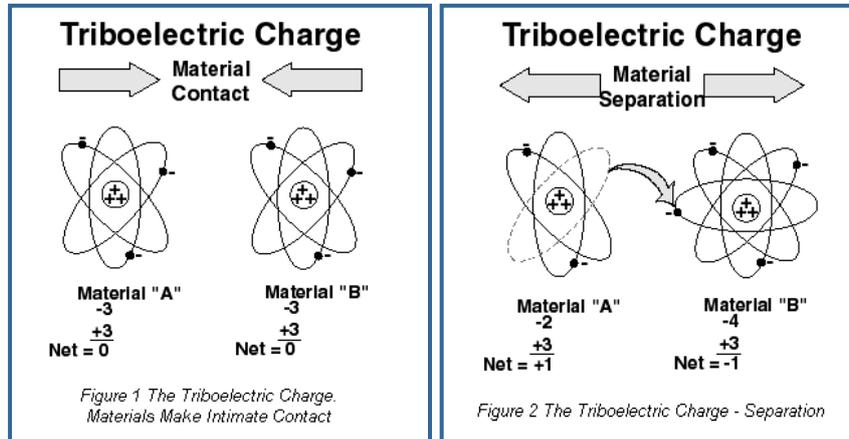


כמה מילים על חשמל סטטי.

למה חשובה הדרכה בנושא פריקה אלקטרוסטטית (ESD).

חשמל סטטי נוצר בדרך כלל עקב חיכוך של חומרים מבודדים, מועבר בהולכה (במגע ישיר) או בהשראה (לחלקים קרובים) ונשמר כמו במצבר כאשר אינו נפרק באחת הדרכים שהוזכרו כאן. כאשר הפריקה האלקטרוסטטית נעשית במהירות ובאופן לא מבוקר עלול להיגרם נזק לרכיבים רגישים.



פריקה אלקטרוסטטית:

תופעה פיסיקלית הנוצרת מחוסר איזון בין המטענים החיוביים למטענים השליליים בחומר. עקב כך נוצר הפרש מתחים בין החומר הטעון לבין חומרים אחרים.

תופעת פריקה אלקטרוסטטית (ESD) משפיעה במיוחד על חצאי מוליכים ורכיבים אלקטרוניים אחרים המשמשים בסביבות טכנולוגיות מתקדמות ומשבשת תפקודם. (התכה ואידוי מיקרו מוליכים במעגלים מודפסים ושברים, פריצת בידוד בין רכיבים, מחיקת זכרונות ופגיעה בתשדורות מידע דיגיטיים). התופעה גורמת לסיכון חיי אדם עקב החשש להתפוצצות בסביבת אדי כימיקלים וחומרים דליקים ובסביבת חומרי נפץ.

הכרת התופעה ודרכי ההתגוננות הכרחיים בסביבה טכנולוגית מתקדמת. נקיטת הפעילויות הנדרשות למניעת נזקי חשמל סטטי אמורה להתבסס על הכרת התופעה וטיפול בגורמים המשפיעים העיקריים - האדם וסביבת עבודתו.

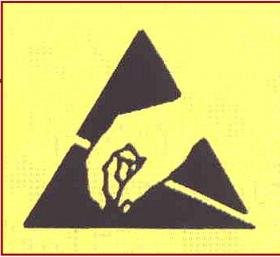
מניעת נזקי חשמל סטטי הכרחית לאורך כל שלבי שרשרת האספקה הארגונית (עובדי רכש, עובדי מחסן, עובדי התפעול, עורכי בדיקות סופיות ובדיקות בתהליך, עובדי אחסון ושינוע...) ועובדים במעבדות הפיתוח. מוצע למנות נאמני ESD בקבוצות העבודה ולשלב ראשי קבוצות ומנהלי פעילויות בהדרכה המקצועית. ההדרכה מבוססת על:

- מצגת מחשב.
- סיור באולמות הייצור כדי לכוון עובדים ומנהלים לליקויי מניעת נזקי חשמל סטטי במקום. הצוות שישתתף בסיור יקבע על ידי הלקוח.

מצורפת תוכנית השתלמותבסיסית וכמה מילים על עקרונות פריקה א. סטטית...

**בברכה,
יוסי שדמתי.**

מניעת נזקי חשמל סטטי:
תוכנית ההשתלמות



רקע כללי:

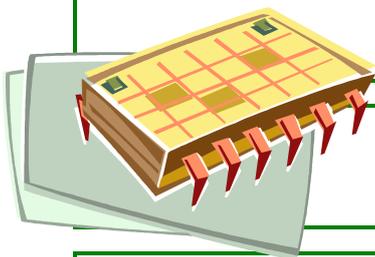
- מהו חשמל סטטי?
- מהו ציוד רגיש לפריקה אלקטרו סטטית?
- תכונות של חומרים.
- השפעת הלחות היחסית.
- דוגמאות לנזק ברכיבים.

מעט אלקטרו סטטיקה:

- עקרונות האלקטרו סטטיקה.
- מטענים (חשמליים).
- טעינה על ידי הולכה, טעינה על ידי השראה.

מנגנוני כשל בפריקה אלקטרו סטטית:

- מנגנוני כשל.
- האדם כאיום עיקרי.
- מתוויים (מודלים) לבדיקת רגישות רכיבים: מתווה גוף האדם, מתווה המכונה, מתווה רכיב טעון.
- היבטי איכות במערכות אלקטרוניות.
- הטבלה הטריבואלקטרית. (השפעת חומרים שונים).
- רגישות רכיבים וסוגי פגיעה ברכיבים.



