

## תוכן הקורסים (סילבוסים) בתכנית לתואר ראשון

### מטרות הקורס :

בקורס זה ילמד הסטודנט את היסודות הפיסיקליים של המוליכים למחצה. מטרת הקורס היא להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בתופעות הפיסיקליות במל"מ ושיקולים בנייתו התקני מל"מ.

**50003**  
**יסודות מוליכים למחצה**

**Semiconductors-A**

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא לפיסיקה של מצב מוצק.
2. מודל קוונטי של מצב מוצק, מבנה גבישי, פסי אנרגיה.
3. מושגי יסוד במל"מ - תכונות חשמליות של מל"מ.
4. רמות פרמי, צפיפות מצבים במל"מ.
5. מל"מ עצמותי ולא-עצמותי, היינון ונושאי מטען חופשיים.
6. ניידות נושאי מטען ומוליכות חשמלית.
7. פעפוע של נושאי המטען, משוואת הרציפות.
8. מדידות חשמליות במל"מ, תופעת הול.
9. תכונות אופטיות של מל"מ, ניסוי היינס-שוקלי.
10. צומת PN – ריכוז נושאי מטען ניידים.
11. אופיינים סטטיים של דיודת PN.
12. פריצות צומת PN, בקיעה, מפולת זנר.
13. מגע מתכת מל"מ, דיודת שוטקי.
14. התנהגות דינאמית של דיודה, מודל אות קטן ואות גדול, קיבול צומת וקיבול דיפוזיה, מיתוג דיודות.

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם:

50090 מבוא להנדסת חשמל

### ספרי לימוד:

1. אדיר בר-לב וגדי גולן, "מוליכים למחצה", 20402, בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1996.
2. אדיר בר-לב וגדי גולן, "התקני מוליכים למחצה ומיקרואלקטרוניקה", 20403, בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 2000.

### ספרי עיון:

1. D. A. Neamen, Semiconductor Physics and Devices, 3rd edition, McGraw Hill, New York, 2003.
2. Kasper S. O., Principles of Electrical Engineering Materials and Devices, McGraw-Hill' Boston, 1997.
3. Van Zeghbroeck, Bart J., "Principles of Semiconductor Devices", University of Colorado at Boulder, 1999. 5.  
<http://ece-www.colorado.edu/~bart/book>

**50005**  
**מעבדה להנדסת**  
**חשמל**

**Electrical**  
**Engineering**  
**Laboratory**

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50090 מבוא  
להנדסת חשמל

**מטרת הקורס:**

מטרת הקורס להקנות לסטודנט ידע בביצוע ניסויים במעגלים חשמליים בסיסיים. בקורס זה יכיר הסטודנט את מכשירי המדידה החשמליים: אנלוגיים וספרתיים, וילמד את חוקי מעגלי החשמל ומשפטי רשת באופן ניסיוני.

**הנושאים שיילמדו במעבדה:**

1. הכרת מכשירי מדידה ושיטות מדידה בזרם ישר ובזרם חילופין.
2. הכרת מחולל אותות ומשקף תנודות.
3. מעגלים פשוטים בזרם ישר.
4. משפטי רשת.
5. מעגלים בזרם חילופין.
6. גשרים בזרם ישר ובזרם חילופין.
7. תנודות במעגל טורי.
8. תנודות במעגל מקבילי.
9. רשתות הדדיות.
10. תהליכי מעבר במעגלים ליניאריים עם רכיב ראקטיבי אחד.
11. תהליכי מעבר במעגלים ליניאריים עם שני רכיבים ראקטיביים.

**ספרי לימוד:**

1. א. שנקמן, עורך, מעבדה להנדסת חשמל (מערכת ניסויים), המרכז לחינוך טכני, חולון, 1995
2. Hayt, W.H., Kemmerly, J.E., "Engineering Circuit Analysis", McGraw-Hill, 1986.

50006

## התקני מוליכים למחצה

### Semiconductor Devices - B

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50003 מוליכים למחצה א' (מל"מ א')

#### מטרות הקורס :

מטרת הקורס היא להקנות ידע תיאורטי ויישומי בתכונות החשמליות והאופטיות של חומרים, התקנים חל-קטבים ודו-קטבים, התקנים קולטי אור ופולטי אור. דגש יושם על הפיסיקה של פעולתם בשילוב עקרונות חישוב והבנה מערכתית של התקנים אלקטרוניים ואלקטרו-אופטיים. בקורס זה ילמד הסטודנט לבכיר התקני מוליכים למחצה בסיסיים.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. חזרה ליסודות מל"מ – משואות יסוד, פיסיקה של מצב מוצק.
2. תכונות אופטיות של מבודדים ומל"מ.
3. התקני צומת – טרנזיסטור צומת, התקנים רב-צמתיים (TRIAC, SCR)
4. התקני תוצא שדה – קבל, טרנזיסטור תוצא שדה (FET), טרנזיסטור (MOSFET), ו-CMOS.
5. התקני קולטי אור – גלאי אור וגלאי חום, תאים פוטו-וולטאים, התקנים פרואלקטריים.
6. התקני מל"מ פולטי אור – דיודה פולטת אור (LED), דיודת לייזר.
7. צגים – MEMS, CRT, TFEL, PLASMA, LCD.

#### ספרי לימוד:

1. אדיר בר-לב וגדי גולן, "מוליכים למחצה" בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה (קורס מספר 20402) – 1996.
2. אדיר בר-לב וגדי גולן, "התקני מוליכים למחצה ומיקרואלקטרוניקה" בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה (קורס מספר 20403) – 2000.
3. Barlev, A, "Semiconductors and electronic devices", Prentice Hall, New York 1993.
4. Van Zeghbroeck, Bart J., "Principles of Semiconductor Devices", University of Colorado at Boulder, 1999. 5. <http://ece-www.colorado.edu/~bart/book>

#### ספרי עיון:

1. Neamen D. A., Semiconductor Physics and Devices, McGraw-Hill, 2003.
2. Kasap S. O. Principles of Electrical Engineering Materials and Devices, McGraw\_Hill, 2003.
3. Sze S.M., "Physics of Semiconductor Devices", John Wiley & Sons, NY 1981.

50007

## מעבדה להתקנים אלקטרוניים א'

### Laboratory of Electronic devices - A

אופן הוראה: מעבדה

שעות בועיות: 3

נקודות זכות: 1.5

דרישות קדם: 50003 יסודות

מוליכים למחצה

### מטרת הקורס:

הקניית ידע וניסיון מעשי בעבודה מעגלים עיקריים המבוססים על דיודות וטרנזיסטורים. רעכישת ניסיון בעבודה עם מכשירי מדידה: רב מודד, אוסילוסקופ, מחולל אותות. מדידת נתונים ניתוח תוצאות והגעה למסקנות.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא לקורס, תוכניות ממוחשבות "דגם", ו- "MultiSim", הדמיה ממוחשבת.
2. דיודת הצומת PN.
3. מעגלי דיודות, מיישר.
4. דיודת זנר, מייצב.
5. מעגלי קיטום וריתוק.
6. טרנזיסטור הצומת.
7. מגבר טרנזיסטורי.
8. עוקב פולט.
9. טרנזיסטורי תוצא שדה צומתי (JFET) מעגלי JFET.
10. טרנזיסטורי תוצא שדה (MOSFET)
11. טייריסטור (SCR), טרייאק (TRIAC).

### ספרי לימוד:

1. אדיר בר-לב וגדי גולן "התקני מוליכים למחצה ומיקרואלקטרוניקה", 2000.
2. שמחה גילעם, זאב וייסמן. אלקטרוניקה תקבילית. כרך א' חלק 2, 1999.
3. Paul Horowitz, Winfield Hill, The Art of Electronics' Cambridge, 2000.
4. Denton J. Daily, "Electronic Device and Circuits", Prentice Hall, 2001.
5. Johan P. Borris, Semiconductor Devices Using Electronics Workbench, 2000.

50008

מיתוג ותכנון לוגי

Switching and  
Logic Design

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זיכוי: 3.5  
דרישות קדם: אין

מטרות הקורס:

הקניית ידע בסיסי בעקרונות מתמטיים של מערכות ספרתיות והכרת האריתמטיקה הבינרית שלהם. בנוסף ייסקרו שיטות של תכן לוגי במערכות צירופיות עם זיכרון ובלעדיו. כמו כן יידונו מערכות עקיבה סינכרוניות וא-סינכרוניות, משולבות במערכים לוגיים מוכללים.

הנושאים שילמדו בקורס:

1. ייצוג מספרים ובסיסי ספירה.
2. אריתמטיקה בינארית וקודים.
3. אלגברת מיתוג בוליאנית.
4. מערכות צירופים ומימושן.
5. שיטות מינימיזציה.
6. תכנון לוגי של מערכות צירופים.
7. מעגלים לוגיים בסיסיים.
8. תכנון לוגי במעגלים מוכללים.
9. מערכות עקיבה סינכרוניות
10. פישוט מערכות עקיבה ותכנון.
11. מערכות עקיבה א-סינכרוניות.

ספרי לימוד:

1. מערכות ספרתיות, מורי מנו, האוניברסיטה הפתוחה – 20272, (+ מדריך למידה), 1988.
2. Langholz, K., digital logic design Brown Publisher 1988.
3. Greenfield, Y. Practical Digital Design. John Wiley, 1983.
4. Mano, M. Digital Design, Prentice-Hall, 1984.
5. Katz, R. H. Contemporary Logic Design. Benjamin Cummings 1997.

50009

**מבוא למערכות  
ליניאריות**

**Introduction to  
Linear Systems**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 20154

מתמטיקה להנדסת חשמל

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר אותות ומערכות בסיסיים. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בניתוח וכתיבת משואות המתארות אותות ומערכות פיסיקליות.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מושגים בפתרון משואות דיפרציאליות ליניאריות בשיטות קלסיות, ובעזרת התמרות לפלס.
2. משפטי יסוד בהתמרות לפלס, משפטי הערך הסופי וההתחלתי, משפטי ההזזה בזמן ובתדירות (Shifting theorems), התמרות לפלס של אותות לא רציפים בעזרת משפט ההזזה.
3. נגזרת מורכבת.
4. תגובה להלם, אינטגרל הקונבולוציה ומשפט הקונבולוציה של מערכות ליניאריות רציפות.
5. ניתוח של מערכות מיכניות, חשמליות ואלקטרו-מיכניות על ידי משואות דיפרנציאליות ליניאריות, ופתרון בעזרת התמרות לפלס.
6. פונקציות תמסורת, ותאורן בעזרת אפסים וקטבים.
7. יציבות מערכות רציפות.
8. דיאגרמות מלבניות.
9. תאור מערכות ליניאריות במרחב מצב, ופתרון במישור הזמן והתדירות.
10. מערכות בדידות ומשואות הפרש. התמרת Z ושמושיה. יציבות מערכות בדידות, ניתוח במישור Z.

**ספר לימוד:**

1. ד"ר סידי, מ. מבוא למערכות ליניאריות: חוברת הדרכה. 1998

**ספרי עיון:**

1. Cheng, D. Analysis of Linear Systems. Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., 1974
2. D'Azzo, J. I. and Houpis, C. H. Linear System Analysis & Design: conventional and modern, 4th ed. New York : McGraw-Hill, 1995.
3. Lathi, B. P. Linear Systems and Signals, 2<sup>nd</sup> ed. New York : Oxford University Press, 2005.
4. ד"ר שקד ופרופ' פרנקנטל: מבוא למערכות ליניאריות, דיונון, 1978

**50010**  
**מעבדה**  
**לאלקטרוניקה**  
**תקבילית**

**Laboratory of**  
**Electronic**  
**Devices - B**

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50011 מעגלים  
אלקטרוניים ליניאריים

**מטרות הקורס:**

הקניית ידע בסיסי ועקרונות פעולה יסודיים של התקנים אלקטרוניים המבוססים על מגברי שרת בחוג פתוח וחוג סגור. כמו כן ילמד הסטודנט מסננים מסוגים שונים, משווה מעגלים מחוללים אותות והדמיה ממוחשבת של מעגלים בעזרת התוכנות **EWB - MultiSim**.

**הנושאים שיילמדו במעבדה:**

1. תכונות בסיסיות של מגבר שרת.
2. מגבר מהפך DC.
3. מגבר מהפך AC.
4. מגבר לא מהפך.
5. מגבר שרת עם ספק יחיד.
6. מגבר הפרש.
7. מסכם.
8. מגברי שרת עם דיודות.
9. משוים.
10. מעגלים עם משוב חיובי.
11. מסננים פעילים.
12. סוכם וגוזר.

**ספרי לימוד:**

1. אדיר בר-לב וגדי גולן "התקני מוליכים למחצה ומיקרואלקטרוניקה", 2000.
2. רון בימיה, "אלקטרוניקה תקבילית", כרך א-חלק 1.
3. William D. Stanley, "Operational amplifiers with Linear Integrated Circuits" NY, 1994.
4. Denton J. Daily, "Electronic Device and Circuits", Prentice Hall, 2001.
5. Robert F. Coughlin and Frederick K. F. Driscoll, Operational Amplifiers With Linear Integrated Circuit' Prentice Hall, 2001.

**50011**  
**מעגלים אלקטרוניים**  
**ליניאריים**

**Analog Linear**  
**Electronic Circuits**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50006 התקני  
מוליכים למחצה

**כללי:**

הקניית ידע בסיסי בעקרונות הפיסיקליים וההנדסיים של מעגלים אלקטרוניים אנלוגיים ליניאריים, ניתוח דרך פעולתם, תכנונם, מדידתם החשמלית והערכת ביצועיהם.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מערכות אלקטרוניות ועיבוד אותות.
2. מעגלים ליניאריים.
3. מגברי שרת.
4. דיודות ושימושי מעגלים לא-ליניאריים.
5. טרנזיסטורים ממשפחת תופעת השדה.
6. טרנזיסטורים בי-פולרים.
7. מגבר ההפרש.
8. מגברי הספק ודרגות מוצא.
9. תגובת תדר של מגברים.
10. מעגלי משוב.
11. מבוא למעגלים משולבים אנלוגיים.
12. מסננים, מגברים מוכוונים ומתנדים.

**ספרי לימוד:**

1. סדרה, סמית מעגלים מיקרואלקטרוניים. רמת-אביב, תל-אביב: האוניברסיטה הפתוחה, תש"ן. 1990.
  1. William D. Stanley. Operational Amplifiers with Linear Integrated Circuit, 1994, New York.
  2. Denton J. Daily, "Electronic Device and Circuits", Prentice Hall, 2001.
- Robert F. Coughlin and Frederick F. Driscoll' Operational Amplifiers with Linear Integrated Circuit' Prentice Hall' 2001



## 50012 המרת אנרגיה א'

### Energy Conversion

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות : 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50090 מבוא

להנדסת חשמל ; 50015 שדות

אלקטרומגנטיים

#### מטרות:

הקורס מכוון ללימוד מכונות חשמל שונות. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון מכונות חשמל.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. **שנאי**.  
מבנה, עיקרון פעולה, מעגלי תמורה, דיאגרמה פאזורית, פעולה בריקם ובקצר, מפל מתח, הפסדים, נצילות, עבודה במקביל, שנאי תלת פאזי, שנאי עצמי.
2. **מכונת השראה תלת פאזי**:  
מבנה, עיקרון פעולה, שדה מגנטי מסתובב, יחסים עיקריים, מעגל תמורה דיאגרמות פאזוריות, הפסדים ונצילות מומנט אלקטרומגנטי, מדידת פרמטרים, אופיינים מכניים, התנעת המנוע, וויסות המהירות.
3. **מכונה וגנרטור סינכרוני**:  
מבנה, עיקרון פעולה, יחסים עיקריים, משוואות, מעגלי תמורה, דיאגרמות פאזוריות, פעולה כמנוע וכגנרטור, מכונה סינכרונית לקיזוז הספק ריאקטיבי.
4. **מכונה וגנרטור לזרם ישר**:  
מבנה, עיקרון פעולה כמנוע וכגנרטור, תגובת העוגן, קומוטציה, אופיינים של גנרטור, סוגי החיבור, פעולה של שני גנרטורים במקביל, הפסדים ונצילות, אופיינים מכניים של מנוע לזרם ישר, וויסות המהירות.

#### ספרי לימוד:

1. McPherson, G. and Laramore, R.D. An Introduction to Electrical Machines and Transformers, John Wiley & sons, 1990.
2. Del Toro, V., Basic Electric Machines, Printice Hall, 1992.
3. Fitzgerald, A., Kingsley, Umans, S., Electric Machinery, McGraw-Hill, 1990.

#### ספרי עיון:

1. C.A. Gross, Electric Machines, CRC Press, 2007.
2. S.A. Nasar, Electric Machines and Electromechanics. Schaum's Outlines.

50013

**מערכות  
ספרותיות**

**Digital systems**

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50008 מיתוג  
ותכנון לוגי

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר את עקרונות הארכיטקטורה של המחשבים, שיטות ממשק בין יע"מ (CPU) לזיכרון והתקני קלט/פלט. מטרתו של הקורס היא הבנת הקשר בין ארכיטקטורה לאופן הפעולה של המחשב והבנת הקשר בין חומרת המחשב לתוכנה.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. חזרה על אריתמטיקה בינארית.
2. ייצוג ואחסון מספרים מסוג INTEGER ו- FLOATING POINT.
3. מבנה ה-ALU ב-IU. אלגוריתמים ויישומים: ADDITION, SUBTRACTION, MULTIPLICATION, DIVISION
4. מבנה ה-FPU. אלגוריתמים ויישומים: ADDITION, MULTIPLICATION
5. יחידת הבקרה: עקרונות ושיטות מימוש בחומרה.
6. עקרונות תכנון "צנרת" (PIPELINE).
7. ארגון מערכות מחשב, לוח אם, BUSES.
8. ארגון הזיכרון, זיכרון מחסנית, זיכרון מטמון, זיכרון וירטואלי, DMA.
9. תכנון מחשב בסיסי. HARDWIRED CONTROL.
10. תהליך פענוח וביצוע ההוראות. MICROOPERATIONS.
11. תכנון מחשב בסיסי. MICROPROGRAMMED.
12. יחידת קלט-פלט, ממשקים, פסיקות, רכיבי קלט/פלט.
13. שיקולי עלות ויעילות, BENCHMARKS.

**ספרי לימוד:**

1. Mano M., Computer System Architecture, Third Ed. Prentice Hall Inc., 1996
2. Hamacher V.C., Computer Organization, 4-th Ed., McGraw Hill, 1996

**ספרי עיון:**

1. Patterson D., Hennessy J., Computer Organization and Design, Morgan Kaufmann, 2001.
2. Hennessy J., Patterson D., Computer Architecture. A Quantitative Approach., Morgan Kaufmann, 1996.

**50014**  
**אותות ומערכות**  
**Signals and Systems**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 20153 מבוא  
למשוואות דיפרנציאליות,  
20152 חשבון אינפי 2.

**מטרות הקורס:**

מטרת הקורס היא להקנות לסטודנטים הבנה מעמיקה בניתוח אותות ומערכות ליניאריות וכן כלים ושיקולים בניתוח ותכנון מערכות ליניאריות. קורס זה מהווה בסיס מתמטי הכרחי לכל קורסי הנדסת האלקטרוניקה והתקשורת.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מושגים בסיסיים באותות רציפים ובאותו סינגולריים. מערכות רציפות בזמן- ניתוח במישור הזמן של מערכות ליניאריות קבועות בזמן.
2. תגובה להלם, אינטגרל הקונבולוציה ומשפט הקונבולוציה למערכות רציפות. שימוש במשוואות דיפרנציאליות לייצוג מערכות ופתרון במישור הזמן. תאור מערכת ליניארית במרחב מצב, ופתרונות משוות מצב.
3. התמרת לפלס ותכונותיה, התמרות לפלס של אותות סינגולריים, פונקציות תמסורת ותאורן בעזרת קטבים ואפסים. שימוש בהתמרת לפלס לפתרון משוואות דיפרנציאליות.
4. ייצוג מערכות בדיאגרמות מלבנים: יציבות של מערכות ליניאריות קבועות בזמן.
5. טורי פורייה ותכונותיהם, טור פורייה אקספוננציאלי וטיגונומטרי.
6. התמרת פורייה ותגובת תדר – ניתוח פורייה לאותות רציפים, תכונות התמרת פורייה. משפט פרסוול, משפט האפנון, משפט הדגימה ומשפט השחזור.
7. עקרונות מסננים רציפים.

**ספרי לימוד**

1. Oppenheim A.V., A.S. Willsky. Signals and Systems. Prentice Hall, 1987.
2. Gabel R.A., R.A. Roberts. Signals and Systems. Wiley, 1980.

**ספרי עיון מומלצים**

1. Hwei P. Hsu. Signals and Systems. Shaum's Outline of theory and problems. McGraw-Hill, 1995.
2. B. Girod, R. Rabenstein, A. Stenger. Signals and Systems. Wiley, 2001.
3. Bruce Carlson, Paul B. Crilly, Janet C. Rutledge. Communication Systems. 4th edition. McGraw-Hill, 2002.
4. Houpis L.H., J. D'Azzo. Feedback Control System Analysis and Synthesis. 2nd edition. McGraw-Hill, 1986.
5. Papoulis A., The Fourier Integral and its Application. McGraw-Hill, 1962.

50015

שדות

אלקטרומגנטיים

Electromagnetic  
Fields

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 20154  
מתמטיקה להנדסת חשמל,  
20157 פיסיקה 2

### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר תכונות בסיסיות של שדות אלקטרומגנטיים. בנוסף להקניית בנושאי הלימוד, מטרת הקורס היא להקנות דרך חשיבה ושיטות עבודה המובילות לפתרון בעיות פיסיקליות. פתרון של בעיות פיסיקליות רבות דורשות שימוש במתמטיקה – השיטות המתמטיות המיושמות בקורס מהוות חלק אינטגרלי של הקורס. על הסטודנט להיות בקי בשימוש בשיטות אלה.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. חוק קולון, שדה חשמלי, שטף של שדה וקטורי, חוק גאוס, פוטנציאל, אנרגיה חשמלית.
2. מוליכים בשדה אלקטרוסטטי, קבלים, חומר דיאלקטרי בשדה אלקטרוסטטי, שדה הקיטוב, שדה העתקה.
3. משוואות פואסון / לפלס..
4. זרם חשמלי, צפיפות זרם, משוואת הרציפות, חוק אום, כוח אלקטרומניע.
5. צפיפות השטף המגנטי, חוק ביו-סוור, חוק אמפר, חוק גאוס למגנטיות, פוטנציאל וקטורי מגנטי, חוק פרדיי. תכונות מגנטיות של חומרים, מגנטיזציה, השדה המגנטי, אנרגיה מגנטית.
6. משוואות מקסוול, משפט פוינטינג, משוואות מקסוול וגלים אלקטרומגנטיים.

### ספרי לימוד:

1. Roald K. Wangsness, Electromagnetic Fields, 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley 1985.
2. David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, 3<sup>rd</sup> Ed., Prentice-Hall 1999.

### ספרי עיון:

3. W.H. Hayt, Jr. and J. Buck, Engineering Electromagnetics, 6<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, 2001.
4. D. Cheng, Fundamentals of Engineering Electromagnetics, Adisson-Wsley, 1993.

## 50016 מעגלים ספרתיים

### Digital Circuits

אופן הוראה: שיעור ותרגול

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50006 התקני  
מוליכים למחצה

#### מטרות הקורס:

מטרת הקורס היא להקנות ידע תיאורטי ויישומי בתחומי מעגלים אלקטרוניים ספרתיים, דרך פעולתם, תכנונם, מדידתם החשמלית והערכת ביצועיהם, עם דגש בטכנולוגיות שונות ליצירת מהפכים במשפחות לוגיות שונות ותכנון בסיסי את המעגלים ספרתיים בשיטות CMOS ו- PTL-CMOS. בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מעגלים ספרתיים בסיסיים באמצעות פונקציות התימסורת שלהם ויישומם במערכות ספרתיות כמו זיכרון של מחשב.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא לאלקטרוניקה ספרתית.
2. טרנזיסטור BJT וטרנזיסטור MOS כמתג.
3. טרנזיסטורים CMOS ושערים לוגיים.
4. שערים לוגיים ממשפחות DTL, III L ו- TTL.
5. שערים לוגיים ממשפחת ECL.
6. תכנון מעגלים ספרתיים בטכנולוגיה CMOS.
7. טכנולוגיית PTL.
8. תכנון מעגלים ספרתיים בעזרת PTL.
9. רב רטט ומחולל גל-מרובע ספרתי.
10. זיכרונות מל"מ סטטיים ודינמיים, RAM, ROM, ו- PAL.
11. ממיר A/D ו- D/A.

#### ספרי לימוד:

1. שמעוני, אורי. אלקטרוניקה ספרתית. האוניברסיטה הפתוחה, 1997.
2. Sedra, A.S. and Smith, K.C. Microelectronic Circuits, 4<sup>th</sup> ed. New York : Oxford University Press, 1998.
3. Neamen, Donald A. Microelectronics: Circuit Analysis and Design, 3<sup>rd</sup> Ed. Boston : McGraw-Hill, 2007.

#### ספרי עיון:

1. Horowitz, P. and Winfield, H. The Art of Electronics. Cambridge University Press 2<sup>nd</sup> Ed. 1989.

50018

## בקרה א'

### Introduction to Control Theory

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50009 מבוא  
למערכות ליניאריות

כללי:

הקורס מכוון ללימוד היסודות של תורת הבקרה הליניארית וכולל בחלקו הראשון אנליזת יציבות של מערכות משוב בשיטות שונות ובחלקו השני תכנון מערכות משוב קנוניות.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מערכות משוב אוטומטיות – מבוא קצר.
2. דיאגרמות זרימה וחוקי מייסון.
3. הגדרת יציבות – קריטריון RH.
4. שיטת RL.
5. דיאגרמות נייקוויסט וקריטריון היציבות של נייקוויסט.
6. שגיאת המצב המתמיד של מערכות בקרה.
7. שולי יציבות: שולי הגבר ושולי מופע.
8. עקרונות התכנון באמצעות תיקון חוג פתוח, רשתות פיצוי.
9. תכנון בקרתי של מערכות יציבות בפאזה מינימאלית.
10. תכנון בקרתי של מערכות לא יציבות ומערכות שאינן בפאזה מינימאלית.

#### ספרי לימוד:

1. בקרה א' – חוברת לימוד מאת ד"ר מרסל סידי. פרסום פנימי של המכון הטכנולוגי חולון.

#### ספרי עיון:

1. D'Azzo J. J. and Houpis, C. H. Linear Control System Analysis & Design, Conventional and Modern, New York : McGraw-Hill, 1998.

כללי:

במסגרת הסמינריון הטכנולוגי יופיעו מרצים שונים בנושאים טכנולוגיים בעלי עניין בתחומי האלקטרוניקה. הסטודנטים חייבים להשתתף בסמינריונים הנ"ל בהיקף מינימאלי של ארבע פגישות בזמן לימודיהם. הסטודנט חייב להירשם אצל רכז הסמינריונים, בכל פעם שהוא משתתף בסמינר טכנולוגי.

#### דרישות הקורס:

מינימום השתתפות בארבעה סמינריונים במהלך שנות הלימוד.

50019

## סמינר טכנולוגי

### Technological Seminar

אופן הוראה: שיעור  
שעות שבועיות: 1  
נקודות זכות: ללא נקודות זכות  
דרישות קדם: אין

50023

**מעבדה לרכיבים מוכללים לוגיים**

**Laboratory of Logic Digital Circuits**

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50008 מיתוג ותכנון לוגי

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מעגלים מוכללים בסיסיים. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון מערכי מעגלים מוכללים ספרתיים והדמיה ממוחשבת.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. שערים לוגיים EXCLUSIVE-OR, AND, OR, NOT, NAND שילוב שערים, טבלת אמת ואלגברה בוליאנית.
2. מעגלים בסיסיים של TTL ו-DTL, קולט פתוח. מעגלים בסיסיים של ECL ו-CMOS, רמות לוגיות, קשר בין משפחות לוגיות.
3. דלגלים RS (FLIP-FLOPS), D ו-JK והשימוש בהם במעגלים.
4. קוצב (TIMER) 555.
5. ומונה בינארי אדווה (COUNTER).
6. ממיר ספרתי לתקבילית (DAC), ממיר תקבילית לספרתית (ADC).
7. מקודד, מפענח, מרבב ומפלט.
8. ALU - יחידה אריתמטית-לוגית

**ספרי לימוד:**

1. ניסויי מעבדה "לוגיקה ספרתית", קורס ג' חשמל, 1985
2. דגם, מעגלים לוגיים 1, 2, 3 בית ספר להנדסאים, אוניברסיטת ת"א.
3. Paul Horowitz, Winfield Hill, The Art of Electronics
4. Degem, Laboratory Learning Activities, Courses 131-134, 220.

**ספרי עיון:**

1. H. Taub, Digital Circuits and Microprocessors, 1982.
2. Theodoze F. Bograt, Electronic Devices and Circuits, 1997.

50024

הנדסת תקשורת א'

Communication  
Engineering A

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבועיות 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50074 אותות

אקראיים במקביל

### מטרות הקורס:

קורס זה הנו קורס יסוד בהנדסת תקשורת המהווה מבוא לשרשרת של קורסי התמחות בתחומים שונים של הנדסת תקשורת. הקורס מקנה ידע והבנה מעמיקה לסטודנטים בנייתוח ותכנון מערכות תקשורת אנלוגית וכן ידע בסיסי בתורת המידע, בתקשורת אופטית, בתקשורת נתונים ונוסף על כך את עקרונות היסוד של תקשורת ספרתית.

### הנושאים שילמדו בקורס:

1. דיאגרמת בלוקים של מערכות תקשורת – עקרונות תורת המידע, אנטרופיה ומשפט שאנון, קיבול ערוץ. ניתוח סוגי ערוצים במערכות תקשורת ותופעות שונות בערוצים.
2. חזרה על אותות ומערכות, התמרות פורייה ותהליכים אקראיים – ייצוג אותות ומערכות במעטפת הקומפלקסית.
3. שיטות אפנון אנלוגיות - אפנון ליניארי, אפנון VSB, AM, SSB, DSB. ייצוג זמני ותדרי של האותות המשודרים. ינותחו מבנה משדרים, מבנה מקלטים.
4. אפנון זווית – אפנון תדר ופאזה. ייצוג זמני ותדרי של האותות המשודרים. ינותחו מבנה משדרים, מבנה מקלטים. עקרונות PLL.
5. ניתוח ביצועי מערכות תקשורת אנלוגיות בנוכחות רעש.
6. שיטות קידוד ערוץ line coding ניתוח ADPCM, PCM.
7. חישובי מאזן הספקים בתקשורת אנלוגית.
8. עקרונות תקשורת ספרתית ומדדי ביצוע בתקשורת ספרתית

### ספר לימוד:

1. L.W. Couch., "Digital and Analog Communication Systems", 5th Ed., Prentic-Hall, 1997.
2. Carlson, A.B., "Communication Systems", 4th Ed., McGraw-Hill, 2000.

### ספרי עיון:

1. Stremier, F. G., "Introduction to Communication Systems", 3rd Ed, Addison-Wesley, 1990.
2. Haykin, S.S., "Communication Systems", 2nd Ed., Wiley, 1983.
3. Schwartz, M., "Transmission Modulation and Noise", McGraw-Hill, 1990.
4. Taub, H., D.L. Schilling, "Principles of Communication Systems", 2nd Ed., McGraw-Hill, 1986.



50025

## הינע חשמלי

### Electric Drives

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50012 המרת

אנרגיה א'

### מטרות:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר תכונות בסיסיות של מעגלי הינע חשמליים. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח מערכות הינע חשמלי.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. **הינע חשמלי המבוסס על מנוע DC.**  
אופיינים מכניים, עבודה כמנוע וכבלם. שיטות התנעה וויסות המהירות. מקורות הזנה למנועים DC.
2. **הינע חשמלי המבוסס על מנוע AC.**  
אופיינים מכניים. עבודה כמנוע וכבלם. שיטות התנעה וויסות המהירות. מקורות הזנה למנועים AC.
3. **בחירה הספק של המנוע.**  
שיטות בחירה שונות לפי דרישות מכניות.

### ספרי לימוד:

1. El-Sharkawi, A. Fundamentals of Electric Drives. Brooks/Cole, 2000.
2. G. P. Dubey, Fundamentals of Electric Drives. Alpha Science International Ltd. 2001.

### ספרי עיון:

1. Boldea, I. and Nasar, S. A. Electric Drives. Boca Raton, McGraw-Hill, 1998.
2. Subrahmanyam, V. Electric Drives. McGraw-Hill, 1996.

## 50028 מיקרופרוססורים Microprocessors

אופן הוראה: שיעור ותרגול

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 60001 תכנות,

50008 מיתוג ותכנון לוגי.

### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט את עקרונות הארכיטקטורה של המיקרופרוססורים, שיטות ממשק בין מעבד לזיכרון ורכיבי קלט/פלט, ותכנות בשפת סף (ASSEMBLY).

מטרתו של הקורס היא הבנת הקשר בין ארכיטקטורה לאופן הפעולה של המעבד, הבנת הקשר בין חומרה לתוכנה, ידע תיאורטי ומעשי בתכנון ובתכנות מעגלים משובצים מיקרו מעבד. הקורס מבוסס על מיקרופרוססור מסוג פנטיום.

### הנושאים שילמדו בקורס:

1. ארכיטקטורה ואופן הפעולה של המיקרו-מעבדים.
2. עקרון השימוש ב"צינורות" (PIPELINES).
3. עקרונות זיכרון המטמון (CACHE MEMORY).
4. מרחב הזיכרון ומרחב קלט/פלט, מיפוי ותזמון (TIMING).
5. סוגים של אוגרים.
6. פסיקות.
7. ארכיטקטורה של FPU והשוואה לארכיטקטורה של IU.
8. קידוד ההוראות באסמבלי, שיטות מיעון, הכרת אוצר ההוראות וכתובת תכניות.
9. הכרת הארכיטקטורה של מעבד ברמה של "SYSTEM PROGRAMMER".
10. מאפייני שיטת ה-PROTECTED MODE.
11. חיבור המעבד לממשק קלט/פלט, הכרת ותכנות רכיבים מתוכנתים.
12. מחשב PC כמערכת מבוססת מיקרו-מעבד פנטיום.
13. עקרונות המיקרו-בקרים.

