

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

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

התמחות מערכות אלקטרוניות

תכנית לימודים למקצוע

מערכות תקשורת א'

לימודים עיוניים

סמל מקצוע 11.9103

כיתה י"ג

תכנית הלימודים במקצוע

מערכות תקשורת א' – לימודים עיוניים – 120 שעות

כיתה י"ג

<u>מס' שעות</u>		<u>ראשי פרקים</u>	
		<u>מבוא ומעגלי יסוד</u>	<u>חלק א'</u>
2		מבוא למערכות תקשורת	.1
9		מסננים ומתנדדים	.2
8		רעש ומאפייניו	.3
5		חוג נעול מופע (PLL) ומרכיב תדרים	.4
<u>24 שעות</u>	סה"כ		
<u>חלק ב' – תקשורת תקבילית</u>			
2		אפיון אותות	.5
12		משדר לאפנון תנופה	.6
10		מקלט AM	.7
6		משדר לאפנון תדר	.8
6		מקלט FM	.9
<u>36 שעות</u>	סה"כ		
<u>חלק ג' – תקשורת ספרתית</u>			
6		אפיון אותות ומידע ספרתי	.10
10		שיטות אפנון ספרתיות	.11
4		שיטות לקידוד האות לקו	.12
8		שיטות מפתוח	.13
6		שיטות ריבוב	.14
2		שיטות אפנון מתקדמות	.15
<u>36 שעות</u>	סה"כ		
<u>חלק ד' – קווי תמסורת ואנטנות</u>			
6		התפשטות גלים	.16
12		קווי תמסורת	.17
6		אנטנות	.18
<u>24 שעות</u>	סה"כ		
<u>120 שעות</u>	סה"כ		

חלק א' – מבוא ומעגלי יסוד

- 2 ש' 1.1** **מבוא למערכות תקשורת**
- 1.1 ההיסטוריה של מערכות תקשורת.
 - 1.2 תרשים מלבנים של מערכת תקשורת.
 - 1.3 סוגי התקשורת השונים (כגון רדיו, טלוויזיה, טלגרפיה, טלפוניה, פקס, לווינית, תאית)
 - 1.4 הצגת תחומי תדרים וספקטרום התדרים של סוגי התקשורת
- 9 ש' 2.1** **מסננים ומתנדים**
- 2.1 מסננים:
 - א. סוגי מסננים: מיון על פי תגובת תדר, מסנן פאסיבי ואקטיבי (הסבר איכותי)
 - ב. תכונות אופייניות: רוחב פס, ניחות מעבר, גורם צורה, גורם טיב, גליות
 - 2.2 מתנדים סינוסואידליים לתדר גבוה
 - א. התנאים ליצירת תנודות.
 - ב. מתנדי LC.
 - ג. מתנד מסוג הרטלי: מעגל חשמלי, עקרון פעולה, שימושים וחישובים
 - ד. מתנד מסוג קולפיץ: מעגל חשמלי, עקרון פעולה, שימושים וחישובים
 - ה. מתנד מסוג קלפ: מעגל חשמלי, עקרון פעולה, שימושים וחישובים
 - ו. מתנד גבישי: תכונות, השוואה עם מתנדי LC
 - ז. מאפייני המתנד: יציבות תדר, יציבות תנופה, יציבות מופע, גורם טיב
- 8 ש' 3.1** **רעש ומאפייניו**
- 3.1 הגדרת רעש ומאפייניו
 - 3.2 סוגי רעש: רעש חיצוני ורעש פנימי (מתן דגש לרעש תרמי)
 - 3.3 מתח הרעש וההספק בנגד.
 - 3.4 יחס אות לרעש וספרת רעש (הגדרות, חישובים)
 - 3.5 ספרת רעש של מגברים המחברים בקסקדה: תכנון של מערך הגברה.
- 5 ש' 4.1** **חוג נעול מופע (PLL) ומרכיב תדרים**
- 4.1 מתנד מבוקר מתח (VCO) – הצורך במתנד, אופיין מעבר, דיודת קיבול משתנה (מתן הסבר לשני מתנדים מסוג VCO: זה המבוסס על שער לוגי ו-VCO סינוסואידלי)
 - 4.2 חוג נעול מופע (PLL) – הצורך בו, מבנה, עקרון פעולה
 - תכונות ה-PLL: תחום עקיבה, תחום תפיסה, זמן הנעילה
 - 4.3 מרכיב תדרים "SYNTH" – מרכיב תדרים ספרתי בעל חלוקת תדר במספר שלם – תרשים מלבנים ועקרון פעולה.

