

תרגיל 1 – הגרבר הראשון שלי

הקדמה

ייצור לוחות מודפסים (Printed Circuit Board) הוא הבסיס לשלל מוצרי החשמל הקיימים היום בעולם. לוחות מודפסים אלו הם התווך באמצעותו רכיבים שונים יכולים לתקשר אחד עם השני ולהפוך למערכת שלמה המבצעת משימה.

תכן וייצור הלוחות המודפסים בעידן המודרני נסמך ברובו על תהליכים ממוחשבים. תהליכים אלו הופכים את משימת התכנון לקלה משמעותית וחסנית טעויות. היכרות עם תהליך הייצור ועם פורמטי הקבצים הבסיסים תאפשר גם לך, עובר התרגיל, לרתום את היכולות הממוחשבות לצרכיך.

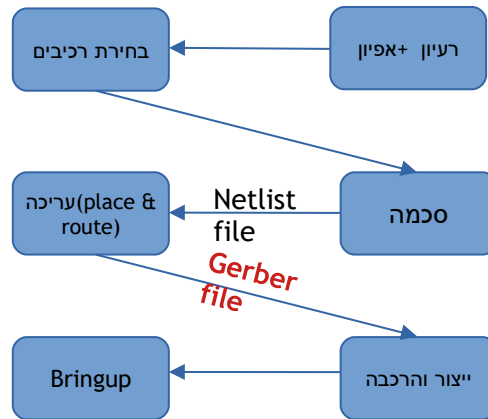
בסט תרגילים הקרוב תזכה להעמיק בפורמט הקבצים הנפוץ והחשוב ביותר בתהליך הייצור – הגרבר (Gerber) ותממש פתרונות לבעיות שונות.

ייצור PCB

ייצור לוחות מודפסים מורכב ממספר שלבים:

1. רעיון ואפיון – מה אני רוצה שהמוצר יעשה?
2. בחירת רכיבים – אילו רכיבים עיקריים נדרשים?
3. סכמה – איך מחברים את הרכיבים הגדולים? כולל אספקת מתח וכו'
4. עריכה – בחירת מיקומים פיסיים של כל הרכיבים והמוליכים המחוברים אותם
5. ייצור והרכבה – יצירת הלוח המודפס והרכבת הרכיבים עליו
6. Bringup – בדיקה במעבדה שהכל תקין

העמקה ראשונית בהליך ייצור זה מובאת בסוף התרגיל כנספח למתעניינים. באופן כללי ניתן לתאר את התהליך באמצעות הדיאגרמה הבאה:



קבצי גרבר

מטרתם העיקרית של קבצי גרבר היא לתאר את צורות הנחושת בלוח המודפס. כאשר שולחים בקשת ייצור למפעל נשלחים יחדיו מספר קבצי גרבר, וכל קובץ כזה מתאר שכבה בודדת בלוח. באופן כללי - קבצי גרבר הם קבצים בפורמט טקסטואלי המתארים צורות דו ממדיות.

ניתן לחשוב על הפרסר של קבצי גרבר כמעין מחשב עם זיכרון שהינו מרחב דו מימדי של צורות. קובץ הגרבר הוא למעשה התוכנית של מכונה זאת. כל שורה בקובץ הגרבר היא מעין פקודה. בנוסף למרחב הצורות הדו מימדי למכונה יש גם זיכרון קטן המכיל מידע רלוונטי לביצוע הפקודות. חלק מהמידע המוכל בזיכרון זה הוא המיקום הנוכחי ואיזה סוג צורה יש לצייר עכשיו. רוב השורות בקובץ הן פקודות לציור צורה במרחב הדו מימדי, וחלקן הן פקודות להגדרת צורה. הפקודות יכולות להשפיע על מה שמוכל בזיכרון הקטן של המכונה. הצורות המייצגות פדים/via על הלוח בד"כ מצוירות באמצעות הפקודה D03, וקווי נחושת המחברים בינם בד"כ מצוירים באמצעות הפקודה D01.

פירוט מלא של הפקודות ומה מכיל הזיכרון הקטן של הפרסר ניתן למצוא ב-[Gerber format specification](#).

התרגיל

המדור קנה מחרטה חדשה.
המחרטה החדשה חורטת על הלוח לפי קובץ גרבר שהיא מקבלת.
נהיה מעוניינים לייצר טסט פשוט למחרטה החדשה.
הטסט יכלול הדפסת 2 עיגולים ו3 ריבועים.
כל הריבועים יחוברו זה לזה וכל העיגולים יחוברו זה לזה.

