

יום עיון בנושא מחברים

דובי מטלון | RF Immunity

054-4444820

מטרת יום העיון

1. מושגים בסיסיים הקשורים לעולם הקונקטורים
2. מהו מחבר חשמלי ?
3. היררכית הזיווד
4. היסטוריה של מחברים
5. המגע במחברים חשמליים – לב המחבר
6. סיווג מחברים חשמליים לפי: שימוש, צורת יישום ומקום יישום
7. הגדרת מפרט דרישות מהמחבר ותקנים שונים של מחברים
8. חומרי המחבר: חומרים מוליכים/ציפויים/חומרים מבודדים
9. ניתוח כשלים במחברים ודוגמאות לתקלות
10. שאלות ותשובות

Life Cycle

Keying קידוד

Receptacle/Plug Jack/Plug שקע ותקע

Mating / Scoop proof / Bayonet / Push pull / Lanyard release

Shock, Vibration, Salt Spray, Operating Temp

Jam Nut / Square Flange

Panel Mount (Front / Rear)

Potting

Pin / Socket / Pogo / SMT / Pre-Tinned

Grommet / Seal

Shell / Back Shell / Insulator

RoHS (Restriction of Hazardous Substances)

Strain Relieve

Retention

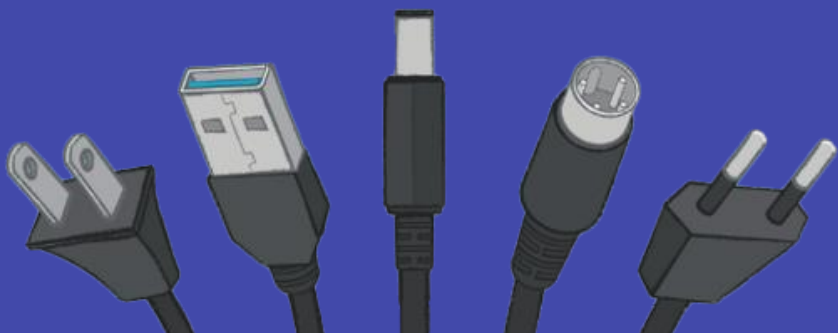
Thermocouple

מושגים הקשורים לעולם הקונקטורים

An electrical connector is an electromechanical device used to create an electrical connection between **parts of an electrical circuit**, or between **different electrical circuits**, thereby joining them into a larger circuit

מהו מחבר חשמלי ?

רכיב מכני המאפשר חיבור פריק במערכת חשמלית או פייבר אופטי החיבור יכול להיות מורכב וקשה לפירוק (הלחמה, החדרה בלחץ) או ניתן לפירוק והרכבה מהירים (Lanyard release)





N-male

N-female



F-male

F-female



FME-male

FME-female



SMA-male

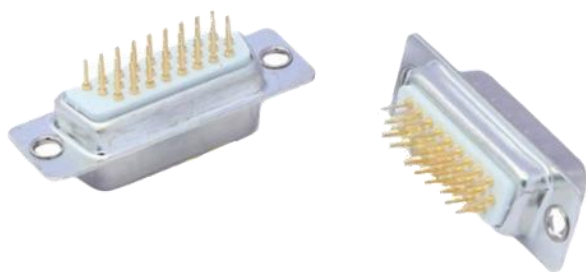
SMA-female



SMB jack
(male)

SMB plug
(female)







LC



E2000



MU



DIN



MTRJ



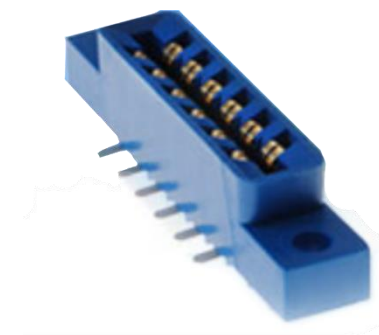
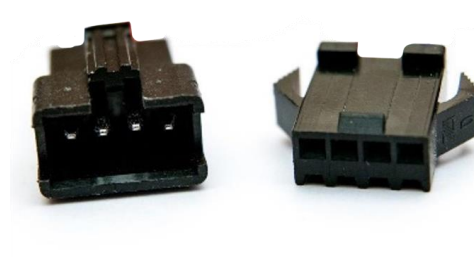
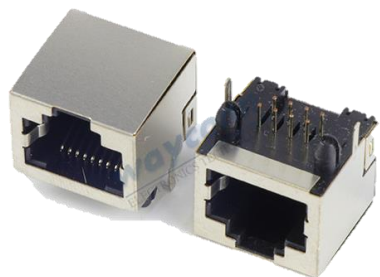
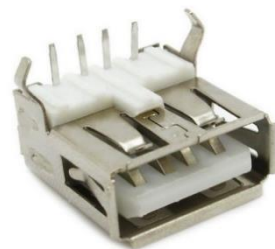
MPO



