

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

מגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה

תכנית לימודים במקצוע

מעבדת אלקטרוניקה ב'

סמל מקצוע 33.9014

כיתה י"ד

שבט תשס"ח (פברואר 2008)

תכנית הלימודים במקצוע

מעבדת אלקטרוניקה ב' – 72 שעות

כיתה י"ד

מקצועות מעבדת האלקטרוניקה ב' הם:

• מערכות חשמל

• אלקטרוניקה ב'

ניתן לבצע עד כ-50% מהניסויים בהדמיה.

1. מערכות חשמל

ניסוי 1.1: קבל לוחות

מדידת הקיבול של קבל לוחות העשוי משני לוחות אלומיניום, על-ידי חיבור הקבל למקור מתח חילופין ומדידת הזרם הזורם במקור.

- בדיקת השפעת המרחק בין הלוחות על הקיבול. סרטוט גרף של תלות הקיבול במרחק בין הלוחות.
- בדיקת השפעת שטח הלוחות על הקיבול. סרטוט גרף של תלות הקיבול בשטח הלוחות.
- בדיקת השפעת שינוי החומר הדיאלקטרי על הקיבול.

ניסוי 1.2: חיבור של משרנים בטור ובמקביל, השראות הדדית

מציאת ההשראות של שני משרנים שהשראותם אינה ידועה

- מדידת התנגדותם האומית של המשרנים בעזרת מד-התנגדות.
- חיבורם של המשרנים, המחוברים פעם בטור ופעם במקביל, למקור זרם חילופין שמאפייניו ידועים ומדידת הזרם הזורם דרך כל אחד מהמשרנים.
- חישוב ההשראות השקולה בחיבור טורי ובחיבור מקבילי ומציאת ההשראות של כל אחד מן המשרנים.

ניסוי 1.3: תופעות מעבר במעגל RLC טורי (בהדמיה)

- בנייה, בהדמיה, של מעגל RLC טורי. תכנון המעגל לקבלת מקדם ריסון - ξ , תת קריטי. חיבור של המעגל למקור מתח מסוג גל ריבועי (המהווה למעשה מבוא מסוג מדרגה).
- מדידת מתח הקבל כתלות בזמן, העתקת הגרף המתקבל לדוח הניסוי.
- מציאה, מתוך הגרף, של תדר התנודות המרוסנות - ω_d , מציאת מקדם הריסון - ξ , וקבוע הזמן של דעיכת התנודות - τ_A .
- שינוי פרמטרי המעגל לקבלת ריסון קריטי וחזרה על ביצוע סעיף א.

ניסוי 1.4: תופעות מעבר במעגלי RLC מקבילי (בהדמיה)

- בנייה, בהדמיה, של מעגל RLC מקבילי. תכנון המעגל לקבלת מקדם ריסון - ξ , תת קריטי. חיבור של המעגל למקור זרם מסוג גל ריבועי (המהווה למעשה מבוא מסוג מדרגה).
- מדידת הזרם בסליל כתלות בזמן, העתקת הגרף המתקבל לדוח הניסוי.
- מציאת תדר התנודות המרוסנות - ω_d , מציאת מקדם הריסון - ξ , וקבוע הזמן של דעיכת התנודות - τ_A .
- שינוי פרמטרי המעגל לקבלת ריסון קריטי וחזרה על ביצוע סעיף א.

ניסוי 1.5: מעגל תהודה טורי

- חיבור מעגל RLC טורי למקור מתח חילופין סינוסי.
- סרטוט של גרף של תלות הזרם במעגל בתדר המקור.
- סרטוט של גרף תלות העכבה של המעגל בתדר המקור.

- ד. מציאה, מתוך הגרפים, של תדר התהודה, רוחב הפס ומקדם הטיב של המעגל.
ה. חקירת השפעת שינוי הקיבול והסליל על מאפייני המעגל.

