

תכן אנלוגי מתקדם – 5 ימים		שם הקורס:
מספר קורס אקסס פוינט:	1072	
משך זמן מומלץ:	5 ימים	
קהל היעד:		מהנדסים ואנשי סגל טכני שעוסקים בתכנון מעגלים אנלוגיים או בשילובם במערכות וכרטיסים.
<p>לצד החומרה הספרתית, מעגלי FPGA ו-DSP, רבים המעגלים והממשקים המחייבים תכנון אנלוגי איכותי: ספקי כוח ממותגים, ממשקים לסנסורים, ממירי ADC ו-DAC, מסננים אקטיביים ופסיביים ומגברים מסוגים שונים.</p> <p>כמענה לצורך זה נבנה הקורס "תכן אנלוגי" המיועד לכל מי שעוסק או מתעתד לעסוק בתכנון מעגלים אלקטרוניים אנלוגיים. הקורס מקיף מגוון נושאים בתחום ובכלל זה: מגברים, ספקי כוח ממותגים, ממירים ADC ו-DAC, התממשקות לסנסורים, שיקולי עריכה ומניעת הפרעות. הקורס הוא בעל אוריינטציה מעשית וכולל דוגמאות תכנון רבות ותרגול.</p>		

תכנית הקורס

יום 1

יישור קו

- חזרה מהירה על שיטות לניתוח מעגלי DC ו-AC, טעינה ופריקה של סלילים וקבלים. תופעות מעבר.

טרנזיסטורים מסוג BJT ו-MOSFET

- חזרה ורענון עקרונות פעולה של מעגלים טרנזיסטוריים.
- חלוקה למשפחות לפי טכנולוגיה ולפי תפקוד (מיתוג, הספק וכו')
- תכנון מגברים טרנזיסטוריים לינאריים
- התייחסות לשינויי טמפרטורה ופיזור ערכים
- תיכנון מיתוג באמצעות טרנזיסטורי BJT ו-MOSFET
- סוגיות של מצבי מעבר, הבטחת רוויה, מהירות מיתוג, פיזור הספק
- שיקולים לבחירת רכיבים ע"פ נתוני קיצון (בעיקר פולסי מתח-זרם) מדפי הנתונים
- שיקולים טרמיים, המודל הטרמי לחישוב טמפרטורת הצומת לזרם קבוע ולפולסים
- בחירת מפזר חום
- תירגול ודוגמאות מעשיות

יום 2

מגברי שרת

- מגברי שרת ותכונותיהם
- משווים (Comparators) ושימושיהם. דיון בנושא ההיסטרזיס משמעותו ותיכנונו
- מימוש מגברים בתצורות שונות (הופך, לא הופך, חוצץ, מגבר דיפרנציאלי, מגבר אינסטרומנטלי)
- מכפלת הגבר – רוחב סרט, עקום הענות. Slew Rate
- זרמי היסט (Offset), מתחי היסט (Offset).
- ביטול אופסט דינמי, Auto Zero
- תכנון לטמפרטורות משתנות
- סוגי רעש, מקורותיהם והטיפול בהם
- הגברת אותות נמוכים בסביבה רועשת,
- מגברי שרת לתדר גבוה. מגבר משוב זרם

- יציבות
- קריאת דפי נתונים
- שיקולים לבחירת רכיב מתאים לאפליקציה
- תרגול ודוגמאות מעשיות

יום 3

ספקי כוח לינאריים, מבנה ועקרונות תיכנון

- ארכיטקטורות של ספקי כוח לינאריים
- מאפיינים סטטיים ודינמיים של ספקי כוח
- Short Current Protection, Current Limit, Thermal Protection משמעות ומנגנון הפעולה
- מייצבי מתח, מגבילי מתח, מגבילי זרם – FOLD BACK, זרם קבוע, מגבלים לזרם התנעה (inrush)
- מדידות זרם – נגדי חישה, Hall Effect
- בחירת טרנסיסטורי By PASS