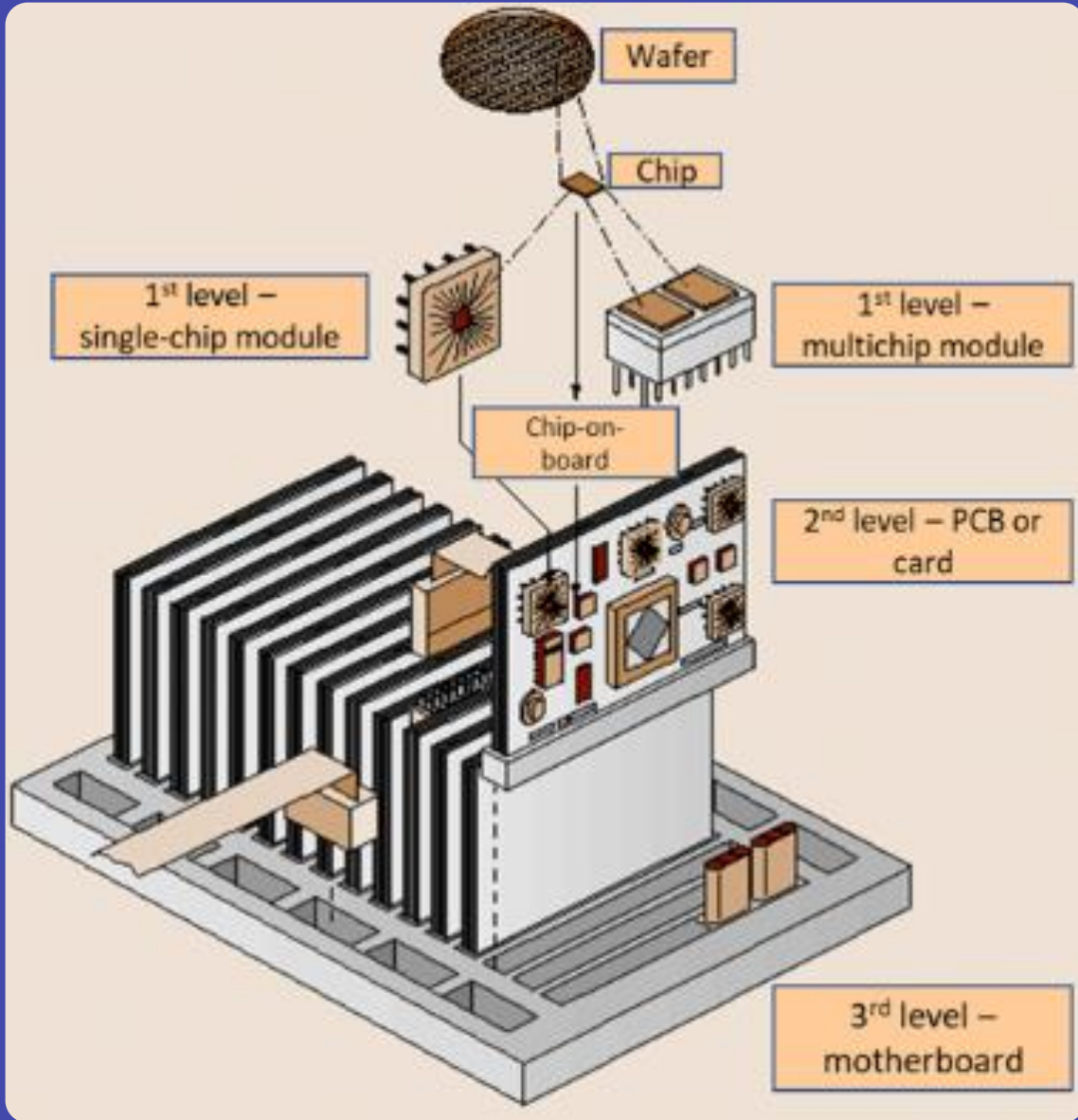
D4



Biconic



היררכית הזיווד



רמה 1 - פרוסה/שבב

רמה 2 - זיווד שבב במארז

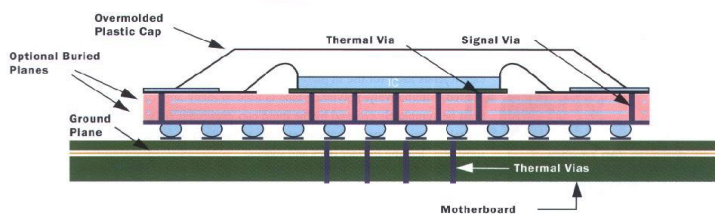
רמה 3 - זיווד שבב לכרטיס

רמה 4 - זיווד רכיבים לכרטיס

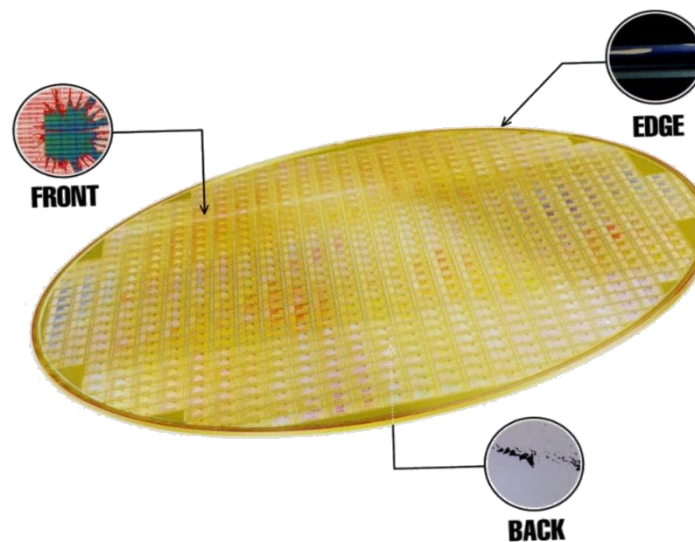
רמה 5 - זיווד כרטיסים לכרטיס-אם

רמה 6 - זיווד כרטיס למודול

חיבור בין מכלולים



רמה 2



רמה 1

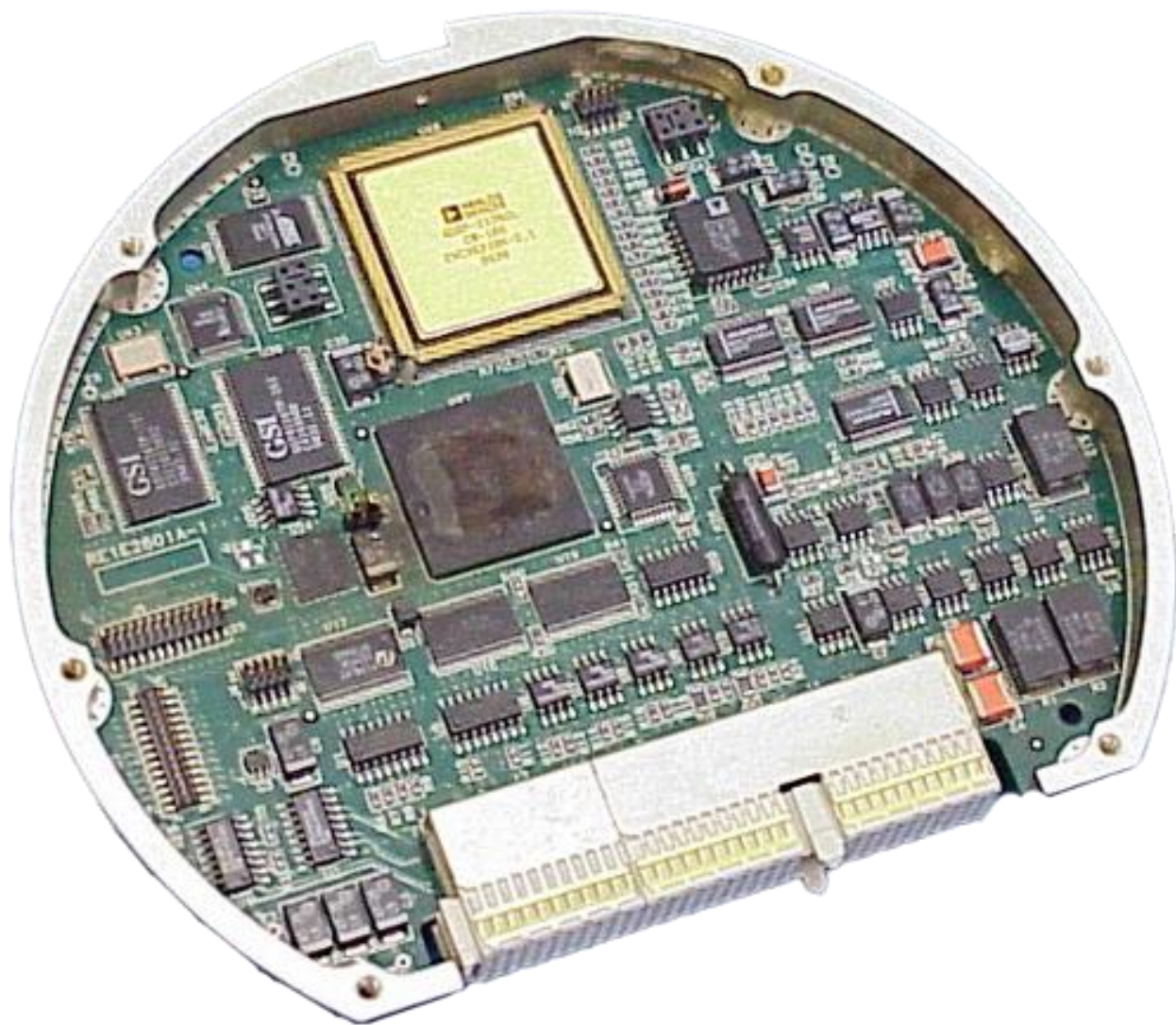
מיקום המחבר בהיררכית זיווד ברמות 1-2

השבב יחובר חשמלית
לרכיב בדרך כלל באחת
משלושת הטכנולוגיות:

הדבקה מוליכה

הלחמה

WIRE BOND



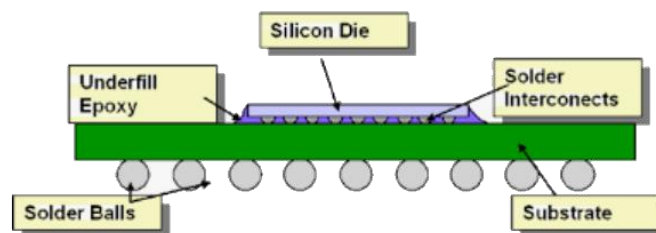
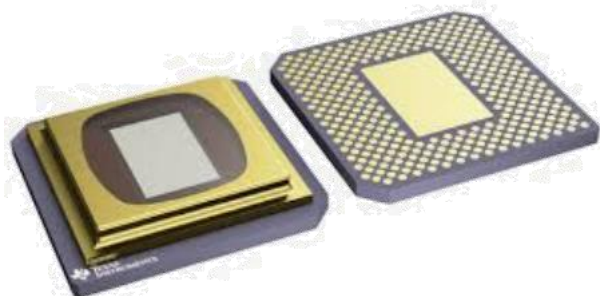
מיקום המחבר בהיררכית זיווד ברמה 3