אמצעי התגוננות:

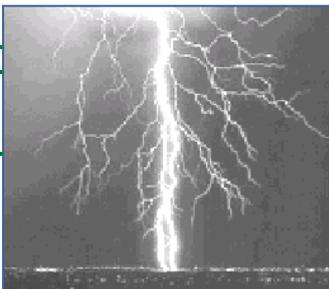
- בקרה אישית של העובד.
- בקרת סביבת העבודה.

הכרת תקן IEC 61340-5-1/2:

- (הגנת רכיבים אלקטרוניים מתופעות אלקטרו סטטיות)
- הכרת התקן.
- הכרת ציוד העזר נדרש.
- 3 רמות של הדרכה...
- עזרים לניהול האיכות.
- שילוב רכיבים רגשי ESD בתהליך הייצור.

השפעת תנאי הסביבה על אורך חיי הרכיבים:

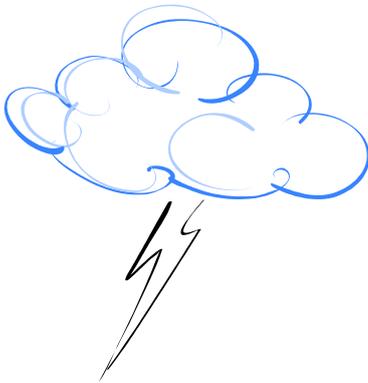
- למה נדרשת בקרת לחות לרכיבים אלקטרוניים?
- ציוד עזר.
- הכרת תקנים.



אינטרנט....

- סקירת מבחר אתרי אינטרנט מעניינים.

דגשים:

**פריקה אלקטרוסטטית :**

תופעה פיסיקלית הנוצרת מחוסר איזון בין המטענים החיוביים למטענים השליליים בחומר. עקב כך נוצר הפרש מתחים בין החומר הטעון לבין חומרים אחרים.

הגורם האנושי :

רוב הנזק ממטענים אלקטרו סטטיים נגרם במעבר ישיר של המטען מגוף האדם (או מגוף מוליך אחר). הליכה רגילה על רצפה או משטח שאינו מפזר מטענים מביאה גוף האדם לצבור מטענים א. סטטיים.

גוף האדם :

עלול להיטען במטעני חשמל סטטי של עד כ 50 KV. כל נגיעה במוצר תגרום לפריקת המטען ונזק לרכיבים האלקטרוניים הרגישים.

סביבת עבודה מבוקרת (EPA) :

הקפדה על נהלים ואמצעי מיגון המוגדרים בתקנים ייעודיים למניעת פריקה א. סטטית לא מבוקרת.

סביבת עבודה :

עבודה בלחות יחסית בתחום 80% - 40%. שימוש במפזרי לחות או יוניזטורים כאשר הלחות היחסית נמוכה.

העובד :

הארקה על ידי רצועות בעלות התנגדות חשמלית של $1M\Omega$ לנקודת הארקה כדי לשמור על פוטנציאל "0" בגוף. לבישת ביגוד א. סטטי ושימוש בציוד א. סטטי תקין.

אריזה שינוע ואחסנה :

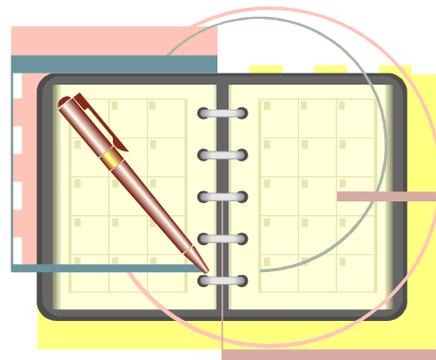
שימוש באריזות מסוככות. רכיבים המאוחסנים לתקופה ארוכה ישמרו בלחות יחסית נמוכה באריזה מסוככת לשמירת תקינות הרכיבים.

פריקה מבוקרת :

כיסוי אזורי העבודה במשטחים מפזרי מטענים מחוברים להארקה תקינה. הארקה עובדים. הארקה ראשי מלחמים וציוד אחר.

מניעת הכנסת חומרים מבודדים (שקיות ומוצרי פלסטיק) לאזור המבוקר.

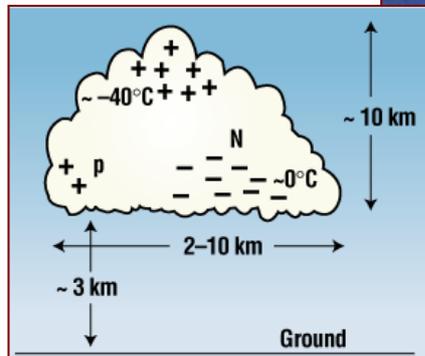
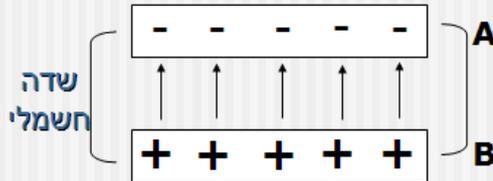
שילוט האזור המבוקר והגדרת כללי ההתנהגות במקום.



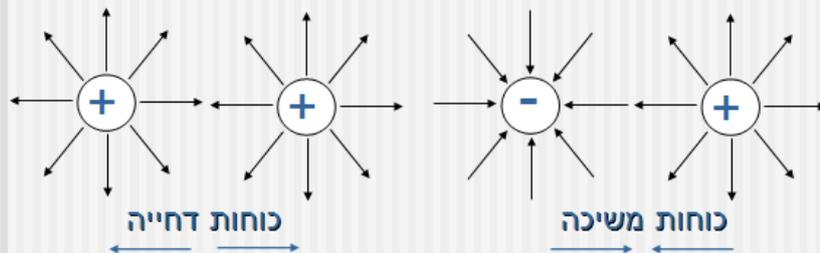
■ מהו חשמל סטטי?