### ספרי לימוד:

1. Brey, B.B. The Intel microprocessors architecture, programming, and interfacing, 7<sup>th</sup> ed. Prentice-Hall, 2006.
2. Buchanan, W. and Wilson, A. Advanced PC Architecture. Harlow, England : Addison-Wesley, 2001
3. Hamacher V.C., Vranesic, Z. G. and Zaky, S. G. Computer Organization, 4-th ed. New York : McGraw-Hill, 1996

### ספרי עיון:

1. Intel, Pentium Processor Family, Developer's Manual, 1997.
2. Intel, Architecture Software, Developer's Manual, 1997.
3. פולק, שרה, ד"ר טירר, נוגל מבוא להנדסת מחשבים: מבוא למיקרו מחשבים ולמיקרו מעבדים. האוניברסיטה הפתוחה, 2004

50029

## מבוא למיקרוגלים

### Introduction to Microwaves

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50046 גלים  
ומערכות מפולגות

#### מטרות:

הקורס מלמד תכונות בסיסיות של מעגלי מיקרוגלים פסיביים, ושיקולי ניתוח ותכנון התקני ורכיבי מיקרוגל בסיסיים.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. סקירה על ההתפתחויות בתחומי המיקרוגל ורכיבי מיקרוגל.
2. אופני TE, TM ו-TEM.
3. אופייני וחשובי גלבו מלבני, גלבו גלילי, גלבו משוגם.
4. קווי תמסורת מעשיים: קואקסיאלי, מיקרוסטריפ, סטריפליין.
5. חישובי רשתות במיקרוגל.
6. רכיבים פאסיביים במיקרוגל: מתאמי הספק, מפצלים, מצמדים, מהודים ומסננים.
7. פריטים במיקרוגל אופיינים ויישומים.
8. סקירה על מכשור בדיקה במיקרוגל.

#### ספרי לימוד:

1. Pozar, D.M., "Microwave Engineering", 2nd Ed., Addison-Wesley, 1998.
2. Rizzi, P.A., "Microwave Engineering: Passive Circuits", Prentice-Hall, 1988.
3. Collin, R.E., "Foundations for Microwave Engineering", 2<sup>nd</sup> Ed.

#### ספרי עיון:

1. Elliott, R.S., "An Introduction to Guided Waves and Microwave", McGraw-Hill, 1992.
2. Harrington, R.F., "Time-Harmonic Electromagnetic Fields", McGraw-Hill, 1961.

**50030**  
**מעבדה**  
**למיקרופרוססורים**

**Microprocessors**  
**Laboratory**

אופו הוראה: מעבדה  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50028  
מיקרופרוססורים

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר ולהשתמש במעגלים עם מיקרופרוססור. מטרתו של הקורס היא להקנות לסטודנטים הבנה בסיסית וידע מעשי בתכנות המיקרופרוססורים ממשפחת X86 (כולל פנטיום), רכיבים מתוכנתים (כמו PPI, TIMER, PIC, UART) ותכנות מיקרו-בקרים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. פסי נתונים (BUSSES) של PC.
2. תוכנת ASSEMBLY ותוכנת DEBUG.
3. פונקציות של BIOS.
4. פסיקות – הגדרה ושימוש.
5. עבודה משולבת C++/C ואסמבלי.
6. הכרת תקשורת טורית ומקבילית, ביצוע פרוטוקול תקשורת.
7. הכרה ותכנות של המיקרו-בקר R8C.

**ספרי לימוד:**

1. ד"ר נ. טירר, מעבדה למיקרופרוססורים (50030), חוברת ניסויים, מכון טכנולוגי חולון, 2001.
2. Brey B.B., The Intel Microprocessors Architecture, Programming and Interfacing, Fifth Edition, Prentice Hall, Inc., 2000 .

**ספרי עיון:**

1. שרה פולק, ד"ר נוגל טירר, מבוא למיקרו מחשבים ולמיקרו מעבדים, האוניברסיטה הפתוחה, 2004.
2. משפחת מיקרו – 8086/88 – בית הספר של האוניברסיטה הפתוחה, 1990
3. Intel, Pentium Family User's Manual, vol.1, Data Book, chap. 1,2. 1994 Vol. 3, Architecture and Programming Manual, chap. 1-6, 15, 25, 1995
4. Renesas, R8C Microcontroller, 2006.

50033

## התפשטות גלים

### Waves Propagation

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50046 גלים

ומערכות מפולגות

### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט עקרונות בסיסיים בהתפשטות הגלים בטווחים ובתנאי התפשטות שונים, הוא יכיר את מנגנוני הפיזור לאורכי גל שונים. הסטודנט ילמד חיזויי הפסד וכיר תוכנות לאומדן התפשטות הגלים.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. חזרה על תכונות בסיסיות של גלים.
2. קירובי האופטיקה הגיאומטרית.
3. עקיפת פראונהופר ופרנל.
4. תהליכי התפשטות טרופוספרית ופיזור גלים בתדרי רדיו ומיקרוגל.
5. אטמוספירה סטנדרטית ולא-סטנדרטית.
6. השפעת הקרקע (החזרה, פיזור ועקיפה) על התפשטות גלים.
7. התפשטות רב-מסלולית ודעיכות. ינוספירה: התפשטות גלים ביונספירה. התפשטות גלים בתנאי קו ראייה באזורים כפריים ובאזורים עירוניים בלתי-צפופים.
8. אפייני התפשטות בפס רחב, חיזוי הפסדי התפשטות, תוכנות לאומדן התפשטות גלים. פיתוחים בתחומי התפשטות גלים.

### ספרי לימוד:

1. Rohan, P., "Introduction to Electromagnetic Waves Propagation", Artech House, 1991.
2. Siwiak, K., "Radiowave Propagation and Antennas for Personal Communications", Artech House, 2nd Ed, 1998.
3. Giger, A.J., "Low-Angle Microwave Propagation: Physics and Modeling", Artech House, 1991.

### ספרי עיון:

1. Parsons, J.D., "The Mobile Radio Propagation Channel", Pentech Press, 1992

50035

**פוטוניקה  
ומערכות אלקטרו-  
אופטיות**

**Photonics and  
Electro-optics  
systems**

אופן הוראה : שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות : 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50015 שדות  
אלקטרומגנטיים

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר עקרונות בסיסיים באלקטרו-אופטיקה ושימושיהם בתקשורת אופטית

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מושגי תקשורת אלקטרו-אופטיקה / הקדמה
2. האור כתופעה גלית אלקטרו-מגנטית, גלים מישוריים וכדוריים, דיספרסיה
3. מושגים בסיסיים באופטיקה גיאומטרית, רזולוציה במכשור אופטי, סיב אופטי.
4. רדיומטריה ופוטומטריה ושימושיהם.
5. מקורות לקרינה אלקטרו-מגנטית אופטית: תרמיים, קוונטיים.
6. גלאים לקרינה א"מ, מכפיל אור, פוטומולר, פוטודיודות, פוטורנזיסטור, פרמטרים אופטיים וחשמליים של גלאים.
7. מערכות אופטיות לתקשורת בסיבים ובאטמוספירה.

**ספרי לימוד:**

1. S. O. Kasap. Optoelectronics and Photonics. Prentice - Hall, NJ, 2001.

**ספרי עיון:**

1. J. C. Palais. Fiber Optic Communications. Prentice - Hall, NJ, 1999.
2. S. O. Keiser. Optical Fiber Communications. MacGraw Hill, NY, 1983.

## מטרת הקורס:

בקורס זה ירכוש הסטודנט בתכונות הבסיסיות של אנטנות וקרינה, יבין את המשמעות של הפרמטרים החשובים כגון: עקום קרינה, שבח, וכיר סוגים שונים של אנטנות ומערכי אנטנות.

## הנושאים שיילמדו בקורס:

1. יסודות של קרינה אלקטרומגנטית, משוואות מקסוול, פוטנציאל סקלרי ווקטורי, קרינה מאלמנט קצר, קרינה מלולאה נושאת זרם, הדיפול של הרץ.
2. מושגים ופרמטרים בסיסיים בתורת האנטנות, קואורדינטות כדוריות, הדיפול האלמנטארי, האזורים הקרובים והרחוקים, עקום קרינה, כיווניות, שבח והגבר, התנגדות קרינה, אימפדנס אנטנה, קרינה מפילוג זרם כלשהוא.
3. אנטנות דיפול חצי אורך גל, עקום קרינה, אימפדנס האנטנה – גישה ניסויית וגישה עיונית.
4. שיטות חישוביות בתורת האנטנות, המשוואה האינטגרלית של Hallen, שיטת המומנטים לפתרון משוואות אינטגרליות.
5. מערכי אנטנות, גורם המערך, עקרון הכפלת התבנית, מערך חד ממדי, מערכי broadside ו-enfire, מערך פאזה.
6. מערכי אנטנות, מערכים מישוריים, השפעת קרקע מוליך מושלם על קרינת האנטנה, דיפולים אלמנטאריים אנכיים מעל קרקע מוליך מושלם, דיפולים ומונופולים סופיים אנכיים מעל קרקע מוליך מושלם, אנטנת יאגי-הודה ותכנונה.
7. אנטנות מפתח, ספקטרום של גלים מישוריים, קרינה בשדה רחוק.
8. אנטנות ליניאריות, דיפול בעל אורך סופי, התפלגות הזרם לאורך האנטנה, השדה האלקטרומגנטי באזור הרחוק, ההספק המוקרן ע"י אנטנה חוטית, התנגדות הקרינה והכיווניות של אנטנה חוטית.
9. קרינה ממפתח מלבני וממפתח עגול, וממפתח אחיד עם הזת פאזה ליניארית, מחזיר פרבולי.
10. סינתזה של מערכי אנטנות, שיטת טור פורייה, מערך בינומי, מערך צ'בישב.
11. תכונות הקליטה של אנטנות, משפט ההדדיות, שטח חתך אפקטיבי של אנטנה, הפסדי קיטוב, משוואת התקשורת של Friis, משוואת המכ"מ, תכונות הקליטה של דיפול חצי אורך גל.
12. זרמים ושדות אקוויוולנטיים, קרינה ממפתחים שונים, אנטנות מודפסות ואנטנות מיקרוסטריפ.

## ספרי לימוד:

1. Balanis, C.A., "Antenna Theory - Analysis and Design", Wiley, Inc., 2<sup>nd</sup> Ed., 1982.
2. W. L. Stuzman, G. A. Thiele, Antenna Theory and Design, John Wiley, 1981.

## ספרי עיון:

1. D. Pozar, Antenna Design using Personal Computer, Artech House..

**50043**  
**מערכות הספק א'**  
**Power Systems 1**

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50012 המרת  
אנרגיה א'

**מטרות הקורס:**

מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט ידע בתחום של מערכות הספק חשמליות לסוגיהן. בקורס זה ילמד הסטודנט לנתח את המערכות, יכיר תכונות בסיסיות ועקרונות של תכנון מערכות הספק.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. תיאור כללי של מערכות הספק.
2. פרמטרים בסיסיים של מערכות הספק; קווי תמסורת וכבלים שנאים, מחוללים סינכרוניים.
3. מעגלי תמורה של קווי תמסורת, שנאים, מחוללים ועומסים. מעגל תמורה חד-פאזי של מערכת הספק מסובכת.
4. קווים ארוכים, בינוניים וקצרים: תכונות ופתרונם; חישוב מפלי מתח והפסדי הספק.
5. עומסים מחושבים בצמתים ורשתות שקולות במפלסי מתח שונים.
6. חישוב זרימת ההספקים ברשתות סגורות
7. חישוב וניתוח רשתות: שיטות מתחי צמתים וזרמי חוגים, פיתרון בשיטת האיטרציה.
8. חישוב מערכת הספק מסובכת בעזרת מחשב.
9. בעיות מיוחדות במערכות הספק.
10. תכנון בסיסי של רשתות חלוקה.
11. תכנון טכנו-כלכלי של מערכות הספק במתח עליון.

**ספרי לימוד:**

1. Gonen, T. Modern Power System Analysis. New York : Wiley, 1988
2. El-Hawary, Mohamed, Introduction to Electrical Power Systems, Wiley Press, 2008.

**ספרי עיון:**

Nasar, Syed A. and Truff, Frederick C. Electric Power Systems. Boca Raton, Fla. : CRC Press, 1999



50046

## גלים ומערכות מפולגות

### Waves and Distributed Systems

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50015 שדות  
אלקטרומגנטיים

#### מטרות הקורס:

הקורס מלמד את נושא הגלים המישוריים ואת תכונותיהם, קווי תמסורת, ניתוח תופעות מעבר במעגלים של קווי תמסורת, ניתוח מעגלי קו תמסורת במצב מתמיד סינוסואידלי.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. חזרה על משוואות מקסוול.
2. תנאי שפה.
3. משוואות התפשטות הגלים, גלים מישוריים.
4. התפשטות הגלים האלקטרומגנטיים בתווך עם הפסדים.
5. החזרה ושבירה של גלים אלקטרומגנטיים בגבול בין שני חומרים מבודדים.
6. קווי תמסורת - הגדרות, מושגים, משוואות.
7. תופעות מעבר בקווי תמסורת.
8. קווי תמסורת במצב מתמיד סינוסואידלי.
9. משוואות הטלגרפיה.
10. תיאום קווי תמסורת.
11. דיאגרמת סמית ושימושיה.
12. קווי תמסורת עם הפסדים.

#### ספרי לימוד:

1. Rao, N.N., "Elements of Engineering Electromagnetics", Prentice-Hall, 5<sup>th</sup> Ed., 2000.

ספרי עיון:

1. Ishimaru, A., "Electromagnetic Wave Propagation, Radiation and Scattering", Prentice-Hall, 1992.
2. Ramo, S., J.R. Whinnery, T. Van Duzer, "Fields and Waves in Communication Engineering", 3<sup>rd</sup> Ed., Wiley, 1994.

**50047**  
**מעבדה להמרת**  
**אנרגיה**

**Conversion**  
**Laboratory Energy**

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50012 המרת  
אנרגיה א' (ניתן ללמוד המעבדה  
במקביל לקורס).

**מטרות הקורס:**

בקורס זה יכיר הסטודנט באופן מעשי את מכוונת החשמל לסוגיהן, אופני פעולתם, התכונות המיוחדות לכל מכוונה ואופן מדידת פרמטרי המכוונות, אחד מהניסויים יבוצע בעמדה ממוחשבת.

**הנושאים שיילמדו במעבדה:**

1. שנאי תלת-פאזי:  
בדיקות בידוד, קריאת תכונות השנאי מתוך הבדיקות בקצר ובריקם.  
בדיקות בעומס. עבודת שנאים במקביל.
2. מכוונה לזרם ישר בפעולה כמחולל:  
בדיקת מחולל בעירור זר, בעירור מקבילי, בעירור מעורב, כמחולל במקביל לרשת חברת החשמל.
3. מכוונה לזרם ישר בפעולה כמנוע:  
בדיקת מנוע בפעולות ריקם ועומס. ויסות מהירות מנוע בעירור מקבילי ע"י נגד נוסף.
4. מכוונת השראה בפעולה כמנוע:  
בדיקת מנוע בפעולות ריקם, קצר ועומס. בדיקת הפעלת מנוע תלת-פאזי בהזנה חד-פאזית.
5. מכוונת השראה בפעולה כמחולל בעירור קיבולי: פעולה ללא עומס, פעולה בעומס וכמחולל במקביל לרשת חברת החשמל.
6. מכוונה סינכרונית כמחולל וכמנוע:  
בדיקות בידוד, בדיקות הפעלה כמחולל בפעולות ריקם ובקצר.  
אופיין הויסות של מחולל סינכרוני. מחולל סינכרוני בפעולה במקביל לרשת.
7. קבוצות חיבורים לשנאי תלת-פאזי, לימוד השפעת אופן החיבור על הפאזה.
8. ממיר AC/AC, אינברטור.

**ספרי לימוד:**

1. A. Fitzgerlad, Ch. Kingsley, Electric Machinery, McGraw-Hill, 1983.
2. Stephen J. Chapman, Electric Machinery Fundamentals, McGraw-Hill, 1985.
3. S. A. Nasar, Handbook of Electric Machines, McGraw-Hill, 1987.
4. Paul C. Krause, Analysis of Electric Machinery, McGraw-Hill, 1986.

50048

## מימוש של מסננים

### Filter Synthesis

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50081 תורת  
הרשתות, 50011 מעגלים  
אלקטרוניים אנלוגיים

כללי:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר תכונות בסיסיות של סינתזה ברשתות ובמסננים. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון מסננים.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. פונקציות אנרגטיות, פונקציה חיובית וממשית, פונקציה היגבית.
2. מימוש רשתות - דו קוטביות: RL, RC, LC.
3. שיטות מימוש רשתות RLC דו-קוטביות, רשתות זוגיות,
4. מסננים פסיביים, סיווג פונקציות שלהם, טרנספורמציה בתדר, מימושם.
5. מסננים אקטיביים: מסננים Sallen Key, טווח אינסופי ו-Biquad.
6. מימוש טבלאות לסינתזה של מסננים.
7. מסנני (קבל ממותג) SC, מסננים סוג R, מסננים סוג C, מסננים סוג OTA-C.

### ספרי לימוד:

1. Natarajan, S. Theory and Design of Linear Active Networks. New York : acmillanPub. Co., 1987.
2. Ghaussi, M. S. and Laker, K.R. Modern Ffilter Design : Active RC and Switched Capacitor. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1981

### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר תכונות בסיסיות של מערכות הספק אלקטרוניות. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון ממירי ומייצבי מתחים.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. עיבוד הספק, ממירי DC-DC PWM בסיסיים, ממירי PWM מתקדמים ZETA.
2. ממירים עם בידוד DC, FLYBACK, FORWARD, ממירים גל מרובע, אנליזה של ממירים.
3. שיטת משוואות המצב הממוצעות, פונקציות תמסורת של ממירים,
4. תכנון מעגלי משוב לקבלת יציבות,
5. ממירי תהודה וממירי סף תהודה, יתרונות וחסרונות של ממירי תדר משתנה בהשוואה לממירי PWM.
6. ממירי zero current-zero voltage switching, ממירים מבוססים על מעגלי קבל מיתוג, ממירי PWM soft switching, ממירי current zero transition, zero voltage transitio.
7. ניתוח מערכות הספק במישור S, הגדרה של Alternor,
8. שיטת משוואות צמתים משופרות עבור מערכות הספק, ממיר AC-DC עם PFC ZVT.

### ספרי לימוד:

1. Erickson, R.W. Fundamentals of Power Electronics, 2<sup>nd</sup> ed. Norwell, Mass. Kluwer Academic Publishers, 2001.

### ספרי עיון:

1. Mohan, N., Undeland, T.M. and Robbins, W.P Power Electronics Converters, Applications and Design, Wiley, 2003.

50051

## מערכות הספק אלקטרוניות

### Power Electronics Systems

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50011 מעגלים  
אלקטרוניים ליניאריים

50052

**בקרה אוטומטית  
מתקדמת (בקרה  
'ב')**

**Advanced Control  
Theory**

אופן הוראה: שיעור ותרגול

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50018 בקרה א'

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט נושאים מתקדמים בתורת הבקרה הכוללים: תכנון בקרה של מערכות בתנאי אי ודאויות גדולים (בקרה רובוסטית) בשיטת QFT, שימוש בבקרי PID, בקרה של מערכות הכוללות אלמנטים לא ליניאריים ונושאים בבקרה ספרתית.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. עקרונות התכנון במישור התדר – חזרה.
2. מערכות אי ודאויות, עקרונות כלליים של שיטת QFT.
3. תכנון QFT של מערכות מינימום פאזה.
4. תכנון בקרי PID של מערכות מושהות בזמן ומערכות שאינן בפאזה מינימאלית.
5. מבוא למערכות לא ליניאריות ולדינאמיקה לא ליניארית.
6. שיטת הפונקציה המתארת, מעגלי גבול.
7. מסלולים במישור הפאזה, שית האיזוקלינות.
8. מערכות בקרה ספרתיות – שיטות אנליזה (NYQUIST, RL).
9. שיטות התמרה מהמישור הרציף למישור הבדיד.
10. תכנון של מערכות בקרה ספרתיות

**ספרי לימוד:**

1. בקרה ב' – ספר לימוד מאת ד"ר מרסל סידי, בהוצאת מכון טכנולוגי חולון 2008.

**ספרי עיון:**

1. Davis H., Introduction to nonlinear differential equations, Dover 1962
2. Saucedo, R. and Schiring, E. Introduction to continuous and digital control systems. New York ; London : Macmillan; Collier-Macmillan, 1968
3. Gelb & Vander Velde, Multiple-Input Describing Function, McGraw-Hill, 1968
4. Sidi, M. Design of Robust Control Systems-from Classical to Modern Practical Approaches. Malabar, Fla. : Krieger Pub. Co., 2001

50053

## מערכות הספק ב'

### Power Systems 2

אופן הוראה: שיעור ותרגול

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50043 מערכות

הספק א'

### מטרות הקורס:

מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח וחישוב מערכות הספק במצבי פעולה הלא רגילים. בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר תכונות בסיסיות ופתרון בעיות של מערכות הספק במצבי קצר ומיתוג, כמו כן יכיר הסטודנט את בעיות היציבות במערכות הספק.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. תיאור כללי של מערכות הספק במצבי חרום.
2. יחידות מנורמלות: חישוב מקורב ומדויק.
3. שיטות לפישוט מעגלי רשתות.
4. אופייני נתק וקצר של מחולל סינכרוני, (משולש פוטיה) וקצר תלת-פאזי.
5. קצר מתמיד של מחולל סינכרוני ושיטות שונות לחישוב זרמי קצר במערכות הספק במצב מתמיד.
6. תורת הקצר הפתאומי של מחולל סינכרוני.
7. ניתוח ושיטות שונות לחישוב זרמי קצר במערכות הספק מסובכות.
8. שיטת מרכיבים סימטריים וחישוב קצרים לא סימטריים.
9. ויסות מתחים והספקים הגביים במערכות הספק.
10. יציבות דינאמית של מערכות הספק.
11. חלוקה כלכלית של הספקים בין תחנות כוח.

### ספרי לימוד:

1. Shenkman, A. Transient analysis of electric power circuits handbook. Dordrecht : Springer, 2005.
2. Gonen, T. Modern Power System Analysis. New York : Wiley, 1988.

### ספרי עיון:

1. Weedy, B.M. and Cory, B. J. Electric Power Systems, 4<sup>th</sup> ed. Chichester : Wiley, 1998.

### מטרות הקורס

הקורס מכוון ללימוד של תכונות בסיסיות של מערכות מתח גבוה וסוגי בידוד למיניהם, יוצרות מתחי יתר ושיטות ההגנה בפניהם. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט ידע ושיקולים בנייתו ותכנון מערכות מתח גבוה.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. בידוד במערכות מתח גבוה: סוגי בידוד ותכונותיו, אוויר כחומר בידוד.
2. בידוד כבלים שנאים וגנראטורים.
3. פריצה חשמלית באוויר ובגזים, בשמן ובמבדדים יצוקים.
4. שיטות שונות לבדיקת בידוד חשמלי.
5. ברק ופגיעתו בקווי מתח גבוה ומתקנים אחרים, התפשטות גלי מתח יתר בקווי תמסורת.
6. הגנת קווי מתח גבוה ותחנות כוח ומשנה בפני פגיעת ברקים ומתחי יתר.
7. מתחי יתר פנימיים: תופעות מעבר ושפעת קיבוליות של קווי תמסורת.
8. מתחי יתר בעת הפסקת קווים ארוכים ושנאים בריקים ובעת קצרים.
9. הגנה מפני מתחי יתר פנימיים.
10. הארקה במערכות מתח גבוה ומסדר של נקודות ניוטרל.

### ספרי לימוד:

1. Khalifa, M. High-voltage engineering. New York: Marsel Deccer Inc, 1990.
2. Kuffel, E., Zaengl, W. S. and Kuffel, J. High-Voltage Engineering: Fundamentals, 2<sup>nd</sup> ed. Oxford :Newnes, 2000

### ספרי עיון:

1. M. Ruan, High voltage engineering and testing, IEE, 2001

50054

## טכניקות מתח גבוה

### High Voltage Engineering

אופן הוראה: שיעור ותרגול

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50043 מערכות

הספק א' (מותר לימודים

במקביל)

**מטרות הקורס:**

מטרת הקורס היא להקנות לסטודנט את היסודות המתמטיים הבסיסיים לעבודה במערכות בדידות ובאותות בדידים. ניתוח של אותות בדידים ומערכות בדידות, תוך שימוש במשפט הקונבולוציה, תגובה להלם, תגובה לתדר. תכנון מסננים ספרתיים מסוגים שונים.

**הנושאים שיילמדו בקורס**

1. חזרה כללית- אותות רציפים וסינגולריים, מערכות ליניאריות רציפות. משוואת דיפרנציאליות התמרת פורייה, התמרת לפלס.
2. ייצוג אותות ומערכות בתחום הזמן – סדרות ותכונותיהן מערכות ותכונותיהן, תגובה להלם של מערכות בדידות, ייצוג מערכות ליניאריות על ידי משוואת הפרש, תאור מערכות ליניאריות ע"י משוואת מצב.
3. התמרת Z- הגדרת וכונות ההתמרה, פונקציית תמסורת של מערכות ליניאריות, בדיקת יציבות של פונקציית תמסורת, מימוש קסקדי של מערכות ליניאריות.
4. ניתוח מערכות בתחום התדר- התמרת פורייה, תכונותיה של התמרת פורייה, תגובות לתדר של מערכות בעלות מימד סופי, דגימת אותות בזמן רציף, דגימת אותות בפס מעבר, שיחזור אותות דגומים.
5. התמרת פורייה דיסקרטית – הגדרה ותכונות בסיסיות, קשר בין DFT לבין התמרת Z, קונבולוציה מחזורית, התמרת פורייה מהירה ע"י דילול בזמן ודילול בתדר.
6. התמרת פרואייה מהירה (FFT)\*. אלגוריתם Cooley&Tukey לסוגיו, אפליקציות של התמרת פורייה מהירה.
7. תכנון מסננים ליניאריים קבועים בזמן בעלי תגובת הלם סופית: תכנון בשיטת קיצוץ התגובה להלם, תכנון בעזרת חלונות.
8. תכנון מסננים ליניאריים קבועים בזמן בעלי תגובת הלם אינסופית: תכנון בעזרת Prototypes, מסנן Butterworth ו- Chbyshev, התמרות אנלוגיות ספרתיות, שימור התגובה להלם, שימוש באופרטור ההפרש, התמרה ב- ליניארית, טרנספורמצית תדר של מסננים ספרתיים.

**ספר לימוד:**

1. Proakis J., D.G. Manolakis, "DSP: Principles, Algorithms and Applications", Prentice-Hall, 3rd Ed., 1996.

**ספרי עיון מומלצים:**

1. Oppenheim A.V., and Schafer R.W., "Discrete-Time Signal Processing", Prentice Hall, 1989, TK 5102.5.O74.
2. Boaz Porat, "A Course in Digital Signal Processing" John Wiley & Sons. Inc. 1997
3. Mitra S.K., "Digital Signal Processing: a computer-based approach," McGraw-Hill, 2005.

50061

## VLSI טכנולוגיות

### VLSI Technology

אופן ההוראה: שיעור ותרגול

שעות שבועיות : 4

נקודות זכות : 3.5

דרישות קדם: 50011 מעגלים אלקטרוניים אנלוגיים

### מטרות הקורס:

מטרתו של הקורס היא להקנות לסטודנט ידע בסיסי בטכנולוגיות תכן של מעגלי VLSI וכן בתכנון וניתוח מערכות VLSI שונות.

### נושאים שיילמדו בקורס:

1. חזרה: מודלים של התקנים אלקטרוניים בסיסיים (דיודות, טרנזיסטורי FET).
2. חזרה: מערכות של מעגלים משולבים : אנלוגיים וספרתיים.
3. עיבוד סיליקון: גידול מצע, סימום, חמצון, איכול, ליטוגרפיה, ייצור מגעים ומארז, שיטות ייצור של התקני VLSI.
4. עקרונות פעולה ותכן של התקני CPLD, FPGA, שימוש ב-STANDARD CELL LIBRARY.
5. שיטות תכן בסיסיות למעגלי VLSI: מבוא ל-VHDL, הדגמת פעילות תכן VHDL, שיטות תכנון בסיסיות של מעגלי VHDL.
6. מבוא לשיטות תכן של Layout, שימוש ב-STICK-DIAGRAM.
7. מגמות עתידיות ב-VLSI: שיטות ליטוגרפיה עתידיות, מגמת הקטנת ה-DESIGN-RULE, שיקולי SCALING LAWS, טכנולוגיות חילופיות ל-Si-Based VLSI.

### ספרי לימוד:

1. Weste, Neil H. E. and Eshraghian, K. Principles of CMOS Design ; a systems perspective. Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., 1992
2. Smith, Michael John Sebastian Application Specific Integrated Circuits. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1997.
3. Campbell, Stephen A. The Science and Engineering of Microelectronic Fabrication, 2nd ed .New York : Oxford University Press, 2001
4. Skahill, K. VHDL for Programmable Logic. Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., 1996

### ספרי עיון:

1. Michael John, Smith Sebastian, Application Specific Integrated Circuits. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1997.

**50063**  
**תיב"ם אלקטרוני**

**Electronics**  
**Computer Aided**  
**Design**

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50011 מעגלים  
אלקטרוניים אנלוגיים, 50016  
מעגלים ספרתיים

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט תכונות בסיסיות של מערכות תיב"ם אלקטרוניות, הקורס יסקור את השיטות ואמצעי סימולציה וייתן תרגול מעשי בתכנון מעגלים, כמו כן ילמדו בקורס עקרונות פעולה ומבנה של מעגלי אלקטרוניים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. הגדרות בסיסיות בתכנון. מערכת CAE, CAD, CAM, הכרת מודלים לתכנון מעגלים אלקטרוניים. תוכנה Spice
2. יישומים של מעגלים משולבים, משפחות לוגיות, מערכת סימנים, תכנון מעגלים מבוססים על לוגיקה צירופי, סידרתי, יישומים של AD/DA, רטטים.
3. מבוא לתכנון אוטומטים (Mealy, Moore).
4. תכנון מעגלים מבוססים על PLA, PAL, הכרת שפות לתכנון CUPL, Abel. תכנון מעגלים מבוססים על SOC, FPGA, CPLD, הכרת לשפות Verylog, VHDL.
5. מבוא לתאימות אלקטרומגנטית (EMC).
6. תוכנות תיב"ם באלקטרוניקה. סקירה תוכנות ומערכות תיב"ם לבניה וניתוח מעגלים אנלוגיים, סיפרתיים ומשולבים (Mixed Mode Simulation). תוכנות ל-PCB.
7. הכרת מערכות ואמצעים סמוכים כמו מערכת מומחה מבוססת על ידע (KBES), תכנון תוכנה (CASE), אמצעי הכנה של תיעוד טכני (DTP).
8. תירגול בתוכנות (Pspice) OrCAD, MicroCap, Multisim(EWB), PCB Express וביצוע עבודות בית לפי משימות אישיות.

**ספרי לימוד:**

1. Birnbaum, M. Essential Electronic Design Automation (EDA), Printice, 2004.
2. Wakerky, J. F. Digital Design, Principles and Practices Printice-Hall, 2001.
3. מיכאל גנקין, קורס תיב"ם אלקטרוניקה (CAD). הדרכה ל-OrCAD
4. User guides of OrCAD, Multisim, MicroCAP and other like Spice programs, including evaluation versions from Internet, data sheets.



**50064**  
**מעבדה מתקדמת**  
**למיקרוגלים**

**Advanced**  
**Microwave Lab.**

אופן הוראה: מ'  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50029 מבוא  
למיקרוגלים או 51075 מבוא  
למעגלי תדרי רדיו

**מטרות:**

במעבדה זו יכיר הסטודנט תוכנות סימולציה לתכנון מעגלים ורכיבים ספציפיים עבור מערכות מיקרוגל. המעבדה תסקור רכיבים פאסיביים ואקטיביים בסיסיים הנמצאים בשימוש במערכות המופעלות בתדרי מיקרוגל. בסוף המעבדה יבוצע פרויקט סכום שיכלול תכנון סימולציה, בנייה ומדידה של רכיב הפועל בתדרי מיקרוגלים

**הנושאים שיילמדו במעבדה:**

1. תוכנת הסימולציה ADS.
2. שימוש בצב"ד בנתח רשת (Network Analyzer).
3. שיטות לתיאום עכבות רחב סרט.
4. תוכנת הסימולציה התלת ממדית CST.
5. מסננים מודפסים.
6. מגברים ופרמטרים שלהם.
7. תכנון מצמד כיווני.

**ספרי לימוד:**

1. Tshii, t. K. Editor, Handbook of Microwave Technology, Academic Press, 1995.

**ספרי עיון:**

1. Pozar D.M., "Microwove Engineering" 3<sup>rd</sup>.Ed, Wiley, 2005.
2. Rizzi, P.A., "Microwove Engineering - Passive Circuits", Prentice –Hall, 1988.

**50066**  
**מעבדה למערכות**  
**הספק אלקטרוניות**

**Power Electronic**  
**Laboratory**

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבויעות: 3  
נקודת זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50051 מערכות  
הספק אלקטרוניות

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר בצורה מעשית את מבנה הממירים (ספקים), שני סוגי מערכות בקרה של הממירים - בלי משוב ועם משוב וניתוח משטרי עבודה של הממירים.  
מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בביצוע תכנון בתחום הספקים.