ניסוי 1.6: מעגל תהודה מקבילי ומעורב (בהדמיה)

- א. חיבור מעגל RLC מקבילי למקור של מתח חילופין סינוסי משתנה.
ב. סרטוט של גרף תלות העכבה של המעגל בתדר המקור.
ג. מציאה, מתוך הגרף, של תדר התהודה, רוחב הפס ומקדם הטיב של המעגל.
ד. חיבור של מעגל דו-ענפי במקביל למקור של מתח חילופין משתנה. ענף אחד מורכב מקבל בטור לנגד וענף שני מורכב מסליל המחובר לנגד.
ה. סרטוט של גרף תלות העכבה של המעגל בתדר.
ו. מציאה, מתוך הגרף, של תדר התהודה, רוחב הפס ומקדם הטיב של המעגל.

ניסוי 1.7: המרת כוכב למשולש ברשת תלת-מופעית סימטרית

- א. חיבור של שלוש עכבות זהות בחיבור כוכב למחולל תלת-מופעי סימטרי, ללא מוליך אפס, באמצעות קווי זינה בעלי התנגדות אומית זהה.
ב. מדידת זרמי הקווים וסרטוט של הדיאגרמה הפאזורית של המערכת.
ג. חישוב הנצילות של המערכת.
ד. חישוב של העכבה שיש לחבר בשלושת המופעים, בחיבור משולש כדי לשמור על זרם קו קבוע.
ה. חיבור של שלושת העכבות המחושבות בחיבור משולש באמצעות קווי זינה בעלי התנגדות אומית זהה.
ו. מדידת זרם הקו והשוואתו לזרם הקו בחיבור כוכב. סרטוט הדיאגרמה הפאזורית של המערכת

ניסוי 1.8: חיבור של עומסים סימטריים ובלתי סימטריים ברשת תלת-פאזית בחיבור כוכב עם שלושה וארבעה

מוליכים (בהדמיה)

- א. חיבור של שלוש עכבות זהות בחיבור כוכב, ללא מוליך אפס, למקור מתח תלת-מופעי סימטרי.
ב. מדידת מתח נקודת הכוכב וזרמי המופעים וסרטוט הדיאגרמה הפאזורית של המערכת.
ג. שינוי התנגדותה של אחת מהעכבות
ד. מדידת זרם המופעים ומתח נקודת הכוכב לאחר השינוי וסרטוט הדיאגרמה הפאזורית של המערכת.
ה. חיבור שלוש עכבות זהות בחיבור כוכב, עם מוליך אפס, למקור מתח תלת-מופעי סימטרי.
ו. מדידת זרמי המופעים וזרם מוליך האפס.
ז. שינוי התנגדותה של אחת העכבות
ח. ומדידת זרם המופעים וזרם מוליך האפס לאחר השינוי וסרטוט הדיאגרמה הפאזורית של המערכת.
ט. השוואה בין שתי המדידות בסעיפים ד ו-ח.

ניסוי 1.9: רשת זוגיים T (בהדמיה)

- א. מדידה של העכבה האופיינית ועכבות קצר ונתק של חוליה מסוג T.
ב. מציאת הפרמטרים של החוליה בשיטת ייצוג Z.

- ג. חיבור של החוליה למקור מתח חילופין ולעומס ומדידת ההנחתה והפרש המופע כתלות בתדר.
- ד. סרטוט של האופיינים (אופיינים מקורבים).
- ה. חיבור של מספר חוליות בחיבור קסקדי.
- ו. מדידת העכבה האופיינית, של עכבות קצר ונתק של החיבור הקסקודי.
- ז. חיבור של המערכת למקור מתח ולעומס ומדידת ההנחתה והפרש המופע כתלות בתדר.
- ח. סרטוט של האופיינים (סרטוט מקורב).