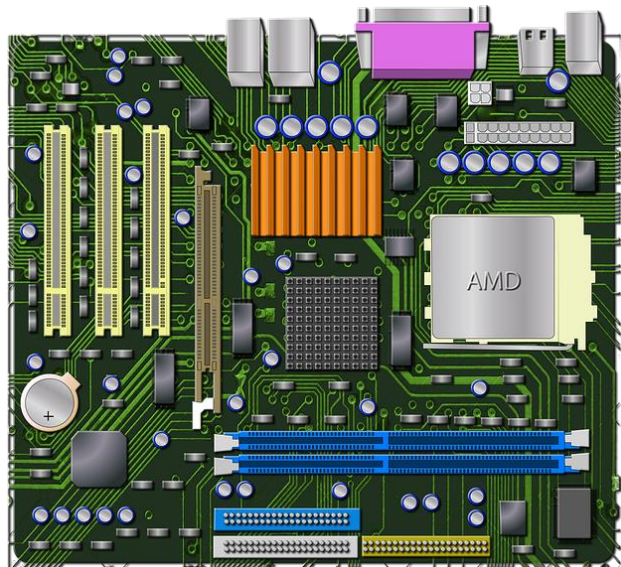
זיווד שבב לכרטיס

מיקום המחבר בהיררכית זיווד ברמה 3

תושבות

הלחמות BGA / TH





לוח אם



מיקום המחבר בהיררכית זיווד ברמה 4-5

חיבור רכיב לכרטיס

חיבור כרטיס ללוח אם



מיקום המחבר בהיררכית זיווד ברמה 6

חיבור בין כרטיס למודול

חיבור בין מכשיר למכשיר



ההיסטוריה של המחברים



כמו הרבה מאוד דברים, התקדמות משמעותית נרשמה בעת מלחמות. התקנים הראשונים נקבעו על ידי האמריקאים בראשית מלחמת העולם הראשונה וכן במלחמת העולם השנייה.



עם גילוי החשמל היו מחברים מושתתים בעיקר על ברגים. עם התפתחות האלקטרוניקה, הירידה בזרמים והצמצום בגודל (מזעור) נדרש ציפוף המגעים וכן שיפור המגעים לצורך העברת זרמים גבוהים או לחילופין, זרמים נמוכים.

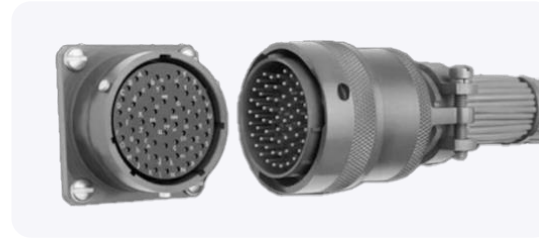
ההיסטוריה של המחברים



MIL-DTL-22992



MIL-DTL-38999 I/II/III/IV



MIL-DTL-26482 I / II



Ordnance / MIL-DTL-5015
הברגה, פינים עבים, הלחמה לחוטים.

ההיסטוריה של המחברים



מחברים לתחום
הספנות והים



במקביל פותחו מחברים
לתחום הטלגרף והרדיו.



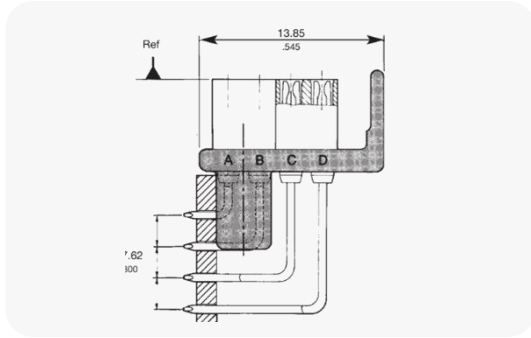
VG95234

האירופאים אימצו חלק
מהתקנים האמריקאים
הצבאיים תוך שהם
משנים/מוסיפים מעט.

המגע: לב המחבר

- לא משנה באיזה סוג מחבר חשמלי נשתמש ולאיזה יישום נשתמש בו – עקרון הפעולה דומה בכלם והוא מבוסס על תיאוריית המגע (Contact Theory) בין משטחים.
- המגע בין המשטחים מתבסס על החיכוך ביניהם.
- החיכוך נובע מחספוס פני השטח (Roughness) של שני משטחי המגע.
- יכול להיות מגע היקפי או משטחי, או חזיתי

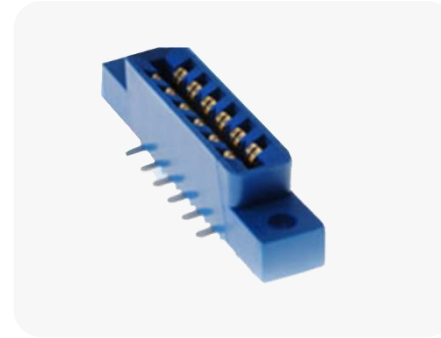
סוגי מגע (Contacts) שונים:



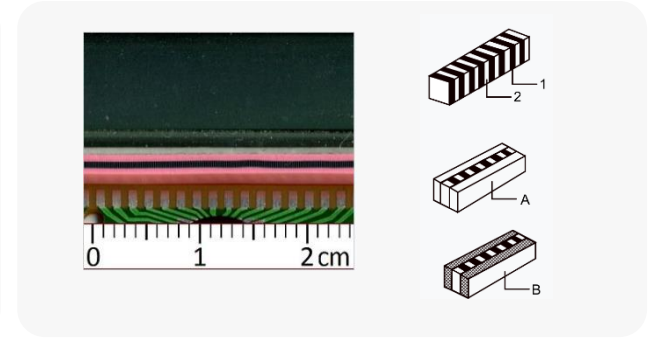
Blade & Fork



Pin & Socket



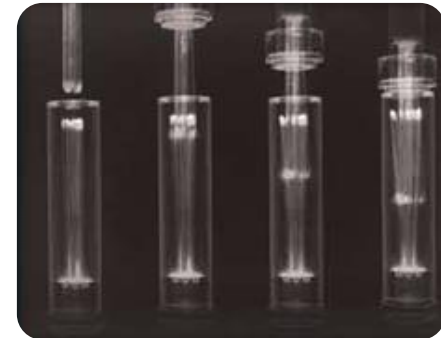
Edge Card



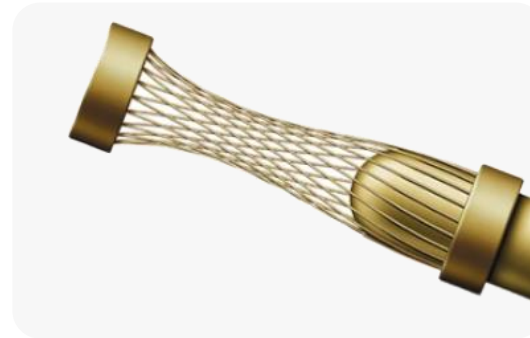
Elastomeric



Pogo Pin



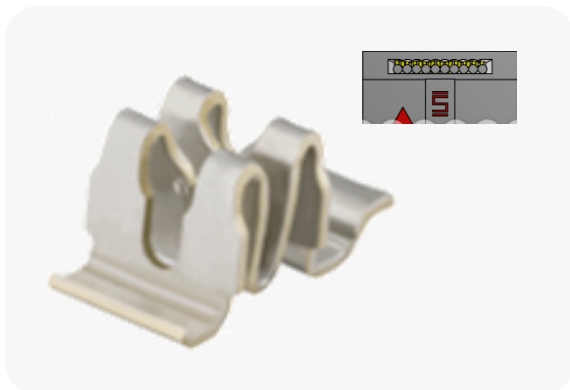
Brush



Hypertac



Fiber Optic



IDC



לחיצה (Crimp)

סוגי חיבור המגע לחוט או מעגל:

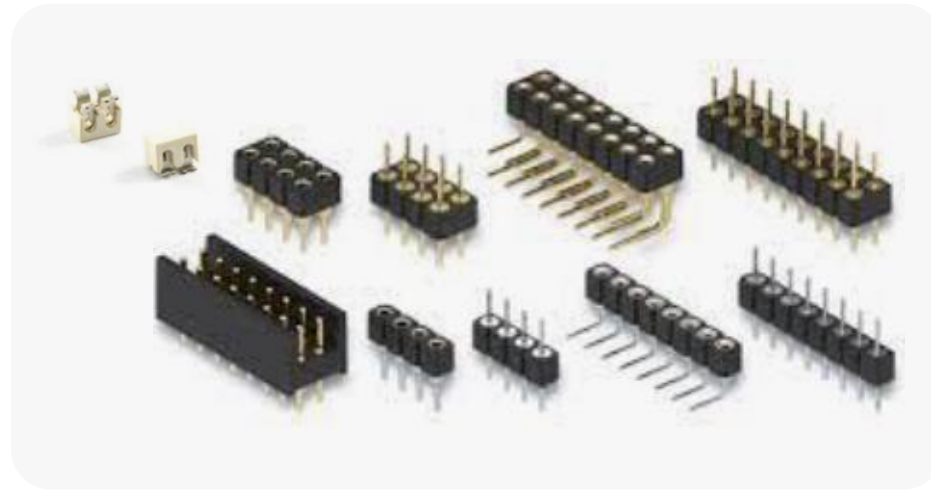
לכל סוג של מגע ייעוד אחר וכן ייתרונות וחסרונות, אבל כולם מתבססים על מגע רציף ומהודק בין שני חלקים. תמיד נשאף לשטח מגע גדול ככל האפשר.