**הנושאים שיילמדו במעבדה:**

1. הכרה מעשית של ממיר מתח ישר מסוים למתח ישר נמוך יותר , (DC-DC buck converter) - חלק 1.
2. ניתוח עבודת הממיר המוריד מתח (buck converter) - חלק 2.
3. ניתוח עבודת הממיר המוריד מתח (buck converter) - חלק 3.
4. הכרה מעשית של ממיר מתח ישר מסוים למתח ישר גבוה יותר , (DC-DC boost converter) - חלק 1.
5. ניתוח עבודת הממיר המעלה מתח (boost converter) - חלק 2.
6. ניתוח עבודת הממיר המעלה מתח (boost converter) - חלק 3.
7. הכרה מעשית של ממיר מתח ישר מסוים למתח ישר נמוך או גבוה יותר , (DC-DC buck-boost converter) - חלק 1.
8. ניתוח עבודת הממיר המוריד-מעלה מתח (buck-boost converter) - חלק 2.
9. ניתוח עבודת הממיר המוריד-מעלה מתח (buck-boost converter) - חלק 3.
10. הכרת תכנת הדמיה של מעגלים אלקטרוניים (Orcad Pspice) ושימוש בתכנת ההדמיה עבור מעגלי ממירים DC – DC.

**ספרי עזר:**

1. תדריכים לניסויים במעבדה מערכות הספק אלקטרוניות.
2. אתר אינטרנט HIT "הוראה מתוקשבת".

50067

מעבדה

לאלקטרואופטיקה

Electro optics  
Laboratory

אופן הוראה: מעבדה

שעות שבועיות: 3

נקודות זכות: 1.5

דרישות קדם: 50035

פוטוניקה ומערכות

אלקטרואופטיקה או 50134

יסודות ההנדסה האופטית

מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מערכות ורכיבי סיבים אופטיים בסיסיים. המעבדה מבוססת על Projects in Fiber Optics (Newport Corporation, Model FKP שמכיל את הציוד הדרוש לביצוע סידרה של ניסויים-פרויקטים שיקנו לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון של מערכת סיבים אופטית בסיסית וניסיון בעבודה עם מערכות אלקטרואופטיות.

הנושאים שיילמדו במעבדה:

1. הכנת ראשוניות לצימוד מקור לייזר לתוך סיב ומדידת מפתח מספרי (NA).
2. הפסדי הניחות בסיב אופטי.
3. הכרת סיבים מסוג - Single Mode (SM) ואופטימיזציה של צימוד אלומת לייזר לתוך סיב SM.
4. הכרת האופנים המתפשטים לאורך סיב מסוג Single Mode ב-V- "number גבולי, ומדידת אורך הפעימה בסיב משמר קיטוב.
5. צימוד מקורות אור מוליכים למחצה (דיודה פולטת אור ודיודת לייזר) לסיב אופטי.
6. מדידת ההפסדים הנגרמים מחיבור בין שני סיבים.
7. שימוש ברכיבי תקשורת: מצמד דו-כווני ומערכת WDM.
8. מערכת תקשורת סיב-אופטית. מאזן ההפסדים בערוץ המידע.
9. חיישנים המבוססים על שינוי עוצמת האור לאורך הסיב (Intensity Sensors).
10. חיישנים המבוססים על שינוי בפאזה של האור לאורך הסיב (Phase Sensors).

ספרי לימוד:

1. Palais J. C., "Fiber Optic Communications", 4th ed., Prentice Hall, 1998.
2. Kasap S.O., "Principles of Electrical Engineering Materials and Devices", 2nd ed., McGraw-Hill, 2002.
3. "Projects in Fiber Optics" Applications Handbook. Newport Corporation.
4. חוברת לחומר רקע בעברית והוראות לביצוע הניסוי

50070

**מודלים ותכנון של מעגלים אלקטרוניים**

**Models and Design of Electronic Circuits**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50011 מעגלים

אלקטרוניים אנלוגיים

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מודלים שונים לתכנון מעגלים אלקטרוניים. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון של מעגלים אלקטרוניים מתקדמים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

מבנה ותכונות של מגבר שרת מעשי, מעגלים מתקדמים עם מגברי שרת: מסננים אקטיביים, מתנדדים, ווסתי מתח, מיישרים מדויקים, מכפלי אותות אנלוגיים, ממירים V/I, ממירים A/D ו-D/A, מגברים לוגריתמיים ואנטילוגריתמיים, שמיט-טריגר, מגברי הספק, ממירים ממותגים.

**ספרי לימוד:**

1. D. A. Neamen. Electronic Circuit Analysis and Design, McGraw-Hill, 2001.
2. M. N. Horenstein. Microelectronics Circuits. Prentice Hall, 1995.
3. A. S. Sedra, K.C. Smith. Microelectronics circuits. Oxford University Press' 2004.
4. Denton J. Dailey. Electronic Devices and Circuits. Prentice Hall, 2001.
5. T. F. Bogart, J. S. Beasley, G. Rico. Electronic Devices and Circuits. Prentice Hall, 2004.

**ספרי עיון**

1. W. D. Stanley. Operational Amplifiers with linear Integrated Circuit. Macmillan Collage Publishing Company, 1994.
2. T. E. Price. Analog Electronics. Prentice Hall, 1996.

50073

## המרת אנרגיה ב'

## Energy Conversion B

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50012 המרת  
אנרגיה א'

## מטרות הקורס

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מודלים שונים של מנועי חשמל ותופעות מעבר במכונות חשמל. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון של מנועים מיוחדים ותופעות מעבר.

## הנושאים העיקריים שיילמדו בקורס:

1. תופעות מעבר במכונות חשמל.
2. מנוע השראה חד פאזי.
3. מנוע צעד.
4. מנוע DC ללא מברשות.
5. Synchronos.
6. מנועים שונים: shaded pole, universal Dc/AC motor, linear motor Synchronous reluctance motor machine, hysteresis motor.

## לימוד:

1. V. Del Toro, V. Basic Electric Machines. Prentice-Hall, 1990.
2. Fitzgerald, A., Kingsley, C., Umans, S. Electric Machinery, McGraw-Hill, 1990
3. Ryff, P. Electric Machinery. Prentice-Hall, 1994.
4. Nasar, S. A. electric machines and electromechanics. Schaum's outlines.
- 5.

## ספרי עיון:

1. H. Moczala, J. Draeger, H. Kraub' H. Schock' S. Tillner' Small Electric Motors' Redwood Books' Trowbridge, 1998.
2. P. Acarnely' Stepping Motors' IET' 2007

50074

## אותות אקראיים

### Random Signals

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50014 אותות

ומערכות

### מטרות הקורס:

הקניית ידע בתהליכים אקראיים. הקורס יטפל בעיקר בתכונות של אותות אקראיים במישור הזמן ובמישור התדר, מעבר אות אקראי דרך מערכות שונות, וגם בתכונות מערכות ליניאריות לגילוי וסינון אותות דטרמיניסטיים ברעש מתחבר.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מיצוע סטטיסטי.
2. קורולציה במישור הזמן ובמישור התדר.
3. פירוק אורתוגונאלי (Karhunen-Loeve).
4. תהליכים סטציונריים, משפט Wiener-Khinchin.
5. תהליכים צרי סרט ורעש לבן.
6. מיצוע בזמן וארגודיות תהליכים עם אינקרמנטים סטציונריים, פונקציית המבנה. אותות ציקלוסטציונריים.
7. תהליכים גאוסיים ותהליכי Levy (כולל Poisson ו-Wiener).
8. מעבר אות אקראי דרך מערכות LTI ומערכות לא ליניאריות.
9. תהליכים נקודתיים ושרשראות פולסים. אותות הטלגרפיה.
10. מודלים מתמטיים ופיזיקה של רעשים: רעש תרמי, רעש ירי ורעש הבהוב.
11. מבוא לתורת ההחלטות והסטטיסטיקה. בדיקת השערות.
12. קריטריון Bayes וקריטריון Neyman-Pearson. גילוי אופטימאלי של אות דטרמיניסטי ברעש גאוזי מתחבר, לבן וצעוני.
13. מבוא לשערוך
14. עקרון הניצבות, שערוך צורת גל.
15. מסן Wiener.

### ספרי לימוד:

1. Papoulis, A., "Probability, Random Variables and Stochastic Processes", McGraw-Hill 2nd Ed., 1991.
2. H. Stark and J. Woods, Probability and Random Processes with Applications to Signal Processing, 3<sup>rd</sup> Ed. Prentice Hall, 2001.

## מטרות הקורס

במעבדה ילמד הסטודנט להכיר, להגדיר ולתכנת מערכות משובצות מיקרופרוססור. מטרת המעבדה היא להקנות לסטודנטים הבנה בסיסית וידע מעשי בתיכון מיקרו מעבד ומערכת משובצת מיקרו מעבד, בהגדרת מערכות בעזרת רכיבים קיימים וכתיבת יישומים למערכות

### הנושאים שיילמדו במעבדה:

1. ארכיטקטורות של מערכות משובצות מיקרו מעבד.
2. הכרת סביבות תכנות וסימולציה: NIOS II IDE, ALTERA MODELSIM, QUARTUS II והכרת ערכת הפיתוח ALTERA DE2.
3. תיכון בעזרת VHDL של מערכת בסיסית עם מיקרופרוססור RISC פשוט. סימולציה ויישום ב-DE2.
4. השלמת המערכת בעזרת תיכון וחיבור רכיבי זיכרון. בקר פסיקות ו-UART
5. השלמת המערכת בעזרת תיכון וחיבור בקר, לוח מקשים ובקר תצוגת VGA.
6. הכרת מעבדים מסוג NIOS II ורכיבי ממשק AVALON.
7. הגדרה ויישום מערכת מבוססת מעבד NIOS II, בעזרת SOPC BUILDER.
8. כתיבת יישומים ב C++ למערכת מבוססת NIOS II, בעזרת NIOS II IDE.
9. הגדרה ויישום מערכת מבוססת מעבד DSP, בעזרת SOPC DSP BUILDER.

### ספרי לימוד:

1. D. Perry, VHDL Programming by Examples, McGraw-Hill, N.Y. 2002.
2. Pong P. Chu, FPGA Prototyping by VHDL Examples, John Wiley & Sons, 2008.
3. ALTERA, Quartus II Handbook, Vol. 4 : SOPC Builder, 2009.

### ספרי עיון:

1. עמוס זסלבקי, תקן ספרתי ומבוא לפרויקטים עם רכיבי ALTERA, שורש, 2009.
2. Altera, Embedded Design Handbook, chap. 2 – NIOS Software Development, 2009.

50075

מעבדה למערכות  
משובצות

מיקרופרוססורים

Microprocessor  
Embedded  
Systems Lab.

אופן הוראה: מעבדה

שעות שבויעות: 3

נקודות זכות: 1.5

דרישות קדם: 51111 תיכון

חומרה בעזרת VHDL

50076

## פרויקט גמר

### Final Project

אופן הוראה: פרויקט  
שעות שבועיות: 6  
נקודות זכות: 6

#### כללי:

תכנון ובנייה של מערכת אלקטרונית, חשמלית, אנרגטית או אחרת בהתאם למסלולי ההתמחות, על בסיס חומר הלימודים במכון וספרות מקצועית. הפרויקט מתחיל מהגדרת הבעיה והמאפיינים שלה, ומסתיים בתכנון ובבניית המערכת. העבודה היא עצמאית בעיקרה ובדרך כלל בצוותים של שני סטודנטים עם הכוונה והנחיה של איש סגל. ניתן לקבל גם הנחיה של גורמי חוץ בפיקוח אקדמי של מרכז הפרויקטים או מי שיוסמך על ידו לכך.

50077

## טכנולוגיות מיקרואלקטרוניקה

### Microelectronics Technologies

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50003 יסודות מוליכים למחצה

#### מטרות:

מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון מערכות ייצור במיקרואלקטרוניקה. בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר תהליכים בסיסים של מיקרואלקטרוניקה כמו פעפוע, השתלץ יוני, ייצור גבישי סיליקון ותחמוצות, שיטות ציפוי של שכבות דקות ושכבות עבות, שיטות אפיון של שכבות דקות והתקנים בטכנולוגיה פלנרית (משטחית).

#### הנושאים שילמדו במעבדה:

1. יסודות מיקרואלקטרוניקה.
2. פאזות בחומרים.
3. טכנולוגיות סיליקון (מבנה גבישי, ייצור, פגמים).
4. תהליך פעפוע.
5. השתלץ יוני.
6. חמצון זכוכיות.
7. פוטוליטוגרפיה.
8. פוטורזיסט.
9. איכול יבש ורטוב.
10. שיטות ציפוי שכבות דקות.
11. אפיון במיקרואלקטרוניקה.
12. נצילות, אמינות, וזיווד במיקרואלקטרוניקה.

#### ספרי לימוד:

1. S. A. Campbell, "The Science and Engineering of Microelectronics Fabrication", Oxford University Press, 2<sup>nd</sup> ed., 2000.
2. S.Wolf, R.N.Tauber, "Silicon Processing for the VLSI ERA", vol.1- Process Technology, Lattice Press, 1992.
3. R.C. Jaeger, "Introduction to Microelectronic Fabrication", Addison-Wesley Pub. Co., 2002.

#### ספרי עיון:

1. Handbook of Thin Film Process Technology. Bristol, UK : Institute of Physics, 1995.
2. Ohring, M. The Materials Science of Thin Film, 2<sup>nd</sup> ed. San Diego, Calif. : Academic Press, 2002
3. Sze, S.M. VLSI Technology. New York : McGraw-Hill Book Co., 1988



**50078**  
**מעבדה לבקרה**

**Automatic  
Control  
Laboratory**

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50018 מבוא  
לתורת הבקרה (בקרה א')

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר בצורה מעשית מימוש פונקציות מעבר בעזרת מגברי שרת ומערכת מנוע סרבו מצב ותכנון מערכת בקרה בעזרת Matlab ו-Simulink.  
מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בביצוע תכנון וניסויים במערכות בקרה אוטומטית.

**הנושאים שיילמדו במעבדה:**

1. ניסויים אנלוגי 1 – מימוש רשתות תיקון בעזרת רכיבים פסיביים
2. ניסוי אנלוגי 2 – מימוש פונקציות מעבר בעזרת מגברים ומגברי שרת.
3. ניסוי אנלוגי 3 – מערכת מנוע סרבו מצב.
4. ניסוי אנלוגי 4 – מערכת מנוע סרבו מצב – המשך.
5. ניסוי 1 Matlab – הכרת פקודות יסודיות של Matlab.
6. ניסוי 2 Matlab – הכרת תוכנת Simulink בשילוב עם Control.
7. ניסוי 3 Matlab – זיהוי פרמטרים של פונקציות מעבר בחוג פתוח ובחוג סגור.
8. ניסוי 4 Matlab – תכנון מערכת בקרה בעזרת Matlab (1).
9. ניסוי 5 Matlab – תכנון מערכת בקרה בעזרת Matlab (2).
10. ניסוי 1 עם מחשב – בדיקת פרמטרי מנוע זרם ישר.
11. ניסוי 2 עם מחשב – ניתוח מערכת יציבות של מהירות.
12. ניסוי 3 עם מחשב – ניתוח מערכת מנוע סרבו מצב.
- 13.

**ספרי לימוד:**

1. חוברת הרצאות בקרה א' (50018) ד"ר מרסל סידי.
2. תדריכים לניסויים בבקרה אוטומטית.
3. אתר אינטרנט HIT "הוראה מתוקשבת".

**50081**  
**תורת הרשתות  
Network Theory**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50090 מבוא  
להנדסת חשמל

**מטרות הקורס:**

בקורס זה הסטודנט ילמד שיטות לניתוח רשת מרוכבת בעזרת מחשב, והשגת אופטימיזציה של רשתות.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. הצורך בשימוש במחשב לניתוח מערכות חדשניות.
2. רכיב פיסיקלי ורכיב רשת, תכונות, סיווג והגדרות רכיבי רשת
3. תיאור רכיבי רשת לצורך ניתוח בעזרת מחשב, טופולוגיה של רשתות, גרף, חוג, מסלול, חוג יסודי, עץ, מטריצות טופולוגיות, משפט אורתוגונליות.
4. וקטור מתחי צמתים, משפט טבנין.
5. משפטי קירכהוף בצורת מטריציאלית, תיאור גיאומטרייה של רשת לצורך ניתוח בעזרת מחשב שיטות ניתוח רשתות (זרמי חוגים, מתחי צמתים, משוואות מתחי צמתים משופרות) בזרם ישר בעזרת מחשב
6. שיטות ניתוח רשתות דינמיות בעזרת מחשב
7. רגישות הרשתות, אופטימיזציה, ניתוח "מונטה קרלו".

**ספרי לימוד:**

Ioinovici, A. Computer-aided analysis of active circuits. New York : Dekker, 1990.

50082

מעבדה

למיקרואלקטרוניקה

ושכבות דקות

Thin Films and  
Microelectronics  
Laboratory

אופן הוראה: שיעור ומעבדה

שעות שבועיות: 3

נקודות זכות: 1.5

דרישות קדם: 50006 התקני

מוליכים למחצה ב' (מל"מ ב')

50077 טכנולוגיות

מיקרואלקטרוניקה במקביל

### מטרות הקורס:

מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של הפעלת מערכות ייצור שכבות דקות במיקרואלקטרוניקה ושיטות אפיון תוצאות של ניסויים.

בקורס יינתנו הבסיס הפיסיקלי ועקרונות הפעולה היסודית של התהליכים הטכנולוגיים במיקרואלקטרוניקה ויצירה של שכבות דקות, טכניקת של ואקום, חומרים ומדידות במיקרואלקטרוניקה.

### הנושאים שיילמדו במעבדה:

1. מבוא לתהליכי ייצור של מכשירים במיקרואלקטרוניקה.
2. מבנה מערכות ואקום, שיטות שיקוע בשכבות דקות.
3. חיתוך וניקוי מצעים לציפוי במעבדה.
4. מדידות בטכנולוגית שכבות דקות.
5. נידוף תרמי של חומרים שונים.
6. יצירת מערכות שכבתיות עם תכונות של דיודה.
7. יצירת גופי חימום שכבתיים.
8. יצירת מערכות שכבתיות למדידת טמפרטורה.
9. יצירת מערכות שכבתיות רגישות לאור.
10. אפיון שכבות דקות ומערכות שכבתיות.

### ספרי לימוד:

1. David A. Glocker and S Ismat Shah (Editors) "Handbook of Thin Film Process Technology", IOP Publishing Ltd., 1995.
2. John F. O'Hanlon, "A User's Guide to Vacuum Technology", 1989.
3. Ohring, M., The Materials Science of Thin Films, Academic Press, 2002

### ספרי עיון:

1. Wolf, S., R.N. Tauber, "Silicon Processing for the VLSI ERA", Vol.1 – Process Technology, Lattice Press, 1992.
2. Sze, S.M., VLSI Technology, McGraw-Hill, Second Edition, 1988.
3. Chambers, A., Modern Vacuum Physics, Chapman & Hall /CRC, 2005.
4. Venables, J. A., Introduction to Surface and Thin Film Processes, Cambridge University Press, 2000.

50085

**מעבדה לעיבוד  
אותות ספרתי**

**DSP Lab.**

אופן הוראה: מעבדה

שעות שבועיות: 3

נקודות זכות: 1.5

דרישות קדם: 50060 עיבוד  
אותות ספרתית

**מטרות:**

במעבדה ילמד הסטודנט להכיר את עקרונות ביצוע מערכות DSP ומסגרים ספרתיים באמצעות הדמיה ב-MATLAB ו-SIMULINK.

**הנושאים שילמדו במעבדה:**

1. הכרת מבנה בסיסי של רכיבי DSP במשפחות שונות.
2. סקירת רכיבי DSP של חברות מובילות, עם דגש מיוחד על חברת TI.
3. הכרת סביבת Code Composer Studio (CCC), לימוד Matlab Link ל-CCS.
4. שיטות קידוד תכנון ומימוש מסגרי FIR ו-IIR.
5. סינתזה של אותות שמע ודיבור.
6. שיטות מתקדמות לדחיסת קול, שמע ותמונה.
7. מימוש בעזרת רכיבי DSP.
8. בעיות זמן אמת, הצפנת קול ותמונה.

**ספרי לימוד:**

1. A.V. Oppenheim, R.W. Schfer, Digital signal Processing, Prentice Hall, 1991.
2. T. I. Applications books 2004.
3. Proakis J., Ch. Rader, F. Ling, Ch. Nikias, Advanced digital Signal Processing, MCMillan Pub., 1992.
4. Editor V. K. Madisetti, D.B. Williams, The Digital Shgnal Processing Handbook, CRC & IEEE Press, 1997.

## 50087 עיבוד תמונה

### Image Processing

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50060 עיבוד  
אותות ספרתי

כללי:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מושגי יסוד בעיבוד ספרתי של תמונה ותיאוריה של עיבוד תמונה ספרתי.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא: מהו עבוד תמונה – האם זה עיבוד אותות דו- ממדיים ? סקירה כללית של גישות, יישומים ושיטות.
2. פרמטרים בסיסיים של תמונה, קליטה ושמירה של תמונה ספרתית, שיטות הדמיה (imaging).
3. אלגברה מטריציאלית וטרנספורמציות לצורך עיבוד תמונה ספרתית.
4. תכונות העין כמערכת הדמיה אופטית והשלכתן לעיבוד, ניתוח ודחיסה תמונות.
5. עיבוד מקדים (preprocessing) וחשיבותו בניתוח תמונה וראייה ממוחשבת.
6. גילוי גבולות, הבדלת פרטים, שימוש במושג סף (threshold), שיטות הפרדה (segmentation).
7. שיפור ושיחזור תמונה, שימוש בהסתברות וסטטיסטיקה, Histogram Equalization והגדלת חידוד.
8. סוגי רעש והורדתם, מסננים מחליקים, סינון בעזרת Convolution, HPF, LPF, סינון לא-ליניארי.
9. מציאת אופיינים (Feature extraction), ניתוח מרקם, ניתוח וסינון במישור תדר המרחבי.
10. שיטות סיווג וזיהוי תצורות (Classification, Pattern Recognition), Fourier - plane correlation.
11. מושגי יסוד בתורת האינפורמציה, משפת הדגימה.
12. עקרונות של דחיסה תמונה. יחס דחיסה. RLE וקידוד הופמן.
13. שימושים: ראיית מחשב, רובוטיקה, מערכות ביטחון ובטיחות.

#### ספרי לימוד:

1. Jain, Anil K. " Fundamentals of Digital Image Processing". Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall International, 1989.
2. Gonzales, Rafael C. "Digital Image Processing", Addison – Wesley, 2001.
3. עבוד ספרתי של תמונות. הוצאה לאור של האוניברסיטה הפתוחה 1996. בן צבי דורון, זאב ויסמן,

#### ספרי עזר:

1. Pratt, W. K. "Digital Image Processing: PICS Inside", 3rd ed. New York : Wiley, 2001.
2. Castleman K.R. "Digital Image Processing", Prentice Hall, 1996.

50090

## מבוא להנדסת חשמל

### Introduction to Electrical Engineering

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 6  
נקודות זכות: 5.5  
דרישות קדם: 20154  
מתמטיקה להנדסת חשמל

#### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר חוקים של מעגל חשמלי ושיטות לפתורנו. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח מעגלים חשמליים.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא ומושגי יסוד, הגדרות פיסיקליות ומושגים חשמליים, אנרגיה והספק חשמלי, הגדרות בסיסיות של מעגלים ורכיבים בסיסיים, מעגל חשמלי: נגדים, מקורות בלתי תלויים ותלויים. מודלים מתמטיים ומושגים פיסיקליים: התנגדות, השראת וקבליות, מקורות אידיאליים, רכיבים פעילים וסבילים.
2. חוק אום, חוקי קירכהוף וחוק המתחים.
3. מקורות מתח ומקורות זרם מעשיים, המרת מקור מתח למקור זרם ולהפך, מקורות תלויים / מבוקרים, חיבור טורי, מקבילי ומעורב. מחלק מתח ומחלק זרם, התמרת כוכב משולש, ניתוח מעגלים לפי חוקי קירכהוף.
4. שיטות שונות לניתוח מעגלים: שיטת זרמי חוגים ושיטת מתחי צמתים בהצגה מטריציאלית.
5. משפטי רשת: משפט ההדדיות, משפט הסופרפוזיציה (ההרכבה), משפט טלגן, משפטי תבנין ונורטון ומשפט העברת הספק מקסימאלי לעומס.
6. סוגי אותות, אות סינוסואידלי (הרמוני). תדירות, תדירות זוויתית, זמן מחזור. ערכים רגועים, ממוצעים אפקטיביים של אותות מחזוריים. רכיבים ראקטיביים: קיבול והשראות במעגלי זרם חילופין סינוסואידלי. הקשר בין מתח וזרם בסליל ובקבל.
7. מצב סינוסואידלי עמיד. תאור סימבולי (פאזורי) של מתח וזרם. מושג העכבה והמותירות. ניתוח מעגלים במצב מתמיד בהצגה פאזורית. דיאגרמות פאזוריות.
8. הספקים במעגלי זרם חילופין, משולש ההספקים וגורם ההספק, שיפור גורם ההספק ותאום עכבות.
9. מעגל תהודה טורי ומקבילי, פונקציות תמסורת, מעגלי RC, RL ו-RLC כמסננים.
10. מעגלים מגנטיים צמודים ושנאים.
11. מעגלים תלת פאזיים: חיבורי כוכב ומשולש.
12. תופעות מעבר במעגלים חשמליים: תגובת מעגלי RC, RL ו-RLC לכניסת מדרגה ותנאי התחלה.
13. פתרון מעגלים מורכבים באמצעות כלים ממוחשבים.

#### ספרי לימוד:

1. Hayt, W.H. and Kemmerly, J.E. Engineering Circuit Analysis, 6<sup>th</sup> ed. Boston : McGraw-Hill, 2002.
2. Alexander, C. and Sadiku, M. Electric Circuits, 2<sup>nd</sup> ed. Boston : McGraw-Hill, 2003.

#### ספרי עיון (תרגילים):

1. Paul, Clayton R. Analysis of Linear Circuits. New York : McGraw-Hill, 1989.

50093

## רשתות עצביות (נירוניות)

### Neural Networks

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50009 מבוא  
למערכות ליניאריות, 50013  
מערכות ספרתיות

### מטרות הקורס:

הקורס מכוון ללימוד המושגים העיקריים והטכניקות של רשתות הצביעות תוך הדגשה של אלגוריתמים ושימוש ב-Matlab לצורכי חישוב.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. המקורות הפיזיולוגיים של רשתות עצביות מלאכותיות.
2. סוגי רשתות עצביות. אימון, למידה וייצוגיות.
3. יכולת ההכללה של רשתות עצביות.
4. לימוד מונחה ובלתי-מונחה.
5. גבול ההחלטה, הפרדה ליניארית, אימונו ומגבלותיו של Perceptron.
6. חישובי פונקציות בוליאניות.
7. שימושי Perceptron. Adaline.
8. זיהוי תבניות בעזרת רשתות עצביות.
9. רשתות מסתגלות. רשתות רב-שכבתיות ושיטה של התפשטות אחורית.
10. קירוב פונקציות על ידי רשת רב-שכבתית.
11. לימוד שיוכי ושימושי.
12. רשתות בעלי משוב.

### ספרי לימוד:

1. Hagan, M. T., Demuth, H. B. and Beale, M. Neural Network Design. Boston: PWS Publ. Co., NY, 1996.

### ספר עיון:

1. Gallant, S. I. Neural Network Learning and expert systems. Cambridge, Mass. : MIT Press, 1994

### מטרות הקורס:

1. חזרה על מסנני FIR ו-IIR.
2. הגדרת דרישות וסוגים שונים של מסננים.
3. שימוש בשיטת החלונות לתכנון.
4. מסננים ספרתיים.
5. תכן מסננים אנלוגיים כגון Butterworth ואחרים.
6. ייצוג מסננים כפעולת מטריצה.
7. מערכות מרובות קצבים, תכן מסנני דיסימצייה ואינטרפולציה, מערכות דואליות.
8. עקרונות התמרת פורייה לזמן קצר, STFT, DSTFT, אנליזה וסינתזה.
9. התמרת Gobar, ומבוא ל-Wavelets, אנליזה זמן-תדר, התמרת Wavelet דיסקרטית.

### ספרי לימוד:

1. "A course in DSP", Boaz Porat, Wiley, 19971
2. " Digital Signal processing principles, algorithms and applications", J. G. Proakis and D. G. Malonakis, Prentice-Hall 1996

.2

50096

### עיבוד אותות ספרתי מתקדם

### Advanced Digital Signal Processing

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50060 עיבוד אותות ספרתי, 50074 אותות אקראיים

50098

### מבוא למערכות בקרה ספרתיות

### Introduction to Digital Control Systems

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50018 מבוא לתורת הבקרה (בקרה א')

### כללי:

מטרת הקורס ללמד את הסטודנט לתכנן מערכות בקרה דגומות.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. המשפט היסודי של הדגימה. Zero order hold.
2. הגדרת ה- Primary strip. התמרת Z ומיפוי ה- Primary strip ממישור S למישור Z.
3. התמרת Z ההפוכה. נתוח במישור Z על ידי שיטת ה Root Locus.
4. פונקציות מעבר של מערכות דגומות וסגירת חוגים. התמרת W.
5. קביעת מעגל היציבות במישור Z ואזור היציבות במישור W.
6. תכנון חוגי בקרה במישור התדירות W בעזרת שיטות של Nyquist, Bode, Nichols.
7. שיטות בסיסיות לממוש הבקר.

### ספרי לימוד:

1. חוברת הדרכה שהכין המרצה.

### ספרי עיון:

1. Franklin, G., Powel, J. and Workman, M. L. Digital Control of Dynamic Systems, 2<sup>nd</sup> ed. Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., 1990.
2. Saucedo, R. and Schiring, E. Introduction to continuous and digital control systems. New York ; London : Macmillan; Collier-Macmillan, 1968.

50099

**מבוא לבקרה  
ליניארית מודרנית**

**Introduction to  
Linear Modern  
Control**

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50018 מבוא  
לתורת הבקרה (בקרה א')

**כללי:**

מטרת הקורס ללמד את הסטודנט לנתח ולתכנן מערכות בקרה אופטימליות במרחב המצבים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. כתיבת משואות מצב למערכות דינאמיות ליניאריות, ושיטות לפתרון.
2. מושגים של קונטרולביליות, אובסרבביליות, דטקטביליות וייצוביות.
3. בעית רגולטור רבועי אופטימלי (LQR), ופתרונה, הצורך בזהוי כול המצבים של וקטור המצבים.
4. פתרון הרגולטור האופטימלי בתחום התדר.
5. תכונות רובוסטיות, פתיחות לרעשי מדידים.
6. הבעיה של LQG - (LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN).
7. משפט ההפרדה.
8. סנון רעש של המצבים הנמדדים וזהוי המצבים שלא ניתנים למדידה.
9. פילטר קלמן.
10. צופה אופטימלי.
11. שיטות LTR - Loop Transfer Recovery.

**ספרי לימוד:**

1. שקד, מבוא לבקרה לינארית מודרנית, הוצאת הפקולטה להנדסה א-ת, 1992.

**ספרי עיון:**

1. Anderson, B. and Moore, J. Optimal Control: Linear Quadratic Methods. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1990
2. Kailath, T. Linear Systems. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1980
3. Dorado, P., Abdallah, C. T. and Cerone, V. Linear Quadratic Control. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1995.



50101

## דינמיקה ובקרה של לוויינים

### Dynamics and Control Spacecraft

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50018 מבוא לתורת הבקרה (בקרה א')

כללי:

מטרת הקורס ללמד את הסטודנט דינמיקה ובקרה של לוויינים, הן מבחינת המסלולים והן מבחינת מצבו הזוויתי.

הנושאים שיילמדו בקורס:

1. דינמיקה של מסלולים.
2. בקרה של מסלולים- כללי.
3. בקרה של מסלולים גיוסטציונריים.
4. דינמיקה זוויתית של לוויינים.
5. ייצוב גרביטציוני.
6. בקרה זוויתית של לוויינים מסוחררים.
7. בקרה זוויתית של לוויינים מיוצבים שלושה צירים.
8. פריקת מומנטום מצטבר וניהול מומנטום זויתי.

כללי:

1. Sidi, M. Spacecraft Dynamics and Control; a Practical Engineering Approach. Cambridge : Cambridge University Press, 1997

ספרי עיון:

1. Wertz, J. Spacecraft Attitude Determination and Control. Reidel Publishing Company, 1978.
2. Pocha, J. An Introduction to Mission Design for Geostationary Satellites. Rediel Publishing Company, 1987

50102

## התקני מ"מ אלקטרואופטיים

### Electro-optic Semiconductor Devices

אופן הוראה : שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות : 4  
נקודות זכות : 3.5  
דרישות קדם : 50006 התקני מוליכים למחצה

מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר התקנים מבוססי מ"מ באלקטרואופטיקה

הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מקורות לקרינה א"מ.
2. קרינת גוף אפור, חוק פלנק, אמי סיביות.
3. מקורות קוונטיים, דפ"א, לייזרים דפ"א.
4. גלאים לקרינה א"מ.
5. פוטודיודות מסוג QWD, APD, PIN.
6. פרמטרים בגלאי, רעש אלקטרוני, יעילות קוונטית, הגברה.
7. התקנים נוספים כגון: תאי שמש, צגים TFT.

ספרי לימוד:

1. Jasprith Singh. Semiconductor Optoelectronics. McGraw Hill, NY, 1995.

ספרי עיון:

1. S. O. Kasap. Optoelectronics and Photonics. Prentice-Hall, 2001.
2. David Wood. Optoelectronic Semiconductor Devices. Prentice-Hall, 1994.

