

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

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

תכנית לימודים למקצוע

אלקטרוניקה תקבילית ב'

סמל מקצוע 11.9011

כיתה י"ד

אלול תשס"ז (אוגוסט 2007)

מהדורה להערות

תכנית הלימודים במקצוע  
אלקטרוניקה תקבילית ב' – 132 שעות

כיתה י"ד

<u>מספר שעות</u>	<u>ראשי פרקים</u>
12	1. היענות תדר של טרנזיסטור דו-נושאי (BJT)
10	2. מקורות זרם - עקרונות ויישומים
10	3. מגברי טרנזיסטורים רב-דרגתיים
15	4. מגברי הפרש טרנזיסטוריים
15	5. מגברי הספק
35	6. יישומים מתקדמים של מגברי שרת
10	7. מתנדים לתדר נמוך
10	8. מגברים עם משוב שלילי
15	9. מייצבי מתח ממותגים
<hr/> 132	סך-הכול

**12 שעות****1. הענות תדר של טרנזיסטור דו-נושאי (BJT)**

- 1.1 הגדרת תדרי חצי הספק והגדרת רוחב פס של מגבר, תיאור מגברים בעלי רוחב פס רחב ומגברים בעלי רוחב פס וצר (תדר מרכזי).
- 1.2 השפעת קבלי צימוד ועקיפה על הענות התדר של טרנזיסטור דו-נושאי בתדרים נמוכים, חישוב מקורב של תדר חצי הספק תחתון (fL).
- 1.3 הכרת מעגל תמורה היברידי ( $\pi$ ) לתדרים גבוהים של טרנזיסטור דו-נושאי בחיבור פולט משותף (CE), הגדרת הפרמטרים של מעגל התמורה.
- 1.4 שימוש במשפט מילר: המרת הקיבול הטפיל המופיע בין מבוא הטרנזיסטור למוצאו ( $C_b'c$ ) לשני קיבולים שקולים, האחד מחובר במבוא הטרנזיסטור והשני במוצאו. חישוב מקורב של תדר חצי הספק עליון (fH).

**10 שעות****2. מקורות זרם – עקרונות ויישומים**

- 2.1 הכרת התכונות של מקורות זרם: התנגדות מוצא גבוהה, זרם מוצא שאינו תלוי בעומס.
- 2.2 הכרת מעגלים בסיסיים של מקורות זרם המבוססים על טרנזיסטורים (SINK-SOURCE).
- 2.3 הכרת מקורות זרם מסוג ראי זרם (CURRENT-MIRROR), חישוב ערכי זרם ומתח במעגל.
- 2.4 הכרת מקורות זרם מסוג וילסון (WILSON CURRENT MIRROR), חישוב של זרמי הטרנזיסטורים.
- 2.5 תיאור של מקורות זרם המבוססים על מגבר שרת המחובר לעומס צף ולעומס מאורק, תכנון המעגלים וביצוע חישובים בהם.

**10 שעות****3. מגברים טרנזיסטוריים רב-דרגתיים**

- 3.1 ניתוח של מגבר המורכב משני מגברים טרנזיסטוריים דו-נושאים, חישובים של מתח ישר ושל מתח חילופין במעגל.
- 3.2 ניתוח של מעגל המורכב ממספר טרנזיסטורים מסוג תוצא-השדה, חישובים של מתח ישר ושל מתח חילופין במעגל.
- 3.3 ניתוח של מעגל המורכב מחיבור משולב של טרנזיסטור תוצא-השדה וטרנזיסטור דו-נושאי (BIFET), חישובים של מתח ישר ושל מתח חילופין במעגל.
- 3.4 ניתוח של מעגל מגבר מסוג דרלינגטון, חישובים של מתח ישר ושל מתח חילופין במעגל.

- 4. מגברי הפרש טרנזיסטוריים** **15 שעות**
- 4.1 הכרת מגברי הפרש המבוססים על טרנזיסטורים דו-נושאים ומקור זרם, חישוב של נקודת העבודה, של ההגברים Ad-i Ac ושל יחס דחיית האות המשותף (CMRR).
- 4.2 הכרת מגברי הפרש המבוססים על טרנזיסטורים מסוג תוצא-השדה (FET) ומקור זרם, חישוב של נקודת העבודה, של ההגברים Ad-i Ac ושל יחס דחיית האות המשותף (CMRR).

- 5. מגברי הספק** **15 שעות**
- 5.1 ביצוע סיווג של מגברים על-פי נקודת העבודה שלהם: CLASS AB, CLASS B, CLASS A.
- 5.2 ניתוח של מגבר CLASS A טרנזיסטורי. חישוב של: הספק המוצא, הספק הפיזור, הספק המבוא ונצילות המגבר.
- 5.3 ניתוח של מגבר דחסף בחיבור משלים, הפועל ב-CLASS B, תיאור המבנה הבסיסי של המגבר, חישוב של ההספק המרבי, הספק המבוא ונצילות המגבר, תיאור של בעיית עיוותי המעבר במגבר.
- 5.4 ניתוח של מגבר דחסף בחיבור משלים הפועל ב-CLASS AB, תיאור של שיטת המיקדם באמצעות דיודות לשם פתרון הבעיה של עיוותי המעבר, ניתוח של מגבר המורכב מדרגת קדם מגבר (המבוסס על מגבר שרת) ומגבר הספק.
- 5.5 ניתוח של מגבר המורכב מדרגת קדם מגבר, המבוססת על מגבר שרת, ודרגת מגבר הספק.
- 5.6 תיאור השימוש בטרנזיסטור FET - POWER MOS כמגבר הספק.
- 5.7 שימוש בשיקולים של פיזור חום והספק, מפלי טמפרטורה וסכמות תמורה לתהליך התרמי לשם תכנון גוף הקירור לטרנזיסטור (HEAT SINK).