חלק ב' – תקשורת תקבילית

- 2 ש' .5 אפיון אותות**
- 5.1 הצגת אותות תקביליים (אנלוגיים): מחזוריים ולא מחזוריים
- 5.2 השימוש בפירוק לטור פורייה לייצוג ספקטרלי של אות
- 12 ש' .6 משדרים הפועלים באפנון תנופה**
- 6.1 תרשים מלבנים של משדר AM.
- 6.2 שיטות שידור באפנון תנופה – AM, DSB – SC, SSB.
- תאור מתמטי, תאור גרפי בתלות בזמן, ספקטרום, רוחב פס, הספק ונצילות.
- 6.3 מעגלים לאפנון תנופה – אפנונים ליניאריים.
- א. אפן AM טרנזיסטורי.
- ב. אפן מאוזן – סרטוט ועקרון פעולה.
- 6.4 מגברי הספק – מגבר לא ליניארי ושימוש (תאור איכותי בלבד).
- 6.5 מאפייני המשדר – סחיפת התדר (DRIFT), נצילות המשדר, הספק השידור ורוחב הפס.
- 10 ש' .7 מקלטי AM, DSB, SSB**
- 7.1 השוואה בין מקלט סופרהטרודיין למקלט רגיל: סכימת מלבנים, עקרון פעולה, יתרונות.
- 7.2 בעיית תדר הבבואה ופתרונה – הגדרת הבעיה, פתרונה במקלט סופרהטרודיין כפול.
- 7.3 מעגלי מבוא ומגברי ת"ר.
- א. מעגלי מבוא – מלכודות גלים – הסבר עקרוני ללא ביצוע חישובים.
- ב. מגברי ת"ר – הסבר עקרוני הכולל חישובי: גורם טיב, רוחב פס ותדר מרכזי.
- 7.4 ערבול וממיר תדר – עקרון פעולה.
- 7.5 מעגלי תב"מ – מגברים בעלי תדר מרכזי אחד ומגברים בחיבור Staggered Tuned- הסבר עקרוני והשוואה בין שתי צורות החיבור.
- 7.6 גלאי מעטפת – מבנה ועקרון פעולה, שיקולי תכנון הכוללים את השפעת מקדם האפנון על איכות הגילוי.
- 7.7 תרשים ועקרון פעולה של הגלאים הבאים:
- א. גלאי DSB סינכרוני
- ב. גלאי DSB סינכרוני עם מדריך (אות ניווט) וללא מדריך (pilot)
- ג. גלאי SSB סינכרוני
- 7.8 בקרת הגבר אוטומטית (AGC): הצורך ב-AGC, מיקומו במקלט AM/ הצגת המעגל והסבר עקרוני ללא ביצוע של חישובים.

8. משדרים הפועלים באפנון תדר 6 ש'

- 8.1 משדר FM : תרשים מלבנים ועקרון פעולה.
- 8.2 אפנוני תדר :
- א. איפנון FM: הגדרה, תאור מתמטי בזמן, תאור גרפי בזמן, ספקטרום, רוחב פס, הספקים
- ב. אפנון תדר בשיטה העקיפה (אפנן ארמסטרונג): תרשים מלבנים והסבר עקרוני.
- ג. אפנון תדר בשיטה הישירה: תאור עקרוני, יתרונות וחסרונות, השוואה לשיטת האפנון העקיפה
- ד. אפנון תדר באמצעות VCO – מעגל והסבר עקרוני

9. מקלטי FM 6 ש'

- 9.1 המגבל – הצורך בו, מיקומו במקלט, מימושו בעזרת דיודות ובעזרת מגבר
- 9.2 סכימת מלבנים של מקלט FM.
- 9.3 מעגל בקרת תדר (AFC) – הצורך ב-AFC, מיקומו במקלט ועקרון הפעולה שלו.
- 9.4 גלאים לאפנון תדר – מבנה, ועקרון פעולה של הגלאים הבאים:
- א. גלאי פוסטר-סילי
- ב. גלאי ניצב
- ג. גלאי בעזרת PLL
- 9.5 המשתק: הצורך במשתק ומיקומו במקלט
- 9.6 השוואה בין שידור וקליטה ב-FM לעומת שידור וקליטה ב-AM - יתרונות וחסרונות

חלק ג' – תקשורת ספרתית

10. אפיון אותות ומידע ספרתי 6 ש'

- 10.1 מבוא לתקשורת ספרתית: יתרונות וחסרונות התקשורת הספרתית בהשוואה לתקשורת תקבילית
- 10.2 דגימה – הגדרה ותאור הצורך בה
- 10.3 משפט הדגימה – משפט נייקוויסט, תופעת הקיפול
- 10.4 תאור מערכת Sample & Hold ועקרון פעולתה

11. שיטות אפנון ספרתיות 10 ש'

- 11.1 שיטות לאפנון תקבילי של דפקים:
- א. PAM – אפנון תנופת הדופק
- ב. PPM – אפנון מיקום הדופק
- ג. PWM (PDM) – אפנון רוחב הדופק (לגבי כל אחת מהשיטות: הגדרה, צורות גלים, שימוש, מעגל אפנון עקרוני)