**50103**  
**מבוא לאופטיקה**  
**מודרנית**  
**ואלקטרואופטיקה**

**Introduction to**  
**Modern Optics and**  
**Electro\_optics**

אופן הוראה : שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות : 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50134 יסודות  
ההנדסה האופטית

**כללי:**

מטרת הקורס היא להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בעקרונות אופטיקה מודרנית ואלקטרואופטיקה.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. המעבר בין אופטיקה פיסיקלית, תורת הדיפרקציה הסקאלרית ואופטיקה גיאומטרית.
2. מבוא לאופטיקה פיסיקלית – מושגי יסוד בגלים, קיטוב וקוהרנטיות.
3. יסודות הדיפרקציה (עקיפה) הסקאלרית:
  - אמפליטודה קומפלקסית
  - עקיפה ע"פ קירכהוף וזומרפלד
  - הספקטרום הזוויתי.
4. עקיפת פרנל ועקיפת פרנהופר – הגישה הקלאסית וגישת המערכות הליניאריות (אופטיקת פוריה).
5. הדמיה והתמרות אופטיים ע"פ תורת הדיפרקציה.
6. PSF ו-OTF ו-MTF במערכות אופטיות, מקרה קוהרנטי ומקרה לא קוהרנטי – גישת תורת העקיפה:
  - מערכת חופשית מאברציות.
  - חישוב בנוכחות אברציות
  - דוגמאות.
7. סינון מרחבי ויישומיו.
8. הכרות עם הולוגרפיה ויישומיה
9. מבוא ראשוני לאופטיקה של מהודים.
10. מערכות אופטיות נבחרות.

**ספרי לימוד:**

1. Joseph W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, 2<sup>nd</sup> edition (McGraw-Hill Science/Engineering/Math. Series, 1996).
2. Miles V. Klein, Thomas E. Furtak, Optics, 2<sup>nd</sup> edition (John Wiley and Sons, 1986).

**ספרי עזר:**

1. Rudolf Kingslake, Optical System Design, (Academic Press, 1983).
2. Harrison H. Barrett, Kyle Myers, Foundations of Image Science, (John Wiley and Sons, 2003).
3. Amnon Yariv, Optical Electronics, (Holt, Rinehart, and Winston Series in Electrical Engineering, 1991).
4. Jake D. Gaskill, Linear Systems, Fourier Transforms, and Optics (Wiley-Interscience, 1978).

**50106**  
**מבוא לכלכלה**  
**הנדסית**

**Engineering**  
**Economics**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 2.5  
דרישות קדם: 20152 חשבון  
דיפרנציאלי ואינטגרלי 2

**כללי:**

להקנות כלים להבנת מושגי יסוד בתיאוריה הכלכלית בחשבונאות הפיננסית והניהולית, וכן לפתח מודעות אצל הסטודנט לגורמים המשפיעים על קבלת ההחלטות בנושאים הנ"ל.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מושגי יסוד בכלכלה
2. ערך הזמן של כסף
3. חישוב כדאיות
4. אינפלציה
5. החלפת ציוד
6. מושגי יסוד בחשבונאות פיננסית
7. תמחיר תקצוב ובקרה
8. הערך הכספי כפונקציה הנדסית
9. אומדנים
10. ניתוחי נקודת איזון ומינימום
11. עלות תורת ההחלטות.

**ספרי עיון:**

1. DeGarmo, E.P. Engineering Economy, 4<sup>th</sup> ed. New York ; London : Macmillan; Collier-Macmillan, 1967.
2. Thuesen, G. J. and Fabrycky, W. G. Engineering Economy, 8<sup>th</sup> ed. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1993

**50107**  
**מבוא לתאימות**  
**אלקטרומגנטית**

**Introduction to**  
**Electromagnetic**  
**Compatibility**  
**(EMC)**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50036  
אנטנות וקרינה,

**מטרות הקורס:**

אכיפת תקני תאימות אלקטרומגנטית (תא"מ) ברוב הארצות המפותחות והעלייה בצפיפות השימוש בספקטרום מאלצים תכנון קפדני של מוצרים אלקטרוניים וחשמליים. כתוצאה מכך, בשנים האחרונות גוברת דרישת התעשייה להגברת מודעות בוגרי האוניברסיטאות לבעיות תא"מ.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. חשיבות ושילוב ת"א בהנדסת אלקטרוניקה.
2. מושגי יסוד ויחידות שימושיות תא"מ. מפרטי תא"מ.
3. התנהגות לא אידיאלית של רכיבים. הספקטרום, והספקטרום של פליטה מוקרנת.
4. צימוד גלים אל"מ: לחיוט, בין חוטים, אנטנות. הפרעות הדדיות במערכות קשר וקיום צוותא.
5. מיגון וסיכוך.
6. הארקות וקישורים.
7. תופעות מעבר ודיכוי.

**ספרי לימוד:**

1. Paul, C.R., "Introduction to Electromagnetic Compatibility"  
John Wiley & Sons, 1992.

**ספרי עיון:**

1. Perez, R., Editor, "Electromagnetic Compatibility Handbook",  
Academic Press. 1995.
2. Rotkiewicz, W., Editor, "Electromagnetic Compatibility" in  
Radio Engineering", Elsevier, 1982.
3. Keiser, B.E., "Principles of Electromagnetic Compatibility, 3<sup>rd</sup>  
Ed., Artech House 1996.

**50109**  
**מבוא לרובוטיקה**

**Introduction to Robotics**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50018 מבוא לבקרה (בקרה א')

**מטרות הקורס:**

הקורס עוסק ברובוטים (בעיקר מניפולטורים) עם דגש על המודלים המתמטיים המרחביים של מיקום ותנועה. במסגרת הקורס נלמד תכנות בסיסי של רובוטים עם התמקדות בטיפול בבעיית RT.  
1. להציג את נושא הרובוטיקה ויישומיו.  
2. לתת בסיס לתכנון פעולה וביצוע משימות באמצעות רובוטים.  
3. להקנות תפיסה מרחבית וכלים מתמטיים לביצוע טרנספורמציות מרחביות.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא: הגדרות, היסטוריה שימושים.
2. הכרת הרובוט: מאפיינים, סוגים, רכיבים, תכונות.
3. טרנספורמציות מרחביות.
4. קינמטיקה ישרה של מצב סטטי.
5. קינמטיקה הפוכה של מצב סטטי.
6. Jacobian וקינמטיקה הפוכה של מהירויות.
7. תכנון תנועה – מהירויות.
8. תכנון תנועה – מסלול.
9. רובוטיקה מבוססת על חיישנים.
10. מבוא לאוטונומיה והתנהגויות.

**ספרי לימוד:**

1. רובוטיקה א', ב'. האוניברסיטה הפתוחה,
2. Industrial robotics, M. Groover et al.

**50111**  
**מבוא ללייזרים ומגבירי אור**

**Introduction to Lasers**

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50046 גלים ומערכות מפולגות, 50003 יסודות מוליכים למחצה

**מטרות הקורס:**

הקורס מכוון להקנות ידע תיאורטי ויישומי בנושא לייזרים ומגבירי אור. הקורס יקנה לסטודנט ידע והבנה בסיסיים בשיקולי תכנון של לייזרים. הקורס יסקור את עקרונות הפעולה ומבנה הלייזר ואת הגורמים המשפיעים על תכונות הלייזר.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מקורות אור- מאפיינים.
2. חוקי קרינה של גוף שחור
3. תהליכים עיקריים באינטראקציה בין אטומים וקרינה.
4. היענות לתדר של הגבר ובליעה.
5. הרחבת קווים הומוגנית ואי-הומוגנית
6. ניתוח מהודים אופטיים – גישה גיאומטרית.
7. ניתוח מהודים אופטיים – דיפרקציה.
8. תנאי סף ורוויה.
9. צימוד אופטימלי.
10. לייזר במיתוג מהיר ולייזר רב אופני.
11. סוגי לייזרים – מוצקים, גזיים ומוליכים למחצה.

**ספרי לימוד:**

1. Verdeyen, J.T. Laser Electronics, 3th ed. Upper Saddle River, N.J. : Prentice-Hall, 1995.
2. Svelto, O. Principles of Lasers, 3rd ed. New York : Plenum Press, 1976.
3. Yariv, A. Optical Electronics, 3<sup>rd</sup> ed. New York : Holt, Rinehart and Winston, 1985.

50112

**עיבוד תמונה מתקדם**

**Advanced Image Processing**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50087  
עבוד תמונה

**כללי:**

הקניית מושגי מתקדמים בעיבוד ספרתי של תמונה.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

**1. רקע כללי ומבוא:**

- א. סקירה על נושאי הקורס
- ב. רענון בנושאים שונים הקשורים לעיבוד תמונה, הדמי, ושדות אקראיים (random fields).

**2. פרקים בראיית מכונה:**

- א. מושגי יסוד במורפולוגיה מתמטית ועיבוד תמונות בינאריות.
- ב. גישות יורסטיות (heuristic) וגישות מבוססות מודלים של ראייה אנושית.

ג. גישות מבוססות תורת האינפורמציה (Information theory approaches)

**3. מבוא לעיבוד תמונה ברדילוגיה רפואית:**

- א. עקרונות ההדמיה הרפואית.
- ב. הדמיה בקרני רנטגן והדמיה בקרני גאמה.
- ג. טומוגרפיה ממוחשבת, התמרת ראדון (Radon transform), ושיטות לחישוב מעשי של התמרת ראדון ההפוכה.
- ד. גישות לרפואה גרעינית (nuclear medicine) – הדמיה בקרני גאמה – הדמיה בעזרת מצלמות נקב וקולימטור חורים, מצלמות גאמה סורקות.
- ה. Code aperture imaging.

החומר עשוי להיות מוגש שונה מהרשום. המרצה שומר לעצמו את הזכות לשינויים בתכנית.

**ספרי לימוד:**

1. William K. Pratt, Digital Image Processing: PIKS Inside, 3<sup>rd</sup> edition (John Wiley and Sons, 2001).
2. Jain, A.K. Fundamentals of Digital Image Processing. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall International, 1989.
3. Harrison H. Barrett and William Swindell, Radological Imaging (Academic Press' 1997).
4. Richard O. Duda and Peter E. Hart, Pattern Classification and Scene Analysis (John Wiley and Sons, 1973) or later edition.
5. Jean Serra, Image analysis and mathematical Morphology (Academic Press, 1984).
6. A. Rosenfeld and A. C. Kak, Digital Picture Processing, 2<sup>nd</sup> edition, Volume 1 and 2 (Academic Press, New York 1982).
7. T. S. Huang, Editor, Two Dimensional Digital Signal Processing II (Springer Verlag, New York, 1981).
8. David Marr, Vision (Freeman and Company, 1982).
9. חומר נוסף (מאמרים, במידת הצורך, יועמד לרשות הסטודנטים ע"י המרצה).

**50115**  
**מבוא לחומרים**  
**אלקטרוניים**

**Introduction to**  
**Electronic**  
**Materials**

אופן הוראה: שיעור ותרגול

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 20150 פיסיקה 3

**מטרות הקורס:**

הקורס מכוון ללימוד המבנה האטומי וכשלים בחומרים ובשכבות דקות, מבנה ותכונות אופטו-אלקטרוניות ומכניות של חומרים אלקטרוניים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבנה האטום וקשרים בין אטומיים.
2. מבנה גבישי וסריגי בראווה, פגמים.
3. סגסוגות ריכוז משקלי ואטומי.
4. דיאגרמות פזות ודיפוזיה במוצקים.
5. תכונות תרמיות, חשמליות ואופטיות.
6. מתכות, פולימרים, חומרים אלקטרוניים קרמיים
7. מוליכים קרמיים, דיאלקטרים קרמיים, חומרים אלקטרו-אופטיים.
8. שכבות דקות.

**ספרי לימוד:**

1. Kwok H.L. Electronic Materials. Boston : PWS Pub. Co., 1997.
2. Kasap S. O. Principles of Electronic Materials and Devices. McGraw-Hill, 2006.

**ספרי עיון:**

1. Davies J.H. The Physics of Low-Dimensional Semiconductors: an Introduction. Cambridge : Cambridge University Press, 1998.
2. Jones I.P. Materials Science for Electrical and Electronic Engineers. New York : Oxford University Press, 2001.

**כללי:**

הקניית מושגים בתחום דינמיקה ובקרת רובוטים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא
2. מנועים ו- Actuators
3. חיישנים
4. דינמיקה של רובוטים
5. עקרונות שילוב בקרה ברובוטים
6. רובוטים ניידים התנהגויות פטרנים וסגירת חוגי חיישן/מנוע
7. תכנות.

**ספרי לימוד:**

1. Craig, J. Introduction to robotics; mechanics and control, 2<sup>nd</sup> ed. Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., 1989
2. Varela, F. J. and Bourgi, P. Toward A Practice of Autonomous Systems: First European conference on Artificial life, Paris, France, Dec., 1991; proceedings. Cambridge, Mass. : MIT Press, 1994

**50116**  
**דינמיקה ובקרה של**  
**רובוטים**

**Robots Dynamics**  
**and Control**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50018 בקרה א'

50109 מבוא לרובוטיקה

**50123**  
**התקני מתח**  
**גבוה ונמוך**

**High & Low**  
**Voltage Devices**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50043 מערכות  
הספק א' (ניתן ללמוד במקביל)

**מטרות הקורס:**  
בקורס זה יכיר הסטודנט תכונות בסיסיות של התקני מתח גבוה ונמוך למיניהם. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט ידע בסיסי במבנה ובעיקרון פעולה של התקני מתח גבוה ונמוך וכמו כן לחשוף את הסטודנט בפני בעיות התפקוד של ההתקנים בתנאים נורמאליים וקיצוניים: בעיות החימום והקירור, בעיות היציבות האלקטרו-דינמית ועוד.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

**התקני מתח גבוה:**

1. מסדרי מתח גבוה ומתח עליון: מפסיקי ומנתקי זרם, פסי צבירה.
2. מבודדים (מתיחה, תמיכה, מעבר ועוד), סוגים של בידוד: מוצק (חרסינה, זכוכית, פולימרים וכו'), נוזלי (שמן וכו'), וגזי (אוויר, SF<sub>6</sub> וכו'); איבודים דיאלקטריים ובדיקת  $\tan \delta$ .
3. מובילי זרם: תופעת "סקין-אפקט" ו"אפקט התקרבות", התחממות של מוליכים ושיטות שונות של קירור.
4. תורת המגע החשמלי, עבודתו של מגע במצב נורמאלי ובהפרעות, מבנים שונים של מגעים. כוחות אלקטרו דינמיים הפועלים על מוליכים.
5. התפרקויות ופריצות חשמליות, קשת חשמלית ושיטות כיבוי במפסיקי זרם.
6. משנה זרם ומשנה מתח.

**התקני מתח נמוך:**

1. רכיבים ברשת מתח נמוך: נתיכים, מפסיקי זרם מנתקים, ממסרים, מגעים ועוד.
2. מעגלי בקרה והפעלה עקרוניים של התקני מתח נמוך, ארונות חשמל.
3. מכשירי ניתוק אלקטרוניים, מתנעים רכים, ווסתי תדר ועוד.
4. הגנה בהתקני מתח נמוך: הגנה בפני זרמי ייתר (הגנה תרמית) ובפני זרמי קצר (הגנה מגנטית) ממסרי מתח זרם.
5. ספקי כוח, מייצבי מתח, ספקי אל-פסק, מתקנים לשיפור גורם הספק.
6. הארקות, איפוסים, מפסיקי פחת.

**ספרי לימוד:**

1. Kuffel, E., Zaengl W. S. and Kuffel, J. High Voltage Engineering: Fundamentals, 2<sup>nd</sup> ed. Oxford : Newnes, 2000.
2. Garzon, Ruben D. High Voltage Circuit Breakers, Design and Application, 2<sup>nd</sup> ed. New York : Dekker, 2002.
3. Kussy, F.W. and Warren, J. L. Design Fundamentals of Low Voltage Distribution and Control New York : Dekker, 1987.

50133

**תכנון תפעול ופיקוד  
על מערכות**

**לאספקת חשמל**

**Design, activation  
and control of  
electrical  
delivering systems**

ותרגיל אופן הוראה: שיעור

שעות שבועיות: 2

נקודות זכות: 2

דרישות קדם: 50043 מערכות  
הספק א'

**מטרות הקורס:**

בקורס זה יקבל הסטודנט ידע בסיסי על מערכות החשמל בארץ. לימודים פרונטאליים ילכו בסיוורים לתחנות כוח, לתחנות משנה וחדר פיקוח מחוזי.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. פיתוח אספקת החשמל בארץ ומאפייני משק החשמל.
2. מערכת הייצור, המסירה, ההשנאה והחלוקה מאפיינים בסיסיים של מערכת החשמל.
3. עקרונות תכנון, תרשימי מתח גבוה ותכנון אופטימאלי לטווח ארוך.
4. תכנון הספקת חשמל באזור חדש.
5. עקרונות תפעול ופיקוח של מערכות חשמל מתח גבוה.
6. אמצעי הגנה בפני חשמול.
7. איכות החשמל.
8. אמינות הספקת החשמל.
9. שדות מגנטיים בקרבת מקום לרשתות ומתקני חשמל.
10. הארקות במתקני חשמל.

**ספרי לימוד:**

1. E. Kuffel, W. Zaengl, High Voltage Engineering, 1994.
2. M. Beyer, W. Boeck, Hochspannungstechnik. Theoretische und praktische Grundlagen, Springer Verlag, 1986.



**50134**  
**יסודות ההנדסה**  
**האופטית**  
**Fundamentals of**  
**optical engineering**

אופן הוראה : שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות : 4  
נקודות זכות : 3.5  
דרישות קדם: 20150 פיזיקה 3,  
50046 גלים ומערכות מפולגות

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט התכונות הבסיסיות של אור (שבירה, החזרה, עקיפה, דימוי), ההיסטוריה של מכשירים אופטיים עיקריים (מיקרוסקופ, טלסקופ, לייזר). הקורס כולל מבוא לאופטיקה גיאומטרית, אופטיקה גאויסינית, יסודות התכנון של מכשירים אופטיים בסיסיים, היכולת של מערכת הראייה האנושית ומודלים שלה, צימוד בין העין למכשירים אופטיים.

**הנושאים שיילמדו בקורס :**

1. המעבר בין אופטיקת גלים ואופטיקה גיאומטרית, עקרון Fermat.
2. דימוי מושלם ומשטחים קרטזיים.
3. דימוי מקורב, ההגדרה וחישוב של אברציות אופטיות.
4. אופטיקה גאויסינית (פראקסיאלית), ושימוש במטריצות באופטיקה גיאומטרית. עדשות דקות, עדשות עבות, מישורים ונקודות מיוחדות בעדשות, מערכות פוקליות ואפוקליות, הגדלה רוחבית, זוויתית ואורכית, אישונים ו-Vignetting, כלל Scheimpflug, מדידה מעשית של פרמטרים אופטיים.
5. התמרת פורייה הדו-ממדית ותכונותיה.
6. איפיון איכות דימוי אופטי: PSF, OTF, MTF, עיוותים.
7. עקרונות הפוטומטרייה והרדיו מטרייה, תנאי Abbe וקבוע Lagrange.
8. איפיון אופטי של העין האנושית, איפיון פונקציונאלי של העין האנושית, עקרונות הקולורימטריה.
9. צימוד בין מכשירים אופטיים ועין האדם: עדשת שדה, עינית, eye relief.
10. מכשירים אופטיים ומערכות אופטיות מיוחדות: מיקרוסקופ, טלסקופ, אופטיקה טלסנטרית, אופטיקה אנאמורפית, וכו'.
11. מערכות מרובות מראות ופריזמות.
12. דוגמאות וסיכום.

**ספרי לימוד:**

1. Klein, M. V. and Furtak, T. E. Optics, 2nd ed. New York : (John Wiley and Sons, 1986).
2. Kingslake, R. Optical Systems Design. ( Academic Press, 1983).
3. Goodman, J.W. Introduction to Fourier Optics, 2nd ed. ( McGraw-Hill, 1996).

**ספרי עזר:**

1. Robert E. Flcher and Biljana Tedic-Galeb, Optical Systems Design (McGraw-Hill, 2000).
2. Warren W. Smith, Modern Optical Engineering, 3<sup>rd</sup> edition (McGraw-Hill, 2000)/

**50135**  
**טכנולוגיה של**  
**שכבות דקות**

**Thin Films**  
**Technology**

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישת קדם: 50006 התקני  
מוליכים למחצה

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר את הבסיס הפיסיקלי ועקרונות יסודיים של תהליכי טכנולוגיה ליצירת שכבות דקות, טכניקות ואקום, תכונות חומרים בצורה שכבתית ואפיון חשמלי ואופטי של שכבות דקות. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון מערכות שכבתיות ומערכות ייצור של שכבות דקות.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. חומרים ותכונותיהם במבנה שכבתי.
2. חוקים של גזים ומערכות ואקום.
3. תכונות של פני-שטח וגידול שכבות דקות.
4. נידוף תרמי בואקום.
5. פריקת גז, פלסמה, ניתוז יוני בואקום, שיטות ניתוז.
6. שיטות כימיות לגדילת שכבות דקות.
7. עובי של שכבות דקות, אפיון שכבות דקות.
8. תכונות מכניות, חשמליות ואופטיות של שכבות דקות.
9. שימוש שכבות דקות בתעשייה.

**ספרי לימוד:**

1. Ohring, M. Material Science of Thin Films: Deposition and Structure, 2<sup>nd</sup> ed. San Diego, Calif. : Academic Press, 2002.
2. O'Hanlon, John F. A User's Guide to Vacuum Technology. New York : Wiley, 1989.
3. Elshabini-Riad, A.A.R. and Barlow, F.D. Thin Film Technology Handbook. New York : McGraw-Hill, c1998

**ספרי עיון:**

1. D. Glocker, Handbook of Thin Film Process Technology, IOP Publishing Ltd, Bristol, 1995.
2. Wolf, S. and Tauber, R. N. Silicon Processing for the VLSI ERA: vol.1: Process Technology, Lattice Press. Sunset Beach, Calif. : Lattice Press, 1992
3. בר-לב אדיר וגדי גולן. התקני מוליכים למחצה ומיקרואלקטרוניקה. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה 2000, 20403.

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מושגים ויישומים באלקטרוניקה רפואית.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. עיבוד אותות ממקור ביולוגי.
2. אנליזות ספקטרליות מתקדמות והיבטי חומרה ותוכנה ברישום של האותות
3. ניתוח מעגלים אלקטרוניים מורכבים במכשירי הדמיה רפואיים
4. יישומי תקשורת בניטור ואבחון רפואיים.

**ספרי לימוד:**

1. Medical Instrumentation : Application and Design, 3<sup>rd</sup> ed. New York : Wiley, 1998.
2. Webster, J. G. Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. 6v.: vol 1-4. Wiley, 1998. 3. Wolf, S. Guide to Electronic Measurements and Laboratory Practice, 2<sup>nd</sup> ed. Prentice Hall, 1983.

**50136**  
**אלקטרוניקה רפואית**  
**מתקדמת**

**Advanced medical**  
**electronics**

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישת קדם: 50140 עקרונות  
מכשור רפואי

**50137**  
**ביו-מכניקה**  
**מתקדמת**

**Advanced bio**  
**mechanics**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 2  
נקודות זכות: 2  
דרישת קדם: 50141 מבוא  
לביו-מכניקה

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט מושגים בסיסיים בביו-מכניקה.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. ניתוח מתקדם של מעברי חום וזרימה ברקמות ביולוגיות
2. משוואת החום ויישומיה בהתקנים רפואיים
3. מודלים מכניים מורכבים של מערכת השלד וזיקתם למבנה של רובוטים מכניים.

**ספרי לימוד:**

1. Fung Y. C. Biomechanics: Motion, Flow, Street and Growth. Springer Verlag, NY, 1990.
2. Nordin, M. and Frankel, V. H. Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System. Lea & Febiger, 1989

**50138**  
**בקרה של תהליכים**  
**פיזיולוגיים**

**Feedback control**  
**of physiological**  
**processes**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 2.5  
דרישת קדם: 50018 מבוא  
לבקרה (בקרה א'), 50142  
פיזיולוגיה מערכתית.

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט את יישום העקרונות של תורת הבקרה ההנדסית (הקלאסית והמודרנית) במערכות פיזיולוגיות.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. יישום העקרונות של תורת הבקרה ההנדסית (הקלאסית והמודרנית) במערכות משוב פיזיולוגיות.
2. חזרה על מושגי יסוד בבקרה קלאסית ובבקרה מודרנית.
3. בקרה במערכת ההורמונלית
4. בקרה של מערכת לחץ הדם מודל וסימולציות
5. בקרה של מערכת הנשימה
6. מודלים וסימולציות.
7. בקרה במערכת העצבים.
8. בקרת הדחף העצבי ובקרה ברמה של תעלות יוניות.

**ספרי לימוד:**

1. Kooh M. C. .Physiological Control Systems: Analysis Simulation and Estimation, 1st ed. IEEE press series on Biomedical Engineering, 2005.
2. Tortora, G.J. and Grabowski, S. R. Principles of Anatomy and Physiology, 9<sup>th</sup> ed. Wiley, 2000.
3. Nordin, M. and Frankel, V. H. Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System. Lea & Febiger, 1989

## 50139 מעבדה למכשור רפואי

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבויעות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50140 עקרונות  
מכשור רפואי במקביל

### מטרות הקורס:

הקורס בא לחשוף את הסטודנטים לעקרונות האבחון, מדידה והיישומים הקליניים של מכשור רפואי סטנדרטי, בין אם עבודה ותרגול על מכשור רלוונטי, או דרך התנסות ולמידה באמצעות תוכנות וסנסורים מתאימים, תוך כדי הבנת העקרונות האלקטרו-פיזיולוגיים בבסיסו של המכשור הרפואי.

### הנושאים שילמדו במעבדה:

1. מבוא והכרות עם המכשור ועקרונות הפעולה של מכשור רפואי.
2. יישומים אפשריים של מכשור רפואי.
3. הלב כמודל מרכזי לרישום חשמלי.
4. פתו פיזיולוגיה בסיסית של הלב מרמת תא ועד לשריר.
5. עקרונות ה-ECG, עקרונות חשמליים בהפרעות שונות, סקירת הפרעות חשמליות שונות.
6. הדגמה, הפעולה והתנסות אישית ב-ECG.
7. עקרונות מדידת לחץ דם, קולות הלב, התנסות אישית.
8. עקרונות ההדמיה באמצעות US (אולטרא-סאונד).
9. ECHO של שריש הלב הדגמות ולימוד הטכנולוגיה באמצעות תוכנות.
10. עקרונות הספיר ומטריה, מדידת NO באוויר הננשף – הכרת הטכנולוגיה והתנסות.
11. יישומי מעבדה אלקטרו-פיזיולוגיים במכשירי המולטי לוג.
12. יישומי ה-Pulse Oximeter.
13. יישומי ה-EEG.

### ספרי לימוד:

1. Henry J.L. Marriot, Practical Electrocardiography, 8<sup>th</sup> Edition, 2006.
2. Joseph D. Bronzino, The Biomedical Engineering Handbook, 2<sup>nd</sup> Edition CRC Press, 2000.

**50140**  
**עקרונות מכשור רפואי**

**Biomedical Transducers and Instruments**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50142  
פיזיולוגיה מערכתית, 50141  
מבוא לביו-מכניקה (אפשר במקביל)

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מושגי יסוד במדידות רפואיות ואת עקרונות המכשור הרפואי.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. ניתוח מתמטי של מערכות מדידה ביו-חשמליות, ביו-מכניות, ביו-זרימה וחום.
2. עקרונות של מתמרים: ניתוח ואפיון של מתמרי העתקה, לחץ, כוח, ספיקה, טמפרטורה.
3. מעגלים אלקטרוניים, מבוססי מגברים אופרטיביים, המיוחדים במכשור רפואי.
4. אלקטרודות למדידת פוטנציאלים חשמליים ברקמות ביולוגיות.

**ספרי לימוד:**

1. Webster, J.G., Jr Clark JW, Neuman MR. Medical Instrumentation Application and Design, 3<sup>rd</sup> ed. New-York: Wiley, 1998.
2. Enderle, M., Blanchard, S. M., Bronzino, J. D. Introduction to Biomedical Engineering. San Diego: Academic Press, 2000.
3. Northrop, R. B. Introduction to Instrumentation and Measurement, 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2005.

**50141**  
**מבוא לביו-מכניקה**

**Introduction to Biomechanics**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 2  
נקודות זכות: 2  
דרישות קדם: 50142  
פיזיולוגיה מערכתית,

**מטרת הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר ביו-מכניקה של גוף האדם וביו-מכניקה של זרימת הגוף.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

**ביו-מכניקה של גוף האדם:**

1. מערכת השלד והשרירים
2. מכניקה של השרירים
3. קינמטיקה של התנועות
4. דינמיקה של תנועה במפרק פשוט
5. אנליזה של הליכה
6. ביו-מכניקה של ספורט (ריצה, קפיצה)

**ביו-מכניקה של זרימת הגוף:**

1. מערכת לב-ריאה ומחזור הדם
2. מכניקה של הלב וכלי הדם
3. משאבת הלב
4. זרימה פועמת
5. התפשטות גלים בצינורות גמישים

**ספרי לימוד:**

1. Fung Y. C. Biomechanics: Motion, Flow, Street and Growth. Springer Verlag, NY, 1990.
2. Nordin, M. and Frankel, V. H. Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System. Lea & Febiger, 1989

**50142**  
**פיסיולוגיה**  
**מערכתית**

**Human**  
**Physiological**  
**Systems**

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50143  
אנטומיה של גוף האדם

**מטרת הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט את המערכות הפיזיולוגיות בגוף האדם, תוך מתן דגש על עקרונות הפעולה שלהן הן כמערכות ייחודיות והן בפעולתן המשולבת.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא קצר לכימיה וביוכימיה, מבנה ותפקוד התא.
2. פיסיולוגיה של רקמות אקסיטביליות, מערכת העצבים.
3. פיזיולוגיה של המערכת ההורמונאלית: היפותלמוס, היפופיזה, תירואיד ויותרת הכליה.
4. הלב וכלי הדם – מנגנון ייצור כדוריות הדם, מערכת הקרישה, מערכת החיסון.
5. מערכת העיכול, הקיבה, המעינים, הלב לב.
6. מערכת הנשימה – תפקודי ריאות, שיחלוף גזים בריאות ומנגנון ויסות הנשימה
7. הכליה – ויסות נוזלים ואלקטרוליטים, ויסות הורמונאלי של לחץ הדם.

**ספרי לימוד:**

1. Johnson L. Essential Medical Physiology. 3RD Ed. Elsevier, 2004.
2. Guyton AC. Hall JE. Text book of Medical Physiology. 10TH Ed. Elsevier, 2000.
3. Tortora GJ & Grabowski SR. Principles of Anatomy and Physiology (w/CD 9TH Ed. John Wiley & Sons, 2000.

**50143**  
**אנטומיה של גוף האדם**

**Human Anatomy**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט את המערכות האנטומיות בגוף האדם, תוך מתן דגש בעקרונות הפעולה שלהן הן כמערכות ייחודיות והן בפעולתן המשולבת.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבנה ותפקוד התא; מושגים בסיסיים ברפואה
2. מערכת העצבים והשרירים, אנטומיה של העצמות
3. המערכת הקרדיווסקולרית, כלי הדם ושריר הלב
4. המטולוגיה, הרכב הדם, ומערכת החיסון
5. מערכת הנשימה – תפקודי ריאות, שחלוף גזים בריאות ומנגנון ויסות הנשימה
6. נוירולוגיה: אנטומיה ופיזיולוגיה של מערכת העצבים
7. מערכת העיכול, הקיבה, המעי, הבלב
8. הכליה – ויסות נוזלים ואלקטרוליטים, ויסות הורמונלי של לחץ הדם
9. מערכת הרבייה
10. אנטומיה של העין ושל האוזן

**ספרי לימוד:**

1. Tortora GJ & Grabowski SR. Principles of Anatomy and Physiology (w/CD), 9<sup>TH</sup> Ed. John Wiley & Sons, 2000.
2. Guyton AC. Hall JE. Text book of Medical Physiology. 10<sup>TH</sup> Ed. Elsevier, 2000.

**50144**  
**תכנון מערכות אופטו-מכאניות**

**Opto-mechanical system design**

שעות סמסטר: 4  
נקודות זכות: 3.5  
אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
דרישות קדם: 50110 תכנון עדשות ומערכות אופטיות

**כללי:**

בעיות השיבוץ של רכיבים אופטיים הן ייחודיות ושונות מהותית מבעיות השיבוץ של רכיבים ותת-מערכות אלקטרוניות ושל מרבית המערכות המכאניות. קורס זה מהווה מבוא להנדסה מכאנית עבור מערכות אופטיות ומערכות אחרות הדורשות דיוקים מכאניים גבוהים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מושגי יסוד בהנדסה מכאנית.
2. הדרישות ממערכות אופטו-מכאניות.
3. השפעות תנאי סביבה.
4. תכונות מכאניות של חומרים אופטיים.
5. שיבוץ עדשות ואלמנטים אופטיים בעדשות מורכבות.
6. שיבוץ פריזמות ומראות קטנות.
7. מראות קלות-משקל.
8. מראות מתכתיות.
9. שיבוץ רכיבים אופטיים בעלי מפתח גדול.
10. מבנה מכאני של מכשירים אופטיים שונים.

עשויים לחול שינויים בפרטי או בסדר החומר הנלמד.

**ספרי לימוד:**

1. Paul R. Yoder Jr., Opto-Mechanical Systems Design (Marcel Dekker, New York, 1992).

חלק מחומר הקורס יועבר ע"פ מאמרים שפרטיהם יימסרו לסטודנטים ע"י המרצה.

Introduction  
to Medical Imaging

שעות סמסטר: 4

נקודות זכות: 3.5

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל

דרישות קדם: 50087 עבוד

תמונה

## כללי:

מאז תגליתו של פרופ' קונרד רנטגן ב-1895, עברה הרפואה מהפכה – כיום ניתן לאבחן מחלות רבות, משברים ונקעים, וכלה בסרטן ובמחלות לב וכלי דם, ללא חדירה וללא ניתוח. לצורך זה עומדים לפני הרופא אמצעי הדמיה המבוססים על עקרונות פיזיקאליים שנים, ואמצעי מחשוב המאפשרים להציג את המידע המתקבל כתמונות ברורות. קורס זה יכלול סקירה קלה על הצד הפיזיקאלי של הדמיה רפואית ויתמקד באלגוריתמים שונים לשחזור דמויות לצורך זה. חלק מהשיטות שיטופלו משמשות גם לצרכים תעשייתיים ואחרים.