- 6. יישומים מתקדמים של מגברי שרת** **35 שעות**
- 6.1 מגבר סוכם (אינטגרטור): חישוב וסרטוט של אות המוצא מהסוכם עבור אות מבוא סינוסיאדלי ועבור אות מבוא מסוג גל-ריבועי.
- 6.2 מגבר גוזר: סרטוט של מתח המוצא בתלות במתח מבוא סינוסי.
- 6.3 גלאי שיא: ניתוח המעגל וסרטוט צורות הגלים במבוא ובמוצא הגלאי.
- 6.4 מישר חד-דרכי מדויק ומישר דו-דרכי מדויק: ניתוח המעגלים וסרטוט צורות הגלים במבוא המישרים ובמוצאם.
- 6.5 מגבר לוגריתמי ומגבר אנטי לוגריתמי: ניתוח המעגלים ותיאור יישומם כמכפל וכמחלק אנלוגי.
- 6.6 תיאור מימוש של מד-טמפרטורה באמצעות מגבר שרת (דיודה או טרנזיסטור משמשים כחיישנים).

- 6.7 תיאור של ממירי עכבה: מדמה סליל, מדמה קבל ומדמה עכבה.
- 6.8 הכרת מגברי שרת לתחום התדרים הגבוהים.
- 6.9 מסננים אקטיביים: מסנן מעביר נמוכים, LPF, מסנן מעביר גבוהים, HPF, ניתוח ותכנון של מסנן מסוג BUTTERWORTH, מימוש של מסננים אקטיביים מסוג VCVS (SALLEN AND KEY).

## 7. מתנדים לתדר נמוך 10 שעות

- 7.1 תיאור העיקרון של יצירת תנודות במתנד סינוסיאדלי.
- 7.2 הכרת קריטריון ברקהאוזן לקיום תנודות במתנד סינוסיאדלי.
- 7.3 תיאור תהליך היווצרותן של תנודות ואופן שמירת תנופה קבועה.
- 7.4 מתנד RC: תיאור של מימוש מתנד RC באמצעות מגבר שרת, חישוב תדר התנודות, חישוב ההגברה הדרושה לקיום התנודות.
- 7.5 מתנד RLC: תיאור של מימוש מתנד RLC באמצעות מגבר שרת, חישוב תדר התנודות, חישוב ההגברה הדרושה לקיום התנודות.

## 8. מגבר עם משוב שלילי 10 שעות

- 8.1 פיתוח של משוואת הגבר בחוג סגור.
- 8.2 הכרת המושגים הגבר חוג פתוח (AOL), מקדם המשוב ( $\beta$ ), הגבר חוג ( $A\beta$ ), הגבר חוג סגור (ACL).
- 8.3 ניתוח, באמצעות תרשים מלבנים, של ארבעת התצורות הבסיסיות של מערכות עם משוב שלילי.
- 8.4 ניתוח ההשפעה של משוב שלילי על תכונות המגבר.

## 9. מייצבי מתח ממותגים 15 שעות

- 9.1 השוואה בין מייצב מתח ממותג למייצב מתח ליניארי מבחינת המבנה, אופן הפעולה, היעילות והשימושים.
- 9.2 תיאור המבנה ועקרון הפעולה של ממיר ממותג מסוג (BUCK) STEP DOWN וממיר ממותג מסוג (BOOST) STEP UP, סרטוט צורות הגלים בנקודות שונות בממירים, ניתוח ותכנון (כולל חישובים) של ממירים ממותגים.
- 9.3 הכרת מייצב מתח ממותג הממומש באמצעות מעגל מוכלל, הסברת המאפיינים החשמליים של המייצב הממותג באמצעות דפי הנתונים שלו.

## ספרות עזר

1. מעגלים מיקרואלקטרוניים (כרכים א-ד), א. סדרה ו-ק. סמיט, מטח ובית הספר לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה, 1990.
2. אלקטרוניקה תעשייתית, וילי רוזנבלום, אורט, 1986.
3. ***Design and Application of Analog Integrated Circuits***, Sidney Socolof, Prentice Hall, 1991.
4. ***Operational Amplifier Circuits theory and application***, E.J. Kennedy, Holt, Reinehart and Winston, 1988.
5. ***Design With Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits***, Sergio Franco, McGraw-Hill, 1988.
6. ***Power Electronics - Circuits, Devices and Application***, M. H. Rashid, Prentice Hall, 1988.
7. ***Power MOSFET***, D.A. Grant, J. Gower, John Wiley, 1989.