נתון: גרבר עם הגדרה של צורות (מצורף לתרגיל – exc1.txt). הצורות הן עיגול, ריבוע ועוד עיגול ברדיוס מיניאטורי שימש לחיבור ביניהם.



דוגמה לריבוע שמחובר לעיגול בעזרת עיגול מיניאטורי(בצהוב):

דגשים:

- דאגו שלא תהיה חפיפה בין הצורות. החיבור יכול וצריך לחפוף את השטח של הצורה המחוברת.
 - למען הסר ספק, החיבור יכול להתחיל מאמצע הצורה המחוברת.
- שימו לב לא לשנות את הגדרת הצורות כפי שהוגדרו בקובץ exc1.txt.
- השתמשו בפקודה D01 לחיבורים ובפקודה D03 למיקום צורות

תוכלו להשתמש בתוכנת gerbv לוודא שיצרתם גרבר נכון.
התוכנה מקבלת קבצי gerber, מפרסרת את האובייקטים שלהם, ומציירת אותם על המסך.

הנחיות הגשה

הגישו את קובץ הגרבר לבדיקה.

אין להשתמש בפרסר שאינו gerbv בתרגיל זה.

כלים וקישורים שימושיים

- Gerber viewer
<https://sourceforge.net/projects/gerbv/>
- Gerber format specification:
https://www.ucamco.com/files/downloads/file/81/The_Gerber_File_Format_specification.pdf?adffafd3110e7510d80ec5ba20ac01ff

נספח – העמקה בייצור PCB

Pcb -cam(computer aided manufacturing)

בשלב זה מייצרים את הקבצים הנדרשים למפעל לצורך ייצור PCB, כולל קבצי הגרבר.

שלב זה מורכב בגדול מ2 שלבים עיקריים: שרטוט ועריכה. שרטוט זה ציור סכמה חשמלית של המעגל ורכיביו. עריכה זה מיקום פיזי של הרכיבים וחיווט פיזי שלהם.

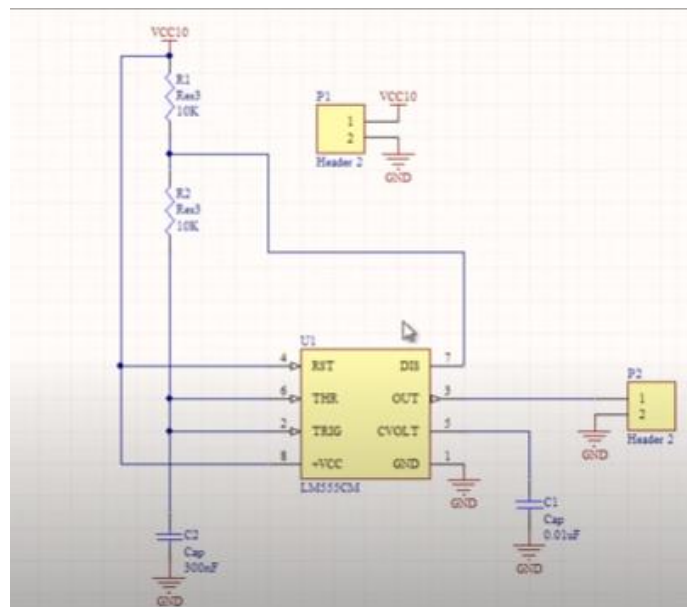
שלב השרטוט בד"כ מתבצע במדור ע"י חברי המדור.

שלב העריכה יכול להתבצע במדור אך בד"כ מתבצע ע"י עורך חיצוני.