## הנושאים שיילמדו בקורס:

1. סקירה של טכנולוגיית ההדמיה הרפואית.
2. רדיולוגיה קלאסית – צילום רנטגן – עקרונות פיזיקאליים ואפיון.
3. רפואה גרעינית – הדמיה בקרני גאמה – עקרונות ובעיות.
4. שיטות ואלגוריתמים מתקדמים ברפואה גרעינית.
5. טומוגרפיה ממוחשבת בקרני רנטגן – עקרון ואלגוריתמים לשחזור.
6. הדמיה תלת-ממדית ברפואה.
7. עקרונות ההדמיה האקוסטית (ultrasound).
8. הכרות עם טכניקות נוספות בהדמיה רפואית.

עשויים לחול שינויים בפרטי או בסדר החומר הנלמד.

## ספרי לימוד:

1. Kai Hwang and Fayé.A. Briggs, *Computer Architecture and Parallel Processing* (McGraw-Hill, New York, 1985).
2. George S. Almasi and Allan Gottlieb, *Highly Parallel Computing* (Benjamin/Cummings, Redwood City CA, 1989).

חלק מחומר הקורס יועבר על-פי מאמרים, שפרטיהם יימסרו לסטודנטים ע"י המרצה.



**50146**  
**ארכיטקטורה**  
**ומבנים לעיבוד**  
**תמונה**  
**Architectures**  
**and Structures for**  
**Image Processing**

שעות סמסטר: 4  
נקודות זכות: 3.5  
אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
דרישות קדם: 50087 עיבוד  
תמונה

**כללי:**

האופי המיוחד של אלגוריתמים רבים בעיבוד תמונה, והעומס החישובי הכבד שהם מטילים על מחשבים קונוונציונליים, יוצר צורך בפיתוח ארכיטקטורות מחשב ייעודיות לעיבוד תמונה. בהתאם לאופי העיבוד הנדרש, ארכיטקטורות אלו עשויות לכלול מקביליות חישוב גבוהה וקישוריות פנימית המותאמת לאלגוריתמים ספציפיים. בקורס זה נסקור מספר אלגוריתמים ומבנים בסיסיים בעיבוד תמונה, נלמד אודות סוגי המחשבים המקבילים ותכונותיהם, וניתן דוגמאות ספציפיות למבנים המיועדים למימוש אופטימאלי של אלגוריתמים מסוימים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. סקירה של טכנולוגיית ההדמיה הרפואית.
2. רדילוגיה קלאסית – צילום רנטגן – עקרונות פיזיקאליים ואפיון.
3. רפואה גרעינית – הדמיה בקרני גאמה – עקרונות ובעיות.
4. שיטות ואלגוריתמים מתקדמים ברפואה גרעינית.
5. טומוגרפיה ממוחשבת בקרני רנטגן – עקרון ואלגוריתמים לשחזור.
6. הדמיה תלת-ממדית ברפואה.
7. עקרונות ההדמיה האקוסטית (ultrasound).
8. הכרות עם טכניקות נוספות בהדמיה רפואית.

עשויים לחול שינויים בפרטי או בסדר החומר הנלמד.

**ספרי לימוד:**

1. Kai Hwang and Fayé.A. Briggs, *Computer Architecture and Parallel Processing* (McGraw-Hill, New York, 1985).
2. George S. Almasi and Allan Gottlieb, *Highly Parallel Computing* (Benjamin/Cummings, Redwood City CA, 1989).

חלק מחומר הקורס יועבר על-פי מאמרים שפרטיהם יימסרו לסטודנטים ע"י המרצה.

50147

## עיבוד אותות אופטי

### Optical Signal Processing

שעות סמסטר: 4

נקודות זכות: 3.5

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל

דרישות קדם: 50103 מבוא

לאופטיקה מודרנית ואלקטרו-

אופטיקה, 50087 עיבוד תמונה.

### כללי:

פעולות מתמטיות רבות ניתנות לביצוע באמצעים אופטיים "במהירות האור". בקורס זה נסקור שיטות שונות לעיבוד אינפורמציה ועיבוד תמונה אופטי אנלוגי וספרתי.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא – היתרונות והחסרונות של עיבוד אינפורמציה אופטי.
2. התמרות מתמטיות במערכות אופטיות.
3. מעבדים אופטיים קוהרנטיים אנלוגיים.
4. מערכות עיבוד אותות/תמונות אנלוגיות לא-קוהרנטיות.
5. עיבוד אופטי ספרתי.
6. מעבדים אופטיים ממוזערים.
7. תקשורת אופטית במחשבים אלקטרוניים.

### ספרי לימוד:

1. W. T. Rhodes, J. R. Fienup and B. E. A. Saleh, editors, Transformations in Optical Signal Processing, Proc. SPIE Vol. 373 (SPIE, Bellingham, 1981).
2. I. Glaser, "Information Processing with Spatially Incoherent Light", in Progress in Optics vol. XXIV, E. Wolf, editor (North Holland, Amsterdam, 1987).
3. D. Feitelson, Optical Computing (MIT Press, Cambridge MA, 1988).
4. H. J. Caulfield and G. Gheen, editors, Selected Papers on Optical Computing, SPIE Milestone Series Vol. 1142 (SPIE, Bellingham, 1989).

חלק מחומר הקורס יועבר ע"פ מאמרים שפרטיהם יימסרו לסטודנטים ע"י המרצה.

- הנושאים שיילמדו בקורס:**
1. שגיאות במסננים עקב אורך מילה סופי- Fixed point, Floating point.
  2. עיבוד אותות הומו מורפי.
  3. שיערוך פרמטרים של ספקטרום ההספק.
  4. מערכות מרובות קצבים (דצימציה, אינטרפולציה).
  5. מערך מסנני QMF
  6. short time Fourier transform
  7. Wavelet transform (WT).
  8. שימושים של WTW לצורך de-noising, דחיסה- edge detection ו- הנדסת תקשורת.

**ספרי לימוד:**

1. J. G. Proakis and D. G. Malonakis, " Digital Signal processing principles, algorithms and applications, Prentice –Hall 1996
2. V. K. Ingle, J. G. Proaks " DSP using Matlab", Brooke/Cole Thompson Learning , 2000
3. P. Lapsely, J. Beir, A. Shoham, E.A. Lee " DSP processor Fundamentals Architecture and features", Berkley Technology Inc. 1996
4. Boaz Porat, "A course in DSP", Wiley, 1997

50148

**נושאים נבחרים בעיבוד אותות**

**Selected Topics for Digital Signal Processing**

אופן הוראה: שו"ת  
 שעות שבועיות: 4  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: 50060 עיבוד אותות ספרתי

**כללי:**  
 בקורס זה ילמד הסטודנט עקרונות תכנון וייצור של ציפויים אופטיים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא לתכנון וייצור ציפויים אופטיים.
2. הצורך בציפויים אופטיים והיישומים שלהם.
3. מסנני-אור - עקרונות ויישומים.

**ספרי לימוד:**

1. Ronald R. Willey, Practical Design and Production of Optical Thin Films, 2<sup>nd</sup> ed. Marcel Dekker; 2002.

50149

**ציפויים ומסננים אופטיים**

**Optical coating and filters**

אופן הוראה : שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות : 4  
 נקודות זכות : 3.5  
 דרישות קדם: 50103 מבוא לאלקטרואופטיקה ואופטיקה מודרנית

**50152**  
**מבוא לתורת**  
**הקוונטים**

**Introduction**  
**to Quantum Theory**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 20150 פיסיקה  
3, 20049 משוואות  
דיפרנציאלית, 20155 פונקציות  
מרוכבות ואנליזה הרמונית.

**כללי:**

קורס זה מהווה מבוא לעקרונות הפיזיקליים והמתמטיים של תורת הקוונטים, עם דגש בשימושיה בפיזיקה אטומית, מולקולרית, ומערכות מרובות גופים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. משוואת שרדינגר המלאה, פונקציות גל, הפירוש הסטטיסטי, הסתברות, תנע, עקרון אי-הוודאות של הייזנברג.
2. משוואת שרדינגר הבלתי-תלויה בזמן ומצבים סטציונרים (עמידים).
3. מערכות חד-ממדיות: בור פוטנציאל איסופי, אוסילטור הרמוני, חלקיק חופשי, בור פוטנציאל סופי, בעיות פיזור חד-ממדיות.
4. פורמליזם מתמטי: מרחב הילברט, אופרטורים, פונקציות עצמיות של אופרטור הרמיטי, עקרון אי-הוודאות המוכלל.
5. תורת הקוונטים בשלושה מימדים: משוואת שרדינגר בקואורדינאטות כדוריות, אטום מימן, תנע זוויתי, ספין.
6. מערכות דו-חלקיקיות, אטומים, מכניקה סטטיסטית קוונטית.

**ספרי לימוד:**

1. Griffiths, D.J. Introduction to Quantum Mechanics, 2<sup>nd</sup> ed. Upper Saddle River, N.J. : Prentice-Hall/Pearson, 2005.

**ספרי עיון:**

2. Gasiorowicz, S. Quantum Physics, 3<sup>rd</sup> Ed. Wiley, 2003.
3. Eisberg, R and Resnick, R Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles, 2<sup>nd</sup> ed. New York : Wiley, 1985.
4. Peleg, Y., Pnini, R. and Zaarur, E. Schaum's outline of theory and problems of quantum mechanics. New York : McGraw-Hill, 1998.
5. Feynman, R., Leighton, R. and Sands, M. Feynman Lectures on Physics, 3 vol. Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., 1963-1966

## 50153 מדידות חשמל

### Electrical Measurements

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 2  
נקודת זכות: 2  
דרישות קדם: 50090 מבוא  
להנדסת חשמל

#### מטרות הקורס:

מטרת הקורס להקנות לסטודנט ידע תיאורטי ויישומי בתחומי מדידות חשמל, כולל במתקני מתח גבוה. הקורס יסקור עקרונות מדידה כלליים, אנליזת שגיאות מדידה, הכרת מכשירים ושיטות שונות למדידות בסיסיות של: זרם, מתח, הספק ואנרגיה, פאזה תדירות ועוד.  
כמו כן יידונו בקורס שיטות למדידת רכיבים בסיסיים ושיטות לבדיקת ציוד חשמלי, כגון: שנאים, כבלים, מגני ברק, בידוד חשמלי ועוד.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. עקרונות מדידה ואנליזת שגיאות מדידה.
2. עיבוד סטטיסטי של תוצאות המדידה.
3. מערכות מכשירים אנלוגיים, גשרים.
4. שנאי מתח וזרם, מצדים, מכשירים על בסיס תופעת הול.
5. מדידת מתח, זרם, הספק ואנרגיה.
6. מדידת התנגדות, קיבול, השראות וגורם טיב, הפסדים דיאלקטריים ( $\tan\delta$ ).
7. מדידת פאזה, תדירות ועכבות.
8. הכרת משקף תנודות ומדידות בעזרתו.
9. מכשירים דיגיטליים, רב-מודד.
10. מחוללי אותות למתח וזרם.
11. בדיקות ציוד מתח גבוה: כבלים, שנאי הספק, שנאי מדידה; בדיקות מתח יתר ומגני ברק.

#### ספרי לימוד:

1. S. Tumanski, Principles of Electrical Measurement, Taylor and Francis, 2006.
2. M. U. Reissland, Electrical measurement, Fundamentals, Concept, Applications, John Wiley and Sons, 1989.
3. R. A. Witte, Electronic Test Instrument, Theory and Applications, PTR Prentice Hall, 1993.

#### ספרי עיון:

1. R. H. Bishop, LabView Student Edition 6i/National Instruments, Prentice Hall, 2001.

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט עקרונות ותכונות בסיסיות של בקרה ואוטומציה במערכות הספק. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון בקרה ואוטומציה במערכות הספק.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. תפקידים ותכונות בסיסיות של מערכות והתקני אוטומציה בבקרה
2. בקרת מצבים נורמאליים.
3. יסודות אוטומטית של עירור גנראטורים.
4. חיבור אוטומטי (סינכרוניזציה) של גנראטורים למערכת הספק.
5. יסודות תדר ומהירות הסיבוב של גנראטורים.
6. בקרה וחלוקה אוטומטית של הספק פעיל (אקטיבי) בין הגנראטורים.
7. יסודות מצבי מתח והספק מדומה (ריאקטיבי).
8. בקרת מקורות של הספק מדומה.
9. וויסות מתח של שנאים.
10. יסודות אוטומטי של תחנות כוח ומערכות הספק.
11. בקרה ואוטומציה של מצבי חרום.
12. מטרות ובעיות של יסודות אוטומטי ומניעת תקלות.
13. ניתוק אוטומטי של קצרים. חבור חוזר של קווי תמסורת. הפעלה אוטומטית של התקני חשמל.
14. בקרת יציבות של מערכות הספק.
15. סילוק אוטומטי של מצב אסינכרוני.
16. אוטומציה ובקרה למניעת שינויים בלתי סבירים של פרמטרי המצב.
17. כיווני התפתחות של בקרה ואוטומציה במערכות הספק.

**ספרי לימוד:**

1. Juan M., Gers and Edward J. Holmes, "Protection of Electricity Distribution Networks", London, 2004
2. Cobus S., "Practical Electrical Network Automation and Communication Systems", Perth, Australia, 2003
3. Power System Protection, V.4: "Digital Protection and Signaling", London, 1995

**ספרי עיון:**

1. Ziegler G., "Numerical distance Protection: Principles and Application", Erlangen: Publicis-MCD, Verl., 1999

50155  
מבנה חשמלי של  
תחנות כוח והשנאה

Electrical  
Structure of  
Power Plants and  
Substations

אופן הוראה: שיעור  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זיכוי: 3  
דרישות קדם: 50043 מערכות  
הספק א'

כללי:

בקורס זה יכיר הסטודנט מבנים בסיסים של תחנות כוח ותחנות השנאה למיניהם וציווד חשמלי שלהן. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט ידע מעמיק במבנה של תחנות כוח והשנאה ועיקרון בחירה של ציווד חשמלי וסכמות החיבורים של תחנות כוח ותחנות השנאה ולחשוף את הסטודנט בפני בעיות התכנון של מסדרים למתח גבוה ועילוין ותפקודם בתנאים נורמאליים וקיצוניים: בעיות חימום וקירור ובעיות היציבות האלקטרו-דינאמית.

הנושאים שיילמדו במעבדה:

1. הגדרות: סוגי תחנות כוח ותהליך ייצור חשמל בתחנות כוח תרמיות, אטומיות, הידראוליות וטורבינות גז.
2. זרמי קצר: סוגים וסיבות ל זרמי קצר, חישובי זרמי קצר סימטריים ואי-סימטריים, השפעה תרמית ואלקטרו-דינאמית של זרמי קצר על ציווד חשמלי, שיטות להגבלת זרמי קצר.
3. סקירה על מסדרי מתח גבוה ומתח עליון והציווד שלהם: מפסיקי זרם ומנתקים, פסי צבירה שנאי מדידה ועד.
4. מובילי זרם ופסי צבירה: תופעת סקין-אפקט ואפקט התקרבות, התחממות של מוליכים ושיטות שונות של קירור, כוחות אלקטרו-דינאמיים הפועלים על מוליכים. בחירת מוליכים, פסי צבירה וציווד חשמלי אחר על פי דרישות תרמיות ודינאמיות.
5. תורת המגע החשמלי, עבודתו של מגע במצב נורמאלי ובהפרעות, מבנים שונים של מגעים.
6. קונסטרוקציות של מפסיקי זרם למתח גבוה ונמוך. תהליך הפסקת מעגל חשמלי במפסיקי גרם, כיבוי הקשת במפסקים, בחירת מפסקים, חימום חלקי מפסיקים ומנתקים, יציבותם תרמית ודינאמית, התקני הפעלה של מפסיקי זרם.
7. בחירת מספר שנאים והספקם בתחנות כוח והשנאה.
8. שנאי מדידת זרם ומתח: מבנים, עיקרון פעולה, מעגלי תמורה וסכמות חיבור, ניתוח שגיאותיהם. בחירת שנאי מדידת.
9. מסדרים של תחנות כוח ומשנה: סכמה עם פס צבירה אחד, סכמה עם שני פסי צבירה, סכמה עם שני פסי צבירה ופס צבירה להעברה, סכמות טבעתיות, סכמה עם מפסיק אחד או עם שני מפסקים לכל חיבור.
10. מבנים של מסדרים, סוגים שונים של מסדרים ודרישות בסיסיות למסדרים, מסדרים סגורים ופתוחים, מסדר SF6. דוגמאות למסדרים סגורים למתחים של 3-22kV ולמתח של 110kV ומסדרים פתוחים למתח עילוין.
11. הארקות: הגדרות, מתחים מותרים (מתח מגע, פוטנציאל הארקה), זרם לחישוב הארקה, חישוב ההארקות, מדידת ההארקות.
12. צרכני בית של תחנות כוח ומשנה: סוגים לפי הספקם וחשיבותם, בחירת סכמת החיבורים וציווד הנדרש. מתקני זרם ישר (סוללות ומצברים): צרכני זרם ישר, מבנה של מצברים מסוג עופרת-חומצה, סכמת סוללת מצברים ומשטר העבודה, חישוב מספר סוללה וקיבולם.
13. מערכות הגנה לפסי צבירה ושנאים: הגנה ליתרת זרם וירידת מתח, הגנה דיפרנציאלית ואחרות, סלקטיביות, ממסרים אלקטרוניים. הגנה נגד ברקים: קולטי ברק ומגני ברק.

ספרי לימוד:

- 1 Pansini, A.J., "High Voltage Power Equipment Engineering", Fairmont Press, 1995
- 2 Wright and CV. Christopoulos, "Electrical Power System Protection", Chapman & Hall, 1993
- 3 Kuffel, E., W. S. Zaengl and J. Kuffel, "High Voltage Engineering: Fundamentals", Newnes, 2000
- 4 Ruben, G.D., "High Voltage Circuit Breakers, Design and Application", 1996.
- 5 Kussy, F.W., J.L., Warren, "Design Fundamentals of Low Voltage Distribution and Control", ~~Del~~ Kel, 1987.

**50156**  
**יסודות ההנדסה**  
**האופטית – מעבדה**

**Fundamentals of**  
**Optical**  
**engineering - Lab**

אופן הוראה : מעבדה  
שעות שבועיות : 2  
נקודות זכות : 1  
דרישות קדם: 50134 יסודות  
ההנדסה האופטית (חובה  
במקביל לקורס)

**כללי:**

במעבדה זו (מעבדת תמיכה לקורס 50156) ילמד הסטודנט שיטות מדידה של רכיבים אופטיים.

**הנושאים שיילמדו במעבדה :**

1. חזרה על תכונות אופטיות בסיסיות
2. מדידת מקדם השבירה של חומרים אופטיים
3. היכרות עם תופעת הנפיצה
4. שיטות שונות למדידת אורך מוקד אפקטיבי ומיקום המישורים הפרינציפליים בעדשה מורכבת
5. מערכות אופטיות מורכבות – כיוון רכיבים אופטיים
6. מבוא למדידה מדויקת של משטחים אופטיים
7. קיטוב וקיטוב חלקי.

**ספרי לימוד:**

1. Klein, Miles V. and Furtak, Thomas E. Optics, 2<sup>nd</sup> ed. New York : Wiley, 1986.
2. Kingslake, R. Optical Systems Design. Academic Press, 1983.

**50157**

**מעבדה לאופטיקה**  
**מודרנית**  
**ואלקטרואופטיקה**

**Introduction to**  
**Modern Optics and**  
**Electro-optics Lab**

אופן הוראה : מעבדה  
שעות שבועיות : 2  
נקודות זכות : 1  
דרישות קדם: 50035 פוטוניקה  
ומערכות אלקטרואופטיות (חובה  
במקביל לקורס)

**כללי:**

במעבדה זו ילמד הסטודנט לבצע מדידות בסיסיות בתחום אלקטרו-אופטיקה.

**הנושאים שיילמדו במעבדה:**

1. דיפרקציה פראונופר ודיפרקציית פרנל
2. סינון מרחבי אופטי
3. ניסוי יאנג וקוהרנטיות רוחבית
4. מדידת איכות דמות אופטית והשוואה לתיאוריה
5. ניסויים/הדגמות בסיסיים בהולוגרפיה
6. חישוב אלמנט דיפרקטיבי בסיסי.

**ספרי לימוד:**

1. Joseph W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, 2<sup>nd</sup> edition, McGraw-Hill Science/Engineering/Math. Series, 1996.
2. Robert J. Collier, Christof B. Burckhardt and Lawrence H. Lin, Optical Holography, Academic Press, 1971.



**50158**  
**ספקי כוח למתקני חשמל**

**Power Supply for Electrical Equipment**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 2  
נקודת זכות: 2  
דרישות קדם: 50011  
מעגלים אלקטרוניים אנלוגיים

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר תכונות בסיסיות של ספקי כוח שונים. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח, תכנון ושימוש בספקי כוח למתקני חשמל שונים.

**הנושאים שילמדו בקורס:**

1. רכיבים אלקטרוניים מרכזיים בספקי כוח ( power diodes, thyristors, power transistors).
2. מיישר מבוקר חד פאזי ותלת פאזי (controlled rectifier).
3. ספקי AC בתדר קבוע (AC voltage controllers).
4. ספקי AC עם תדר משתנה (voltage and current inverters).
5. ממירי תהודה (resonant converters).
6. ממירי DC-DC למנועי DC (power choppers).
7. מתנעים רכים למנועי חשמל.
8. ספקי כוח אל-פסק (UPS)

**ספרי לימוד:**

1. Hart D., Introduction to Power Electronics. Prentice Hall, 1997
2. Rashid M., Power Electronics. Prentice Hall, 1995

**ספר עיון:**

Mohan N., Undeland T., Robins W., Power Electronics. John Wiley, 1995

**50159**  
**חוק החשמל**  
**ובטיחות**

Electrical Law and  
Safety Engineering

אופן ההוראה: שיעור  
שעות שבועיות : 2  
נקודות זכות: 2  
דרישות קדם: 50090 מבוא  
להנדסת חשמל

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר את חוק החשמל וכללי בטיחות במתקני חשמל מתח נמוך ומתח גבוה. מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים, בפיתוח, בתכנון, בהקמה ובתחזוקה של מערכות חשמל.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. חוק החשמל ובטיחות: הגדרות, הוראות ותקנות אשר בחוק; רישיונות עבודה.
2. סיכוני חשמל, השפעת זרם חשמלי על גוף האדם, חשמול.
3. שיטות הגנה נגד חשמול: הארקת הגבה, האיפוס, מפסק לזרם דלף (ממסר פחת), הפרד מגן, מתח בטיחות, בידוד כפול.
4. תכנון מתקני חשמל לפי כללי בטיחות: שימוש בחומרים וציוד בעלי תו תקן ובהתאם להוראות בטיחות.
5. התקנה והפעלה מתקני חשמל לפי כללי בטיחות ועל ידי מומחים מוסמכים בעלי רישיונות עבודה מתאימים.
6. בדיקות מתקני חשמל לפני הפעלה ובריקות תקופתיות.
7. תאונות חשמל: במתקנים פנימיים ובמתקני חוץ (בבנין, בחקלאות, בהובלה ובמשק הבית).
8. הוראות בטיחות במסדרי מתח גבוה ועליון.
9. הגנה נגד ברקים.
10. בעיות בטיחות מיוחדות (מטען חשמלי סטטי, מטען אווירי ותדלוק וכד').

**ספרי לימוד:**

1. חוק החשמל התשי"ד-1954, תקנות חשמל לפי פקודת הבטיחות בעבודה [נוסח חדש], התש"ל-1970.
2. Cooper, W.F. Electrical Safety Engineering, Newnes-Butterw, 1978.

**ספרי עיון:**

1. דוניבסקי, מדריך לחשמלאי.
2. Marshal J.L., Lightning Protection, John Wiley & Sons, 1973

**50161**  
**מעבדה לעיבוד**  
**תמונה**

**Image Lab**  
**Processing**

אופן הוראה: מ'  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50060 עיבוד  
אותות ספרתי

**כללי:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר באופן מעשי מושגי יסוד בעיבוד תמונה ספרתי בעבודה מול מחשב. אפליקציות עיקריות בתחום עיבוד תמונה דו מימדי כגון אנליזה גרפית, עיבוד גרפי, דחיסת נתונים וזיהוי תבניות יובאו ויתורגלו במעבדת מחשבים ייעודית. העבודה המעשית תבוצע בסביבת עבודה של MATLAB וכלים נילוויים של עיבוד תמונה TOOLBOXES.

**הנושאים העיקריים שיילמדו בקורס:**

1. פרמטרי בסיס של תמונה, קליטה ושמירה של תמונה ספרתית ושיטות הדמיה (imaging).
2. אלגברה מטריציאלית וטרנספורמציות בעיבוד תמונה ספרתי.
3. תכונות העין כמערכת הדמיה אופטית והשלכתן לעיבוד תמונה, ניתוח ודחיסה תמונות.
4. עיבוד מקדים (preprocessing) בניתוח תמונה וראייה ממוחשבת.
5. גילוי גבולות, הבדלת פרטים, שימוש במושג הסף (threshold).
6. שיטות הפרדה (segmentation).
7. שיפור ושיחזור תמונה, שימוש בהסתברות וסטטיסטיקה, Histogram Equalization הגדלה וחיידוד.
8. סוגי רעש והורדתם, מסננים מחליקים, סינון בעזרת Convolution, HPF, LPF, סינון לא-ליניארי.
9. מציאת מאפיינים (Feature extraction).
10. ניתוח מרקם, ניתוח וסינון במישור התדר המרחבי.
11. שיטות סיווג וזיהוי תצורות (Classification, Pattern Recognition), Fourier - plane correlation.
12. עקרונות של דחיסה תמונה. יחס דחיסה, RLE וקידוד הופמן.

**ספרי לימוד:**

1. Jain, Anil K. "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice Hall. (1989).
2. Gonzales, Rafael C. "Digital Image Processing", Addison - Wesley. (1993).
3. Castleman K.R. "Digital Image Processing", Prentice Hall. (1989).
4. עבוד ספרתי של תמונות. הוצאה לאור של האוניברסיטה הפתוחה 1996 בין צבי דורון, זאב ויסמן,

50162

## מעבדה לטכניקות מתח גבוה

### High Voltage Technologies Laboratory

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50054 –  
טכניקות מתח גבוה ( ניתן  
ללמוד המעבדה במקביל  
לקורס).

### מטרות הקורס:

בקורס זה יכיר הסטודנט באופן מעשי פריצות מתח באוויר, שיטות בדיקת בידוד וציוד לבדיקה, משטרי נקודת האפס של רשת מתח גבוה ושיטות הבטחת בטיחות בעת ביצוע עבודות במתקן מתח גבוה.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

- ניסוי מס' 1:** פרצות חשמליות במרווחי אוויר.  
חישוב ומדידת מתח הופעת קורונה ומתח פריצה במרווחים אוויריים עם אלקטרודות שונות, השפעה על צורת האלקטרודות, מחסום במרווח אוויר ותנאים אטמוספריים על מתח פריצה.
- ניסוי מס' 2:** ריצות חשמליות על פני מבודדים (רשיפות).  
חישוב ומדידת מתח רשיפה, השפעת תנאים אטמוספריים וצורת האלקטרודות על מתח רשיפה.
- ניסוי מס' 3:** מודל של מיישר קסקדי (כפל מתח גבוה רב דרגתי):  
לימוד איפיונים של מיישר קסקדי, חישוב ומדידת גליות מתח ומפל מתח במיישר.
- ניסוי מס' 4:** מודל של רשת מתח גבוה.  
לימוד אפיוני רשת עם נקודות אפס מבודדת או מוארקת דרך סליל פטרסן.  
חישוב ומדידת מתחים וזרמים של רשת במצב תקין ובמצב של מגע חד פאזי לאדמה ובעת הופעת אסימטריה.
- ניסוי מס' 5:** מדידת התנגדות הבידוד על ידי מגהאוהם- מטר ומדידת  $\tan \delta$  של הבידוד ע"י גשר. לימוד שיטות מדידה והערכת תוצאות המדידה.

### ספרי לימוד:

1. גורגוב, טכניקות מתח גבוה, דפוס קדם, תל אביב, 2009.

### ספר עיון:

1. מ. ארונוב, ב. בוזוטקין, עבודות מעבדה בקורס "טכניקות מתח גבוה", מוסקבה 1982.

50163

## מעבדה מתקדמת לבקרה

### Advanced Automatic Control Lab.

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50052 בקרה ב'

#### מטרות הקורס:

במעבדה זו ילמד הסטודנט להכיר את הבקרה של מערכות מורכבות הכוללות מערכות לא יציבות, מערכות בפאזה לא מינימאלית ומערכות MIMO.

#### הנושאים שיילמדו במעבדה:

1. מטוטלת הפוכה בציר קווי.
2. מטוטלת הפוכה במסילה מעגלית.
3. מטוטלת הפוכה כפולה במסילה מעגלית.
4. מערכת הליקופטר בעלת שתי דרגות חופש.
5. מסננים הכוללים לולאות משוב מסוג STATE-VARIABLE.
6. בקרה של חוג נעול מופע - PLL.
7. כדור על קורה – ניסוי מתקדם.

#### ספרי לימוד:

1. חוברת המעבדה המתקדמת לבקרה – חוברת לימוד מאת ד"ר אלי גרשון, 2009 פרסום פנימי של המכון הטכנולוגי חולון.

50164

מעבדה ל-VHDL

VHDL Laboratory

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט עקרונות תיכון רכיבי מערכות מחשב בעזרת VHDL. מטרת הקורס היא להקנות לסטודנטים הבנת המתודולוגיות של תהליך התיכון, וידע מעשי בתכנון חומרה בעזרת VHDL.

**הנושאים שילמדו בקורס:**

1. תכנון וסינתזה באמצעות QUARTUS.
2. בדיקת תוכניות באמצעות MODELSIM.
3. תכנון מעגלים סינכרוניים ותכנון מעגלים אסינכרוניים.
4. תכנון מכונת מצבים.
5. עקרונות תכנון לסימולציה ותכנון לסינתזה.
6. עקרונות תכנון CPLD ותכנון FPGA.
7. טיפול בקבצים (קבי בדיקה, קבצי I/O).
8. מימוש התכנות באמצעות ערכות פיתוח.

אופן הוראה: מעבדה

שעות שבועיות: 3

נקודות זכות: 1.5

דרישות קדם: 51111 תיכון

חומרה בעזרת VHDL

**ספרי לימוד:**

1. Skahill, K., VHDL for Programmable Logic, Addison-Wesley, 1992
2. Perry D., VHDL, 3-rd ed., McGraw-Hill, N.Y., 1998
3. K. C. Chang, Digital Design and Modeling with VHDL and Synthesis, IEEE Computer Society Press' Los Alamos California' USA, 1999.
4. Perry D., VHDL Programming by Examples, McGraw-Hill, N,Y, 2002.
5. Altera, DE2 Development Kit, 2006

**ספרי עיון:**

1. אלקטרוניקה ספרתית, האוניברסיטה הפתוחה, בית ספר לטכנולוגיה, 75260, יחידה 8, 2003.
2. אייל הברבר, שפת תיאור חומרה, שורש 2004.
3. עמוס זסלבסקי, לימוד שפת VHDL לסימולציה וסינתזה, שורש, 2007.

50166

## הדמיה רפואית

### Introduction to Medical Imaging

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50143  
אנטומיה של גוף האדם

### מטרות הקורס:

הכרת הרקע הפיסיקלי והכימי – פיסיקלי הדרוש להבנת אינטראקציות של אנרגיה עם רקמות. הכרת שיטות של איסוף וארגון מסדי נתונים אנרגטיים מרקמות. הכרת עיבוד והצגת האינפורמציה המתקבלת

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. Classic X-ray
2. X-ray Imaging
3. רקע פיסיקלי לרפואה גרעינית.
4. דיאגנוסטיקה גרעינית, סריקת גמא, SPECT&PET.
5. אולטראסאונד והדמיה בתחום.
6. רקע כימי וביולוגי להבנת MRI.
7. רקע פיסיקלי ל-NMR.
8. סדרת פולסים ו-ECHO ב-MRI.
9. גרדיאנטים ופאזות ב-MRI.
10. טרנספורם פורייה רב ממדי.
11. fMRI – מהמולקולה ועד לקריאת מחשבות (כמעט)

### ספרי לימוד:

1. Mahan: University Chemistry, 1998.
2. D. Weishaupt et al, How Does MRI work? Springer, 2003.
3. S. Webb, The Physics of Medical Imaging, Taylor and Francis, 1988.

50167

## בקרה מתקדמת ורובוסטית

### Advanced and Robust Control

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50018 מבוא  
לתורת הבקרה (בקרה א')

#### כללי:

מטרת הקורס ללמד את הסטודנט לתכנן מערכות בקרה בהם לתהליך המבוקר יש אי-ודאויות גדולות בפרמטרים שלו.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. הגדרת הבעיה. תרגום דרישות ממישור הזמן למישור התדירות ולהיפך.
2. הגבלות של הגבר פונקציות הרגישות ותמסורת בחוג סגור עם הזנה חוזרת של יחידה במישור ניקולס.
3. מגבלות רוחבי סרט במערכות עם תהליך NMP.
4. הגדרת דרישות מכסימליות ומינימליות במישור התדירות של החוג הסגור.
5. בניית טמפלטים של התהליך הלא-ודאי בדיאגרמת ניקולס.
6. בניית גבולות מותרים לפונקצית המעבר של החוג הפתוח בדיאגרמת ניקולס.
7. תכנון החוג הפנימי האופטימלי.
8. תכנון הפרפילטר של דרגת החופש השנייה.
9. בדיקת התכנון וביצועיו במישור התדירות והזמן. כנ"ל לגבי מערכות רבות כניסות-יציאות.
10. תכנון מערכות רובוסטיות בעזרת טכניקות H-infinity.
11. אקוויוולנטיות בין Phase and Gain Margin לבין הגברים מקסימליים של פונקציית הרגישות ופונקציית התמסורת לכניסה-יציאה.
12. קביעת הדרישות של המערכת בחוג סגור על ידי Weighting functions.
13. תכנון הפתרון האופטימלי על ידי שיטות אופטימיזציה H-infinity למערכות בקרה SISO ו MIMO.

