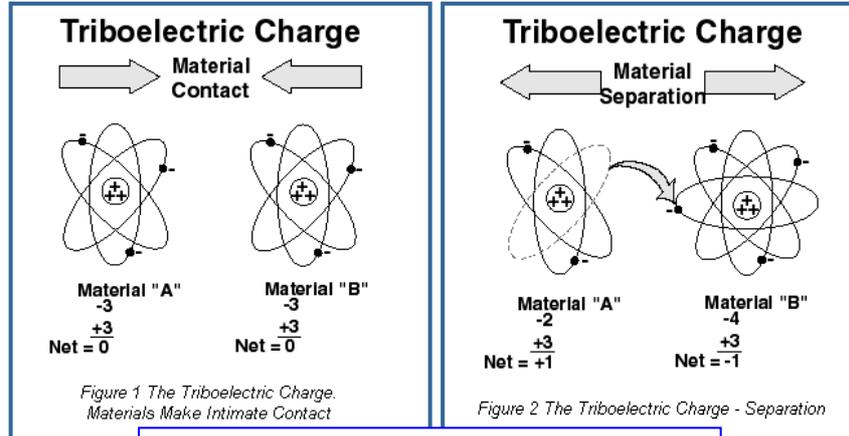


כמה מילים על חשמל סטטי.
למה חשובה הדרכה בנושא פריקה אלקטרו סטטית (ESD).

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 האלקטרו סטטית 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 אלקטרו סטטית (ESD) משפיעה במיוחד על חצאי מוליכים ורכיבים אלקטרוניים אחרים המשמשים בסביבות טכנולוגיות מתקדמות ומשבשת תפקודם. (התכה ואידוי מיקרו מוליכים במעגלים מודפסים ושבבים, פריצת בידוד בין רכיבים, מחיקת זכרונות ופגיעה בתשדורות מידע דיגיטיים).

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:

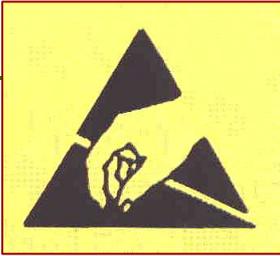
- מצגת מחשב של כ שעה וחצי עד שעתיים.
- סיור באולמות הייצור במשך כשעה כדי לכוון עובדים ומנהלים לליקויי מניעת נזקי חשמל סטטי במקום. הצוות שישתתף בסיור יקבע על ידי הלקוח.

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



רק איכות

מניעת נזקי חשמל סטטי: תוכנית ההשתלמות



רקע כללי:

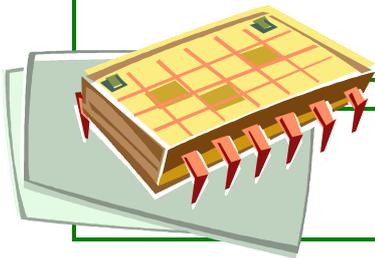
- מהו חשמל סטטי?
- מהו ציוד רגיש לפריקה אלקטרו סטטית?
- תכונות של חומרים.
- השפעת הלחות היחסית.
- דוגמאות לנזק ברכיבים.

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.
- מתווים (מודלים) לבדיקת רגישות רכיבים: מתווה גוף האדם, מתווה המכונה, מתווה רכיב טעון.
- היבטי איכות במערכות אלקטרוניות.
- הטבלה הטריבוואלקטרית. (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 רגישי ESD בתהליך הייצור.