ניסוי 1.10: רשת זוגיים π (בהדמיה)

- א. מדידה של העכבה האופיינית ועכבות קצר ונתק של חוליה מסוג π .
- ב. מציאת הפרמטרים של החוליה בשיטת ייצוג Y .
- ג. חיבור של החוליה למקור מתח חילופין ולעומס ומדידת ההנחתה והפרש המופע כתלות בתדר.
- ד. סרטוט של האופיינים (אופיינים מקורבים).
- ה. חיבור של מספר חוליות בחיבור קסקדי.
- ו. מדידת העכבה האופיינית, של עכבות קצר ונתק של החיבור הקסקודי.
- ז. חיבור של המערכת למקור מתח ולעומס ומדידת ההנחתה והפרש המופע כתלות בתדר.
- ח. סרטוט של האופיינים (סרטוט מקורב).

ניסוי 1.11: מימוש של מסננת מעבירה נמוכים (LPF) באמצעות רכיבים סבילים (פסיביים)

- א. תכנון של רשת מסוג מעבירה נמוכים, על-פי הגבר ותדר קטעון נתונים.
- ב. בניית הרשת וחיבור של מקור מתח ועומס למסננת.
- ג. מדידת ההנחתה והפרש המופע בין אות המבוא לאות המוצא
- ד. סרטוט של האופיינים: תלות הערך המוחלט של ההנחתה בתדר, ותלות בתדר של הפרש המופע הנוצר. סימון ערכים אופיינים על גבי הסרטוטים.
- ה. חיבור של שתי חוליות מסנן בחיבור קסקודי וסרטוט חוזר של האופיינים כבסעיף ד.

ניסוי 1.12: מימוש של מסנן מעביר גבוהים (HPF) באמצעות רכיבים סבילים (פסיביים)

- א. תכנון של רשת מסוג מעבירה גבוהים, על-פי הגבר ותדר קטעון נתונים.
- ב. בניית הרשת וחיבור של מקור מתח ועומס למסננת.
- ג. מדידת ההנחתה והפרש המופע בין אות המבוא לאות המוצא
- ד. סרטוט של האופיינים: תלות הערך המוחלט של ההנחתה בתדר, ותלות בתדר של הפרש המופע הנוצר. סימון ערכים אופיינים על גבי הסרטוטים.
- ה. חיבור של שתי חוליות מסנן בחיבור קסקודי וסרטוט חוזר של האופיינים כבסעיף ד.

2. אלקטרוניקה ב'

א. ניסויים באלקטרוניקה תקבילית ב'

ניסוי 2.1: טרנזיסטור תוצא-שדה עם שער מבודד MOS-FET – כמתג

- חיבור של טרנזיסטור MOS-FET מסוג n במעגל מיתוג שבמבואו מחובר לחצן ומוצאו מחובר לעומס השראי. יש לדאוג לאמצעי הגנה כדי למנוע את פריצת הטרנזיסטור.
- מדידת נקודת העבודה של הטרנזיסטור כאשר הלחצן פתוח.
- מדידת נקודת העבודה של הטרנזיסטור כאשר לוחצים על הלחצן.
- חישוב של התנגדות הטרנזיסטור במצב הולכה.
- החלפת המפסק במקור מתח גל ריבועי.
- חיבור של משקף תנודות במבוא ובמוצא המערכת ומדידת צורות הגלים המתקבלות וסרטוטם.
- מתוך הגרפים, של הזרם המרבי בטרנזיסטור והמתח המרבי הפוך הנופל עליו.

ניסוי 2.2: מימוש של מגבר מכשור באמצעות מגברי שרת

- הרכבת מעגל מכשור המבוסס על שלושה מגברי שרת.
- מדידה של התנגדות המבוא והתנגדות המוצא של המגבר – בשיטת חצי המתח.
- בנייה של מעגל מדידה המבוסס על חיישן התנגדותי (חיישן אור, חיישן טמפרטורה או חיישן אחר) המחובר כחלק מגשר נגדים ומגבר מכשור הממומש באמצעות שלושה מגברי שרת המחוברים כמגבר מכשור.
- מדידה וסרטוט של מתח המוצא של המגבר כתלות בפרמטר הפיזיקאלי הנמדד.