#### ספרי לימוד:

1. חוברת הדרכה שהכין המרצה.

#### ספרי עיון:

1. Zhou K. and Doyle J. Essentials of Robust Control. Upper Saddle River, N.J. : Prentice-Hall, 1998.
2. Horowitz, I. M. Quantitative feedback design theory (QFT). Boulder, Colo. : Quantitative Feedback Design Publications, 1992
3. Skogestad S. and Postletwaite, I. Multivariable Feedback Control. John Wiley & Sons, Chiochester, 1996  
Sidi, M. Design of Robust Control Systems-from Classical to Modern Practical Approaches. Malabar, Fla. : Krieger Pub. Co., 2001



50168

## מבוא לנוירו-פרוטזות

### Introduction to Neuroprostheses

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50011 מעגלים

אלקטרוניס ליניאריים

### מטרות הקורס:

הקניית ידע בסיסי במדעי העצב בכלל ובמודלים עצביים בפרט כבסיס להבנת תחום הפרוטזות העצביות. בנוסף, ידונו אספקטים שונים של גירוי ורישום מתאי עצב ויתוארו טכנולוגיות השתלה וגירוי שונות. כמו כן יתוארו פרוטזות ראייתיות, שמיעתיות ומוטוריות שונות וידונו האספקטים ההנדסיים הנלווים לתכנון ובניין.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. תא העצב (נוירון) – מבנה, תפקוד ומאפייני הממברנה התאית. פוטנציאל מנוחה ופוטנציאל פעולה – מודל הודג'קין-הוקסלי. מודלים לתיאור שיווי משקל דינאמי של ריכוזי יונים בנוירון – Nernst Equation, Donnan Equilibrium ומשוואת Goldman-Hodgkin-Katz.
2. גירוי ורישום תאי עצב – מבוא לאלקטרו פיזיולוגיה תאית. מודלים פסיביים של ממברנת תא העצב וסיב התא (אקסון). מודל לתיאור הנחתת הסיגנל לאורך האקסון – The Standard Cable Theory. תפקוד Node of Renshaw כמקור מתח. גירוי חשמלי חיצוני של הנוירון – תלות עוצמת הגירוי בגיאומטריית תא המטרה ומרחק האלקטרודה מהתא.
3. השריר – אנומיה, פיזיולוגיה וצימוד אלקטרו מכאני. סוגי שריר שונים (לבן, אדום) ומאפייניהם (כוח, עייפות). מאפייני עצבוב של תאי שריר (תדר, אמפליטודה, משך גירוי) ושימושיהם השונים.
4. טכנולוגיות השתלה ואספקטים תכנוניים. סוגי אלקטרודות רישום וגירוי במערכת העצבים ההיקפית – על עורי, תת עורי, תוך שרירי ותוך עצבי. שיקולים חשמליים ומכאניים בבחירת אלקטרודה. גירוי ורישום במערכת העצבים המרכזית – לא פולשני (EEG), חצי פולשני (ECoG) ופולשני – יתרונות, חסרונות ושימושים.
5. שתלויי שבלוליי האוזן הפנימית (Cochlea) – אנטומיה ופיזיולוגיה של האוזן, פתולוגיות במערכת השמיעה. מסלולים עצביים.
6. נוירו פרוטזות ראייתיות – אנטומיה, פיזיולוגיה ומסלולים עצביים.
7. נוירו פרוטזות מוטוריות לשליטה מודעת בתנועה, Functional Electrical Stimulation (FES).
8. ממשק מוח מחשב פולשני ולא פולשני.
9. טכנולוגיות עתידיות – מערכי מיקרו אלקטרודות חדשניים, שידור אלחוטי.

### ספרי לימוד:

1. W. H. Kenneth, S. D. Gurpreet, Neuroprosthetics: theory and Practice, University of Utah, 2004.
2. K. Schwartz, J. McGraw-Hill, Principles of Neural Science, 4<sup>th</sup> Ed. Ny, 2000.

50169

**אסטרטגיה ויזמות  
עסקית**

**Strategic  
Management &  
Entrepreneurship**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

**מטרות הקורס:**

מטרת הקורס להקנות היכרות ראשונית ויסודות בסיסיים בניהול חברת הזנק טכנולוגית. הקורס מכסה את מגוון הנושאים העיקריים הקשורים בייזום, הקמה, וניהול חברת הזנק טכנולוגית כולל תרגול מעשי של כתיבת תוכנית עסקית, הכנת מצגת לגיוס הון ראשוני, מו"מ עם משקיעים בגיוס הון וכד'.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא ליזמות.
2. אסטרטגיה עסקית
3. אסטרטגיה שיווקית.
4. כתיבת תוכנית עסקית.
5. חדשנות טכנולוגית.
6. ניהול קניין רוחני.
7. מקורות מימון לחברות הזנק.
8. הקמת חברה וההשלכות.
9. הערכות שווי לחברות הזנק.
10. ניהול גיוס ההון הראשוני.
11. סוגים עיקריים של מודלים עסקיים ואופני השיווק והמכירה.
12. סוגי "אקזיטים": מכירה לחברות גדולות, IPO, מיזוג של שווים.

**ספרי לימוד:**

**ספרי חובה:**

1. גלאי דן והלל ליאור, תהליך התוכנית העסקית, מטר הוצאה לאור, 2007.
2. קוטלר והורניק, ניהול השיווק – המהדורה הישראלית, ת"א האוניברסיטה הפתוחה, 2000.

**ספרי רשות:**

1. Dixit A. and Nalebuff B. Thinking Strategically, Norton, 1991.
2. Moor, Geoffrey, Crossing Chasm, 2002.
3. Moor, Geoffrey, Inside the Tornado, 2002.

**מטרות הקורס:**  
הקניית ידע בעקרונות שיטת ה-TRIZ, שיטה ייחודית לפתרון בעיות במערכות טכנולוגיות שונות. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בחוקים המכתיבים התפתחות מערכות, ניתוח תכנון ופתירת בעיות מורכבות המסווגות כ - "בלתי פתירות", פיתוח כלים ליצירה ולחדשנות טכנולוגית.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. חשיבה מערכתית: מבוא לתורת מערכות ותרשימי מבנה תפקודי.
2. חוקי התפתחות של מערכות טכנולוגיות.
3. שלבי הניתוח של בעיות: זיהוי סתירות ולוגיקה לפתירת סתירות.
4. שפה פורמאלית לניתוח מבנה בעיה ופתרונה.
5. כלים לפתרונות המצאתיים של בעיות.
6. שיטות לפיתוח חשיבה יצירתית.

**ספרי לימוד:**

1. Y. Salamatov, TRIZ: The Right Solution at the Right Time, Insytec B. V., 1993.
2. B. Zlotin and A. Zusman, Tools for Classical TRIZ, Ideation International, 1999.

50170

TRIZ

שיטות לפתרון בעיות  
טכנולוגיות

TRIZ

Methodology and  
Applications

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: אין

50171

**עבוד אותות  
פיזיולוגיים**

**Physiological  
Signal Processing**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: עבוד אותות

ספרתי 50060

**מטרות הקורס:**

מטרת הקורס להקנות לסטודנטים רקע תיאורטי נרחב לגבי מגוון האותות הפיזיולוגיים כמו גם יסודות תיאורטיים ומעשיים בטכניקות מתקדמות המשמשות לעבוד אותות אלו.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא לעבוד אותות פיזיולוגיים: הכרת האותות, סיווגם, תכונותיהם, רעשים.
2. חזרה על נושאים בתהליכים אקראיים ובעיבוד אותות.
3. הבסיס לאותות הביו-חשמליים: פוטנציאל פעולה בתאי שריר ועצב, דפולריזציה ורפולריזציה.
4. הבסיס לאותות ה-ECG: האנטומיה של הלב ומערכת ההולכה החשמלית של הלב, מערכות חיבורי ECG, תכונות אותות ECG, בעיות קצב ומורפולוגיות, רעשים.
5. עבוד אותות ה-ECG: שערך קו בסיס, סינון רעשים, סינון אדפטיבי, זיהוי QRS, מדידת גלים שונים באותות ה-ECG, זיהוי Ventricular Fibrillation, דחיסת אותות ECG: מדדי עיוות ודחיסה, קוונטיזציה, PCM, קידוד מקור מבוסס DPCM, קידוד אנטרופיה, שיטות קידוד ECG קלאסיות: SAPA, AZTEC.
6. אותות ה-EEG – רקע: יצירת אות ה-EEG, גלים וקצבים באותות EEG, אפליקציות רפואיות: הפרעות שינה, התקפים אפילפטיים, ממשק מוח-מכונה.
7. עיבוד אותות EEG: אנליזת זמן-תדר, סגמנטציה, הכרת פוטנציאלים תלויי מאורעות, הורדת רעשים ע"י מיצוע אנסמבל ושיערוך חזרה-בודדת.
8. אותות פיזיולוגיים נוספים (PCG, EMG).
9. מבוא לאות הדיבור: יצירת אות הדיבור, תכונותיו, אפליקציות.
10. עיבוד אותות דיבור: עיבוד מקדים ומיצי מפיניים ספקטראליים ופרוזודיים, מודל LPC, שערך המקדמים, התמרה הומומורפית ומאפייני Cepstrum, שערך התדר היסודי של מיתרי הקול.

**ספרי לימוד:**

1. Leif Sornmo and Pablo Laguna, Bioelecteical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications, Academic Press, 2005.
2. Willis J. Tompkins, Biomedical Digital Signal Processing, C Language Examples and Labortory Experiments for the IBM PC, Prentice Hall, 1<sup>st</sup> Ed., 1993.
3. Arnon Cohen, Biomedical Signal Processing, CRC Press, Inc, 1986.
4. Rangaraj M. Rangayyan, Biomedical Signal Anakysis, Wiley-IEEE Press, 2002.
5. John R. Deller, John H. L. Hansen, John G. Proakis, Discrete-Time Processing of Speech Sugnal, Wiley-IEEE Press, reprint Ed.' 1999.

50172

## תחבורה חשמלית

### Electric Transportation

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50090 מבוא

להנדסת חשמל

### מטרות הקורס:

הקורס יכלול שני נושאים עיקריים: א. רכבות חשמליות - רכבות חשמליות קיימות בעולם מזה למעלה ממאה שמה. בישראל אין עדיין רכבות חשמליות נוסעות אך פרויקטים שכאלו כבר נמצאים בביצוע (רכת קלה בירושלים), בתכנון רכבת קלה במטרופולין ת"א או בשלב מרכזי (רכבת ישראל). חלק זה בקורס יכלול את עקרונות ההינע החשמלי המסילתי, אספקת החשמל לרכבות דרך קו המגע העילי, תופעת הזרמים התועים, שדות מגנטיים וחשמליים הנוצרים במערכות מסילתיות ועוד. ב. רכבים חשמליים - תנודתיות מחירי הבנזין והסולר והצורך בהקטנת זיהום האוויר מאיצים את התפתחות הרכבים החשמליים מעבר לנישות הקטנות (מלגזות רכבי גולף וכדומה) בהן הם היו עד כה. חלק זה בקורס יכלול את עקרונות הרכב החשמלי, פרמטרים ותצורות הרכב החשמלי, המצבר, מנוע הרכב החשמלי, תשתית טעינת הרכבים ועוד.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מערכות הזנת הספק להנעה.
2. קו מגע עילי.
3. מעגל הזרם החוזר.
4. פרמטרים ותצורות של רכבים חשמליים.
5. מקורות אנרגיה לרכבים חשמליים.
6. מנועים לרכבים חשמליים.

### ספרי לימוד:

1. Kiebling, Puschmann, Schmieder, Contact Lines for Electric Railways, Siemens, 2001.
2. Unnewehr, Nasar, Electric vehicle Technology, John Wiley, 1982.

### ספרי עיון:

1. Rand, Woods, Dell, Batteries for Electrics, SAE, 1998.
2. Dhameja, Electric Vehicle Battery System, Newnes, 2002.

50173

דיודות לייזר

Laser Diodes

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50003 יסודות

מוליכים למחצה

### מטרות הקורס:

הקניית ידע בסיסי באופן הפעולה ותכונותיהן של דיודות לייזר, יישומים והיבטים הנדסיים של שימוש בדיודות אלו.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא. רמות ופסי אנרגיה, פליטה ספונטנית ומאולצת, תיחום מרחבי של נושאי מטען ופוטונים, מוליכים למחצה ללייזרים, גידול אפיטקסיאלי.
2. עקרונות דיודות לייזר. ייצור ורקומבינציה של נושאי מטען, דיודה פולטת אור, פליטה ובליעה של פוטונים, הגבר סף, עצמת הלזירה ביחס לזרם, יעילות ופיזור חום.
3. מראות ומהודים. ייצוג ע"י מטריצות פיזור, שריגים, לייזרים מסוג DFB, DBR, VCSEL.
4. הגבר זרם שאיבה. הגבר אופטי, פליטה ספונטאנית, רקומבינציה, מולכים למחצה ותכונותיהם, יחסי קרמר-קרוניג.
5. תכונות דינאמיות. משוואות הקצב, מצב יציב, אפנון, רוחב פס, רעש.
6. עקרונות פיזיקאליים של מיתוג אורך גל. מיתוג רציף ומיתוג מקוטע. משך זמן המיתוג.
7. לייזרים ממותגי אורך גל בעלי אופן יחיד מסוג DFB, DBR. דינאמיקה של מיתוג אורך הגל. טווח המיתוג אפנון עוצמת הלייזר.
8. לייזרים ממותגי אורך גל בעלי טווח מיתוג רחב SG-DBR, GCSR/
9. שימושים והיבטים של תכנון מקור לייזר. תקשורת אופטית, ייצוב אורך גל, אמינות.

### ספרי לימוד:

1. M. C. Amann and J. Buus, Tunable Laser Diodes, Artech House, NY, 1998.
2. L. A. Coldren, S. W. Corzine, Diode Laser and Photonic Integrated Circuit, Wiley, NY, 1995.
3. A. Yariv, Quantum Electronics, Wiley, NY, 1998.

50175

## יסודות אנרגיה חילופית

### Basic Renewable Energy

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50090 מבוא

להנדסת חשמל

#### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר את הבסיס הפיזיקאלי של ייצור אנרגיית חשמל שלא מדלקים מאובנים. כל מקורות אנרגיה אלה נקראים מקורות חילופיים. להלן מקורות האנרגיה שיסקרו בקורס. אנרגיית רוח, אנרגיית מים, אנרגיית שמש, אנרגיה גרעינית, אנרגייה גיאותרמית, אנרגיית פסולת וביו-מסה. מטרתו של הקורס הינה להקנות לסטודנט הבנה בסיסית וידע כללי בתחום האנרגיה החילופית או האנרגיה המתחדשת. בתום הקורס יוכל התלמיד לנתח ולתכנן מערכות המפיקות חשמל ממקורות אנרגיה ברי קיימה.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. חסכון ב שימוש באנרגיה.
2. טכנולוגיות ייצור חשמל קונבנציונלי.
3. חשמל מאנרגיית מים ( מפלים , גלי ים , זרמי מים ואוקיאנוס).
4. חשמל מאנרגיית רוח.
5. חשמל מאנרגיית שמש (תרמו ופוטו וולטאי).
6. חשמל מאנרגיה גיאותרמית.
7. חשמל מאנרגיית ביו-מסה.
8. חשמל מאנרגיית מימן ותאי דלק.
9. חשמל מאנרגי גרעינית.
10. חשמל מפסולת.
11. אינטגרציה של מקורות אנרגיה מתחדשת.

#### ספרי לימוד:

1. A. V. Rosa, Fundamentals of Renewable Energy Processes, Elsevier Inc., London, 2005.
2. G. Boyle, Renewable Energy, Oxford University Press, 2004.

#### ספרי עיון:

1. P. Gipe, Wind Power, Chelsea Green Publishing company, Vermont, 2004.
2. T. Markvart, Sola Electricity, John Wiley & Sons, NY, 2006.
3. R. P. O'Hayre, S. W. Cha, W. Colella, and F. B. Prinz, Fuel Cell Fundamentals, John Wiley & Sons, NY, 2006.
4. S.S. Sun and N. S. Sacrifci, Organic Photovoltaics, Taylor & Francis, London, 2005.

50176

## תאי שמש

### Solar Cells

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50006 התקני

מוליכים למחצה

### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר את היסודות הפיזיקאליים של תהליכי בליעת אור ושל ייצור אנרגיה חשמלית בעזרת תאי שמש. בנוסף, תילמדנה טכנולוגיות שונות ליצירת תאי שמש, ריכוז שמש על גבי התאים ושימושים אחרים באנרגיית השמש. מטרתו של הקורס הינה להקנות לסטודנט הבנה בסיסית ויכולת ניתוח ותכנון של מערכות המפיקות חשמל משמש בצורה ישירה..

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. אנרגיית שמש ועקרונות הטיפול בה.
2. סקירת חומרים מוליכים למחצה ותכונותיהם.
3. תהליכי חילול ושיחבור (גנרציה ורקומבינציה) של נושאי מטען במוליכים למחצה.
4. צמתים ועקרון פעולתם בתאי שמש.
5. נצילות מרבית והפסדים בתאי שמש.
6. תאי שמש מסיליקון.
7. תאי שמש משכבות דקות.
8. תאי שמש עם נצילות גבוהה.
9. מערכות פוטו-וולטאיות.

### ספרי לימוד:

1. A. Goetzberger, J. Knobloch, and B. Vob, Crystalline Silicon Solar Cells, John Wiley & Sons, NY, 1998.
2. S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, John Wiley & Sons, NY, 1981.

### ספרי עיון:

1. H. J. Moller, Semiconductors for Solar Cells, Artech House, Boston, 1993.
2. M. A. Green, Third Generation Photovoltaic, pringer, Netherlands, 2006.
3. G. P. Smestad, Opoelectronics of Solar Cells, Spie Press, Bellingham, USA, 2002.



50177

## תכן שבבי VLSI

### Chip Design (VLSI)

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50016

מעגלים ספרתיים

### מטרות הקורס:

שבבים מותקנים היום במערכות המקיפות אותנו בכל תחומי החיים. במחשבים אישיים, בטלפונים סלולאריים, ברכבים, במטוסים, במערכות רפואיות, במערכות בנקאיות ובכל מקום. הבנת אופן תכנון השבבים ואופן פעולתם חשובים לכל מי שמתכוון לקחת חלק בתעשיות אלו. בקורס נסקור את תהליכי התכנון, הפיתוח והצור של השבבים על כל מרכיביהם, משלב הרעיון ועד לרכיב עובד. נדון בשיקולי התכנון השונים, בדרכי הפתרון הקיימות ובכלים המשמשים אותנו בפיתוח שבבים.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מונחים בסיסיים, התפתחות טכנולוגיות פיתוח השבבים, חוק מור.
2. מרכיבים בסיסיים – שערים, זיכרונות, שעונים מתחים, תדרים, תנאי סביבה, ספריות תאים.
3. טכנולוגיות – Full Custom, Asic, Gate Standard Cell Array, Fpga, Structured Array
4. בחינת השבב כמיכלול – המערכות שבו, רכיבי המערכות, תתי מערכות Buses, Interfaces, IPs.
5. תכנון השבב – הגדרות, דרישות, ארכיטקטורה. שיקולי תכנון – טכנולוגיה, מחיר, הספק, תדר.
6. RTL – ישום וכלים.
7. וראיפיקציה.
8. סינתזה.
9. LAYOUT.
10. אימות התכנון הלוגי והפיזי.
11. היציאה ל-FAB.

### ספרי לימוד:

1. Neil H. E., Weste and David Harris, CMOS VLSI Design, Addison Wesley Longman, NJ, 2004.
2. Rabaey, Chandrakasan, nikolic, Digital Integrated Circuit, Prentice Hall, NY, 2003.
3. Design of VLSI Systems, e-version at:  
<http://lsiwww.epfl.ch/LSI2001/teaching/webcourse/toc.html>

50178

## מעבדה

## למיקרואלקטרוניקה ושכבות דקות

### Thin Films and microelectronics Laboratory

אופן הוראה: מעבדה

שעות שבועיות: 3

נקודות זכות: 1.5

דרישות קדם: 50077

טכנולוגיה של

מיקרואלקטרוניקה, או 50135

טכנולוגיה של שכבות דקות

### מטרות הקורס:

מטרתו של הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של הפעלת מערכות ייצור שכבות דקות במיקרואלקטרוניקה ושיטות אפיון תוצאות של ניסויים.

בקורס יינתנו הבסיס הפיזיקלי ועקרונות הפעולה היסודית של תהליכים טכנולוגיים במיקרואלקטרוניקה ויצירת שכבות דקות, טכניקות של ואקום, חומרים ומדידות במיקרואלקטרוניקה.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא לתהליכי ייצור מכשירים במיקרואלקטרוניקה.
2. מבנה מערכות ואקום, שיטות שיקוע בשכבות דקות.
3. הכנת מצעים לציפוי, תהליך נידוף תרמי.
4. מדידות בטכנולוגיית שכבות דקות.
5. חיתוך וניקוי מצעים במעבדה.
6. נידוף תרמי של חומרים שונים.
7. יצירת מערכות שכבתיות עם תכונות של דיודה.
8. יצירת גופי חימום שכבתיים.
9. יצירת מערכות שכבתיות למדידת טמפרטורה.
10. אפיון שכבות דקות ומערכות שכבתיות.

### ספרי לימוד:

1. D. Glocker, Handbook of thin Film Process Technology, IOP Pub., Bristol, 1995.
2. J. F. O'hanlon, A User's Guide tom Vacuum Technology, Wiley, NY, 1989.
3. M. Ohring, Materials Science of Thin Films, Wiley, NY, 2002.
1. S. Wolf, R. N. Tauber, Silicon Processing for the VLSI ERA, Vol. 1 – Process Technology, Lattice Press, Sunset Beach, 1992.

50179

**חיישנים ביו-  
רפואיים**

**Biomedical  
Sensors**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50003  
יסודות מוליכים למחצה

**מטרות הקורס:**

הקורס יציג את עקרונות הפעולה של חיישנים ביו-רפואיים, את השימוש בטכנולוגיות מיקרואלקטרוניקה למזעור מעבדה על שבב וסקור יישומים נפוצים כגון מדידת רמת הסוכר בדם וגילוי זיהומים במים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. סקירה כללית של חיישנים ביו-רפואיים.
2. עקרונות האלקטרוכימיה וחיישנים אלקטרו כימיים.
3. שיטות חישה אופטיות.
4. שיטות חישה מבוססות MEMS.
5. חיישני ISFET.
6. מעבדה על שבב BioMEMS.
7. דוגמאות של יישומים נפוצים כגון ניתור רמות סוכר בדם וניתור מזהמים במים.

**ספרי לימוד:**

1. R. S. Marks, C. R. Lowe, D. C. Cullen, H. H. Weetall, I. Karube, Handbook of Biosensors and Biochips, Wiley Int., NY, 2007.
2. E. Kress-Rogers, Handbook of Biosensors and Electronic Noses, CRC Press' NY, 1996.
3. K. R. Rogers and A. Mulchandani, Affinity Biosensors: Techniques and Protocols, Humana Press, NY, 1998.

50180

## ננופוטוניקה

### Nanophotonics

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50003 יסודות מוליכים למחצה

### מטרות הקורס:

הקורס יעסוק בתיאוריה וביישומים של התקני מוליכי גלים אופטיים מתקדמים המיוצרים בטכנולוגיות ננו, כגון גבישים פוטוניים ומהודים טבעתיים.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. תכונות כלליות של מנחה גלים אופטיים.
2. אופנים במנחי גלים אופטיים.
3. שיטות לחישוב וקבלת האופנים במנחי גלים.
4. צימוד אופנים במבנים מחזוריים ובמנחי גלים מקבילים.
5. מהודים טבעתיים – תכונות, תיאוריה ויישומים.
6. גבישים פוטוניים - תכונות, תיאוריה ויישומים.
7. שיטות ייצור של התקנים ננופוטוניים.

### ספרי לימוד:

1. R. G. Hunsperger, Integrated Optics: Theory and Technology, Springer, NY, 2009.
2. A. Yariv and P. Yeh, PPhotonics, Oxford Press, NY, 2006.
3. A. Yariv and P. Yeh, Optical Waves in Crystals, John Wiley, NY, 2002.
4. J. D. Joannopoulos, R. D. Weade and J. N. Winn, Photonics Crystals, Princeton University Press, NY, 1995.

50181

**טכנולוגיית  
MEMS**

**MEMS  
Technology**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50003 יסודות  
מוליכים למחצה

**מטרות הקורס:**

בקורס זה יילמדו שיטות ייצור, תכנון, מידול ויישומים של התקנים מיקרואלקטרומכניים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. יישומי התקנים מיקרואלקטרומכניים (חיישנים, אופטיקה, זרימה).
2. תהליכי הייצור.
3. אפיון האינטראקציה האלקטרו מכאנית (מתמרים).
4. שיטות חישה.
5. מידול ותכנון התקנים.
6. פיזיקה של התקני MEMS (תופעת ה-Pull-in, אפקטים לא ליניאריים).
7. אפיון של התקני MEMS.

**ספרי לימוד:**

1. S. M. Sze, Semiconductors Sensors, Wiley Int., NY, 1994.
2. M. J. Madou, Fundamentals of Microfabrication: The Science of Miniaturization, CRC Press' NY, 2002.
3. S. D. Senturia, Microsystem Design, Kluwer, NY, 2001.
4. G. T. A. Kovacs, Micromachined Trasducers Sourcebook, McGraw-Hill, NY, 1998.

50183

מעבדה להתקנים  
אלקטרוניים

Laboratory of  
Electronic devices

אופן הוראה: מעבדה

שעות בועיות: 3

נקודות זכות: 1.5

דרישות קדם: 50003 יסודות  
מוליכים למחצה

מטרת הקורס:

הקניית ידע וניסיון מעשי בעבודה מעגלים עיקריים המבוססים על דיודות וטרנזיסטורים. רעכישת ניסיון בעבודה עם מכשירי מדידה: רב מודד, אוסילוסקופ, מחולל אותות. מדידת נתונים ניתוח תוצאות והגעה למסקנות.

הנושאים שיילמדו בקורס:

12. מבוא לקורס, תוכניות ממוחשבות "דגם", ו- "MultiSim", הדמיה ממוחשבת.
13. דיודת הצומת PN.
14. מעגלי דיודות, מיישר.
15. דיודת זנר, מייצב.
16. מעגלי קיטום וריתוק.
17. טרנזיסטור הצומת.
18. מגבר טרנזיסטורי.
19. עוקב פולט.
20. טרנזיסטורי תוצא שדה צומתי (JFET) מעגלי JFET.
21. טרנזיסטורי תוצא שדה (MOSFET)
22. טייריסטור (SCR), טריאק (TRIAC).

ספרי לימוד:

6. אדיר בר-לב וגדי גולן "התקני מוליכים למחצה ומיקרואלקטרוניקה", 2000.
7. שמחה גילעם, זאב וייסמן. אלקטרוניקה תקבילית. כרך א' חלק 2, 1999.
8. Paul Horowitz, Winfield Hill, 'The Art of Electronics' Cambridge, 2000.
9. Denton J. Daily, "Electronic Device and Circuits", Prentice Hall, 2001.
10. Johan P. Borris, Semiconductor Devices Using Electronics Workbench, 2000.

## מטרות הקורס:

להקנות לסטודנט קונספטים תיאורטיים בסיסיים בניתוח ותכנון מערכות מכ"מ.

## הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבנה טיפוזי וסיווג מערכות מכ"מ.
2. משוואות המכ"מ
3. קשרי טווח – השהיה, מהירות – דופלר, אנטנות ומדידות כיוון.
4. משדרים ומקלטים במכ"מ.
5. מידול מטרות, שטח חתך מכ"מ.
6. אפיון רעשים והפרעות במערכות מכ"מ, סטטיסטיקות Clutter.
7. עקרונות תורת ההחלטות, משפט Bayes ובדיקת היפותזות.
8. התראות שווא (false alarms), קריטריון Neymann-Pearson.
9. גילוי אות דטרמיניסטי ברעש לבן. מסננת מתואמת. גילוי אותות אקראיים.
10. שיערוך פרמטרים ודיוקי מדידה במכ"מ.
11. חסמים תיאורטיים של מדידות השהיה, מופע ותדר.
12. מכ"מ פולס – דופלר ו-MTI. פונקציית אי-וודאות (Ambiguity) ותכונותיה. דחיסת פולסים.
13. אותות מכ"מ מקודדים.
14. מבוא לאלגוריתמי שיערוך DOA במערכי אנטנות. עקרונות העקיבה.

## ספרי לימוד:

1. M.I. Skolnik, Introduction to Radar Systems, 3<sup>rd</sup>. ed. (McGraw-Hill, New York' 2002).
2. B.R. Mahafza, Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB, 2<sup>nd</sup>. Ed. (Chapman and Hall/CRC, 2005).
3. M.A. Richards, Fundamentals of Radar Signals Processing (McGraw-Hill, New York, 2005).

50186

**מערכות הספק  
לאנרגיה חילופית**

**Power Systems  
for Renewable  
Energy**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50011  
מעגלים אלקטרוניים  
ליניאריים

**מטרות הקורס:**

הקורס מקנה ידע באופן הפעולה של ממירי חשמל אלקטרוניים ממקורות אנרגיה חלופיים למתח רשת קונבנציונלית. בקורס יתואר המבנה ואופי הפעולה של ממירים אלקטרוניים, בקרה ושימור אנרגיה חשמלית בעזרת התקני מולכים למחצה, שיטות לניתוח ממירים, בחירת טופולוגיות ובחירת רכיבים אקטיביים ופסיביים.

**הנושאים שילמדו בקורס:**

1. מבוא. סקירה של מקורות אנרגיה חלופיים, מאפייניהם החשמליים והבסיס למערכות המרה אלקטרוניות.
2. הרכיבים העיקריים במערכות הספק אלקטרוניות ואופייניהם.  
דיוודת להספקים גבוהים.  
תיריסטורים להספקים גבוהים.  
MOSFET.  
Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT).
3. מעגלי דיוודת ומיישרים.  
מיישרים לא מבוקרים.  
מיישרים מבוקרים.
4. ממירים DC-DC ממותגים.  
ממירים DC-DC ממותגים לא מבודדים.  
ממירים DC-DC ממותגים מבודדים.  
ממירים DC-DC ממותגים עם קומוטציה רכה.
5. ממירים מהפכים AC-DC.  
ממיר גל מרובע המבוסס על גשר שלם.  
PWM – ממיר מבוסס גשר שלם.  
ממיר תהודה.  
ממיר מבוקר על-ידי רשת החשמל.  
מחולל חשמל המוזן משני המקורות.

**ספרי לימוד:**

1. G. Boyle, B. Everett, J. Ramage, *Energy Systems and Sustainability*, Oxford University Press, 2003.
2. I. Batarseh, *Power Electronic Circuits*, John Willey & Sons, 2004

**ספרי עיון:**

1. R.W. Erickson and D. Maksimovic, *Fundamentals of Power Electronics* (Second Edition), 2006.
2. Aldo V. da Rosa, *Fundamentals of Renewable Energy Processes*, ELSEVIER, 2005



בקורס זה ילמד הסטודנט תכן של מערכות סולריות להפעלת מערכות חשמליות. דגש יושם על הצד ההנדסי יישומי מן ההיבט התכנוני של מערכות פוטוולטאיות. הסטודנט ידע לתכנן מערכת פוטוולטאית המושתתת על מערך הפוטוולטאי, מתאם, בנק מצברים, צורת חיבור והמרת חשמל. כל זה בהתאם למתקן אותו יש להזין ובהתחשב בהיבטיים כלכליים ותחזוקתיים.

## הנושאים שיילמדו בקורס:

1. אנרגיה חשמלית קונבנציונלית ומבוא למערכות פוטוולטאיות.
2. מאפייני קרינת השמש
3. בחירת אתרים למיקום מערכות פוטוולטאיות.
4. מרכיבי מערכת פוטוולטאית ודוגמאות למערכות לשימושים שונים.
5. שיקולים טכנולוגיים ומכניים בתכנון מערכות פוטוולטאיות.
6. מוליכים למחצה וצומת ח-p.
7. אפיון תאים פוטוולטאיים בטכנולוגיות שונות.
8. תכנון מערך פוטוולטאי.
9. תכנון מערכי מצברים למערכות פוטוולטאיות ומערכות אגירה אחרות.
10. מערכות בקרה וממירי מקסימום הספק (MPPT).
11. תכן מערכת פוטוולטאית עצמאית למתקנים מרוחקים (stand alone system)
12. תכן מערכת פוטוולטאית לחיבור ישיר לרשת החשמל (grid connected system)
13. שיקולים בהתקנה ותחזוקת מערכות פוטוולטאיות.

## ספרי לימוד:

1. Wenham S.R., Green M.A., Watt M.E and Corkish R. "Applied Photovoltaics", Earthscan/James & James., 2007. ISBN- 1-84407-401-3.
2. Messenger R.A., Ventre J. and Ventre G.G., "Photovoltaic Systems Engineering", Taylor & Francis, Inc., 2003. ISBN: 0849317932

**50188**  
**חשמל ממקורות**  
**רוח ומים**

**Wind and**  
**Water Energy**  
**Systems**

אופן הוראה: שו"ת

שעות בועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50090  
מבוא להנדסת חשמל

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט יסודות אווירודינמיקה, מאפייני מקורות רוח ומים, יסודות טורבינות ומחוללי חשמל (גנרטורים). בנוסף, יילמדו שיטות הדמיה שונות. מטרת הקורס היא להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולי הניתוח והתכנון של מערכות ייצור חשמל המבוססות על מתקני רוח ומים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא. הפקת חשמל מרוח ומים.
2. אופיינים של משבי רוח. מהירות רוח. יחסים בין מהירות הרוח להספק החשמלי. חלוקת הרוחות וסטטיסטיקה. תפוקת אנרגיית הרוח.
3. יסודות טורבינת הרוח. תכונות טורבינת רוח. רכיבי טורבינת רוח. אווירודינמיקה של טורבינת רוח. אופייני הספק של הרוטור.
4. אופיינים חשמליים של טורבינות רוח. המרת אנרגייה מכנית לאנרגיה חשמלית. טורבינת רוח במהירות קבועה ובמהירות משתנה. מחולל סינכרוני ומחולל השראה.
5. הדמיה של טורבינות רוח. מודל אווירודינמי. מודל של טורבינת רוח הכולל את התמסורת המכנית. מודל של מחולל השראה.
6. אופיינים של אנרגיית מים. אגירה והמרה של אנרגיית חום. המרת אנרגיית גלים. המרת אנרגיית זרמי מים, גאות ושפל.