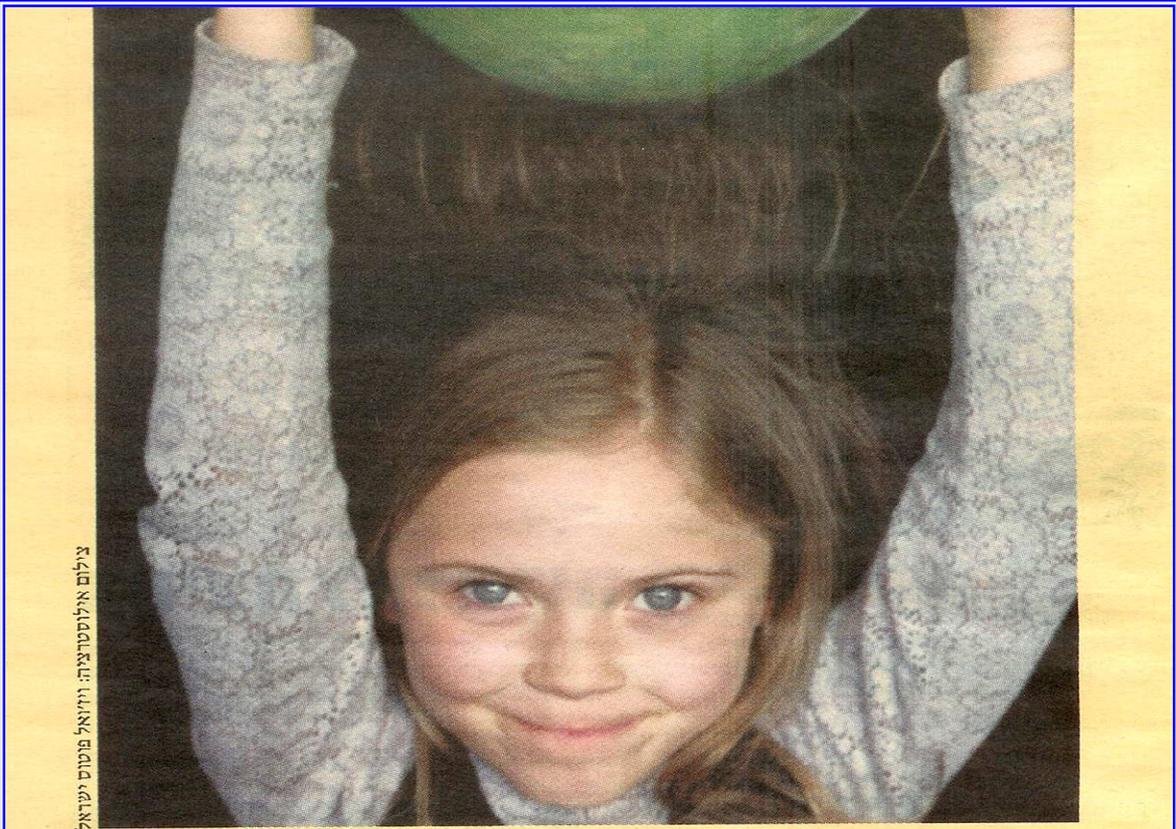
השפעת תנאי הסביבה על אורך חיי הרכיבים:

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



אינטרנט....

- סקירת מבחר אתרי אינטרנט מעניינים.



צילום אילוסטרציה. ויזואל מיטוס ישראלי

חשמל סטטי

והמטען של האטום כולו חיובי. אם יש אלקטרון עודף, המטען של האטום כולו הוא שלילי.

כאשר שני חומרים מתחככים זה בזה, ייתכן שאלקטרונים יקפצו מזה לזה – וכך בחומר אחד נוצר מטען שלילי, ואילו בחומר השני יהיה מטען חיובי. חוסר האיזון הזה הוא למעשה החשמל הסטטי, ויצירתו תלויה בחומרים עצמם: יש כאלה בעלי נטייה גבוהה יותר מאחרים לאבד או לקלוט אלקטרונים. כך, למשל, שפשוף של זכוכית בסוגי פלסטיק מסיימים יוצר חשמל סטטי בקלות, וגם חיכוך של צמר טבעי בבורים סינתטיים. הנטייה הזאת מכונה "אפקט טריבואלקטרי", וזוג חומרים היוצרים חשמל סטטי חזק מכונים "צמד טריבואלקטרי".