הצטברות מקוטבת של מטעני חשמל (במקומות נפרדים, קרובים) היוצרת שדה חשמלי. (המשמעות היא – יכולת הפעלת כוח על כל חומר – מוליך או מבודד).

מטען חשמלי שלא מאפשרים לו לנוע ממקום למקום. (כמו במצבר של רכב או סוללה יבשה המונחים על מדף האחסון ואינם מחוברים לעומס).



■ מטענים שווי סימן יוצרים כוחות דחייה, מטענים מנוגדים יוצרים כוחות משיכה:



$$F = k \frac{Q_a \times Q_b}{R^2}$$

בריק (ואקום):
 $K = 9 \times 10^9 \text{ NM}$

מטען (קולון) = Q
 מרחק בין המטענים = R

פוטנציאל ידי אדם

הטבלה הטריבו

- אלקטריט (השפעת חומרים שונים בתהליך חיכוך מבוקר):

שעווה
גומי קשה
ניקל, נחושת
פליז, כסף
זהב, פלטינה
גופרית
סיבי אצטט
פוליאסטר
צלואייד
אורלון
פוליאורטן
פוליאטילן
פוליפרופילן
פי. וי. סי.
צורן
טפולון

טעינה מולכת:

טעינת גוף מוליך A בעל פוטנציאל חשמלי נמוך, הבא במגע עם גוף אחר בעל פוטנציאל חשמלי גבוה יותר. מטעני החשמל יזרמו מגוף A לגוף B.

אנרגיה:

$$W = 0.5CV^2$$

C = קיבול (f)

V = מתח (v)

השראה:

קיטוב מטעני חשמל בהשפעת שדה חשמלי הנוצר על ידי גוף אחר טעון. הגוף המשרה את השדה החשמלי והגוף המושרה אינם באים במגע זה עם זה.

כאשר הגוף המשרה יורחק תעלם תופעת הקיטוב המושרה. המצב ההתחלתי - פיזור אחיד של מטענים חיוביים ושלייליים - יחזור.

התנגדות משטחים מפזרי מטענים:

Surface Resistance Range (ohms)		
Exponent	Number of ohms	
1x10 ²	100	Conductive
1x10 ³	1000	
1x10 ⁴	10000	
1x10 ⁵	100000	
1x10 ⁶	1000000	
1x10 ⁷	10000000	Dissipative
1x10 ⁸	100000000	
1x10 ⁹	1000000000	
1x10 ¹⁰	10000000000	
1x10 ¹¹	100000000000	Insulative
1x10 ¹²	1000000000000	

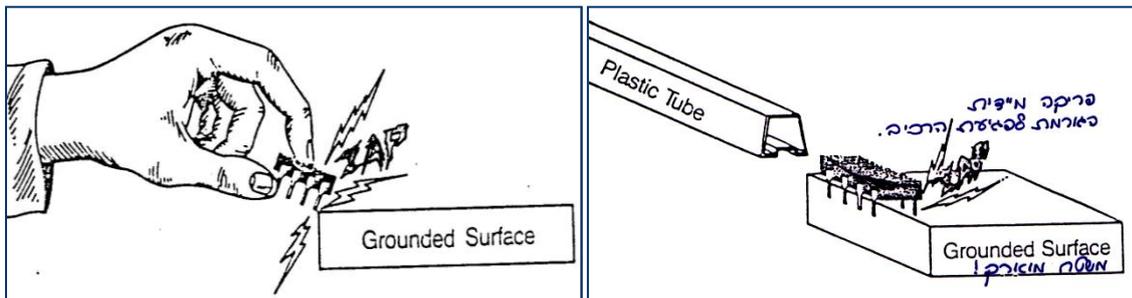
Resistance for ESD products is usually stated in exponents. Be aware that an increase of one exponent is actually 10 times more resistance.

טבלת הדגמה להיווצרות מתחים אלקטרו סטטיים.
השפעת הלחות היחסית:

<u>65%-90%</u>	<u>10%-20%</u>	
1,500V	35,000V	הליכה על שטיח
250V	12,000V	הליכה על רצפת וויניל
100V	6,000V	עובד בתחנת עבודתו
600V	7,000V	מעטפת וויניל (הוראות עבודה)
1,200V	20,000V	שקית פוליאטילן המורמת מהשולחן
1,500V	18,000V	כסא עבודה מרופד קצף פוליאוריטן

האדם כאיום עיקרי – האדם כמצבר אלקרוסטטי:
משתנים אלקטרוסטטיים של גוף האדם.

- ✓ קיבול עצמי: 100 – 500 פיקו פרד.
- ✓ התנגדות: 1,500 – 100,000 אוהם.
- ✓ פוטנציאל אלקטרו סטטי מרבי: 40,000 וולט.
- ✓ אנרגיה אלקטרוסטטית אצורה: 100 – 400 מילי ג'אול.



רגישות רכיבים:

Type of semiconductor	Typical HBM voltage sensitivity V
Very sensitive specialist parts (needing additional precautions outside the scope of IEC 61340-5-1)	10 - 100
Power MOSFETS	100 - 300*
MOS VLSI designed before 1990	400 - 1 000
Modern VLSI (design goal minimum 2 000)	1 000 - 3 000
HC and similar families	1 500 - 3 000
CMOS B series	2 000 - 5 000
CMOS A series	1 000 - 2 500
Linear MOS	800 - 4 000
Small geometry old generation bipolar	600 - 6 000
Small geometry, modern bipolar	2 000 - 8 000
Power bipolar	7 000 - 25 000
Film resistor	1 000 - 5 000

* From the chart, power MOSFETS appear to be very vulnerable, but the larger capacitances of the larger devices of these assist in this area keeping these parts less susceptible to damage.