ניסוי 2.3: מימוש של מד טמפרטורה המבוסס על דיודה כחיישן טמפרטורה

- מימוש של מד טמפרטורה המבוסס על דיודה המחוברת בממתח קדמי המשמשת כחיישן טמפרטורה, מעגל כיוול (גשר נגדים) לכיוול טמפרטורת 0° , ושני מגברי שרת המחוברים כמגבר הפרש המשמש להגברה ולכיוול רגישות $\frac{\Delta V}{\Delta T}$.
- חיבור הדיודה למעגל המאפשר את מדידת מפל המתח הקדמי עליה בתלות בשינויי טמפרטורה. מציאת רגישות החיישן לשינויי טמפרטורה, $\frac{\Delta V}{\Delta T}$.
- חיבור מעגל הכיוול. ביצוע כיוול טמפרטורת 0° .
- חיבור מוצא מעגל כיוול 0° למגבר השרת וביצוע כיוול של הרגישות הכוללת לפי נוחות המשתמש.

ניסוי 2.4: גלאי שיא ומיישר חצי גל מדויק

- מימוש של גלאי שיא באמצעות מגבר שרת, דיודה וקבל.
- חיבור של מתח ישר ומתח חילופין למבוא הגלאי ומדידת מתח המוצא.
- מימוש של מיישר חצי גל מדויק.
- מדידה וסרטוט של אות המוצא מהמיישר עבור אות סינוסואידלי במבוא.

* בנספח לתכנית מצורפת סכמה של מד טמפרטורה

ניסוי 2.5: מימוש של מסנן מעביר גבוהים, עם הגברה, באמצעות מגבר שרת

- א. תכנון של מסנן מעביר נמוכים להגבר, עכבת מבוא ולתדר חצי הספק דרושים. המסנן ממומש באמצעות מגבר שרת, קבל ושני נגדים.
- ב. בניית המסנן. מדידת הגבר המסנן ועכבת המבוא. השוואת תוצאות המדידה לערכי התכנון.
- ג. מדידה וסרטוט של האופיינים: תלות הערך המוחלט של ההנחתה בתדר, ותלות בתדר של הפרש המופע הנוצר בין האות במבוא למסנן לאות במוצא המסנן. סימון ערכים אופיינים על גבי הסרטוטים.

ניסוי 2.6: מימוש של מסנן מעביר נמוכים, עם הגברה, באמצעות מגבר שרת

- א. תכנון של מסננת מעבירה נמוכים להגבר, עכבת מבוא ולתדר חצי הספק דרושים. המסנן ממומש באמצעות מגבר שרת, קבל ושני נגדים.
- ב. בניית המסנן. מדידת הגבר המסנן ועכבת המבוא. השוואת תוצאות המדידה לערכי התכנון.
- ג. מדידה וסרטוט של האופיינים: תלות הערך המוחלט של ההנחתה בתדר, ותלות בתדר של הפרש המופע הנוצר בין האות במבוא למסנן לאות במוצא המסנן. סימון ערכים אופיינים על גבי הסרטוטים.

ניסוי 2.7: השפעת המשוב על מאפייני המגבר

- א. הרכבת מעגל המבוסס על טרנזיסטור דו-נושאי בחיבור פולט משותף. במעגל נגשי מחלק מתח המחברים לבסיס, נגד בקולט ונגד פולט שבמקביל אליו מחובר קבל עקיפה. במבוא המעגל ובמוצאו מחוברים קבלי עקיפה.
- ב. חישוב, מקורב, של התנגדות המבוא, התנגדות המוצא והגבר המגבר עם וללא קבל העקיפה.
- ג. מציאת היחס בין הפרמטרים השונים של המגבר, עם וללא משוב, ומציאת גורם המשוב β .
- ד. חיבור של מתח מקור סינוסי למבוא וגששי משקף תנודות למבוא ולמוצא של המגבר מדידת תגובת התדר של המגבר וסרטוט של עקום בודה מקורב עם קבל עקיפה וללא קבל עקיפה.
- ה. חישוב היחס בין ההגברים והשוואת תוצאת החישוב לתוצאה העיונית.
- ו. מדידת התנגדות המבוא והמוצא בתדר ביניים עם קבל עקיפה ובלעדיו.
- ז. חישוב היחס בין ההתנגדויות עם קבל עקיפה ובלעדיו והשוואת התוצאה לתוצאה העיונית.