כאשר אנחנו נוגעים בחומר הטעון חשמל סטטי, יש למטען צורך להיפלט – ואת זאת הוא עושה עליידי זרימה דרכנו אל הארמה, הארקה. במקרה כזה אנחנו עלולים לקבל מכת חשמל. ככל ששטח המגע בינינו לבין החומר קטן יותר, כך יותר חשמל עובר בנקודה קטנה וגורם כאבים. אפי שר, אגב, לצמצם את הכאב עליידי הגרדת שטח המגע: אם אתם יוצאים מרכב והוששים ממכת חשמל, כדאי לגעת בפח הרכב בכל כף היד, ולא רק בצבע. מצד שני, עדיף לא לגעת בו בכלל.

גורם נוסף שמשפיע על החשמל הסטטי הוא מזג האוויר. מים מוליכים חשמל היטב, ולכן מזג אוויר לח מאפשר לחומר להתאזן בחזרה במהירות, ומונע הצטברות של חשמל סטטי רב. במזג אוויר יבש, לעומת זאת, הנטייה לחשמל סטטי הרבה יותר גבוהה.

אחת התכונות המעניינות של החשמל הסטטי היא הפיכתם של עצמים למדגנטיים. עצם הטעון בחשמל סטטי מושך אליו כמעט כל דבר. המשיכה אינה חזקה, אבל היא משפיעה על חלקיקי אבק, נוצות או פיסות נייר קטנות. זאת הסיבה שמסכי טלוויזיה מתכסים במהירות בשכבת אבק: תותח האלקטרונים שבמסך מפגיז את חלקו הקדמי באלקטרונים והופך אותו לבעל מטען סטטי שלילי, המושך אליו את האבק. למידע נוסף על החשמל סטטי בקרו בכתובת: <http://science.howstuffworks.com/vdg1.htm>

כאשר מעבירים את היד ליד מסך הטלוויזיה מרגישים תחושה נעימה. אבל לעתים, כאשר אנחנו נוגעים באדם או במכונת חוטפים זרם כואב ביד, זה הרבה פחות נחמד. שני המקרים הללו הם בעצם ביטוי שונה לאותה תופעה טבע מרתקת: החשמל הסטטי. התופעה הזאת, שנחשבת בדרך כלל בלתי מזיקה, דווקא מסוכנת מאוד עבור רכיבים אלקטרוניים מסויימים, כמו שבבי מחשב.

כדי ללמוד איך פועל החשמל הסטטי, חשוב להבין את הבסיס של עולם הפיזיקה: מבנה האטום. כידוע, כל חומר עשוי מאטומים הצמודים זה לזה במבנה מסודר (בחומר מוצק) או שנעים זה ליד זה באופן אקראי (בנוזל ובגז). כל אטום מורכב מגרעין ומאלקטרונים, הצפים סביבו במסלולים מסודרים. מבנה הגרעין ומספר האלקטרונים שונים בכל יסוד בטבע, והתנהגותם היא היוצרת או מונעת את היווצרות החשמל הסטטי.

האלקטרונים נושאים מטען חשמלי שלילי, ולגרעין האטום יש מטען חשמלי חיובי. בטבע, השלילי והחיובי מאזנים זה את זה. עם זאת, מסיבות שונות עשוי אטום לאבד אלקטרון או לצרף אחד עודף, ואז האיזון החשמלי מופר. אם חטר אלקטרון, המטען החיובי של הגרעין חזק יותר

חשמל זורם בכפות ידיו

סוגי פלסטיק ובר יוצרים חשמל סטטי בקלות כאשר הם מתחככים זה בזה, ולכן מייבש כביסה יוצר בכגדים מטען חזק שקל להרגישו. מי שממש "לא אוהב" חשמל סטטי הם רכיבים אלקטרוניים: שבבים עשויים להישרף כליל בגללו. אחת הסכנות הגדולות עבורם היא דווקא גוף האדם. גם בני האדם מוליכים חשמל, ואם אנחנו במדרים מהארמה, למשל באמצעות נעליים, נצבור מטען סטטי ונחשמל אנשים או אביזרים אחרים. זאת גם הסיבה שעובדים במפעלי אלקטרוניקה נוהגים לענווד רצועה מיוחדת על הניעל, המשחררת מהגוף חשמל סטטי ישירות לרצפה.