**דוגמת שילוט הנחייה בכניסה לאזורים מבודרים
למניעת נזקי חשמל סטטי.**

**שים לב – אתה נמצא באזור מבודר
למניעת נזקי חשמל סטטי (ESD).**



**האזור המבודר למניעת נזקי חשמל סטטי מסומן בפס
צהוב/ שחור על הרצפה. באזור המבודר:**

- לבש חלוק מגן אנטי סטטי.
- הרחק כוסות קלקר ואריזות פלסטק.
- הימצאות בקרבת רכיבים אלקטרוניים (30 ס"מ או פחות) ונגיעה בהם תעשה רק לאחר ענידת רצועת יד/ מדרס/נעליים לפריקה אלקטרוסטטית מבודרת שתקינותם נבדקה.
- עבודה עם רכיבים אלקטרוניים תעשה רק על משטחים אנטי-סטטיים.

הכר הוראת העבודה למניעת נזקי חשמל סטטי (-----) ופעל על פי ההנחיות הרשומות.

נאמן ESD מקומי – -----, בכל מקרה של ספק נא פנה ותענה ברצון.

מניעת נזקי חשמל סטטי

הגדרות וסימונים:כללי

- א. חשמל סטטי: הצטברות מקוטבת של מטעני חשמל היוצרת שדה חשמלי.
- ב. פריקה אלקטרו סטטית (ElectroStatic Discharge - ESD): מעבר מטען חשמל סטטי מגוף אחד למשנהו עקב קיום הפרש פוטנציאלים בין הגופים.
- ג. רכיב רגיש לפריקה אלקטרו סטטי: רכיב (Device), מעגל משולב (IC), או מכלול העלול להיפגע על ידי שדות אלקטרו סטטיים או על ידי פריקה אלקטרו סטטית במהלך הטיפול השוטף, הבדיקה או העברה.

חומרים ורכיבים המגינים בפני ESD

- א. חומרים ורכיבים מגיני ESD: חומרים ורכיבים בעלי לפחות אחת מהתכונות הבאות:
- מגבילים את היווצרות החשמל הסטטי בהם.
 - בעלי יכולת פריקה מלאה של מטען סטטי על פניהם.
 - בעלי יכולת הגנה בפני פריקה אלקטרוסטטית.
- ב. כרטיסים רגישי ESD: כל הכרטיסים לאחר הרכבת הרכיבים.
- ג. שקית אנטי סטטית: שקית אנטי סטטית המאופיינת בהתנגדות על פני השטח של $S.R=10^9-10^{11} \Omega/SQ$. השקית מזוהה בגוון וורוד וניתנת להשגה בגדלים שונים על פי הצורך.
- ד. שקית אנטי סטטית מסוככת: שקית אנטי סטטית המאופיינת בהתנגדות על פני השטח החיצוני של $S.R=10^9-10^{11} \Omega/SQ$ ובנוסף לכך בשכבה דקה מוליכה מסוככת מתחת לפני השטח החיצוני בעלת מוליכות של $10^2-10^5 \Omega/SQ$. שקית זו מזוהה בצבע שחור שקוף או בצבע כסוף וניתנת להשגה בגדלים שונים על פי הצורך.
- ה. ספוג מוליך: ספוג מוליך המיועד לשינוע ואחסון מעגלים משולבים (IC) על ידי תקיעת הרכיב בתוכו. הספוג מזוהה בצבע שחור וניתן להשגה בעובי שונה על פי הצורך.
- ו. חלוק מגן: חלוק העשוי מאריג המכיל בתוכו סיבים מוליכים או חלוק העשוי 100% מכותנה המתאים לעבודה באזורים מבוקרי ESD.

אזור מבוקר ESD

אזור זה מכיל לפחות עמדת עבודה אחת המשמשת לעבודה עם רכיבים הרגישים ל- ESD או לאחסון רכיבים הרגישים ל- ESD, כאשר אזור זה מצויד בציוד ובחומרי הגנה בפני ESD.