תברג



Busbar



הלחמה ל-PCB (SMT, TH)

Press Fit*

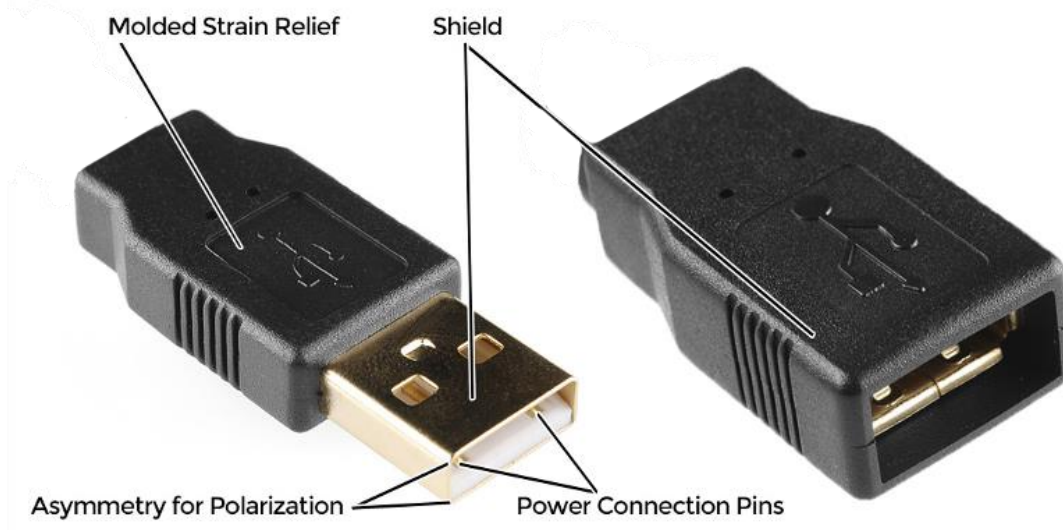
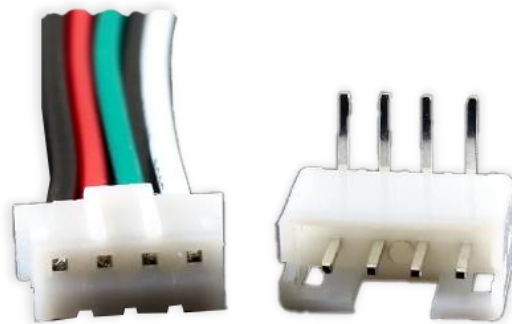
התכונות העיקריות של המגעים:

איכות מעבר הזרם.

הקטנת החיכוך של המגע לטובת החדרה והוצאה קלים (בסתירה לסעיף הקודם)

מניעת קורוזיה והדבקות המגעים במשך הזמן.

מספר הכנסות והוצאות לפי השימוש (Mating Cycle)

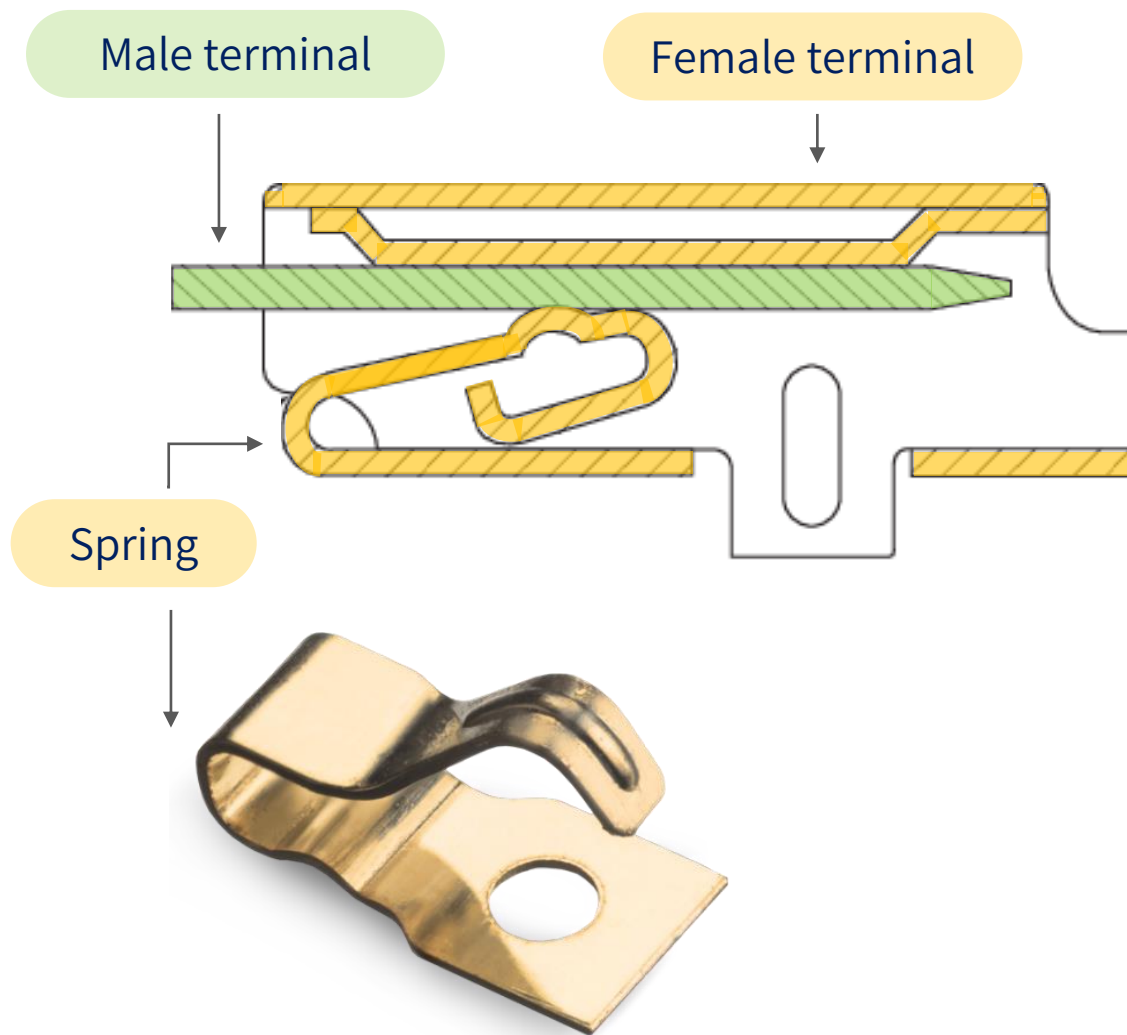


○ משטחי המגע יכולים להיות בעלי צורה עגולה, ריבועית או מישורית תיאוריית המגע תופסת לכולם.

○ מאחר והזרמים או האותות יעברו דרך נקודות המגע בלבד, יתכן מצב בו לא תעבור הכמות הנדרשת והמחבר יגרום לכשל של פעולת המערכת.

○ תיתכן גם התחממות יתר של המחבר כי ככל ששטח המגע קטן יותר התנגדות המחבר גדולה יותר.

○ לכן יש חשיבות גדולה מאוד לתכנן נכון את גודל המגע על מנת שיוכל להעביר את הזרם הנדרש.