**ספרי לימוד:**

1. M.R. Patel, *Wind and Solar Power Systems*. Taylor & Francis, 2006.
2. J.F. Manwell, J.G. McGowan, A.L.Rogers, A.L.Rogers, *Wind Energy Explained: Theory, Design and Applications*, John Wiley and Sons, 2002.

**ספרי עיון:**

1. Aldo V. da Rosa, *Fundamentals of Renewable Energy Processes*, ELSEVIER, 2005.
2. Masters, G. M., *Renueable and Efficient Electric Power Systems*, John Wiley & Sons, 2004.

.

50189

עקרונות ותכן תאי  
דלק

Fuel Cells  
principles and  
Design

אופן הוראה: שו"ת

שעות בועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50186

מערכות הספק לאנרגיה  
חילופית

### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט תכן של מערכות תאי דלק להפעלת מערכות חשמליות. הסטודנט יכיר את המבנה והטכנולוגיות של תאי דלק מבוססי מימן, מרכיבי מערכת המבוססת על תאי דלק הכוללים את: מערכת הקירור, מעגלי הבקרה, ומעגלי ההספק ב- DC וב- AC. הסטודנט ידע לתכנן מערכת המושתתת על תאי דלק והמעגלים הנלווים.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מושגים טכניים והגדרות מונחים הקשורים בתאי דלק.
2. בטיחות בתאי דלק.
3. מבוא בכימיה ותרמודינמיקה לתאי דלק.
4. טכנולוגיה וסוגים של תאי דלק.
5. אופיינים חשמליים של תאי דלק מבוססי מימן.
6. מעגלי תמורה ומתחי ריקם.
7. נפילות מתח והפסדים בעומס.
8. מימושים של תאי דלק במערכות חשמליות ואלקטרוניות.
9. מרכיבים, תת מערכות ומערכות של תאי דלק.
10. בקרה על תאי דלק.
11. תדלוק של תאי דלק.
12. העברת אנרגיה מתאי דלק (DC ו- AC).

### ספרי לימוד:

1. Larmianie J., and Dicks A. "Fuel Cell Systems Explained", Wiley & Sons, 2001. ISBN- 1- 471-49026-1.
2. O'Hayre R., Cha S.W., Collela W. and Prinz F.B., "Fuel cell Fundamentals", Wiley & Sons, 2006. ISBN: 13-978-0-471-74148-0

51004

## רשתות גישה מהירה

### High Speed Access Networks

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51105  
רשתות מחשבים

#### מטרות הקורס:

בקורס זה נלמד טכנולוגיות חדשות לתמסורת מידע במהירות גבוהה. הנושא המרכזיים בקורס עוסקים בגרסאות שונות ובאפליקציות של טכנולוגיית גישה מהירה ברשתות קוויית כולל cable modem , xDSL, ורשתות אלחוטיות כולל WLAN בתקני IEEE802.11 ו-WMAN בתקני IEEE802.16

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. חזרה למושגים בסיסיים של OSI Reference Mod מיון רשתות במהירויות גבוהות.
2. פרוטוקולים ורשתות לגישה (access).
3. מבנה ופרוטוקולים של Frame Relay רשתות אזוריות במהירויות גבוהות טכנולוגיה SDH, SONET ורשתות סינכרוניות: פרוטוקולים ברשתות Ethernet Gigabit.
4. תקנים בינלאומיים והמלצות בתחום רשתות גישה על קווי נחושת.
5. מבוא לטכנולוגיות xDSL: גישה מהירה על קווי HFC. סקירת תקני DOCSIS למודם כבלים, גישה מהירה ברשתות אלחוטיות: סקירת משפחת פרוטוקולי רשתות מקומיות אלחוטיות בתקני IEEE802.11 התפתחויות עדכניות בטכנולוגיית פס רחב אלחוטית ניחת (FBWA) וסקירת תקני IEEE802.16 לרשת מטרופוליטנית אלחוטית.

#### ספרי לימוד:

1. Tanenbaum, A., "Computer Networks", 3rd Ed., Prentice- Hall, 1996.
2. Cable Modems: Current technologies and applications", Fijoleck J. et al. Ed. IEEE press, 1999
3. Coombs C.F. et al. "Communications Network Test & Measurement Handbook" MacGraw-Hill 1998.

#### ספרי עיון:

4. Stallings, W., "Networking Standards", Addison Wesley, 1993.
5. Black, U., "SONET & T1: Architectures for Digital Transport Networks", Prentice-Hall, 1997.

**51029**  
**תקשורת לוויינים**  
**Satellite**  
**Communications**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51031  
הנדסת תקשורת ב'

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמדו הסטודנטים להכיר מערכות תקשורת לוויינים, הייחוד של תחום תקשורת הלוויינים, התיאוריה והפיתוחים הטכנולוגיים ומגמות ההתפתחות בתחום זה.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. היסטוריה ועקרונות תקשורת לוויינים ושילוחם.
2. לוויינים גיאוסטציונריים לוויינים במסלולים בינוניים (MEO) ונמוכים (LEO).
3. אנטנות בתקשורת לוויינים וחישובי מסלולים (link budget).
4. מערכות לוויינים קרקעיות נייחות.
5. מערכות לוויינים למערכות ניידות ולניווט GPS.
6. משדרים בתקשורת לוויינים שיטות איפנון.
7. מקלטים בתקשורת לוויינים.
8. מערכות ציבוריות, DVB-S.
9. שיטות סנכרון.
10. מגמות התפתחות במערכות תקשורת לוויינים.

**ספרי לימוד:**

1. Robert M. Gagliardi, Satellite Communication, CBS Publ. & Distr, 2004.
2. M. Roden, Digital communication System Design, Printice-Hall, 1998.
3. Y. Okunev, phase and Phase Difference Modulation in Digital Communications. Artech House, 1997.
4. S. Sklar, Digital Communicatins, Pearson Education, Inc 2005.
5. Dennis Roddy, Satellite Communications, McGrow-Hill Telecom Eng., 3<sup>rd</sup> Ed.
6. Freeman, R.L. Radio System Design for Telecommunications", 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley, 1997.
7. Maral G., VSAT Networks, wiley, 1995.

51031

הנדסת תקשורת ב'

Communication  
Engineering B

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 50024 הנדסת  
תקשורת א'

מטרת הקורס:

קורס זה מקנה לסטודנט ידע והבנה בניתוח ותכנון מערכות תקשורת ספרתיות.

הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבנה של מערכות תקשורת ספרתית ומדדי ביצועים במערכות תקשורת ספרתית
2. עקרונות תורת האינפורמציה, קיבולת ערוץ קידוד ערוץ.
3. ייצוג שיטות אפנון ספרתיות – ייצוג של מעטפת מרוכבת, ייצוג אותות במרחב ווקטורי, ייצוג קונסטלציית האותות עבור שיטות האפנון השונות.
4. אפנון פאזה רציפה – CPFSK.
5. מקלט אופטימאלי בערוץ AWGN – בעיית ההחלטה.
6. ניתוח שיטות אפנון בינאריות – ASK, PSK, FSK, DPSK, עבור קליטה קוהרנטית ולא קוהרנטית.
7. ניתוח שיטות אפנון מרובות – רמות M-ary: חישוב הסתברות שגיאה עבור שיטות אפנון ספרתיות – MASK, MPSK, MFSK, QAM.
8. העברת מידע בערוץ מוגבל סרט – תכנון אות להעברה בערוץ מוגבל סרט - תופעת ISI, פולס נייקוויסט דיאגרמת עיין
9. עקרונות שוויינים.

ספרי לימוד:

1. Proakis, J.G., "Digital Communications", 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, 1995.
2. Couch, L.W., "Digital and Analog Communication Systems", 5<sup>th</sup> Ed., Prentice-Hall, 1997.

ספרי עיון:

1. Haykin, S.S., "Communication Systems" 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley, 1983.
2. Gitlin, R., J. F. Hayes, S.b. weinstein, "Data communications principles", Plenum, 1994.
3. Van Trees, H. L., "Detection estimation and modulation theory", Part 1., John Willey, 1968
4. Sklar, B., "Digital Communication Fundamentals and application", Prentice Hall, 1988.

51032

## טכניקות קליטה ושידור

### Techniques Receiving and Transmitting

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51031 הנדסת תקשורת ב'

### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר תכונות בסיסיות וטכניקות של מעגלי קליטה ושידור. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולי ניתוח ותכנון מערכות קליטה ושידור שהינן היסודות של תקשורת רדיו.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. חזרה על מערכות תקשורת ומודלי ערוץ.
2. משדרים AM ו-FM, מבנה המאפן ומגבר, תאום עם אנטנה.
3. משדרים ספרתיים.
4. אנטנות במשדרים ומקלטים.
5. קבלת רגישות טובה, מגבר LAN חדשני.
6. מקלטים Superheterodyne ו-Homodyne.
7. גילוי אנלוגי וספרתי.
8. מערכות סינכרון (כלל PLL ו-Costas), שחזור גל נושא. מערכות עתידיות.

### ספרי לימוד:

1. M. Simon, S. Hlnedi, W. Lindey. Digital Communication Techniques, Printice-Hall, 1995.
1. M. Roden, Digital communicatin system design, Printice-Hall, 1998
2. Y. Okunev, Phase and phase difference Modulation in Digital communications, Artech House, 1997.
3. B. Sklar, Digital communications, Pearson Education, Inc 2005.
4. Proakis, J.G., Digital communications, 4<sup>th</sup> Edition McGraw-Hill' 2001.
5. A. S. Sedara, K. E. Smith, Microelectronics Circuits, Oxford Univ. Press, 1998.
6. S. S. Haykin, Communicatins Systems, 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley, 1983.

51033

רשתות נתונים  
חכמות

Intelligent  
Networks

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 51105 רשתות  
מחשבים

מטרות הקורס:

הקורס מקנה ידע בנושאים מתקדמים בתקשורת. בקורס נתמקד בנושאים שלא קיבלו התייחסות בקורס הבסיסי. בין הנושאים שיסקרו הם: תקשורת אלחוטית, תקשורת מולטימדיה, איכות שרות, אבטחת מידע, MPLS ועוד.

נושאים שיילמדו בקורס:

1. OSI Reference Model וסקירת מרכיבי האינטרנט.
2. פרוטוקולי peer to peer.
3. ניתוב broadcast ו-multicast.
4. MPLS.
5. תקשורת אלחוטית ותקשורת סלולרית.
6. תקשורת מולטימדיה ואיכות שרות.
7. אלגוריתמי הצפנה ומערכות הצפנה באינטרנט.
8. מנועי חיפוש.

ספרי לימוד:

1. Kuro se J., Ross K., "Computer Networking. A Top Down Approach Featuring the Internet", Addison Wesley, 2001.
2. Tanenbaum, A., "Computer Networks", 3<sup>rd</sup> Ed., Prentice-Hall, 1996.



## 51037 רשתות מקומיות ומרחביות

### Local and Wide Area Networks

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51105 רשתות  
מחשבים

#### מטרות:

בקורס זה לומדים טכנולוגיות מודרניות ברשתות מרחביות ומקומיות. נושאים מרכזיים: טכנולוגיות IEEE.802 וחיבור בין רשתות LAN, טכנולוגיות מהירות ברשתות מרחביות.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. חזרה קצרה למבנה מערכות פתוחות (OSI Reference Model).
2. מבנים בסיסיים של רשתות מקומיות ומרחביות.
3. מיון רשתות במהירויות גבוהות.
4. מבנה פרוטוקולים של Frame Relay ו-ISDN.
5. שרותים בסיסיים, מערכות גישה למשתמשים, נקודות קצה של רשת, פרוטוקולים לבקרת תעבורה.
6. רשתות ATM: מחסנית פרוטוקול שירותים, שכבות ATM ו-AAL. מאפייני איכות שירות בטכנולוגית IP. ATM מעל ATM.
7. רשתות מקומיות על בסיס של ערוצים חשמליים.
8. רשתות מקומיות Fast Ethernet ו-Bluetooth. II-FDDI. פרוטוקול LLC.
9. חיבור רשתות: גשרים, מנתבים, שערים, LANS ממותגים.
10. מודל Novell Netware. בקרה ברשתות מרחביות ומקומיות: החלטות SNMP. טכנולוגית MPLS. פרוטוקולי ניתוב מובחרים (למסופים ניידים).

#### ספרי לימוד:

1. Tanenbaum, A., "Computer Networks", Prentice-Hall, 3rd Ed., 2003.

#### ספרי עיון:

1. Stallings, W., "Networking Standards", Addison-Wesley, 1993
2. Martin, Y., "Asynchronous Transfer Mode", Prentice-Hall, 1997

#### כללי:

במעבדה לתקשורת נתונים הסטודנטים מתנסים בניצול ובניית רשתות מחשבים מסוג WAN ו-LAN. יילמדו מאפייני איכות שירות, מערכות ניהול ומערכות בקרה וזרימה ברשתות מודרניות.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

סקירה כללית של מתקני המעבדה לתקשורת נתונים ומונחי יסוד בתקשורת. מודל OSI לתקשורת מחשבים. רשתות תקשורת LAN, WAN, MAN, מערכות הפעלה לרשת, עבודה ברשת NOVELL, Router, Bridge, Repeater וארכיטקטורת IP - TCP. ניהול רשתות, SNMP, עבודה ברשת New-bridge.

#### ספרי לימוד:

- Tanenbaum, A., "Computer Networks", Prentice-Hall, 1996.

#### ספרי עיון:

צבי שחם, "תקשורת ומחשוב", הוצאת בינת 1997.  
חברת מעבדה - מכון י טכנולוגי חולון.

## 51038 מעבדת תקשורת נתונים

### Data Communications Laboratory

אופן הוראה: מ'  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 51105 רשתות  
מחשבים

51041

## מערכות חוזי

### Video Systems

אופן הוראה: שיעור ותרגול  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51031 הנדסת תקשורת ב'

### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מעגלים של מערכות חוזי. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולי ניתוח ותכנון מעגלים של מערכות חוזי.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מידע של חוזי. יתירות וצמצומה.
2. צבה במערכות חוזי.
3. מערכת סנכרון ושידור.
4. התמרה ספקטראלית כולל Wavelet Transform.
5. תקני הטלוויזיה בעולם.
6. שיטות דחיסה, MPEG-2, MPEG-4, JPEG.
7. טלוויזיה ספרתית, DVB-T, DVB-C.
8. מערכת טלוויזיה לוויינית DVB-S.
9. DVD Disc.
10. Kinescopes חדשים.

### ספרי לימוד:

1. Townsend, B., "PAL Colour Television", Cambridge Univ. Press, 1970.
2. Watkinson, J., "Compression in Video and Audio", Focal Press, 1995.
3. Fink, D., "Television Engineering", McGraw-Hill, 1980.
4. Noll, A.M., "Television Technology: Fundamentals and Future Prospects", Artech House, 1988..

51053

## מעבדת טכניקות קליטה ושידור

### Receiving and Transmitting Techniques Lab.

אופן הוראה: מ'  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 51032 טכניקות קליטה ושידור

### מטרות

הסטודנט ילמד את עקרונות הפעולה והמבנה של מעגלי קליטה ושידור. מטרת המעבדה היא להקנות הבנה בסיסית והכשרה מעשית בשיקולים של ניתוח ותכנון מעגלי קליטה ושידור.

### הנושאים שיילמדו במעבדה:

1. הכרה מעשית של מכשירי מדידה מודרניים.
2. השפעת הקיבול של הוואריקפ על הפרמטרים של מתנד מקומי מעגלי תהודה של משדר FM.
3. מציאת הפרמטרים האופטימאליים של מעגלי המשדר FM לפי קריטריון השגת ההספק המקסימאלי, התאמת משדר ומקלט FM לאנטנה.
4. מדידת פרמטרים של מקלט FM, חוג נעול מופע (PLL) כגלאי תדר.

### ספרי לימוד:

1. Robert, A., "Electronic Test Instruments. Theory and Applications" HP, 1993.
2. James Hardy K., "Electronic Communications Technology" 1986.
3. Rohde, Ulrich L., "Communication Receivers; Principles and Design", 2<sup>nd</sup> Ed., McGraw-Hill, 1997

## 51056 מעבדה ל-RF

### RF Lab.

אופן הוראה: מ'  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50046 גלים  
ומערכות מפולגות

- הנושאים שיילמדו במעבדה:**
1. תוכנת סימולציה ADS לתכנון מעגלים ורכיבים עבור RF.
  2. ספקטרום אנלייזר- מבנה ועקרון פעולה, ביצוע מדידות.
  3. נתח רשת- מבנה ועקרון פעולה, יסודות קווי תמסורת, מקדם החזרה: ליניארי, לוגריתמי, יחס גלים עומדים, דיאגרמה פולרית, דיאגרמת סמיט, מקדם העברה, כיוול נתח-רשת, מדידת S-Parameters.
  4. קווי תמסורת – התורה המתמטית של התקדמות גלים א"מ בקווי תמסורת, כבלים קואקסיאליים, קווי מיקרוסטרפ, קוויים מקוצרים, מנותקים וסיומות של 50 אוהם.
  5. מסננים – תכנון, סימולציה ומדידות של מסננים מקובצים בשיטת Chebyshev, Butterworth ו-Elliptic.
  6. תאום עכבות – תכנון, סימולציה ומדידות של מעגלים לתאום עכבות ע"י רכיב פסיבי אחד וע"י שני רכיבים.
  7. מנחתים – לימוד ומדידת פרמטרים של מנחתים, המנחת כרשת זוגיים, מודל נגדים לתדר גבוה, תכנון ובניית מנחת מסוג T בעזרת קו מיקרוסטרפ. תאום אמפדנסים באמצעות מנחת. מנחת צעד, מדידות.
  8. ערבול - הכרת הערבול, רכיבים טפיליים, הפסדי שילוב, תחום דינמי, בידוד בין הכניסות והמוצא ומדידת פרמטרים של הערבול. ערבול כגלאי פאזה.
  9. מצמד כיווני – הכרת המצמד הכיווני ומבנהו, צימוד נומינאלי, כיווניות ומדידת הפרמטרים של המצמד. מצמד כיווני כ - Reflectometer וכרכיב למדידת הספק.
  10. אנטנת – פרמטרים וסוגים שונים של אנטנות, עקומי קרינה של אנטנה, אזורי קרינה סביב האנטנה, משואת פריז, אנטנת דיפול ו-Balun. מדידת פרמטרים ועקומי קרינה של אנטנת דיפול.

### ספרי עיון:

1. Ppzar D. M., Microwave Engineering 3<sup>rd</sup> Ed., Wiley, 2005.
2. Rizzi, A., "Microwave Engineering Passive Circuits", Prentice-Hall 1988.

## 51068 מעבדה לתקשורת ספרתית

### Digital Communication Lab.

אופן הוראה: מ'  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 51031  
הנדסת תקשורת ב'

- מטרות:**
- בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מערכות תקשורת ספרתית בסיסיות. מטרת הקורס להקנות לסטודנטים הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון מערכות שידור / קליטה ספרתיות.

### הנושאים שיילמדו במעבדה:

1. משפט הדגימה של Nyquist.
2. מסננים דיגיטליים.
3. Line Coding and PSD.
4. שיטות קידוד מקור.
5. MFSK.
6. ISI.
7. שיטות לקידוד ערוץ.

### ספרי לימוד:

1. Roden, M., "Digital Communication System Design", Prentice-Hall, 1998.
2. Proakis, J., "Digital Communications", 3th Ed., McGraw-Hill, 1995.

**51071**  
**מערכות תקשורת**  
**MIMO**

**Modern Wireless**  
**Systems**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבויעות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50046 גלים  
ומערכות מפולגות, 51031  
הנדסת תקשורת ב' במקביל

**מטרות:**

להקנות לסטודנט קונספטים תיאורטיים ועקרונות מימוש פרקטי של מערכות תקשורת MIMO.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. אפיון ערוצים סקלריים ווקטוריים.
2. תופעות multipath ודעיכות בקנה מידה קטן.
3. דעיכות שטוחות וסלקטיביות. סטטיסטיקות כיוון.
4. אפיון רעשים והפרעות.
5. מערכות מרובות אנטנות וערוצים וקטורים. מטריצות הערוץ ותכונותיה, וקטורים וערכים עצמיים. ערוצים מנוונים.
6. שיערוך ערוץ בזמן אמת, CSI, מערכות עם חוג פתוח וסגור.
7. שיטות שוני (diversity) מרחבי.
8. קידוד מרחבי – זמני מבלי לדעת את הערוץ במשדר.
9. סירוג.
10. עיצוב הקודים. פענוח אופקי ואלכסוני.
11. שימוש ב-CSI במשדר: טכניקת SVD, ניצבות.
12. קיבולת הערוץ.
13. שילוב OFDM ושיטות מרחיבות פס.
14. עיצוב האלומה, אנטנות חכמות וטכניקת היפוך זמן. MIMO Multiuser חסמים.

**ספרי לימוד:**

1. Paulraj D. Gore, R> Nabar, Introduction to Space-Time Wireless Communications, Cambridge University Press, 2003.
2. G. D. Durgin, Space-Time Wireless Channels, Prentice Hall, 2003.
3. R. Vaughan and J. B. Andersen, Channels, Propagation and Antennas for Mobile Communications, IEE, 2003.
4. M. Jankiraman, Space-Time codes and MIMO Systems, Artech House, 2004.
5. H.G. Bessai, MIMO Signals an Systems, Springer, 2005.
6. E. Biglieri, R. Cakderbank, A. Constantinides, A. Goldsmith , A. Paulraj, and H. V. Poor, MIMO Wireless Communications, Cambridge University Press, 2006.

Sklar, B., "Digital Communications; Fundamentals and Applications", Prentice-Hall, 1988.

Gavan, J., R. Perez, Handbook of Electromagnetic Compatibility, Academic Press, 1995.

**ספרי עיון:**

Rappaport, T.S., "Wireless Communications", Wiley, 1996.

51075

מבוא למעגלי

תדרי RF

Introduction to  
Circuits

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50011  
מעגלים אלקטרוניים  
אנלוגיים, 50046 גלים  
ומערכות מפולגות

מטרות הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מעגלים אלקטרוניים לתדר גבוה. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולים של ניתוח ותכנון של מעגלים אלקטרוניים לתדר גבוה.

הנושאים שיילמדו בקורס:

1. התנהגות רכיבים מקובצים בתדרי RF.
2. קווי תמסורת נפוצים: קואקסיאלי, מיקרוסטריפ וסטריפליין.
3. רשתות RF.
4. רכיבי RF פסיביים: מתאמים, מסננים מקובצים ומודפסים, מפצלים ומצמדים, ערבלים.
5. רכיבי RF אקטיביים: מגברים, ערבלים מתנדים.
6. חישובי רעש במעגלי RF.
7. פרמטרים של אנטנות.

ספרי לימוד:

1. Pozar, D. M., Microwave and RF Design of Wireless Systems, Wiley, 2001.
2. Ludwig R. P., RF Circuit Design, Theory and Application, Pearson Education, 2000.
3. Pozar, D. M., Microwave Engineering, 3<sup>rd</sup> Ed., Wiley, 2005.
4. Vizmuller, P., "RF Design Guide; Systems, Circuits and Equations Artech House, 1995.
5. Medley, M.W., "Microwave & RF Circuits; Analysis, Synthesis and Design", Artech House, 1993.

51077

## מבוא למעגלי מיקרוגל משולבים

### Introduction to MMIC

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50006 התקני מוליכים למחצה  
50046 גלים ומערכות מפולגות

### מטרות הקורס:

מטרת הקורס להקנות לסטודנט ידע בסיסי בנייתו ובתכנון מעגלי תקשורת בתחומי מיקרוגל הממומשים בטכנולוגיות MMIC. טכנולוגיות MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) מאפשרת בניית רכיבים פסיביים ואקטיביים על אותו מצע, לתדרים גבוהים עד 100GHz. קורס זה משלב ניסויים במעבדת MMIC שבמסגרתה ילמדו הסטודנטים לבצע בדיקות בסיסיות במעגלי MMIC. במסגרת הקורס ייחשפו הסטודנטים לשיטות וכלי תיב"ם לתכנון מעגלי מיקרוגל ברמה של הכנת מסכות לייצור ע"י תהליכי מיקרואלקטרוניקה.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. סקירה כללית של טכנולוגיות MMIC.
2. חזרה על קווי תמסורת, דיאגרמת סמית, פרמטרי זירווי (S Parameters), ותיאום עכבות. תהליכי ייצור של מעגלים משולבים.
3. טכנולוגיות סיליקון, טכנולוגיות GaAs.
4. רכיבי מיקרוגל פסיביים בטכנולוגיות MMIC: קווי תמסורת, נגדים, סלילים, קבלים, מסננים, מנחתים, מפצלי הספק, מתגים, ערבלים, מעגלים להזזת מופע.
5. רכיבים אקטיביים: טרנזיסטורים BJT, FET בטכנולוגיות MMIC, מגברים, מתנדים.
6. תיב"ם לתכנון מעגלים בטכנולוגיית MMIC.

### ספר לימוד:

1. Vendelin, G.D., Pavio, A.M., Rohde, U.L., "Microwave Circuit Design Using and Nonlinear Techniques, 1989.

### ספרי עיון:

1. Sweet, Allen A., "MIC & MMIC Amplifiers and Oscillator Circuit Design", 1990.
2. Robertson, I.D., IEEE Press, 1995.
3. Cripps, S.C., "RF Power Amplifiers for Wireless Communications", Artech House, 1999.
4. Goyal, R., Monolithic Microwave Integrated Circuits, Technology & Design, Artech House, 1989.
5. Pozer, D.M. "Microwave Engineering", 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley, 1998.

## 51078 מבוא לתורת הצפינה

### Introduction to Coding Theory

אופן הוראה: ש"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 51031 הנדסת  
תקשורת ב'

#### מטרות הקורס:

הקורס יקנה לסטודנטים טכניקות לבקרת שגיאות כולל גילוי ותיקון שגיאות במערכות תקשורת. הקורס ינתח הטכניקות המעשיות לתיקון שגיאות בצד היבטים תיאורטיים של שיפור ביצועי מערכות תקשורת בעזרת תיקון שגיאות.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא- מהוא לתורת האינפורמציה, הגדרות  $n, H, R$ , קיבול ערוץ גאוס'י לפי שנון, סכמת תקשורת עם מקודד-מפענח, קיום קודים טובים, ARQ, FEC, קודי בלוק קודי קונוולוציה, הגבר קידוד COADING GAIN, ביצועים של קודים מול חסם שנון.
2. מושגי יסוד וחסמים של ביצועים – יכולת גילוי / תיקון של קודים, מודלים לערוצי תקשורת, מפענח סבירות מרבית (MLD), מפענח חסום מרחק (BD).
3. קודים ליניאריים – מבנה מטריצה יוצרת, מטריצת בדיקה, קוד דואלי, מערך סטנדרטי, סינדרום שגיאה, דוגמאות לקודים ליניאריים: MDS, Hamming, Reed-Moller, טכניקות הרחבה, קיצור ניקוב של קודים, טכניקות פענוח בסיסיות.
4. מבוא ומבנה של שדות סופיים - אריתמטיקה של שדות סופיים, בניות של שדות סופיים, אלמנט פרימיטיבי, פולינומים מינימאליים, שדה הרחבה, שדה פיצול, השורשים של היחידה.
5. קודים ציקליים – פולינום יוצר, תאור מטריצי בשדה הרחבה, קוד Hamming כקוד ציקלי לתיקון שגיאה בודדת, קודים ציקליים לתיקון שתי שגיאות, קוד Golay.
6. קוד BCH – הגדרות בסיסיות, דוגמאות מפענח PGZ לקוד BCH.
7. קודי Reed-Solomon - הגדרות בסיסיות, דוגמאות.
8. נושאים מתקדמים בתורת הצפינה – טכניקות פענוח בהחלטה רכה לקודי בלוק, טורבו קוד, ופענוח איטרטיבי, מבוא לקודי קונוולוציה ופענוח Viterbi.

#### ספרי לימוד:

1. Lin S. and Costello D.J : Error control Coding, Prentice-Hall, 1983.
2. R.E Blahut: Theory and Practice of Error Control Codes, Addison-Wesley, 1983.
3. Richard E. Blahut, Algebraic Codes for Data Transmission, Cambridge Univ. Press' 2001.

#### ספרי עיון:

R.H. Morelos-Zragoza: The art of Error Correcting Coding, John Wiley, 2002

51081

**מבוא למערכות  
תקשורת אופטיות**

**Introduction to  
Optical  
Communication  
Systems**

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות 3.5

דרישות קדם: 50024 הנדסת

תקשורת א'

**מטרות הקורס:**

מטרת הקורס להקנות לסטודנט יכולת בסיסית של תכנון וניתוח מערכות תקשורת אופטית. לחשוף את הסטודנט למגבלות המערכות הנ"ל ודרכים להתגברות על המגבלות.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מרכיבי מערכת תקשורת אופטית, השילוב ביניהם ויבחנו ביצועי מערכות תקשורת אופטית.
2. חזרה על הערוץ האופטי, תכונותיו הליניאריות, מבנהו.
3. התפשטות, נפיצה וניחות בגל הא"מ בערוץ.
4. המשדר האופטי - תאור כללי ובחינת הפרמטרים המערכתיים, (הספק, Chirp).
5. המקלט האופטי - בחינת הפרמטרים המערכתיים. המגבר האופטי (EDFA) - עקרון פעולה. שילוב של מרכיבי מערכת אופטית, סקירת רעשים במערכת האופטית, חישוב יחס אות לרעש, וחישוב הסתברות שגיאה.
6. פיצוי דיספרסיה לשיפור ביצועי מערכת אופטית.

**ספרי לימוד:**

1. Agraval, G. P., "Fiber-optic Communication Systems", A Wiley-Interscience publication, 3<sup>rd</sup> Edition, 2002.
2. Kazovsky, L., S. Benedetto, A. Willner, "Optical Fiber Communication Systems", Artech House, 1996.
3. Bajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarjan, "Optical Networks", Academic Press, 1998.



51082

**מבוא לתקשורת  
אופטית לא-  
ליניארית**

**Introduction to  
Non Linear  
Optical  
Communication**

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות 3.5

דרישות קדם: 51031 הנדסת

תקשורת ב', 51081 מבוא

למערכות תקשורת אופטית

**מטרות הקורס:**

מטרת הקורס ללמד את הסטודנט תופעות לא-ליניאריות ואת השפעתן על מערכות תקשורת אופטית ואת מגבלות הביצועים הנבעות מהן, וכן רכיבים אופטיים המבוססים על התופעות הלא-ליניאריות האלה.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. במסגרת הקורס יילמדו נושאים הקשורים לתופעות לא ליניאריות בסיבים והשפעתם על ביצוע מערכות תקשורת אופטית.
2. פיתוח משוואת שרדינגר לא-ליניארית, הבנת והגדרת המושגים של:  
Self Phase Modulation – SPM  
Cross Phase Modulation–XPM  
Stimulated Raman scattering, Stimulated Brillouin scattering  
Four Wave Mixing – FWM
3. Self Phase Modulation - אפנון פאזה עצמי של הגל, הזזת פאזה לא-ליניארית, השינוי ברוחב הספקטרום של הפולס בסיב והשפעות על ביצועי מערכת תקשורת אופטית.
4. Cross Phase Modulation - הצימוד בין גלים שונים בעלי תדירות שונה בסיב, שבירה כפולה לא ליניארית, ואפקט Kerr, אי יציבות באפנון והשפעות זמניות ומרחביות על פולס השידור.
5. אפקט פיזור Raman על מערכות תקשורת אופטית; עיקרון, והשלכות מערכתיות.
6. אפקט פיזור Brillouin על מערכות תקשורת אופטית; עיקרון, והשלכות מערכתיות.
6. עירוב ארבע גלים Four Wave Mixing, עיקרון פיסיקלי והשלכות. עיקרון של מערכת סוליטוניות.

**ספרי לימוד:**

1. Govind P. Agrawal, " Nonlinear Fiber-optic", S.D., Academic Press, 2001.
2. Shen, Y.R., "Principles of Nonlinear Optics", N.Y. Wiley, 1984.

**ספרי עיון:**

1. Govind P. Agrawal, " Fiber-optic Communication Systems", A Wiley-Interscience publication, 2<sup>nd</sup> Ed., 1997
2. Bajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarjan, "Optical Networks", Academic Press, 1998.

**51083**  
**מבוא לרשתות**  
**אופטיות**

**Introduction to**  
**Optical Networks**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51031 הנדסת  
תקשורת ב'

**מטרות הקורס:**

להקנות לסטודנט שיקולים בסיסיים לתכנון תקשורת אופטית, להכיר ארכיטקטורות שונות של רשתות אופטיות, את יתרונותיהן ואת מגבלותיהן.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. הקדמה לרשתות תקשורת לטלקומוניקציה, סקירה היסטורית לרשתות אופטיות מדור I, שיטות ריבוב אופטיות.
2. הגדרות של מושגים בסיסיים ברשתות תקשורת אופטיות כגון: שירותים, שקיפות, פרוטוקולים. רשתות אופטיות דור II העוסקות במתן שירותים, ארכיטקטורות ושכבות הרשת האופטית.
3. מבנה של שכבה פיסיקלית ברשת אופטית ורכיבים אופטיים לרשתות.
4. שיקולים בסיסיים בתכנון רשתות אופטיות: LAN, MAN, WAN.
5. רשתות אופטיות מתקדמות העוסקות בנייתוב אורכי-גל, בקרה וניהול. מבוא ל - Photonic Packet Switching.