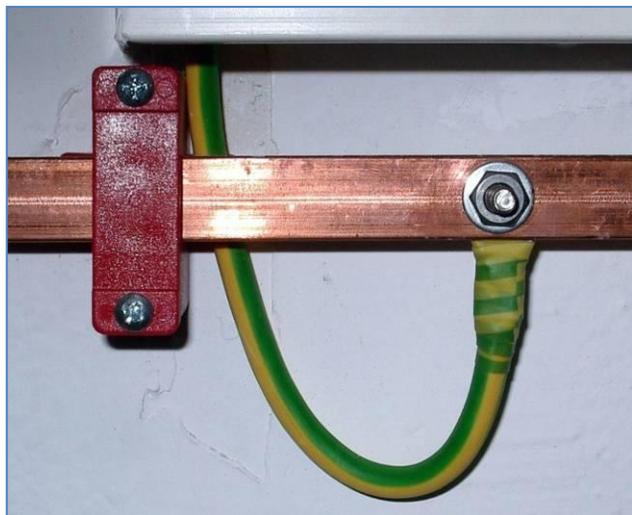
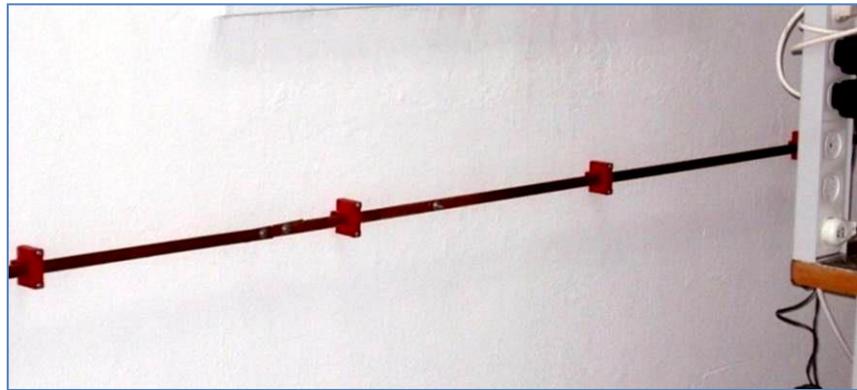
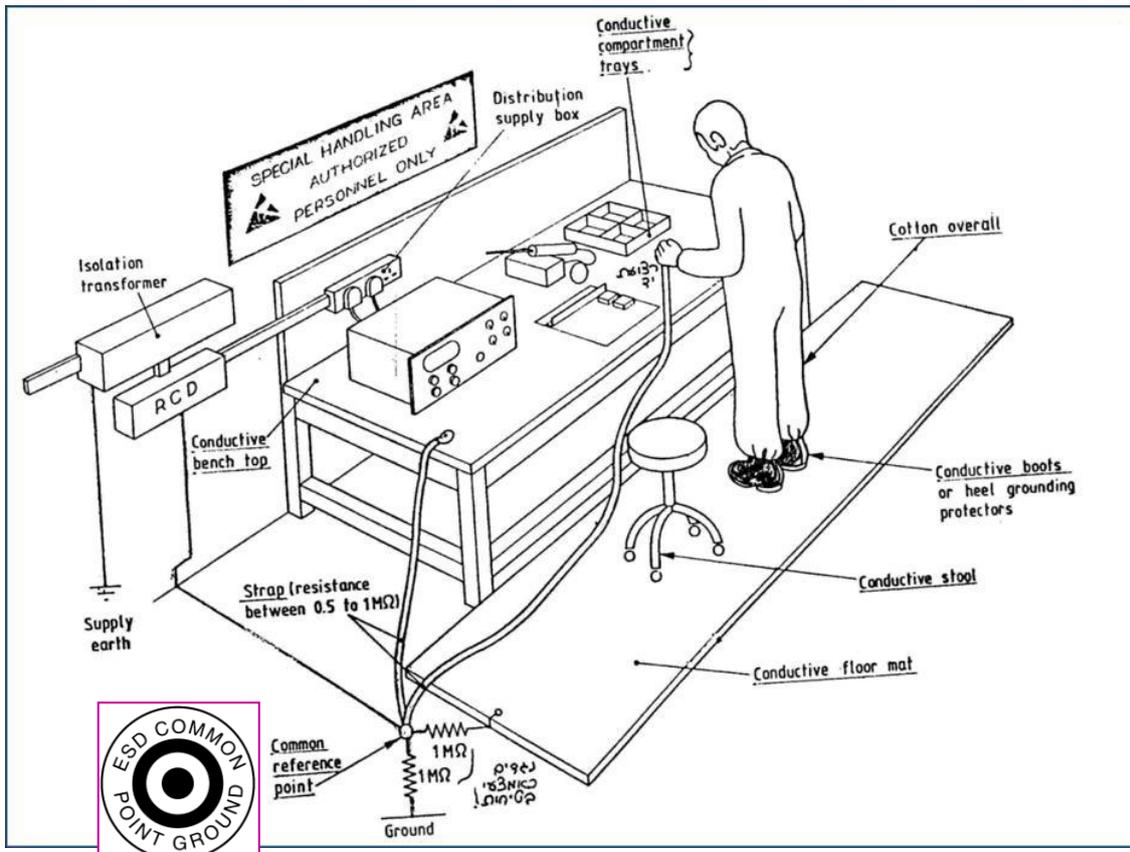
עמדת עבודה מבוקרת למניעת נזקי חשמל סטטי: עמדת עבודה לביצוע תהליכי הרכבה בדיקה או תיקון ציוד רגיש לפריקה אלקטרו סטטית. עמדת העבודה כוללת מכלול חיבורי הארקה.

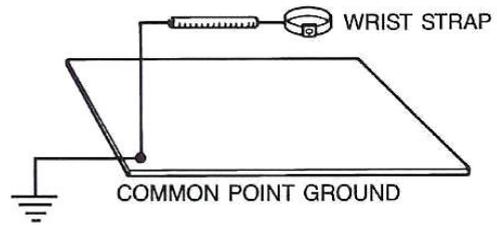
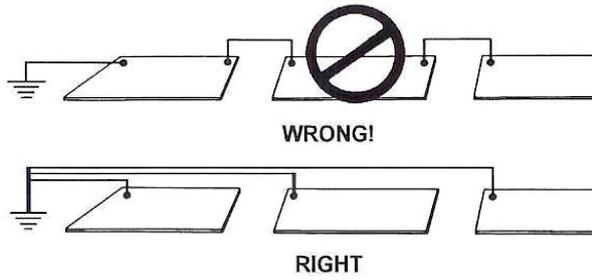
ראשי תיבות וקיצורים:

RTT= Surface Resistance Measurement.

RTG = Surface to Ground.

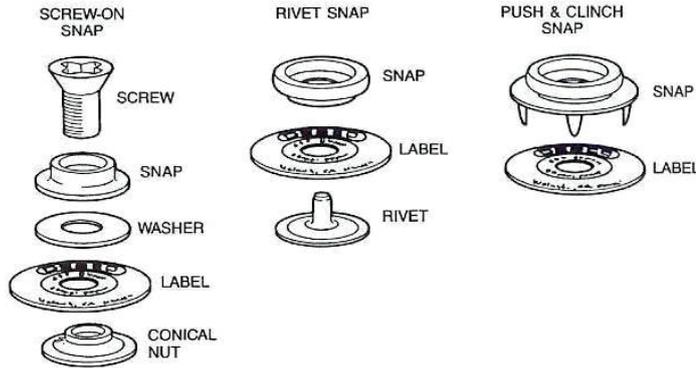
עמדת עבודה, חיבור משטחי שולחן להארקה.