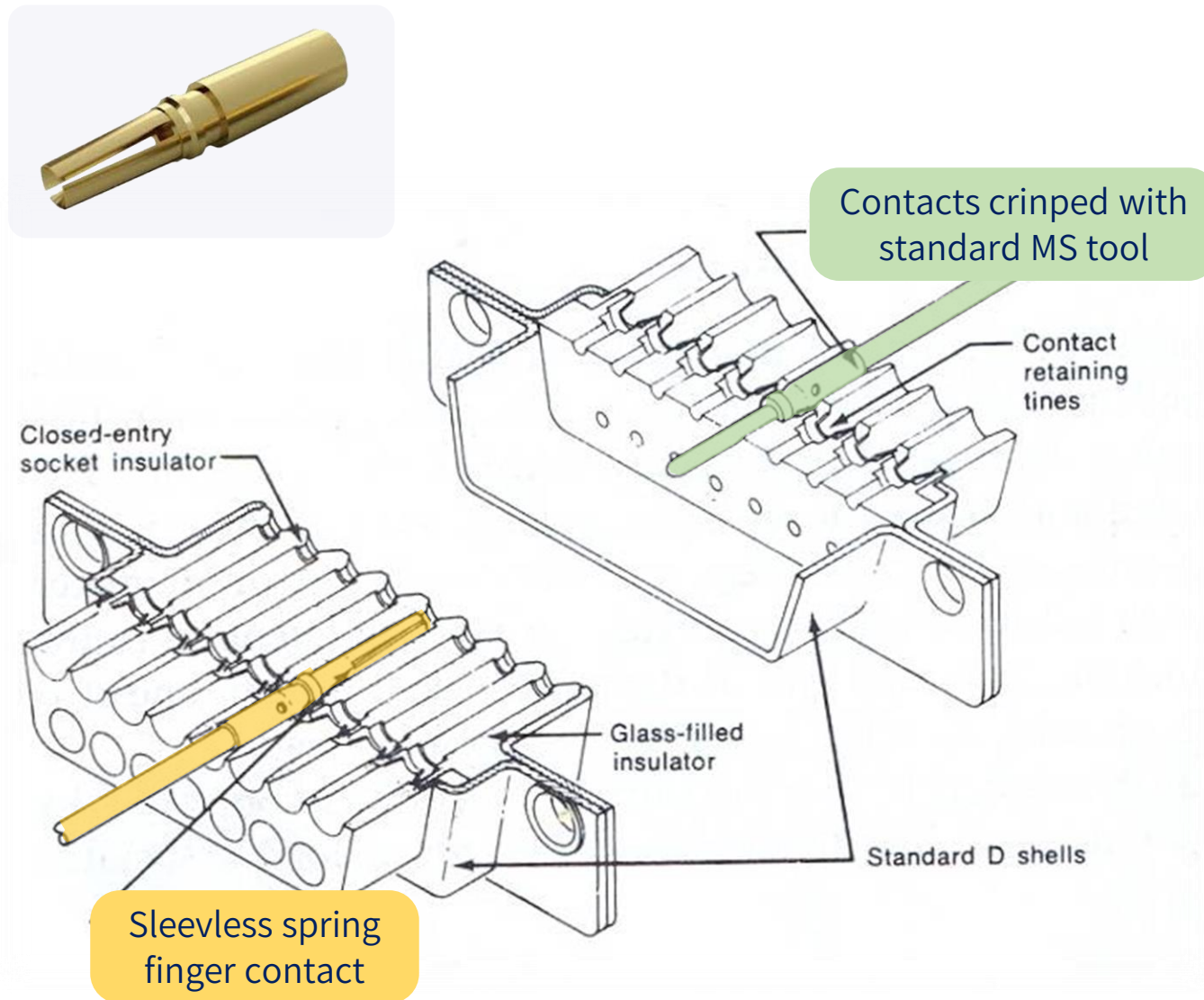
○ אם נביט על אזור החתך של מחבר אופייני נוכל להבחין בצד הנקבי (כתום) והזכרי (ירוק).

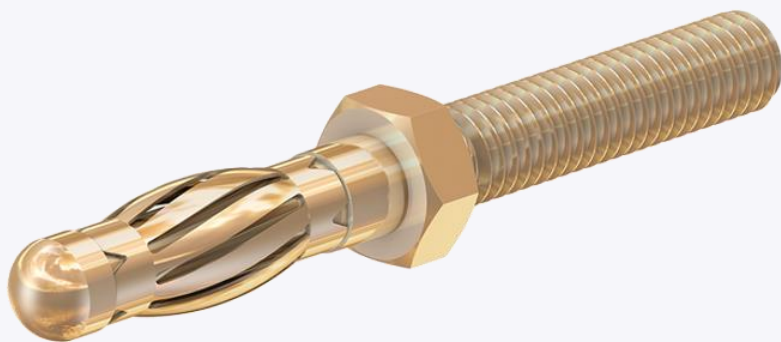
○ יש לשים לב כי על אף שהפין עגול (ירוק), חלק מאוד קטן ממנו יוצר למעשה את המגע עם החלק הנגדי (כתום) בחלקו העליון עם המשטח ובחלקו התחתון עם הקפיץ.

○ הקפיץ למעשה הוא זה היוצר את כוח הלחיצה בין משטחי המגע.

קונקטור טיפוסי

- מגע זכר ונקבה.
- חוטים מחוברים בלחיצה (Crimp)
- Retention Springs
- Female Contact w/o Sleeve
- Close entry insulator





אלמנט קפיצי על צד זכרי



אלמנט קפיצי על צד נקבי

○ כזכור, הקפיציות גורמת לכוח בין משטחי המגע.

○ אלמנט הקפיציות מופיעה ברב המקרים בצד הנקבי אולם יכול להגיע גם בזכרי.

סיווג מחברים

- שימוש (תנאי סביבה, חיצוני, פנימי, ימי, אווירי, תקשורת...)
- מקום יישום במערכת החשמלית
- ממשק
- סוגי המגעים ו/או החומרים המרכיבים
- לפי האינפורמציה או הזרם העובר דרכו
(דאטה, זרם גבוה, מתח גבוה, פייבר אופטי, תקשורת, קול ועוד)
- ל-3 קטגוריות כדלקמן:

Wire to Board

Wire to Wire

Board to Board

סיווג לפי שימוש

- לכל שימוש נדרש מחבר עם מאפיינים שונים (אותות, אספקות, מתח גבוה, תדר רדיו, אופטי, משולב או אחר)
- נדרשת הגדרה מדויקת לכל פין במחבר.
- במקרים מסוימים במחבר אחד יהיו סדרה של פנים לשימושים שונים



תקשורת



גלי רדיו (RF)