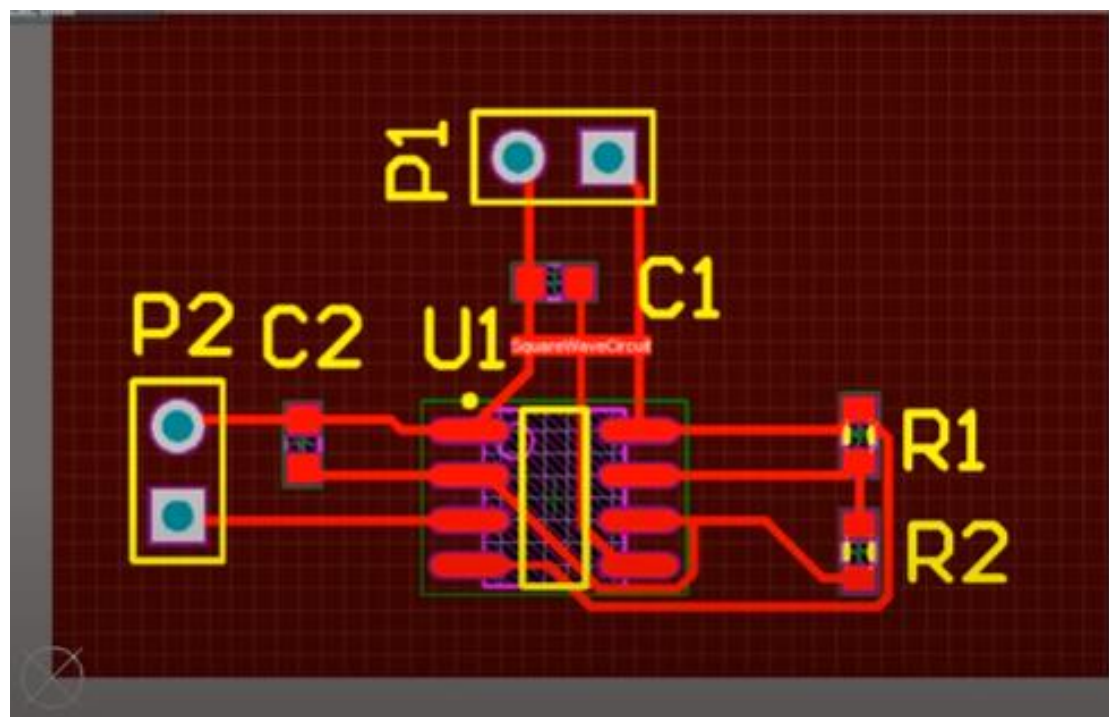
דוגמא ללוח משמעותי ששוורטט ע"י חברי המדור ונערך ע"י עורך חיצוני הוא נפטון2.

דוגמא פשוטה ממש לאיך נראה תוצר של שלב השרטוט, לקוחה מ tutorial

של Altium למחולל גל ריבועי: (<https://www.youtube.com/watch?v=Y7PY1nBtlmk>)



דוגמא לקובץ עריכה, מאותו מקור:

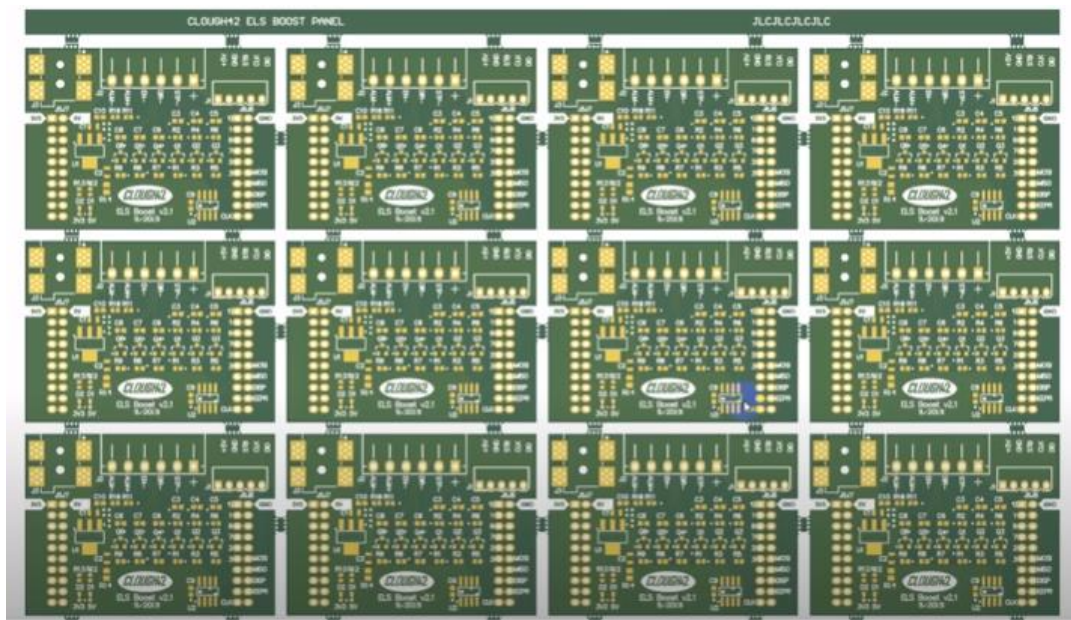


Panelization

בגדול בשלב זה מתאימים מספר העתקים של אותו לוח לפאנל אחד גדול. הדבר מאפשר לבצע חלק משלבי הייצור הבאים על מספר לוחות במקביל, מה שחוסך זמן וכסף. בנוסף התהליך מאפשר ליצרן ליצור מגוון רחב של לוחות באמצעות פס ייצור המותאם לגודל ספציפי.