ב. ניסויים באלקטרוניקה ספרתית ב'

ניסוי 2.9: הכרת פעולתם של דלגלים ומונים

- א. בדיקת פעולתם של הדלגלים המוכללים J.K.F.F-ו D.F.F, R.S.F.F.
- ב. סרטוט של טבלת העירור ושל טבלת המצבים של הדלגלים.
- ג. מימוש של מונה מעלה/מטה באמצעות מונה מוכלל (למשל 4510).
- ד. סרטוט של אות השעון במבוא ושל האותות במוצאי המונה, האחד מעל השני בהתאמה.
- ה. תכנון של מונה בעל ערך מניה הנמוך מערך המניה המרבי של המונה, באמצעות שימוש במבואות האיפוס של המונה ובשערים נוספים.
- ו. סרטוט של אות המבוא ומתחתיו אותות המוצא של המונה, בהתאמה.

ניסוי 2.10: אוגר הזזה ומונה

- א. מימוש של אוגר הזזה הפועל כמונה ג'ונסון (כגון 74194).
- ב. הטענת המונה באופן מקבילי וקבלת המידע ממנו באופן טורי.
- ג. מימוש של מחלק תדר המבוסס על המעגל המוכלל 4510, או על המעגל המוכלל 4017.

ניסוי 2.11: רב-רטט חד-יציב

- א. מימוש של רב-רטט חד יציב באמצעות שערים ממשפחת CMOS. מדידה וסרטוט של מתח המוצא בתלות בזמן. חישוב משך הזמן הלא יציב.
- ב. מימוש של מעגל חד יציב המבוסס על מעגל מוכלל (כגון 555). הפעלת החד יציב ובדיקת פעולתו במצב היציב ובמצב הלא יציב, כולל שינוי משך הזמן של המצב הלא יציב.
- ג. מדידה וסרטוט של צורות הגלים במוצא החד-יציב לפני הפעלתו, בזמן הפעלתו, ואחרי סיום פעולתו.

ניסוי 2.12: רב-רטט חופשי

- א. מימוש של רב-רטט חופשי באמצעות שערים לוגיים, או באמצעות מעגלי שמיט מוכלל (כגון: 4093). מדידת תדר הפעולה של רב-הרטט ומשרעת מתח האות הריבועי המתקבל במוצא רב-הרטט. סרטוט צורות הגלים המתקבלות במוצא רב-הרטט.
- ב. מימוש של רב-רטט חופשי באמצעות מעגל מוכלל (כגון 555). סרטוט של צורות הגלים המתקבלות בנקודות שונות במעגל. מדידת תדר התנודות.

ניסוי 2.13: ממיר מספרתי לתקבילי (D/A)

- א. מימוש של מעגל ממיר בסיסי באמצעות מעגל מוכלל (למשל DAC08), או באמצעות רכיבים בדידים לביצוע המרה מאות ספרתי (ברוחב של, לפחות, 4 ספרות) לאות תקבילי.
- ב. מדידה וסרטוט של המתח התקבילי המתקבל במוצא הממיר בתלות בצרוף הספרתי במבוא. חישוב כושר הבחנה של הממיר.

ניסוי 2.14: ממיר מתקבילי לספרתי (A/D)

- מימוש של ממיר מספרתי לתקבילי באמצעות רכיב מוכלל (למשל ADC0800). הפעלת הרכיב וסרטוט של אופיין ההמרה של הרכיב מתקבילי לספרתי. בדיקת הליניאריות ובדיקת כושר ההבחנה של הממיר.

מעגל למימוש מד טמפרטורה