**לאחר ההתקנה:
התנגדות להארקה
 $10^6 - 10^9$ אוהם.**

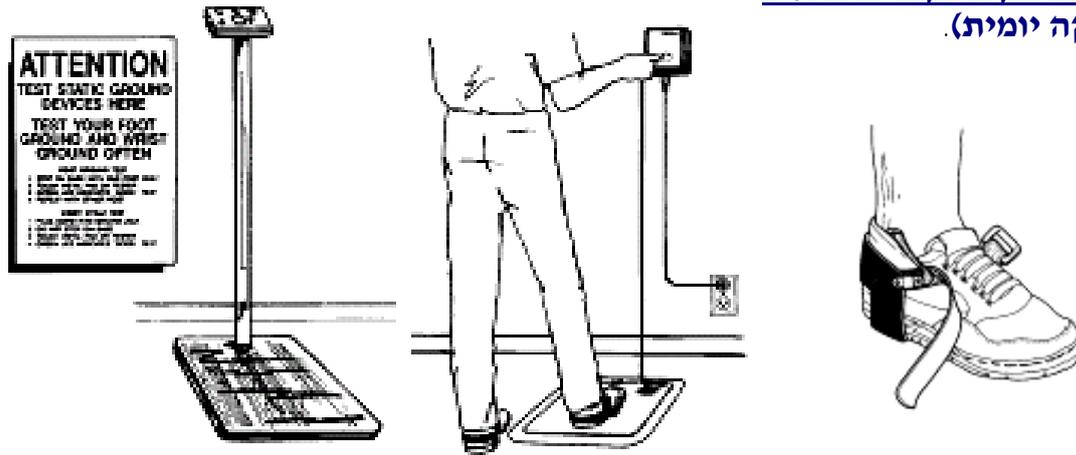
**אפשרויות חיבור
הארקה/ רצועת יד
למשטח השולחן:**



מדבקות סימון וזיהוי/ שילוט:



מתקן בדיקת תקינות רצועות
(בדיקה יומית).



אחיזת כרטיסים:

ככל האפשר תיעשה אחיזת כרטיסים אלקטרוניים תוך שימוש בכפפות / אצבעונים ואחיזה בשוליים. שימוש ברצועת יד / רגל/ נעל א. סטטית להארקה.



טבלאות עזר
(עפ"י ANSI/ESD S20.20)

Table 1- ESD Control Program Technical Requirements Summary

Technical Requirement	Reference Paragraph	Implementing Process or Method	Area 1 Mfg.	Area 2 Field	Test Method, Standard or Advisory	Recommended Range ⁵	
Grounding / Bonding Systems	6.2.1				ANSI EOS/ESD S 6.1		
		Equipment Ground	R	O	ANSI EOS/ESD S 6.1	< 1.0 ohm AC Impedance	
		Auxiliary Ground	O	O	ANSI EOS/ESD S 6.1	< 1.0 ohm AC Impedance	
		Equipotential Bonding	O	O	ESD ADV 2.0	< 1.0 X 10 ⁹ ohm ⁶	
		Common Point Ground	R	O	ANSI EOS/ESD S 6.1	< 1.0 ohm AC Impedance	
Personnel Ground	6.2.2						
		Wrist Strap System			ESD S 1.1	< 35 X 10 ⁶ ohm ⁷	
		Seated Operations	R	R			
		Standing Operations	O	O			
		Flooring – Footwear System	O	O	ESD STM 97.1 or ESD STM 97.2	< 35 X 10 ⁶ ohm ⁶ or < 100 Volts ⁶	
Protected Area	6.2.3						
		Work Surface	O	O	ESD S 4.1	< 1 X 10 ⁹ ohm	
					ESD STM4.2	< 200 Volts ⁶	
			Wrist Strap Cord	O	O	ESD S 1.1	0.8 X 10 ⁶ to 1.2 X 10 ⁶ ohm
			Footwear	O	O	ESD S 9.1	< 1 X 10 ⁹ ohm ⁷
			Flooring	O	O	ANSI ESD S 7.1	< 1 X 10 ⁹ ohm ⁷
			Seating	O	O	ESD STM 12.1	< 1 X 10 ⁹ ohm ⁷
			Ionization (other than room systems)	O	O	ANSI EOS/ESD S 3.1	< ±50 Volts Voltage Offset ⁶
			Ionization (room systems)	O	O	ANSI EOS/ESD S 3.1	< ±150 Volts Voltage Offset ⁵
			Shelving	O	O	ESD ADV 53.1	< 1 X 10 ⁹ ohm ⁷
			Mobile Equipment	O	O		< 1 X 10 ⁹ ohm ⁶
			Continuous Monitors	O	O	Manufacturer Specification	N/A

Technical Requirement	Reference Paragraph	Implementing Process or Method	Area 1 Mfg.	Area 2 Field	Test Method, Standard or Advisory	Recommended Range ⁵
		Signs	R	O	N/A	
	6.2.4	ESDS Item Packaging	R	R	See ESD Packaging Technical Requirement	N/A
	6.2.6	Equipment			ESD ADV 2.0	
	6.2.6.1	AC Powered Tools	O	O	ESD DS 13.1	< 1.0 ohm ⁶
	6.2.6.2	Battery Powered and Pneumatic Hand Tools	O	O		< 1 X 10 ¹² ohms ⁶
	6.2.6.3	Automated Handlers	O	O	ESD DSP 10.1	
		Garment	O	O	ESD STM 2.1	1 X 10 ⁵ to 1x10 ¹¹ ohms
		Protective Material Marking	O	O	ESD S8.1	
		Humidity	O	O	N/A	> 30% Rh < 70% ⁶
ESD Packaging	6.2.4					
		Conductive	O	O	EOS/ESD S11.11	< 1 X 10 ⁴ ohms
		Dissipative	O	O	EOS/ESD S11.11 ESD DS11.12	≥ 1 X 10 ⁴ to < 1 X 10 ¹¹ ohms
		Shielding	O	O	ESD S11.31	< 50 nJ ⁶
		Low Charging	O	O	ESD ADV 11.2	
		Protective Material Marking	O	O	EOS/ESD S8.1	