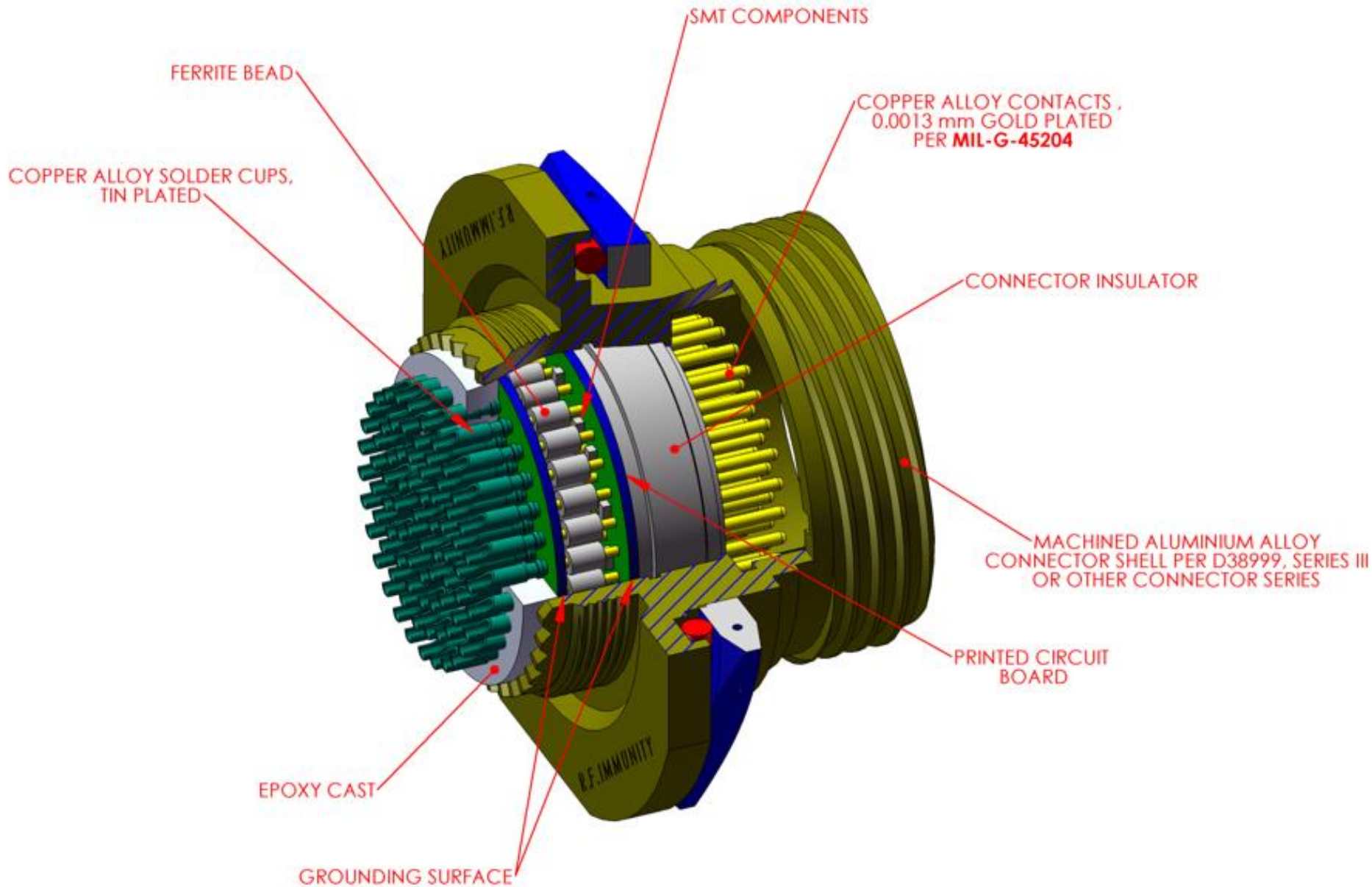
הספק גבוה



אופטי

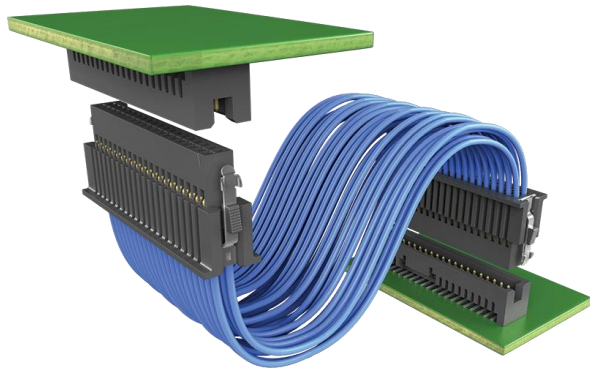
סיווג לפי שימוש

דוגמא למחבר מסונן
:(Filter Connector)



סיווג לפי מקום יישום במערכת החשמלית

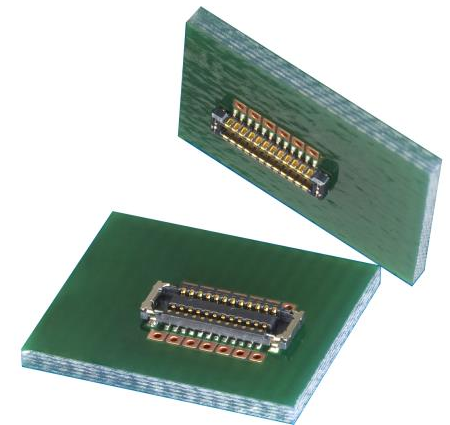
- במערכת האלקטרונית ניתן למצוא מחברים כמעט בכל מקום לפי הצורך.
- להלן 3 דוגמאות של מקומות יישום שונים.
- בהגדרת המחבר המבוקש חשוב לדעת איזה סוג של מחבר נדרש לפי מקום היישום.



צמה לכרטיס

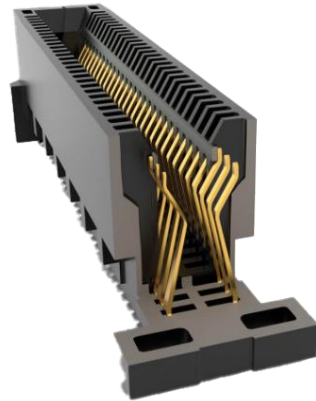


צמה לצמה



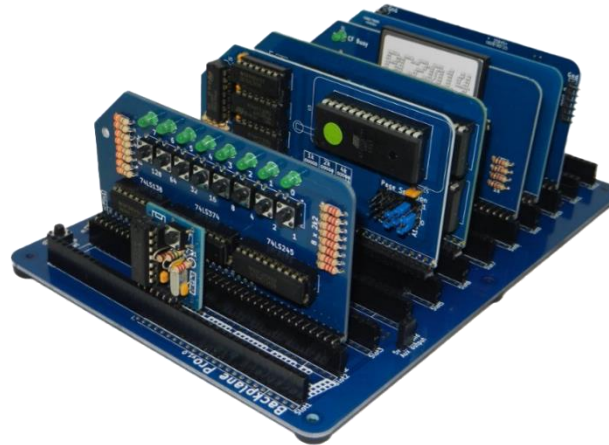
כרטיס לכרטיס

סיווג לפי מקום יישום במערכת החשמלית



○ בחיבור כרטיס לכרטיס אם, נהוג גם להשתמש בתקן Edge Connector / Gold Fingers.

○ הכרטיס נתקע אנכית במחבר הנגדי של הכרטיס השני.



הגדרת מפרט דרישות למחבר

בהגדרת מפרט הדרישות למחבר יופיעו מספר רב של פרמטרים אשר יש לתת עליהם את הדעת. להלן מספר דוגמאות:

- מספר מוליכים
- הספק חשמלי בכל חיבור
- בידוד חשמלי בין חיבורים
- ממדים וצורה
- מספר מחזורי הכנסה והוצאה
- שיטת mating
- הברגה/ביונט/pushpull
- תנאי סביבה
- תקינה
- סינון רעשים אלקטרומגנטיים

תקנים שונים של מחברים

בהתאם להגדרת השימושים של
המחברים ומפרט הדרישות למחבר
נכתבו תקנים שונים למחברים על ידי
גופים שונים כמו
International (IEC)
Electrotechnical Commission
להלן מספר דוגמאות:

- מחברים לחשמל 110-220VAC
 - דוגמה: IEC60320
- מחברים לטלקום/דאטהקום/סלולר
 - דוגמה: USB / DIN
- מחברים לשימוש צבאי:
 - קרקעי / אווירי / רכב / ימי ועוד
 - דוגמה: MIL-DTL-38999
 - VG95234
 - רפואי:
- מכשירים בבי"ח / אמבולטוריים
 - / פולשניים ועוד
- תעופתיים וחלל