**ספרי לימוד:**

1. Bajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarjan, "Optical Networks", Academic Press, 1998.
2. K.M. Sivalingam, S. Subramaniam, "Optical WDM Net Works. Principles and Practice" Kluwer, 2000.
3. T.E. Stern, K. Bala, "Multi Wavelength Optical Network, A Layered approach", Addison - Wesley, 1999.

**51084**  
**מבוא לשיטות**  
**אפנון בתקשורת**  
**אופטית**

**Introduction to**  
**Optical Modulation**  
**Methods**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם:  
51031 הנדסת תקשורת ב'

**מטרות הקורס:**

מטרת הקורס ללמד את הסטודנט שיטות שונות לניצול מרבי של מערכות אופטיות. כמו כן שיטות אפנון וגילוי שונים, חישובי רעש ואת השפעתם על ביצועי המערכת.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. קורס זה יעסוק בשיטות גישה לערוץ האופטי ובתקשורת אופטית קוהרנטית. שיטות הגישה הנלמדות בקורס זה הן Wave Length Division Multiplexing, Orthogonal Code Division Multiplexing, Multiplexing- WDM Access – OCDMA וכן OTDM - Optical Time Division Multiplexing.
2. המקלט האופטי האופטימאלי.
3. שיטות אפנון וגילוי אופטיות: שיטות אפנון אופטיות מסוג P.S.K, A.S.K ו- F.S.K, שיטות גילוי הטרודיין, והומודיין.
4. רגישות מקלטים אופטיים בתקשורת אופטית קוהרנטית, חישובי רעש, יחס אות לרעש.
5. עקרונות הגלאי האופטי, חישובי BER.
6. השפעות של רעשי פאזה וקייטוב על רגישות המקלטים ועל ביצועי מערכות תקשורת אופטית קוהרנטית.
7. בחינת מימוש מקלטים לתקשורת אופטית קוהרנטית.

**ספרי לימוד:**

1. Agraval, G. P., "Fiber-optic Communication Systems", Wiley, Sec. Ed., 1997.
2. Bajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarjan, "Optical Networks", Academic Press, 1998.
3. Shiro Ryu, "Coherent lightwave communication systems", Artech house, 1995.
4. Einarsson., Goran, "Principle of lightwave communication", Wiley, 1995.

51085

## מעבדה לתקשורת אופטית

### Optical Communication Lab.

אופן הוראה: מעבדה

שעות שבויעות: 3

דרישות קדם: 51081 מבוא

לתקשורת אופטית

### מטרות הקורס:

ללמד את הסטודנט שיטות בסיסיות במדידות אופטיות של אופייני הרכיבים ובמערכות תקשורת אופטית. ניתוח ספקטרלי של אותות ומדידות רעש.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא למדידות במערכת אופטיות עם תווך סיבי.
2. מדידות הספק אופטי: דיודת PIN, היענות ספקטרלית, יציבות תרמית, תלות בקיטוב, תאימות עם סיבים שונים.
3. ניתוח ספקטרלי של אותות אופטיים, סוגים שונים של מנתחי ספקטרום אופטי (Spectrum analyzers), פעולה ותכונות של מנתחים אופטיים המבוססים על סריגי עקיפה. מדידות ספקטרליות של אות מאופנן.
4. ניתוח ספקטרום אופטי ברזולוציה גבוה: רוחב הקו ו-chirp, מדידת הרחבה ספקטרלית של לייזר, מדידות אפנון הפאזה. מדידות קיטוב. ניתוח אפנון ספרתי מדידת BER, יצירת דיאגרמות עין מדידות נפיצה: כרומטית, קיטוב מדידות רעש: מקורות רעש שונים, SNR, NF.

### ספר לימוד:

Derickson, D., "Fiber Optics Test and Measurement" Prentice-Hall, 1998.

51087

## תכן וניתוח רשתות תקשורת

### Design and Analysis of Computer Networks

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבויעות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 51105 רשתות

מחשבים

### כללי:

קורס זה דן בנושאים מתקדמים ברשתות תקשורת חכמות. מטרת הקורס הנה לימוד שיטות לחקר ואופטימיזציה של פרוטוקולים ברשת תקשורת מודרנית. ניתן דגש לטכנולוגיות מהירות כמו Asynchronous Transfer Mode.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. ניסוח בעיות של ניתוח אופטימיזציה של רשתות תקשורת.
2. מושגים תיאורטיים ביצירת מודלים מתמטיים של פרוטוקולי תקשורת.
3. שימוש במודולי מרקוב לניתוח רשתות תקשורת.
4. מודלים הסתברותיים של פרוטוקולים של שכבות OSI.
5. אלגוריתמי ניתוב ב- Power Line LANS. ניסוח ופתרון בעיות של אופטימיזציה של מחסניות פרוטוקולים OSI ו- ATM.
6. Reference Models. יצירת מודל של רשת ATM אלחוטית (Wireless ATM).
7. יצירת מודל ואופטימיזציה של תהליך סימון תאים בטכנולוגיה ATM.

### ספר לימוד:

1. Schwartz, M., "Telecommunication Networks: Protocols, Modeling and Analysis", Addison Wesley, 1987.

### ספרי עיון:

1. Black, "Computer Networks – Protocols, Standards and Interfaces", Prentice-Hall International, 1987.
2. Ginsburg, D., "ATM. Solutions for enterprise internetworking", Addison Wesley, 1996

## מטרות הקורס:

הקורס יקנה לסטודנטים כלים ארוכי טווח, מתודולוגיה, והבנה יסודית של שיטות תכנון של מעגלי רדיו, אשר שונות בתכלית משיטות התכנון של מעגלים ליניאריים, ומבוססות לרוב על שיטות קירוב מתוחכמות ועל ניצול תופעות לא ליניאריות ודורשות שימוש בכלית מתמטיים מתקדמים.

## הנושאים שילמדו בקורס:

1. פונקציונאליות בסיסית של מקלטים-משדרים: פונקציונאליות וארכיטקטורות עיקריות של מקלט, משדר ומקמ"ש.
2. יסודות תכנון מעגלי רדיו: משוואות ביפולריות, MODIFIED BESSEL FUNCTIONS, זרמי שיא/ממוצע וזרמים הרמוניים בתכנון RF לא-ליניארי, אינטראקציה הדדית בין RF לממתח DC, מכפלי תדר.
3. מעגלים רחבי סרט לאות קטן, נקודות דחיסה ונקודות יירוט (INTERCEPT POINTS) טכניקות קירוב בעזרת דיאגרמות קטבים-אפסים.
4. מעגלים מכוונים, פסוודו-טרנספורמטורים, התמרות מקבילי-טורי, שקול מקובץ של מעגלים מכוונים מפולגים, שקול מקובץ של רכיבים פסיביים, העמסה לא-ליניארית של מעגלים מכוונים, מדידות קרינה, יסודות הסינטיסיזרים.
6. מעגלי קליטה: קדם מגברים, ערבלים (MIXERS), שרשרות תדר ביניים, פילטרים קדמיים (FRONT), פילטרים גבישיים, מגבלים, מעגלי בקרת הגבר, מעגלי בקרת תדר, גלאים (QUADRATURE, FM, AM).
7. מעגלי שידור: אפננים, מעגלי חוצץ (BUFFERS), מעגלי דחיפה (DRIVERS), מגברי הספק, פילטרים הרמוניים.
8. מעגלים משותפים שידור-קליטה: מתגי אנטנה, DUPLEXERS, מתנדי RF, מתנדי גביש. דגש מיוחד ייושם על הבנה, ניתוח ותכנון של רעש מופע במתנדים.

## ספרי לימוד:

1. Luzzatto, A. & Shirazi, G. : "Wireless Transceiver Design", Wiley, 2007.
2. Schwartz, M., "Information, Transmission Modulation and Noise", McGraw-Hill, 1990.
3. Clarke, K. & Hess, D., "Communication Circuits, Analysis and Design", Addison Wesley, 1971.

## ספרי עיון:

1. Bernard Sklar "Digital Communications, Fundamental and Applications", Prentice Hall, 2001.
2. Frank B. Gross, "Smart Antennas for Wireless Communications", McGraw-Hill, 2005.

51088

## מודולים בתכנון מערכות תקשורת

## Modules in Communication Systems Designing.

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50024  
הנדסת תקשורת א', 50011  
מעגלים אלקטרוניים אנלוגיים

51090

**תקשורת  
ספרתית מתקדם**

**Advanced  
Digital  
Communication**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4 ש'  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51031  
הנדסת תקשורת ב'

**מטרת הקורס:**

קורס התמחות הדרוש בנושאים מתקדמים בתקשורת מודרנית כגון OFDM מערכות UWB, שיויונים מסתגלים, קידוד מקור ועוד.

**הנושאים שילמדו בקורס:**

1. שיטות קידוד של מקורות מידע.
2. עקרונות תורת האינפורמציה, קיבולת ערוץ, קידוד ערוץ.
3. שיטות אפנון לא ליניאריות CPFSK/CPM.
4. עקרונות שחזור גל נושא ושיחזור שעון.
5. שוויינים ליניאריים.
6. שוויינים אדפטיביים.
7. מערכות OFDM.
8. מערכות UWB.
9. שיטות קידוד ואלגוריתם ויטרבי.

**ספרי לימוד:**

1. Richard D.J. van Nee Ramjee Prasad Richard Van Nee - OFDM for Wireless Multimedia Communications (Artech House, 2000)
2. Proakis, J. G., Digital Communications 4<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, 2000.

**ספרי עיון:**

1. G. D. Durgin, Space-Time Wireless Channels (Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2003).

**51091**  
**טכניקות בתקשורת**  
**נתונים**

Techniques in Data  
Communications

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4 ש'  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50024 הנדסת  
תקשורת א'

**מטרת הקורס:**

בקורס זה הסטודנטים נחשפים לטכניקות שונות לאבטחת ולביטחון המידע ברשתות תקשורת נתונים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא ל-PCM ושיטות קידוד ערוץ
2. אסטרטגיות גילוי ותיקון שגיאות
3. מערכות ARQ ומערכות H-ARQ, FEC
4. קודים לתיקון שגיאה, קוד ציקלי, קודי קונבולוציה.
5. מבוא לתורת הצפנה, שיטות RSA
6. שיטות קידוד מקור, קוד הופמן, קוד אריתמטי, קוד למפל-זיו.
7. קודים לתיקון שגיאה ברמת רשת (Digital Fountain)
8. קודים לא אחידים כולל שיטת Punctured.

**ספרי לימוד:**

1. John G. Proakis- Digital Communications 4th Ed. Mc Graw-Hill 2001

**ספרי עיון:**

1. A. Bruce Carlson, Paul B. Crilly, Janet C. Rutledge – Communication Systems 4th Ed, McGraw – Hill 2002
2. James F. Kurose- Computer Networking 3rd Ed- Pearson Ed 2005
3. Sklar. B- Digital communication, Prentice-Hall- 1988

**51094**  
**מערכות תקשורת**  
**ניידות ותאיות**

**Mobile and**  
**Cellular**  
**Communication**  
**Systems**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51031 הנדסת  
תקשורת ב'

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמדו הסטודנטים את התיאוריה והפיתוחים הטכנולוגיים של תחום התקשורת הניידת והתאית. יילמדו גם מגמות התפתחות צפויות, במיוחד בנושא תקשורת ניידת רחבת סרט.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא למערכות תקשורת ניידות ותאיות.
2. עקרונות בהתפשטות גלים, עבור מערכות תקשורת ניידות, מודלים של ערוץ תקשורת ניידת.
3. שימוש חוזר בתדרים, שיטות אפנון וריבוב אפיקים במערכות תקשורת ניידות.
4. הנדסה תאית: מערכות מיקרו תאיות, תכנון תחנות בסיס, פרמטרי תכנון היחידות הניידות, מאזן ערוץ, כיסוי שטח והשפעות קרינה של תחנות בסיס ומכשירים נישאים.
5. מערכות תקשורת עם מודולציה וריבוי גישה מתקדמות, מערכות מרחיבות סרט CDMA, מערכות איתור, מיתוג ואיתות, מערכות נתונים ומערכות תקשורת אישיות
6. שימושים וסטנדרטים עיקריים של מערכות תקשורת ניידות דור 2, דור 3 ומערכות מעבר לדור שלישי.

**ספרי לימוד:**

1. Molisch A. F., "Wireless communications", John Wiley 2005.
2. Rappaport, Wireless Communications Principle & Practice 2<sup>nd</sup> Ed

**ספרי עיון:**

1. Lee, W.C.Y., "Mobile Communications Design Fundamentals", 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley, 1993.
2. IEEE and IEE Transactions and Magazine papers on Mobile, Cellular communicatins and Vehicular Technology.



**51098**  
**מערכות תוכנה**  
**להנדסת תקשורת**

**System**  
**Programming for**  
**Communication**  
**Engineering**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 60001 תכנות  
שפת C

**מטרות הקורס:**

הקורס מקנה ידע בסיסי בתפקוד מערכות ההפעלה, כמו כן ידרשו הסטודנטים לבצע תכנות לתרגול הנושאים התיאורטיים הנלמדים..

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מבוא למערכת ההפעלה: פסיקות, מצב CPU.
2. תהליכים, סנכרון בין תהליכים במערכות multitasking, שימוש במנגנוני סנכרון - סמאפורים.
3. Thread-ים, טיפול בבעיות deadlock. ניהול גישה משותפת לאובייקטים.
4. ניהול זיכרון פיסי ווירטואלי, thrashing.
5. ניהול דיסק ומערכות קבצים, תמיכת מערכת ההפעלה בתקשורת ותכנות באמצעות sockets.
6. במהלך הקורס יינתנו תרגילי תכנות שיתרגלו את החומר הנלמד, בתרגיל האחרון יבנו הסטודנטים אפליקציית שרת-לקוח.

**ספרי לימוד:**

1. Silberschatz, A., P. Galvin, "Operating Systems Concepts", 5<sup>th</sup> Ed., Addison Wesley, 1998.
2. William Stallings, Operating systems: Internal and design Principles, 5<sup>th</sup> Ed., 2005.
3. W. Richard Stevens, Advanced Programming in the UNIX Environment, 2<sup>nd</sup> Ed., 2005.

**51100**  
**סימולציה של**  
**מערכות תקשורת**

**Simulation of**  
**Communication**  
**Systems**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51031 הנדסת  
תקשורת ב', 50060 עיבוד  
אותות ספרתי

**מטרות הקורס:**

הסטודנט ילמד לבצע סימולציות למערכות תקשורת, תוך שימוש בכלים התיאורטיים שרכש במהלך הקורסים: אותות ומערכות, תקשורת תקבילית, תקשורת ספרתית ועיבוד אותות.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. ייצוג של אותות ומערכות בסימולציה: אותות, מערכות, מערכות ליניאריות וקבועות בזמן, אותות ומערכות דיסקרטיות, ייצוג במישור התדר.
2. תאור מסננים, מערכות משתנות בזמן, מערכות לא ליניאריות.
3. סימולציה של משתנים אקראיים ותהליכים אקראיים: מספרים אקראיים וסדרות.
4. יצירת מספרים אקראיים, יצירת מ"א גאומי, מעבר של אותות אקראיים דרך מערכות ליניאריות ומערכות לא ליניאריות.
5. יצירת תהליכים אקראיים.
6. מודלים למערכות תקשורת: מקורות מידע, אפנון BaseBand, גילוי, סינון, סימולציה לערוצים שונים, קידוד ערוץ, סנכרון.
7. שיטות אפנון וגילוי אופייניות כגון: QAM, QPSK, MPSK, PSK, ASK, MFSK ועוד.
8. הערכת ביצועים של תוצאות סימולציה.

**ספרי לימוד:**

1. Jeruchim, M.C., P. Balaban, K.S. Shanmugan, "Simulation of Communication Systems", Kluwer/Plenum, 2 Ed, 2000.
2. Proakis, J. G., Salehi M, "Contemporary Communication Systems using Matlab" Brooks/Cole 2000.

**ספרי עיון:**

1. Gitlin, R.D., J.F. Hayes, S.B. Weinstein, "Data Communications Principles", Plenum, 1992.
2. Proakis, J.G., "Digital Communications", 3rd Ed., McGraw-Hill 1995.

## מטרות הקורס:

הכרת תוכנת Matlab, הכרת יישומים נומריים והנדסיים, שימוש ב-Matlab לאפליקציות בסיסיות בתחום תקשורת, עיבוד אותות.

## הנושאים שילמדו בקורס:

1. הסבר ממשק, מטריצות, מניפולציות מטריציות, מטריצות טיפוסיות ב-Matlab.
2. קבצי M-files, ניפוי שגיאות, תנאים ולולאות, ממשק משתמש.
3. אותות ומערכות: הצגת אותות בתחום הזמן, בתחום התדר, משפט הדגימה, התמרת פורייה.
4. אינטגרציה נומרית: פיתוח טור פורייה בעזרת אינטגרציה נומרית.
5. שיטות נומריות: שימוש ב-ODE: אוילר, Rung-kutta.
6. יצור משתנים אקראיים בעזרת CDF, יצור משתנה אקראי גאוזי, סימולציית מונטה-קרלו.
7. חישוב קורלציה של תהליך אקראי, מעבר תהליך אקראי דרך מערכת LTI, שערך PSD.
8. מבוא ל-Simulink.

## ספרי לימוד:

1. Matlab Documentation.
2. Matlab Quick Reference Guide
3. Simulink Quick Reference Guide

## ספרי עיון:

1. John G. Proakis, Masoud Salehi, Contemporary Communication Systems Using Matlab, Brooks Cole., 1<sup>st</sup> Ed., 1999.
2. Brian R. Hunt, Ronald L., Lipsman & Jonathan M. Rosenberg, A Guide to Matlab: Beginners and Experienced Users, Cambridge University Press, 2001.
3. Edward B. Magrab, Shapour Azarm, Balakumar Balachandran, Lames Duncan, Keith Herold & Gregory Walsh, An Engineer's Guide to Matlab, Prentice Hall, 2000.

51101

מעבדה לחישובים  
נומריים בסביבת  
Matlab

Lab. for Numerical  
Computations  
using Matlab  
environment

אופן הוראה: מ'  
שעות שבועיות: 3  
נ"ז: 1.5  
דרישות קדם:  
תכנות C - 60001

**מטרות הקורס:**

תקשורת מחשבים הינו תחום המתפתח בקצב אדיר בשנים האחרונות ונוגע כמעט בכל תחום של חיינו, בין אם אנו מדברים בטלפון הסלולרי, גולשים באינטרנט, שולחים דואר אלקטרוני או צופים בטלוויזיה בכבלים. רוב חברות התוכנה והחומרה הקיימות כיום עוסקות כיום בתחומים הנגזרים מתקשורת. בקורס נלמד מהן אבני הבניין הבסיסיות של תקשורת מחשבים ומהו הרקע התיאורטי העומד מאחוריהן. נסקור את מודל TCP/IP ונבחן את אלגוריתמי הניתוב השונים. נסקור פרוטוקולים שונים בשכבות האפליקציה ו-Ethernet בנוסף ניגע בנושאים מתקדמים כגון תקשורת מולטימדיה ו-security באינטרנט.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. איך עובד האינטרנט – סקירה כללית, מודל OSI, מודל TCP/IP, פרוטוקולים בשכבות האפליקציה: DNS, HTTP, ו-Cookies, פרוטוקולי דואר אלקטרוני POP3, IMAP, SMTP.
2. שכבות התעבורה, UDP, תעבורת נתונים אמינה, selective repeat, ו-TCP go back-N: התקשרות, מבנה חבילה, אומדן RTT, בקרת זרימה, בקרת צפיפות רשת, הוגנות, מידול עיכובים ברשת, ATM, ABR.
3. שכבת הרשת – אפשרויות ניתוב, מבנה נתב, IP: מבנה חבילה, ICMP, IPv4, IPv6. אלגוריתמים של ניתוב: LS, DV. ניתוב היררכי, RIP, BGP, OSPF.
4. שכבת הערוץ – שירותים, פרוטוקולי גישה מרובה (Multiple access Protocols), חלוקת משאבי הערוץ, גישה רנדומאלית, "גישה בתורות". מיעון בשכבות הערוץ, כתובות Ethernet, ARP, MAC: מבנה חבילה, CSMA/CD HUB ו-Switches.

**ספרי לימוד:**

1. Kurose J., Ross K., Computer Networking. A Top Down Approach Featuring the Internet, 3<sup>rd</sup> Ed., Prentice-hall, 2003.
2. Tanenbaum, A .S., "Computer Networks" 3<sup>rd</sup> Ed., Prentice-Hall, 2003.

51111

## תיכון חומרה בעזרת VHDL

### Hardware Design using VHDL

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 60001 תכנות C

### מטרת הקורס:

בקורס זה ילמד הסטודנט עקרונות תיכון החומרה בעזרת שפות עיליות. מטרת הקורס היא להקנות לסטודנטים הבנת המתודולוגיות ותהליך התכנון, וידע תיאורטי ומעשי לתכנון חומרה בעזרת VHDL.

### הנושאים שילמדו בקורס:

1. רכיבי CPLD ורכיבי FPGA.
2. מבוא לשפות עיליות לתיאור חומרה. מאפיינים ומושגים בסיסיים.
3. מבנה בסיסי של תוכנית ב-VHDL.
4. שיטות תכנון: תכנון מלמעלה למטה ותכנון מלמטה למעלה.
5. ארגון התכנון. ארכיטקטורה התנהגותית וארכיטקטורה מבנית. אותות. משתנים.
6. תהליך התכנון. פקודות. ספריות, תתי תוכניות, חבילות.
7. תכנון מעגלים סינכרוניים ותכנון מעגלים אסינכרוניים.
8. תכנון מכונת מצבים.
9. עקרונות תכנון לסימולציה ותכנון לסינתזה.
10. עקרונות תכנון CPLD ותכנון FPGA.
11. טיפול בקבצים (קבצי בדיקה, קבצי I/O).
12. TEST BENCHES.
13. עקרונות AHDL והשוואה עם VHDL.

### ספרי לימוד:

1. Skahill, K. VHDL for Programmable Logic. Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., 1996.
2. Perry, D. VHDL, 3rd ed. New York : McGraw-Hill, 1998
3. Chang, K.C. Digital Design and Modeling with VHDL and Synthesis. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, Calif. USA, 1999.
4. Perry, D. VHDL Programming by Examples. New-York: McGraw-Hill, 2002.

### ספרי עיון:

1. אלקטרוניקה ספרתית, האוניברסיטה הפתוחה, בית ספר לטכנולוגיה, 75260, 2003, יחידה 8.
2. אייל הברבר, שפת תיאור חומרה, שורש, 2004.

51120

## מבוא לעיבוד אותות דיבור

### Introduction to Voice Signal Processing

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 50060 עבוד  
אותות ספרתי

#### מטרות הקורס:

הקורס עוסק באספקטים שונים של עיבוד אותות הקשורים בעיבוד אות דיבור, כגון: סכמות קוונטיזציה ומודולים פרמטריים שונים, בעיקר לצורכי דחיסה.

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. מבוא, אפליקציות של עבוד אות דיבור וסיווג של מערכות, סקירת מערכות לעבוד אות דיבור בעבר ובהווה.
2. מבנה פיזיולוגי ואקוסטי של איברי הדיבור והשמיעה.
3. תורת ההיגוי והדקדוק, התורה האקוסטית של היווצרות הדיבור, התדר היסודי והפורמנטות.
4. מודלים אקוסטיים של אות הדיבור: מודל הצינורות, מודל מקור-מסנן.
5. התכונות הסטטיסטיות של אות הדיבור.
6. שיטות לניתוח אות הדיבור, תרשים עבוד כללי, מיצוי מאפיינים, מאפייני AMDF, קורלציה, חציית אפסים, אנרגיה, תדרי יסוד.
7. ניתוח בעזרת סדרות זמניות, מקדמי החיזוי הליניארי, שיטות לשערוך מקדמי החיזוי הליניארי.
8. ניתוח קפסטרלי, הקשר בין המאפיינים השונים.
9. כימות ווקטורי
10. מדדי מרחק.
11. מבוא לזיהוי תבניות.

#### ספרי לימוד:

1. Deller, J., J. Proakis, "Discrete Time Processing of Speech Signals", Prentice-Hall, 1995.
2. Rabiner, L.R., R.W. Schafer, "Digital Processing of Speech Signals", Prentice-Hall, 1978.

#### ספרי עיון:

1. Oppenheim, A.V., R.W. Schafer, "Discrete Time Signal Processing", 2<sup>nd</sup> Ed., Prentice-Hall, 1999.
2. Oppenheim, A.V., R.W. Schafer, "Digital Signal Processing", Prentice-Hall, 1991.
3. Rabiner, L.R., B. Gold, "Theory and Application of Digital Signal Processing", Prentice-Hall, 1975.
4. Frank Fallside, William A. Woods, "Computer Speech Processing" Prentice/Hall, 1985
5. Raymond Steel, "Mobile radio Communications", Pentech Press, 1992.
6. Zwicker. E "Psychoacoustics, Facts and Models", Springer, Verlag, 1990.

**51122**  
**מערכות שמע**

**Audio Systems**

אופן הוראה: שו"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51031  
הנדסת תקשורת ב'

**מטרות הקורס:**

בקורס זה ילמד הסטודנט להכיר מעגלים של מערכות שמע. מטרת הקורס להקנות לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולי ניתוח ותכנון מעגלים של מערכות שמע.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. מערכת השמיעה האנושית.
2. נתונים פיסיולוגיים ונתונים ניסיוניים, כמות המידע באות, עקרונות של תורת המוסיקה.
3. מערכת: מקור שמע-ערוץ-אוזן- מוח-הבנה-דמות-זיכרון.
4. קידוד לא ליניארי.
5. עקרונות העברה של מידע שמע ברדיו.
6. בסיס מתמטי לדחיסה, Wavelet Transform, QMF, DCT.
7. עיבוד שמע בתקנים MPEG-2, AAC, MP3, Dolby.
8. Room Acoustic.
9. מערכות DAB ו-DBM.

**ספרי לימוד:**

1. Pohlmann, K.C., "Principles of Digital Audio", 4<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, 2000.
2. Zwicker, E., H. Fastl, "Psychoacoustics, Facts and Models", 2<sup>nd</sup> Ed., Springer, 1999.
3. ETSI Standard DAB – ETS 300 401.
4. M. Bosi, R. E. Golberg, Introduction to Digital Audio Coding and Standard, Kluwer Acad. Publ., 2003.
5. M. Bank, Redundancy Versus Video and Audio Homan. Perception, Internatinal Journal of Communications Issue 1, Volume 2, 2008, (1-16).
6. M. Bank, U. Mahlab, Hearing system model and sounds quality estimation, WSEAS Transactions on Acoustics an Music, 1(1), 2004 (34-44).

כללי:

בקורס זה ירחיב הסטודנט את הידע הבסיסי שרכש בתקשורת ספרתית ובסיסית לטכניקות תקשורת מודרניות ובהם מיושמת הרחבת סרט של האותות. נכיר תאוריה ושימושים של שיטות הרחבת סרט וננתח ביצועים של מערכות תקשורת בהן מיושמת הרחבת סרט.

51276  
טכניקות  
בתקשורת רחבת  
סרט

Spread  
Spectrum  
Communications

אופן הוראה: שו"ת

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 51031

הנדסת תקשורת ב'

#### הנושאים שילמדו בקורס:

1. חזרה על שיטות אפנון ספרתיות, M-FSK, M-PSK, M-QAM OFDM.
2. יעילות. ספקטרלית מול יעילות הספק.
3. תיאוריה ומימוש של סדרות פסאודו-רעש (PN) סדרות בעלות אורך מקסימאלי.
4. עקרונות של מערכות תקשורת רחבות סרט (Spread Spectrum).  
א. דילוגי תדר Frequency Hopping  
ב. דילוג זמן Time Hopping  
ג. הרחבת ספקטרום עם סידרת PN (Direct Sequence)
5. מערכות רחבות סרט היברידיות – יצירת אותות רחבי סרט, גילוי אותות רחבי סרט.
6. עקרונות קודים לתיקון שגיאות והשלכתם על ביצועי מערכות תקשורת רחבות סרט.
7. עקרונות CDMA בתקשורת ניידת תאית. שימושים למערכות חלל וניווט.
8. מבוא למערכות Ultra-Wideband (UWB).

#### ספרי לימוד:

1. Lee S. J. , Miller L.' CDMA Systems Engineering Hand book' Artech House Publisher, 1998.
2. Proakis, J.G" ,.Digital Communications", 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, 1996.
3. Zepernick H. J., Finger A., Pseudo Random Signal Processing, John Wiley & Sons, 2005.
4. Peterson R. L., Ziemer R. E. , Borth D. E., Introduction Spectrum Communications, Prentice Hill' 1995.



51277

## נושאים מתקדמים באינטרנט

### Advanced topics in IP

אופן הוראה: ש"ת  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 51105 רשתות  
מחשבים

### מטרות הקורס:

בקורס זה ילמדו הסטודנטים גרסאות מתקדמות בחיבור רשתות על בסיס של מושג אינטרנט ואפליקציות מודרניות בשכבת יישום במחסנית פרוטוקולים אינטרנט. נלמד אלגוריתמים תקשורת בשיתוף עם אלגוריתמים של עיבוד מידע. ניתן דגש ליישומי מולטימדיה.

### הנושאים שיילמדו בקורס:

1. רשתות מחשבים ואינטרנט.
2. מחסנית פרוטוקולים של אינטרנט.
3. שכבת יישום: עקרונות, שירותים ופרוטוקולים TCP, UDP, IPV6, IPV4, HTTP, FTP, SMTP.
  - שכבת תמסורת - UDP TCP עם Socket Programming.
  - תעבורת בקרה בשכבת הרשת - Connection Management and Timers
  - פרוטוקולי ניתוב - OSPF, IGMP, BGP, RIP.
  - פרוטוקולי בקרה - ICMP.
4. שכבת חוליית תקשורת באינטרנט Point to Point Protocol.
5. יישומי מולטימדיה, תקנים לתמסורת תעבורה זמן אמת (H.323, SIP).
6. אבטחת מידע באינטרנט.

### ספרי לימוד:

1. Kurose, J.F, Ross, K.W, Computer Networking. A Top-Down Approach Featuring the Internet", Addison Wesley, 2nd Ed., 2003.
- 2 Tanenbaum, A, Computer Networks", Prentice-Hall,4th Ed., 2003.

**מטרות:**

מעבדה זו הנה מעבדת יסוד לכל יתר המעבדות בתחום הנדסת תקשורת. במעבדה יכיר הסטודנט ברמת מכלולים, ציוד מדידה מודרני (נתח תדר, משקף תנודות, מחולל אותות, רב מודד) וברמת רכיב מעגלי תקשורת אנלוגית בסיסית. מעבדה זו תקנה לסטודנט הבנה בסיסית בשיקולי ניתוח ותכנון מערכות תקשורת אנלוגית.

**51278****מעבדה לתקשורת אנלוגית****Analog Communications Lab.**

אופן הוראה: מ'  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50024 הנדסת תקשורת א'

**הנושאים שיילמדו במעבדה:**

1. שימוש בצב"ד אוסילוסקופ.
  2. שימוש בצב"ד נתח תדר.
  3. בדיקת אותות דטרמיניסטיים ואקראיים ומערכות ליניאריות.
  4. הכרת הערבול (מיקסר) כמכפל לא-ליניארי ושימושיו במשדרים ומקלטים.
  5. עקרונות אפנן תנופה (AM) עם או בלי גל נושא.
  6. גילוי סינכרוני ואי-סינכרוני.
  7. אפנן FM.
  8. מדידת פרמטרי יסוד של מקלט AM, FM.
  9. אפנן פס צד יחיד (SSB) יתרונות וחסרונות בהשוואה לאפנונים האנלוגיים האחרים. (יחס אות לרעש, נצילות רוחב סרט וכד').
- בהשוואה לאפנונים האנלוגיים האחרים. (יחס אות לרעש, נצילות רוחב סרט וכד'), סימולציה של מכלולי תקשורת, בהשוואה למדידות. אפנון אנלוגיים בנוכחות רעש במערכות הבסיס (Baseband) ורעש בערוצי התקשורת, בדיקת חסינות האפנונים השונים לרעשים אלו.

**ספרי לימוד:**

- Witte, R.A., "Electronic Test instruments; Theory and applications", Prentice-Hall, 1993.
- Schwartz, M., "Information Transmission modulation and noise", 4th. Ed, McGraw-Hill, 1990.
- Communications Receivers; ", Rohde, U.L., J.C. Whitaker Principles and Design" 2nd. Ed., McGraw-Hill, 1997.

**51279**  
**מעבדה לאנטנות**

**Antenna Lab.**

אופן הוראה: מ'  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: 50036 אנטנות  
וקרינה

**מטרות:**

בקורס זה יכיר הסטודנט את הציוד הבסיסי הנחוץ למדידת אנטנות וקרינה, וילמד לבצע את מדידת הפרמטרים העיקריים של האנטנות.

**הנושאים שיילמדו במעבדה:**

1. הכרה ושימוש בנתח רשת למדידת פרמטרי אנטנות.
2. עקומי קרינה.
3. כיווניות ושבח.
4. קיטובי האנטנות, אימפדנס כניסה ותיאום עכבות.
5. הכרת אנטנות בסיסיות: דיפול ומונופול, שופר, רפלקטור, אנטנת יאגי, אנטנות מיקרוסטריפ,
6. שימוש וביצוע מדידות במד קרינה.
7. סימולציה של אנטנות מודפסות בתוכנת הסימולציה CST.
8. בנייה של אנטנות מודפסות ואנטנות מונופול.

**ספר לימוד:**

- "1. Antenna Laboratory Manual ,“Holon Academic Inst. Of Technology, 1998.

**ספר עיון:**

1. Balanis, C. A” „Antenna Theory, Analysis and Design, 3<sup>rd</sup>. Ed., Wiley, 2005.
2. W. Stutzman, g> Thiele, Antenna Theory and Design, 2<sup>nd</sup> Ed. , Wiley, 1998.