עקרונות



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 אלקטרוסטטיים 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 40% - 80%. שימוש במפזרי לחות או יוניזטורים כאשר הלחות היחסית נמוכה.

העובד:

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

אריזה שינוע ואחסנה:

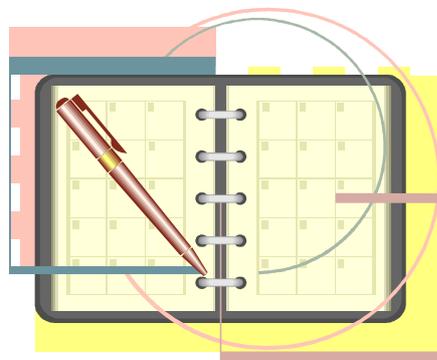
שימוש באריזות מסוככות. רכיבים המאוחסנים לתקופה ארוכה ישמרו בלחות יחסית נמוכה באריזה מסוככת לשמירת תקינות הרכיבים.

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.

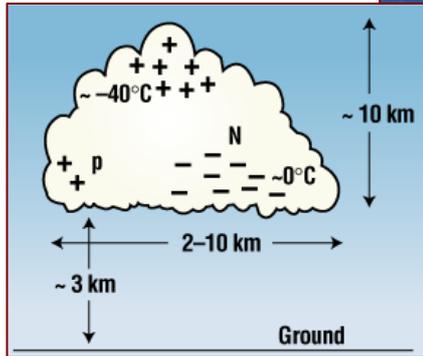
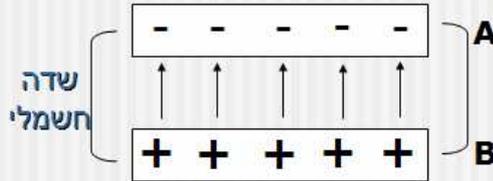
שילוט האזור המבוקר והגדרת כללי ההתנהגות במקום.



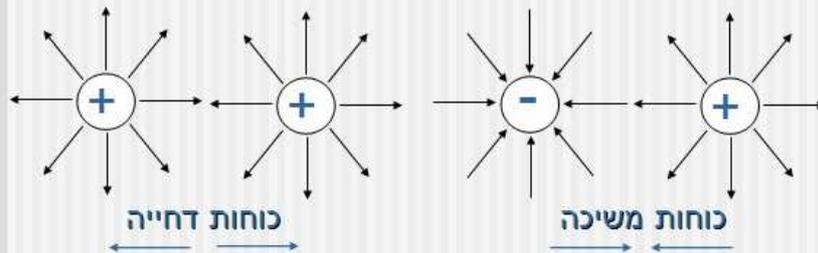
■ מהו חשמל סטטי?

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).

