, MPEG, או בתקנים אחרים. השוואה בין תוצאות הדחיסה בארבעה, לפחות, ממאפייני התמונה (לדוגמה: רמת דחיסות, איכות התמונה, גווי התמונה).

2. ניסויי בחירה

ניסוי 2.1: ניתוח של תמונת חוזי בשחור-לבן

צילום של תמונת ייחוס במצלמת שחור-לבן. רגום של התמונה לאות חוזי, חיבור של אות החוזי המתקבל למשקף תנודות, ניתוח כמותי ואיכותי של אות החוזי הנצפה בעבור רמות אפור שונות, תמונות קווי רשת בצפיפות שונה ועובי קווים שונה. מציאת כושר ההבחנה, איכותית וכמותית.

ניסוי 2.2: ניתוח של תמונת חוזי צבעונית

צילום של תמונת ייחוס במצלמה צבעונית, תרגום של התמונה לאות חוזי, חיבור של אות החוזי המתקבל למשקף תנודות, ניתוח כמותי ואיכותי של אות החוזי הנצפה בעבור צבעים שונים, גוונים שונים, תמונות קווי רשת בצפיפות שונה ועובי קווים שונה. מציאת כושר ההבחנה, איכותית וכמותית. המדידה והניתוח מבוצעים עבור אותות בשני ייצוגים תקינים: RGB ו-Composite Video.

ניסוי 2.3: טכניקות לעיבוד תמונה

עיבוד ספרתי של תמונות ייחוס באמצעות תוכנה, ביצוע של אינטרפולציה, סינון, על-פי שלושה קריטריונים שונים (HP, זיהוי קצוות, FFT), התמרות צבע ולפחות עיבוד אחד נוסף, על-פי בחירת התלמיד.

ניסוי 2.4: השוואה בין ביצועי מצלמת CMOS לביצועי מצלמת CCD

סדרת בדיקות לצורך השוואה בין שני סוגי המצלמות מבחינת התכונות האלה: רגישות, רמת רעש, כושר הבחנה (רזולוציה) וזמן תגובה לשינויים בתמונה (תנועה).

ניסוי 2.5: ניתוח השוואתי של ביצועי צגים מסוג CRT, LCD ו-PLASMA

סדרת בדיקות לצורך השוואה בין שלושת סוגי הצגים על-פי נתוני המפרטים. נדרש לבצע את ההשוואה לגבי התכונות האלה: עוצמת הארה, אחידות הארה, כושר הבחנה, ניגודיות, עיוותים בתמונה וחדות הצבעים.

ניסוי 2.6: ניתוח השוואתי של ביצועי VCR וביצועי DVD Player

סדרת בדיקות לשם השוואה בין שני סוגי הנגנים, על-פי נתוני המפרט שלהם. נדרש לבצע את ההשוואה לגבי התכונות האלה: מהירות הגישה לתוכן מסוים בתנאים שונים (קדימה, אחורה, איתור של תמונה בודדת); איכות התמונה המתקבלת (באמצעות בחינה קפדנית של האות המתקבל באמצעות משקף תנודות ונתח ספקטרום).

3. בניית פרויקטונים

3.1 בניית מעגל ספרתי לביצוע פעולת תקריב בתמונה ספרתית

בניית מעגל המבצע פעולת תקריב (ZOOM) בתמונה ספרתית. המעגל הספרתי יאפשר את ההגדלה של תמונות פי 4 ופי 16 על-ידי ביצוע מניפולציות בתמונות שיאוחסנו בזיכרון המחשב (RAM). לאחר ההגדלה, תאפשר המערכת "לדפדף" בין חלקי התמונה.

3.2 פיתוח של אלגוריתם דחיסה בסיסי לקובצי תמונות

פיתוח של אלגוריתם מקורי וכתובת תכנית מחשב מתאימה לדחיסה בסיסית של קובצי תמונות. הפיתוח כולל, בין השאר, אפשרות להדגמה של פעולת הדחיסה על תמונות השונות באופיין*.

3.3 בניית צג המורכב ממטריצה של דפ"א צבעוניות לשם הצגת תמונות

בניית צג המורכב ממטריצה של דפ"א צבעוניות בגודל של, לפחות, 32x32 דיודות. אל הצג מחובר מעגל מישק המאפשר את חיבורו של הצג למחשב. הדגמת ביצועי הצג תיעשה על מספר תמונות השונות באופיין*.

3.4 בניית מערכת לעיבוד תמונה ספרתית

המערכת כוללת מצלמה אנלוגית המחוברת למעגלי עיבוד תמונה. המערכת משלבת בין מצלמת חוזי, מעגלי המרה מאות תקבילי לאות ספרתי ADC ומעגלים המאפשרים את ביצוען של, לפחות, שתי פונקציות לעיבוד תמונה. המערכת פועלת בלי להיות מחוברת למחשב. הדגמת ביצועי המערכת תבצע על תמונות השונות באופיין*.

3.5 בניית מערכת טלוויזיה במעגל סגור**

בניית מערכת המורכבת מארבע מצלמות חוזי, מעגלים לעיבוד אותות החוזי ומחשב מרכזי. אפשרות של הצגה על צג המחשב, בזמן אמת, של כל הצירופים האפשריים של התמונות המתקבלות, לרבות הצגת ארבע התמונות יחדיו על מסך צג המחשב. הדגמה של ביצועי המערכת תיעשה עבור תסריטים שונים. בעת הערכת הפרויקטון יובאו בחשבון איכות ההדגמה והתסריטים שייבחרו להצגה.

* בעת הערכת הפרויקטון יילקחו בחשבון, בין השאר, איכות ההדגמה וסוג התמונות שייבחרו לשם הצגה – על כל תלמיד להציג תמונות שונות.

** פרויקטון קבוצתי