R-Required implementing process or method
O- Optional implementing process or method

ESDS Component Sensitivity Classification - Human Body Model
(Per ESD STM5.1-1998)

Class	Voltage Range
Class 0	<250 volts
Class 1A	250 volts to < 500 volts
Class 1B	500 volts to < 1,000 volts
Class 1C	1000 volts to < 2,000 volts
Class 2	2000 volts to < 4,000 volts
Class 3A	4000 volts to < 8000 volts
Class 3B	>=8000 volts

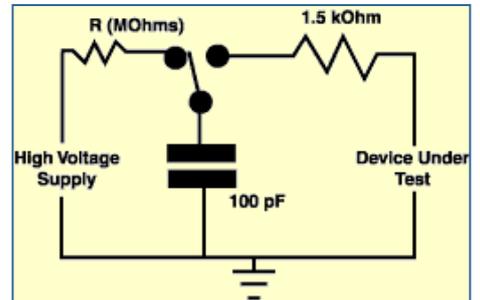


Table 2
ESDS Component Sensitivity Classification - Machine Model
(Per ESD-S5.2-1999)

Class	Voltage Range
Class M1	<100 volts
Class M2	100 volts to <200 volts
Class M3	200 volts to <400 volts
Class M4	> or = 400 volts

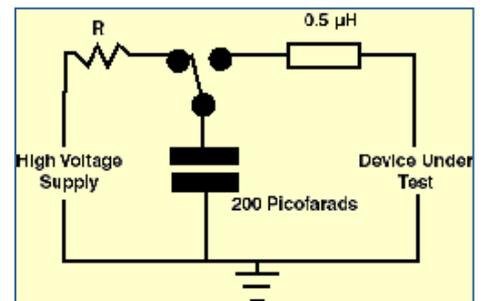
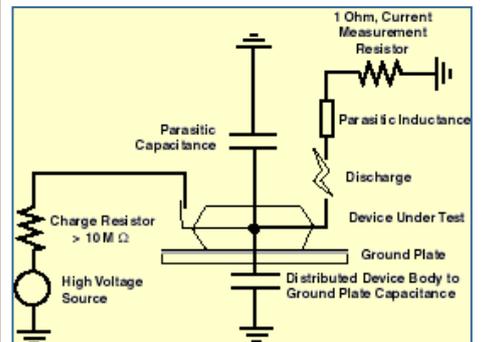
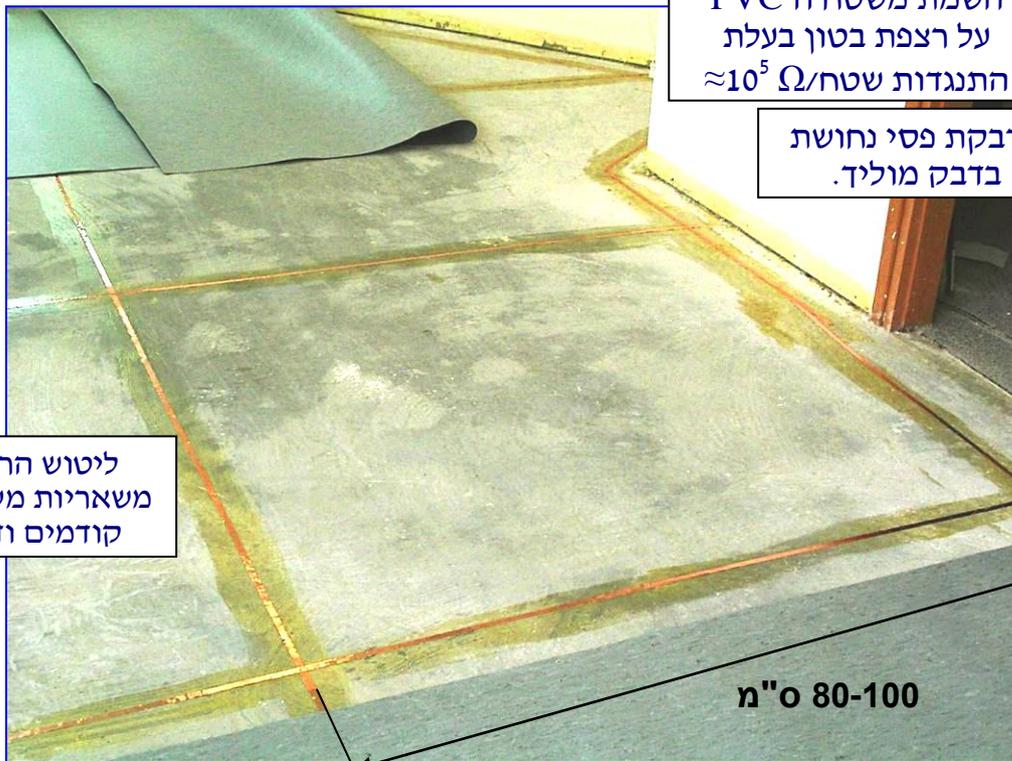


Table 3
ESDS Component Sensitivity Classification - Charged Device Model
(Per ESD-DS5.3-1999)

Class	Voltage Range
Class C1	<125 volts
Class C2	125 volts to < 250 volts
Class C3	250 volts to < 500 volts
Class C4	500 volts to < 1,000 volts
Class C5	1,000 volts to < 1,500 volts
Class C6	1,500 volts to <2,000 volts
Class C7	=>2,000 volts