עקרונות התכנון של ספקים כולל ממותגים מסוג DC/DC למימוש On Board

- סוגי ספקים ממותגים ותכונותיהם
- עקרונות הפעולה של ספקים ממותגים
- יציבות של ספקי כוח
- רכיבי מיתוג הספק
- נצילות- הגורמים המשפיעים והערכתם
- שיפור הנצילות
- שימוש ברכיבים סטנדרטיים ושיקולים לבחירתם
- דוגמת תכנון מלאה לממיר BUCK וממיר BOOST
- תרגול

יום 4

חיישנים ומתמרים מסוגים שונים והשימוש בהם

- חיישני טמפרטורה ולחץ
- רמות תפוקה ותחום דינמי
- מעגלי הגבר לחיישנים
- לינאריזציה של חיישנים
- קריאת דפי נתונים ושיקולים לבחירת רכיב מתאים
- שימוש במצמידים אופטיים - Opto-couplers. (הרחבה כולל נושא של העברה לינארית במצמידים אופטיים, העברה דיגיטלית. פרמטרים של מצמידים: תחום תדר, קצב פעולה, יחס המרה, בידוד לפריצה. דוגמאות)
- תרגול

ממירים מסוג ADC ו-DAC:

- מספר ביטים, תחום דינמי, לינאריות, קצב המרה.
- רעש קוונטיזציה וקצב הדגימה. Oversampling
- סוגים של ממירים ותכונותיהם (FLASH, SAR, $\Sigma-\Delta$)
- שגיאות סטטיות ודינמיות של ממירים
- השפעת הרעש על ביצועי הממיר
- ממשוק חיישנים ומדידים לממיר ADC
- ניצול מירבי של התחום הדינמי
- קריאת דפי נתונים ושיקולים לבחירת רכיב מתאים

- דוגמת תכנון הכוללת חיישן מגברים וממיר ADC
- שיקולי תכנון אדמות ל-ADC
- תרגול

יום 5

מסננים פסיביים ואקטיביים ומימושם

- מבוא
- פונקצית התמסורת ותכונותיה ככלי להבנת תכונות המסן
- התגובה במישור הזמן ובמישור התדר
- הענויות סטנדרטיות ותכונותיהן: Chebychev, Butterworth, Bessel
- מימוש מסננים פסיביים ואקטיביים מסדרים ומסוגים שונים:
- Low Pass Filters
- High Path Filters
- Band Pass Filters
- Band Stop Filters
- תרגול ודוגמאות מעשיות

שיקולי תכנון מעגל מודפס ותא"מ

- תכנון מעגל מודפס אנלוגי, זרמי אדמה, הפרדת אדמות, חום.
- עקרונות של תכנון אדמות במוצרים מסוגים שונים. טיפול באדמה אנלוגית, אדמה דיגיטלית ואדמת PGND לפולסי זרם גבוהים.
- הפרעות בין אדמות. חפיפת משטחים
- מנגנוני צימוד של הפרעות: צימוד אימפדנסי, קיבולי והשראי.
- צמצום רעשים מוקרנים ומולכים
- סינון כניסות ויציאות
- De-Coupling
- סיכוך
- שילוב אלמנטים אנלוגיים ואלמנטים דיגיטליים על מעגל מודפס אחד.

אודות המרצה

המרצה – יאיר שפירא הינו מהנדס אלקטרוניקה בעל ניסיון של קרוב לשלושים שנה במחקר ופיתוח של מוצרים ומערכות בדיספלינות של RF ותכן אנלוגי בחברות מוטורולה, פוקסקום ווירלס ומובייל אקסס. כיום משמש כמנהל הטכנולוגי של חברת אקסס-פוינט העוסקת בתכנון ופיתוח מערכות אלקטרוניות. ליאיר שפירא ניסיון רב בהדרכה של מהנדסי פיתוח בחברות הי טק מהמובילות בתעשייה הישראלית ובינהן חברות אלביט, אלישרא, רפא"ל, ברודקום, אינטל ואחרות.

הקורס "תכן אנלוגי מתקדם" הועבר בשנים האחרונות בהצלחה רבה בחברות אלביט, רפא"ל והתעשייה האווירית.