

**שם עברי: ערוצי תקשורת מהירים בין שבבים**
  
**דרישות קדם:**

- 44105 - תורת המעגלים החשמליים
- 44148 - גלים ומערכות מפולגות
- 44130 - אותות ומערכות

**סילבוס בעברית:**

עם התקדמות הטכנולוגיה, עולים קצבי הנתונים והסיגנלים אשר משודרים במערכות תקשורת. אך בד בבד עם התקדמות טכנולוגית זו, עולים הקשיים ההנדסיים לצורך תכנון המערכות, במיוחד קשיים פיזיקליים לצורך העברת האותות מרמת המשדר עד רמת המקלט.

**מטרת הקורס** הינה להכיר את עולם הממשקים האנלוגיים והדיגיטליים המהירים במערכת (מרמת השבב ועד רמת המעגל המודפס – PCB) על מבנהו ואתגריו, להבין כיצד ניתן להעביר נתונים בקצבים של עשרות Gb/Sec בן ה-CPU למרכיבים השונים וכיצד ניתן להבטיח פתרון איכותי עבור יצור של מאות מיליוני יחידות (Massive Production).

**במהלך קורס יילמדו הנושאים הבאים:**

- סקירה של תהליך הייצור (שבב & מעגל מודפס) עם דגש על האתגרים: שונות ביצור, בדיקות וכיולים המתבצעים בפס היצור והגדרות כמותיות של איכות היצור.
- הכרת התווך הפיסי (הערוצים) המחברים בין יחידות הקצה ומשמשים להעברת אותות בין מעגלי השידור & הקליטה. נלמד לבצע איפיון של הפרמטרים המשפיעים עליו וכיצד הערוץ משפיע על העברת האות.
- ניתוח האתגרים, המורכבות והקשיים הפיזיקליים בהעברת אותות ספרתיים בתווך – כולל ניתוח במרחב הזמן ובמרחב התדר (Time & Frequency Domain).
- סקירה של מתודולוגיה המכילה את כלל השיטות והטכניקות אשר מסייעות לאופטימיזציה של העברת הסיגנלים (**Signal Integrity**).
- נכיר את מעגלי השידור, מעגלי הקליטה והחוגים השונים המאפשרים תקשורת אמינה, בין השאר מעגלי Equalizers אשר מסייעים בשיפור העברת אותות בין היחידות בצורה תקינה אשר תעמוד בתקנים השונים.

**שיטות הלמידה במהלך הקורס:**

- תרגול מעשי של התיאוריה הנלמדת בהרצאות והתרגולים
- ביצוע תרגילים המשלבים סימולציות מעשיות (כלי סימולציות ADS & Simulink) לצורך הבנה מעמיקה של התיאוריה והשוואה אל מול הפרקטיקה.

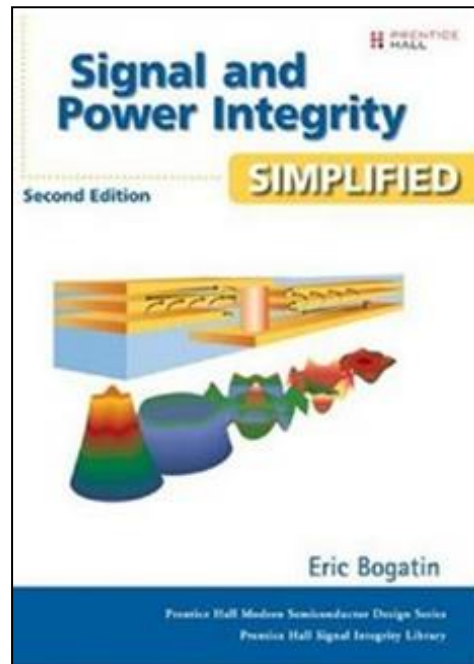
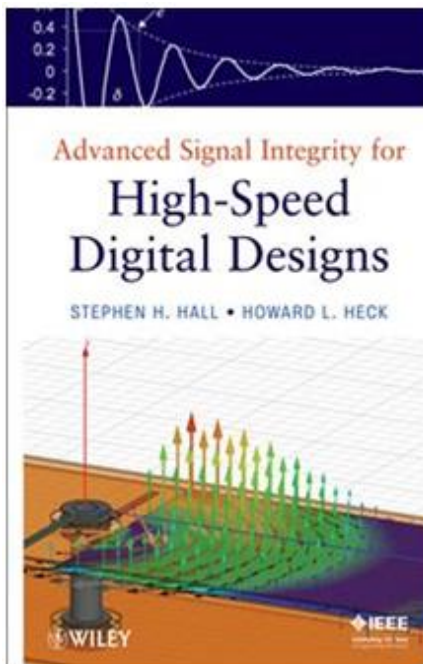
**תוצאות למידה:**

עם השלמת הקורס בהצלחה הסטודנט יהיה מסוגל:

1. הכרת השפעת הפרמטרים הפיזיקליים והחשמליים של הערוץ על איכות האות הנקלט.
2. הבנת השפעת "שלמות האות" (Signal Integrity) על איכות האות הנקלט, צורת העין וביצועי המערכת.
3. הכרת הכלים המשמשים לפיצוי עיוותי האות הנוצרים כתוצאה מהערוץ (Equalizers)
4. הבנה כלים מתמטיים המשמשים לחזות את איכות המוצר על פני מאות מיליוני יחידות על ידי בדיקה של מאות יחידות בודדות.
5. הבנת תהליך הייצור ובדיקות המתבצעות במהלך התהליך הייצור.
6. הקורס ילווה בסימולציות מחשב ותרגולים.

**מבנה הציון:**

- מבחן 50%
- תרגילים 40%
- נוכחות בשיעורים 10%



מאמרים:

- **Clock Recovery / CDR** (*Clock data recovery*)
  - J.D.H Alexander, "Clock Recovery From Random Binary Signals", Electronics Letters, Vol 11, No 22, Oct 1975.
  - Amir Amirkhany, "Basic of Clock and Data Recovery Circuits", IEEE Solid-State Circuits Magazine, Winter 2020
  - Behzad Razavi, "Challenges in the Design of High-Speed Clock and Data Recovery Circuits", IEEE Communications Magazine, August 2002
- **Equalizers**
  - Shahid U. H. Qureshi, "Adaptive Equalizers", Proceedings of the IEEE, Volume 73, No 9, September 1985
  - J. Liu and X. Lin., "Equalization in High-Speed Communication Systems", IEEE Circuits and Systems Magazine, Q2 2004.