חומרי המחבר ומאפיינם



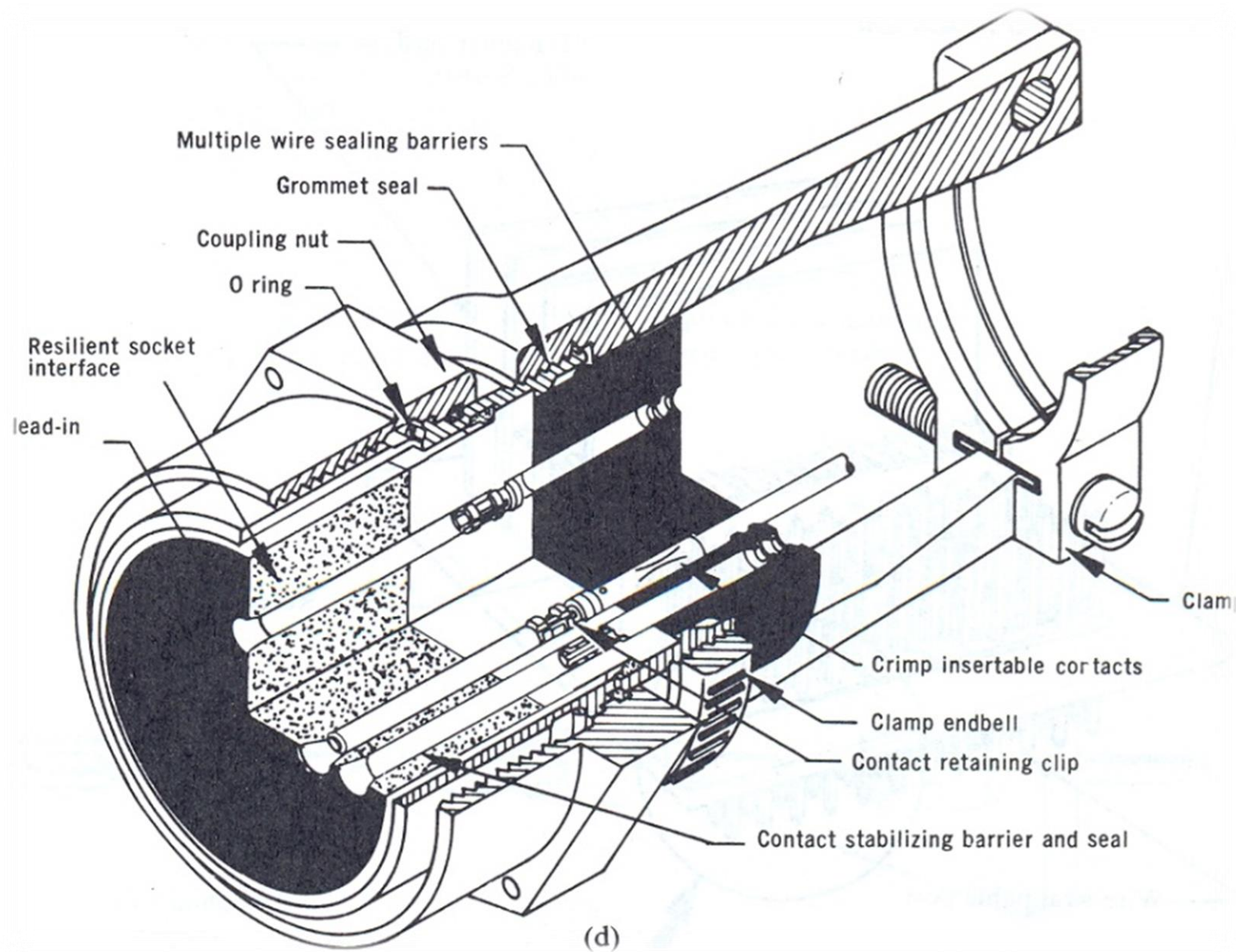
חומרי מבנה – מבודדים + Shell

- מקדם דיאלקטרי גבוה
- חוזק מכני
- התפשטות תרמית נמוכה
- ספיחת נוזלים נמוכה
- עמידות בלהבה (FR)
- Metal Shell לסיכוך וחוזק מכני

יצירת המגע - מוליכים

- העברת אותות
- הולכה חשמלית גבוהה
- הולכה תרמית גבוהה
- קשיחות גבוהה
- עמידה בשחיקה
- עמידה בזחילה
- קל לייצור

מבנה מחבר צבאי



תכונות החומרים

- בכדי להבטיח מגע חשמלי אמין בין החלקים המחוברים, נהוג להשתמש בחומרי גלם ייעודיים אשר יבטיחו עמידה במשימה.
- לפיכך, יש ראשית כל להגדיר את פרופיל המשימה של המחבר.
- לדוגמא, הדרישה ממחבר זכר ונקבה אשר מיועד לעבור אלפי מחזורי הכנסה ויציאה שונה מאוד מהדרישה למחבר אשר עובר פירוק והרכבה פעמים ספורות.
- מעבר לכך, מחבר הנמצא על מערכת נייחת משרדית חווה תנאים שונים לגמרי ממחבר הנמצא על רכב שטח או בטיל.

תכונות החומרים המוליכים

- ישנם הבדלים בתכונות של המתכות השונות אשר משפיעות על ביצועי המחבר.
- חוזק למתיחה (Tensile Strength)
- מוליכות חשמלית (Electrical Conductivity)
- קושיות (Hardness)
- עמידה בתנאי סביבה (לחות וכו).
- תפקיד הציפוי משתנה מיישום ליישום, במקרים מסוימים נדרש ציפוי המתאים להלחמה (ציפוי בדיל או ניקל או זהב בדרך כלל).



תכונות החומרים המוליכים

- בטבלת המוליכים ניתן למצוא מגוון גדול של חומרים.
- נהוג להשתמש עבור הצד הקפיצי בחומרים על בסיס בריליום ונחושת (BeCu)
- בצד הלא קפיצי נהוג להשתמש בפליז (Brass)
- תכונת ההולכה החשמלית נמדדת בערכים של התנגדות חשמלית סגולית (Volume Resistivity) ויחידותיה $\text{Ohm} \cdot \text{cm}$. מיותר לציין שככל שערך ההתנגדות קטן יותר כך החומר מוליך טוב יותר.
- גם לתכונות התרמיות והתרמו-מכאניות יש השפעה גדולה על ביצועי המחבר.

תכונות חומרים מבודדים

ישנם הבדלים בתכונות מבודדים שונים בהתאם לתנאי הסביבה ולדרישות המחבר:

- טמפרטורה
- לחות
- רעידות והלמים
- חוזק מכני
- אטימות

ניתוח כשלים במחברים

מקום הכשל

- מגעים
- צד זכר (קריסה של הפיון)
- צד נקבה (פתיחת או סגירת יתר)
- בליה של המבודדים
- אלמנט החיבור למחבר
- באמצעי החיבור בן חלקי המחבר

שלבי מופע הכשל

- בתהליך היצור של המחבר
- בתהליך הרכבת המחבר למערכת
- בזמן השימוש
- בזמן ביצוע בדיקות ואחזקה

יצירת המגע - מוליכים

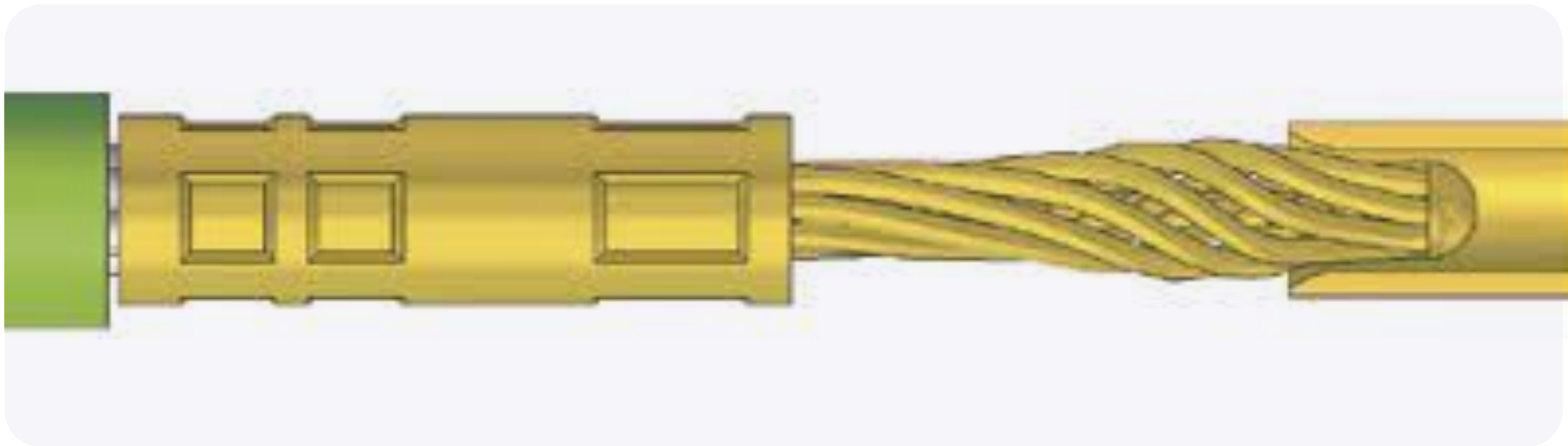
- טמפרטורה
- מחזורים תרמיים
- רעידות
- הלמים
- לחות
- מלח
- עומסים חשמליים
- מחזורי הכנסה והוצאה. (שחיקה)

דוגמאות לניתוח כשלים במחברים

מהות הכשל	מקום הכשל	מכניזם הכשל
עליה בהתנגדות מגע, נתקים	מגעי המחבר	קוריוזית שחיקה או חיבור לקוי של החוט
נתקים	מגעי המחבר	מגע מחבר לקוי
נתקים רגעיים	מגעי המחבר	מגע לקוי עקב צימות לא תקין
נתקים	השתלבות המגעים בן זכר לנקבה	פגם במנגנון הנעילה