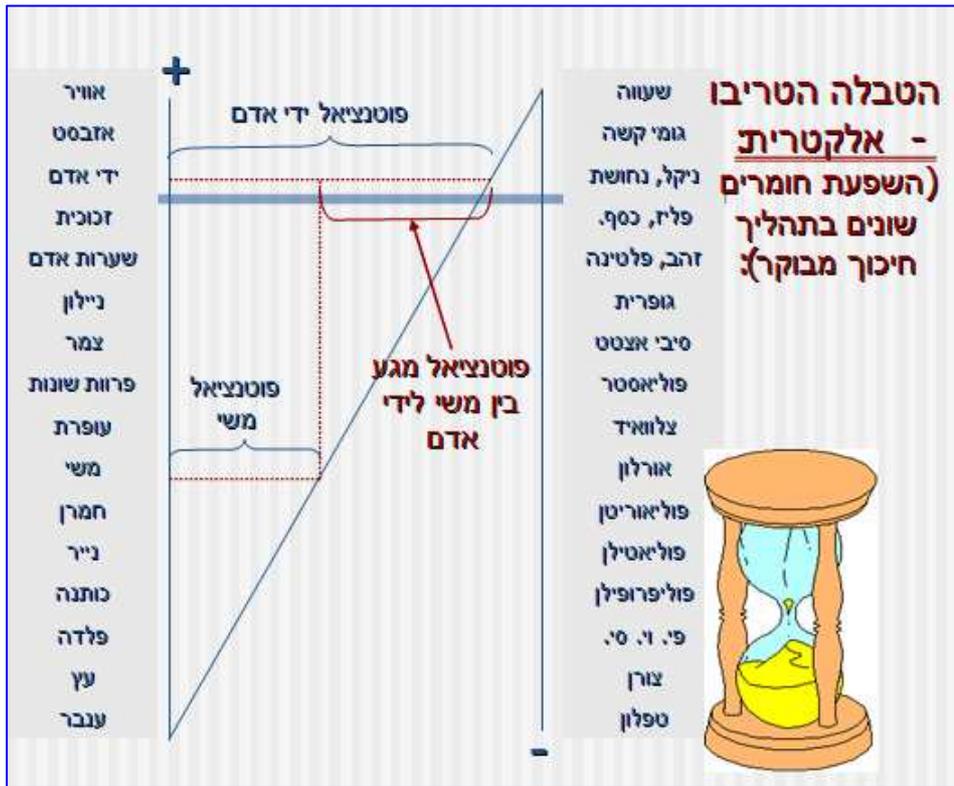


■ מטענים שווי סימן יוצרים כוחות דחייה, מטענים מנוגדים יוצרים כוחות משיכה:



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

בריק (ואקום): $K=9 \times 10^9 \text{ NM}$ מטען (קולון) Q R = מרחק בין המטענים



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 = (f) קיבול
 V = (v) מתח

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 ושליליים - יחזור.

התנגדות משטחים מפזרי מטענים:

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

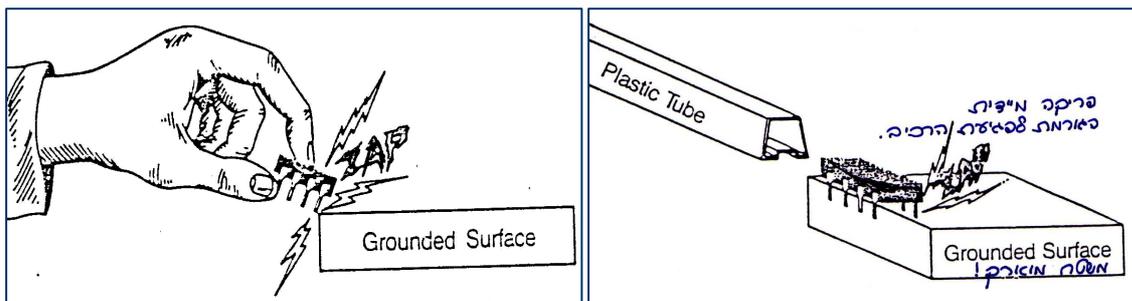
Resistance for ESD products is usually stated in exponents. Be aware that an increase of one exponent is actually 10 times more resistance.

**טבלת הדגמה להיווצרות מתחים אלקטרו סטטיים.
השפעת הלחות היחסית:**

65%-90%	10%-20%	
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 מבוקרים
למניעת נזקי חשמל סטטי.**

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



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

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

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

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

מניעת נזקי חשמל סטטי