- 11.2 אפנון דופק מקודד (PCM):
- א. PCM – הגדרה, תרשים עקרוני של המערכת. הגדרת שגיאת הכימוי ורעש כימוי – ללא ביצוע חישובים.
- ב. DPCM – אפנון דופק מקודד דיפרנציאלי. תרשים עקרוני של המערכת, הצגת יתרונותיה לעומת שיטת PCM
- 11.3 אפנון דלתא ואפנון דלתא מסתגלת - הגדרה, תרשים עקרוני של המערכת וסרטוט צורות גלים
- 12. שיטות לקידוד האות לקו** 4 ש'
- יתרונות וחסרונות של כל אחת משיטות הקידוד הבאות:
- א. NRZ
- ב. RZ
- ג. AMI, HDB3
- ד. מנצ'סטר
- 13. שיטות מפתוח** 8 ש'
- 13.1 שיטות מפתוח בסיסיות (ASK, FSK, PSK):
הגדרה, צורות גלים, תכונות ושימושים
- 13.2 שיטות מפתוח מתקדמות (DPSK, QAM):
הגדרה, צורות גלים, תכונות ושימושים
- 13.2 מעגלי גילוי של ASK, PSK: תרשים מלבנים
- 13.3 תרשים מלבנים של אפן וגלאי QAM4
- 14. שיטות ריבוב** 6 ש'
- 14.1 TDMA – תאור מערכת והסבר עקרוני.
- 14.2 FDMA – תאור מערכת והסבר עקרוני.
- 14.3 CDMA – תאור מערכת והסבר עקרוני.
- 15. שיטות אפנון מתקדמות** 2 ש'
- הסבר עקרוני והשימוש בשיטות:
- אפנון פיזור תדר (Spread Spectrum Modulation)
- אפנון בדילוגי תדר (Frequency Hopping Modulation)

חלק ד' – גלים, קווי תמסורת ואנטנות

16. התפשטות גלים 6 ש'

- 16.1 סוגי גלים – גל אורך, גל רוחב, קיטוב
- 16.2 הגל האלקטרומגנטי – מהות הגל האלקטרומגנטי, הקשר בין התדר לאורך הגל ומהירות ההתפשטות. תיאור תופעות: ההחזרה, שבירה, עקיפה והתאבכות
- 16.3 צורות התפשטות גלים – גלי קרקע, גלי רקיע השימושים של כל אחת מצורות ההתפשטות.

17. קווי תמסורת 12 ש'

- 17.1 מאפייני קו תמסורת ותרשים התמורה שלו
- 17.2 גלים עומדים – הסבר, יג"ע – ביצוע חישובים
- 17.3 מקדם החזרה
- 17.4 הפסדים בקו התמסורת
- 17.5 ביצוע של תאומים בין קו תמסורת לעומס אוהמי באמצעות שנאי רבע אורך גל (stub)
- 17.6 הצגת דיאגרמת סמיט ואופן השימוש בה (ללא ביצוע חישובים)
- 17.7 תכונות מעשיות של כבלים – הסבר איכותי

18. אנטנות – מושגים והגדרות 6 ש'

- 18.1 סוגי אנטנות – חצי אורך גל – $\lambda/2$, ורבע אורך גל – $\lambda/4$, מונופול, דיפול, יאגי, צלחת
- 18.2 מאפיינים של אנטנה: עכבת, נצילות, שבח ההספק ודיאגרמת הקרינה. (ביצוע של חישובים)
- 18.3 אנטנות קטנות (לתחום התקשורת התאית): סקירה
- 18.4 הצורך בחיבור של רשת תאום לאנטנה ועיקרון השימוש ברשת תאום (רשתות, כגון, L, T)

ספרות מומלצת

- .1 **מערכות תקשורת – כרך א'**, ש. גילעם, ד"ר מ. סגל, האוניברסיטה הפתוחה.
ISBN : 965-302-688-7
- .2 **מערכות תקשורת – כרך ב'**, ד"ר א. שריפט, ש. גילעם, ד"ר א. פלוטניק, האוניברסיטה הפתוחה.
ISBN : 965-302-689-5
- .3 **מערכות תקשורת אלקטרוניות**, ג. קנדי, אורט ישראל.
- .4 **מערכות קליטה ושידור – עקרונות תקשורת מתקדמת** (קורס 75452), ע.רוט, האוניברסיטה הפתוחה.
- .5 **סיבים ותקשורת אופטית**, ה. זנגר, ס. זנגר, האוניברסיטה הפתוחה.
ISBN : 965-06-0341-7
- .6 **Communication Systems**, A. Bruce Carlson, International Student Edition.
ISBN : 0-07-009957-x
- .7 **Digital Communication**, Bernard Sklar, Prentice Hall.
ISBN : 0-13-084788-7
- .8 **Telecommunications**, J. Brown, Chapman & Hall Ltd.
- .9 **Electronic Communication Systems**, George Kennedy, McGraw Hill.
- .10 **Digital Telephony**, J.C.Bellamy, 3rd Edition, A Wiley - Interscience publication.
ISBN : 0-471-34571-7