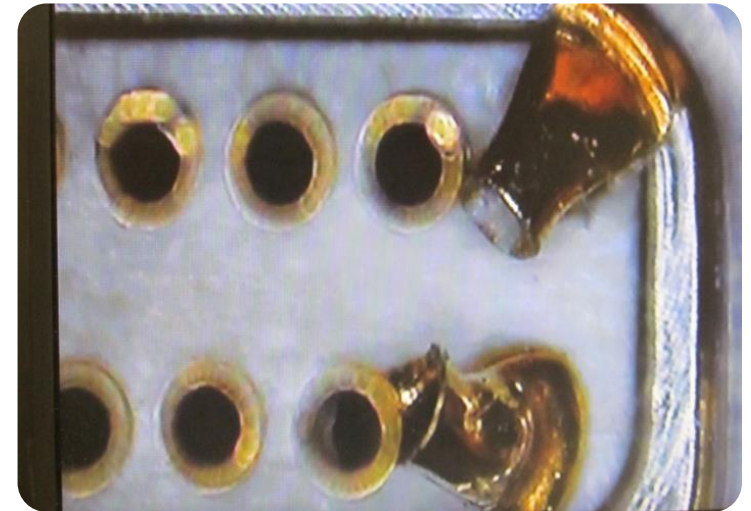
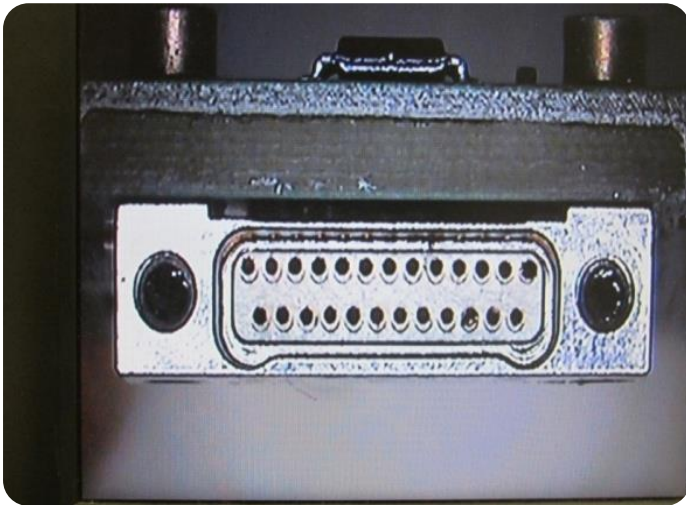
ניתוח כשלים - קריסת פינים

- דוגמא למיקום כשל הוא קריסה של פין במהלך ההרכבה למחבר הנגדי.
- קריסת פין תתרחש כאשר לא מבצעים שילוב של חלקי המחבר בצורה תקינה, או שנוצר חופש והמגע הזכרי לא פוגש את הצד הנקבי במרכז.

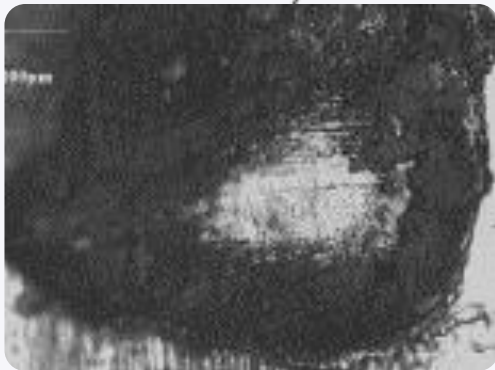
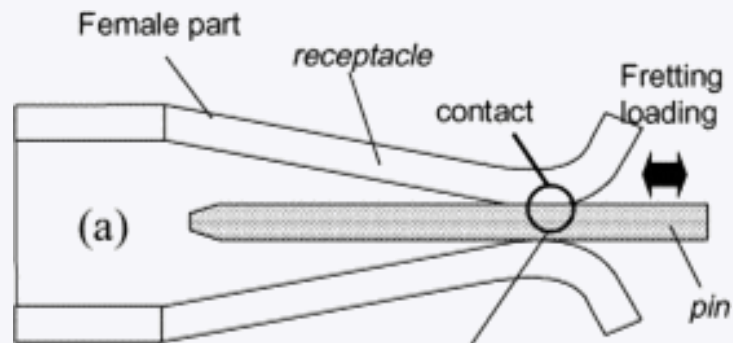


ניתוח כשלים – כשל בנקבה

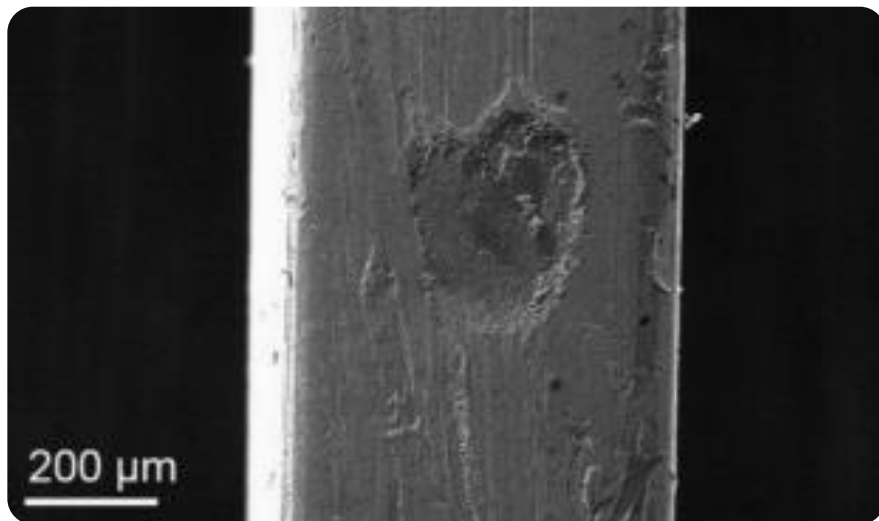
- שילוב לא תקין יגרום לפציעה וכיפוף של מחבר הנקבה



ניתוח כשלים - שחיקה



- תנועה יחסית בין זכר לנקבה מרעידות או כמות שילובים עלול לגרום לשחיקת הציפוי, חשיפת המוליך וכתוצאה מכך לקורוזיה ולבסוף - נתק חשמלי.
- פרט לכוח חיכוך יש עוד מספר גורמים שמשפיעים על המנגנון שחיקה - עובי ציפוי, מהלך תזוזה היחסית, תנאי סביבה קורוזיביים.
- במשטר רעידות של 2 כרטיסים (תחתון רתום ועליון חופשי) - מתרחשת תנועה יחסית ביניהם.
- התנועה מתורגמת לשחיקה במחברים.

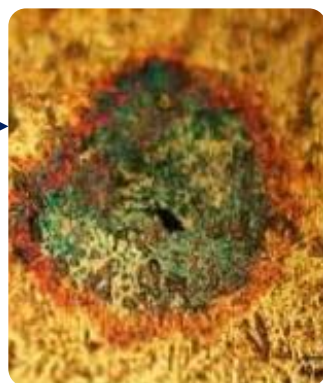


ניתוח כשלים - שחיקה

- לצורך הקטנת תופעות השחיקה יש להקטין את התנועה היחסית בין המשטחים.
- ניתן לביצוע בעזרת חיבור קשיח באזור המחברים או הקשחת פריט שעושה תנודות.
- הגדלת עובי ציפוי כדי להאריך זמן עד השחיקה או לקנות מחברים עם ציפוי עבה.
- שימוש בשימון/גירוז למניעה של שחיקה והתפתחות קורוזיה.



Connector pins



דוגמא לחקר כשל



- מהות הכשל: בזמן הרעדה מתגלה כשל תפקוד חשמלי כתוצאה מעליה בהתנגדות.
- מקום הכשל: מחבר
- מוד הכשל: רעידות מבצעיות בדיקות אורך חיים
- שלב גילוי הכשל: בדיקות חשמליות בזמן ביצוע הרעדה
- כוחות ומאמצים רלוונטיים היוצרים את הכשל: הרס שנגרם על יד עומס מחזורי - מיקרו תנועה יחסית - שחיקה - קורוזיה.
- תכן מונע: למזער את התנועה היחסית
- בחירת מחבר: עם מערכת ציפויים נכונה
- פתרון מוסך: סיכה לגיטימי

שאלות?



דובי מטלון | RF Immunity

054-4444820