**חומר עזר - התקנת חיפוי רצפה PVC
משטחים מפזרי מטענים**



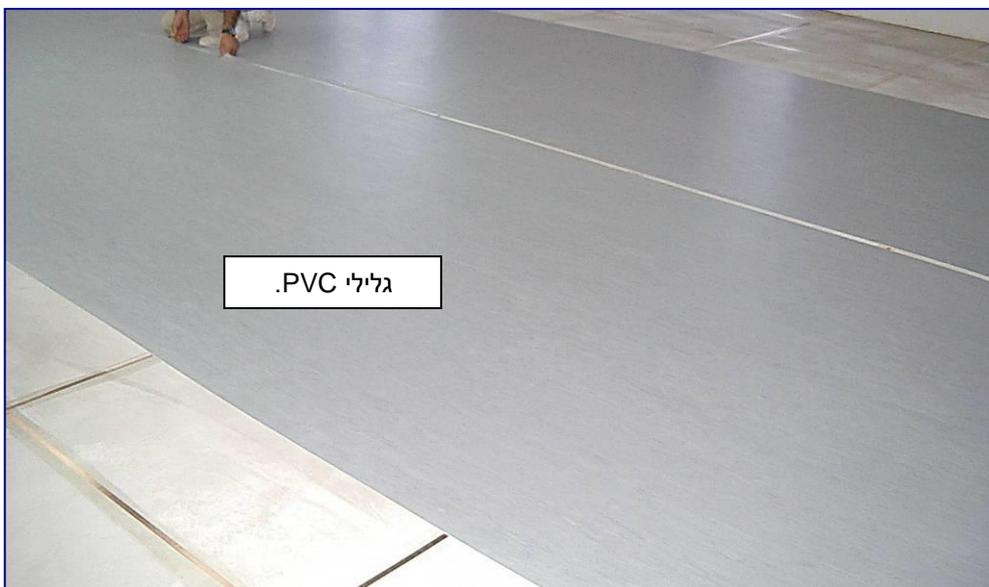
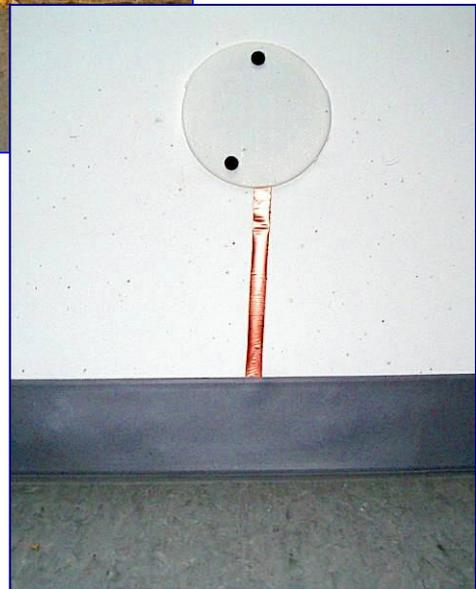
השמת משטח ה PVC
על רצפת בטון בעלת
התנגדות שטח/Ω $\approx 10^5$

הדבקת פסי נחושת
בדבק מוליך.

ליטוש הרצפה
משאריות משטחים
קודמים ודבק.

80-100 ס"מ





שם העובד: _____

תאריך: _____

**מניעת נזקי חשמל סטטי.
שאלון משוב**

1. **בעבודה בסביבת רכיבים אלקטרוניים רגישים:**
 - א. אני שומר בדרך כלל מרחק של כ 30 ס"מ מהרכיבים. לא נדרשים כללי בקרה נוספים.
 - ב. אני לובש חלוק אנטי סטטי ועונד רצועת יד או רצועת רגל או נועל נעל א. סטטי.
 - ג. 2 התשובות נכונות.
 - ד. 2 התשובות לא נכונות.
2. **חשמל סטטי:**
 - א. נוצר בדרך כלל עקב חיכוך חומרים מוליכים.
 - ב. נוצר בדרך כלל עקב חיכוך חומרים מבודדים.
 - ג. קיים בדרך כלל באוויר ובחומרים עצמם.
 - ד. כל התשובות לא נכונות.
3. **השפעת העובד:**
 - א. נזקי חשמל סטטי נגרמים בדרך כלל במעבר ישיר (נגיעה) מגוף האדם.
 - ב. הליכה רגילה על משטח מבודד גורמת לטעינת גוף האדם.
 - ג. גוף האדם עלול להיטען במטעני חשמל סטטי של עד 50000 וולט.
 - ד. כל התשובות נכונות.
4. **תנאי סביבה באזור המבוקר:**
 - א. בלחות יחסית גבוהה – השפעת הפריקה האלקטרו סטטית גבוהה (חשש גבוה לנזק).
 - ב. בלחות יחסית נמוכה – השפעת הפריקה האלקטרו סטטית נמוכה. (חשש נמוך לנזק).
 - ג. אין חשיבות לרמת הלחות היחסית.
 - ד. כל התשובות לא נכונות.
5. **בעמדת עבודה מבוקרת למניעת נזקי חשמל סטטי:**
 - א. מותרת הכנסת שקיות ומוצרי פלסטיק.
 - ב. מותר שימוש בשקיות ומוצרי פלסטיק שכבר היו במקום.
 - ג. אסור שימוש בשקיות ומוצרי פלסטיק.
 - ד. כל התשובות לא נכונות.
6. **בעבודה בישיבה (לעומת עבודה בעמידה) בעמדת עבודה מבוקרת:**
 - א. אני אמור לענות רצועת יד מחוברת להארקה תקנית.
 - ב. אני נועל נעל א. סטטית לכן לא נדרשת ענידת רצועת יד.
 - ג. אני לובש חלוק א. סטטי לכן לא נדרשת ענידת רצועת יד.
 - ד. כל התשובות נכונות.