הלוחות יכולים להיות מופרדים אחר כך באמצעות מספר שיטות כגון חיתוך עם מסור או חיתוך עם לייזר. לעיתים אף ניתן פשוט לשבור את החיבור בין הלוחות, תחת ההנחה שהפאנל תוכנן לזה. על פאנל יחיד יכולות להיות לכל היותר 2 שכבות מוליכים, אחת מכל צד.

תמונה של פאנל (לקוחה מ: <https://www.youtube.com/watch?v=UNSda6lv4cM>):



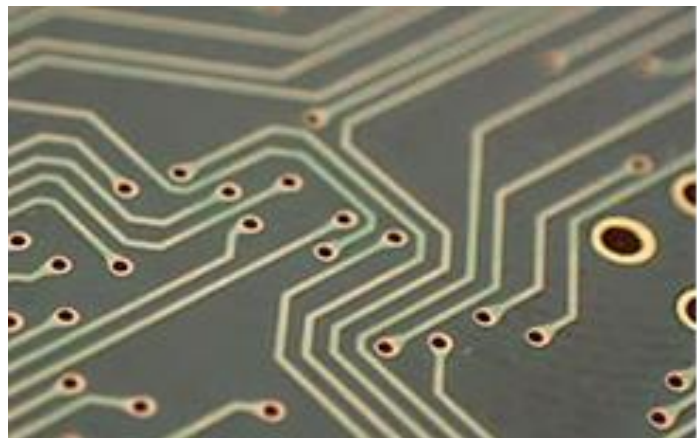
Copper patterning

בשלב זה מכינים את שכבות המוליכים על הפאנל. זהו השלב בו משתמשים בקבצי הגרבר, שהם אלו המתארים איך נראים שכבות המוליכים. המוליך הינו בד"כ נחושת.

יש מספר דרכים להכין את שכבת המוליך. דרך אחת, הנקראית **additive**, מתבססת על כך שאתה מקבל לוח נטול נחושת ואז מדפיס עליו את הנחושת במקומות הרצויים. דרך נוספת, הנקראית **subtractive**, היא שאתה מקבל לוח מצופה נחושת ואז מוריד את הנחושת בכל המקומות שאינם מסומנים בגרבר.

הדרך הנפוצה ביותר ללוחות מרובי שכבות נקראית **semi-additive**. בדרך זאת הלוח מגיע מצופה בשכבה דקה של נחושת. מייצרים מסיכה הפכית למיקום הנחושת הסופי. במסיכה הפכית הכוונה למסיכה שהחורים בה הם המקומות בהם בסוף תהיה נחושת. שמים את המסיכה ההפכית על הלוח. מצפים את הלוח עם המסיכה עליו בנחושת. אחרי כן תולשים את המסיכה עם הנחושת שעליה. לסיום משתמשים בכרסום כימי (**etching**) עדין בשביל להיפטר משכבת הנחושת הדקה במקומות בהם לא אמורה להיות נחושת. התהליך נפוץ בלוחות מרובי שכבות כי הוא מקל את הליך הציפוי במוליך של **vias** מוליכות. **Vias** בגדול זה חור מוליך בן שכבות.

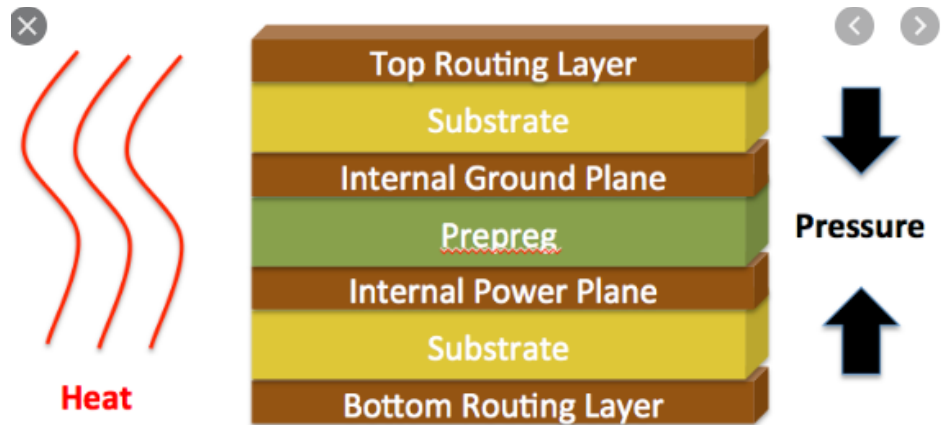
תמונה של שכבת מוליכים:



Lamination

בגדול בתהליך זה מחברים את השכבות השונות של ה-PCB. תחילה עורמים את השכבות אחת על השניה עם בידוד מתאים ביניהן. את ערמת השכבות מכניסים לתנור תוך כדי הפעלת לחץ למשך זמן מספק. כשהשכבות יוצאות מהתנור הן כמקשה אחת ולא ניתנות להפרדה יותר. נהוג לבצע בדיקה אינטנסיבית של השכבות הפנימיות לפני שלב זה, כי אחריו לא ניתן לתקן טעויות.

ציור סכמתי ללמינציה של 2 שכבות דו-צדדיות (prepreg) הוספה במהלך הלמינציה):

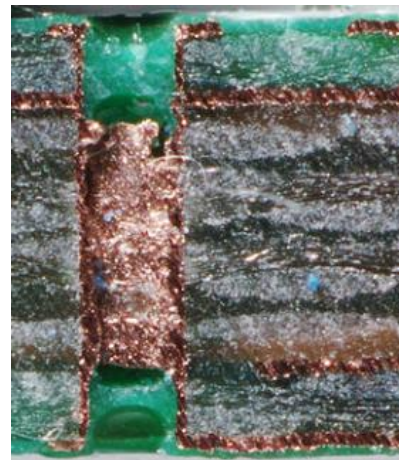


Drilling

בשלב זה קודחים חורים אל תוך הלוח. החורים, באמצעות ציפוי מוליך מתאים, יכולים גם לחבר בין שכבות הלוח השונות. חורים המחברים בין שכבות הלוח נקראים via.

החורים יכולים להיווצר באמצעות מקדחה מכאנית או מקדחת לייזר. היצרן קודח את החורים לפי קובץ nc drill שקיבל בשלב ה-CAM.

תמונת חתך של PCB עם VIA:



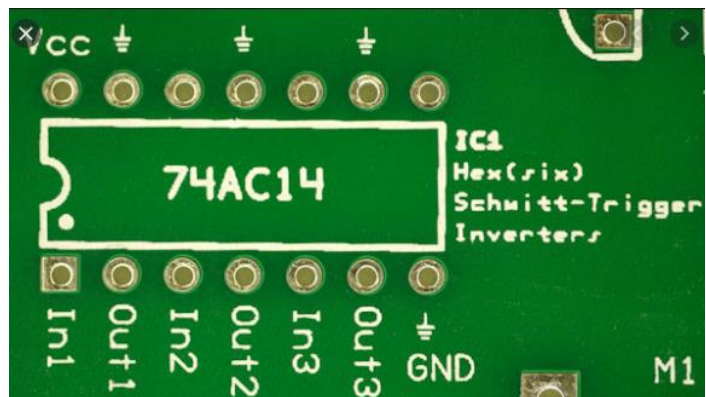
Plating and coating

בתחילת שלב זה מבצעים כרסום כימי לשכבות החיצוניות בשביל להיפטר מנחושת שעלולה להיות במקום הלא נכון. יש חשיבות בלהיפטר מנחושת זאת כי היא יכולה לגרום לקצרים במעגל. אחרי כן מלחימים ציפוי לנחושת שנשארה בחומר נוגד חלודה כגון בדיל או זהב.

Silkscreen printing

אז בלוחות לעיתים קרובות יש שכבת silk. שכבה זאת היא חסרת כל משמעות חשמלית או מכאנית, ויעודה היחיד הוא לספק מידע על הלוח. דוגמא למידע שמסופק בה זה סימון של רכיבים וסימון של test points.

תמונה של שכבת silk:



Bare-board test

אז בגדול נהוג לבצע בדיקות תקינות על הלוח המודפס לפני שמרכיבים עליו רכיבים. בגדול הבדיקות שנקודות מקוצרות אם הם אמורות להיות מקוצרות.

Assembly

בשלב זה מרכיבים את הרכיבים על הלוח. לעיתים הרכיבים מודבקים על הלוח לפני שלב ההלחמה. ההדבקה הכרחית בעיקר כשאין מה שיחזיק מכאנית את הרכיבים, למשל כשהרכיבים מולחמים לתחתית הלוח. אחרי שהרכיבים יציבים מלחימים אותם למקום ובד"כ הלוח מוכן לשימוש.

תמונה של לוח מורכב:

