

## פרויקט פיילוט באילטם למכלולים אלקטרוניים תואמי RoHS בתעשייה הישראלית

משה סלם, מנכ"ל  
אילטם, ת.ד. 50232, תל אביב 61500  
טל : 03-5118112, פקס : 03-5100622, [iltam@iltam.org](mailto:iltam@iltam.org)

### תקציר

אילטם – איגוד ישראלי לטכנולוגיות מתקדמות באלקטרוניקה מונה מעל 100 חברות מתעשיית ההי-טק בישראל. אילטם פועל בחסות תכנית מגנט, המדען הראשי במשרד התמי"ת.

כחלק מיעדי אילטם להאצת הטמעה של טכנולוגיות מתקדמות ועידוד שיתוף ידע בין חברי האיגוד, יזם אילטם פרויקט פיילוט להרכבה ובדיקה של מכלולים אלקטרוניים תואמי RoHS בתעשייה הישראלית.

הפרויקט הותנע בסוף שנת 2004 ומתוכנן להמשך עד סוף 2007.

המאמר סוקר את שלבי הפרויקט ואת תוצאות הביניים.

לצורך פרויקט זה התאגדו כ-20 חברות OEM, EMS ויצרני PCB מבין חברי אילטם.

בין החברות המשתתפות :

Actelis, Alvarion, BATM, Comverse, Creo-Kodak, Dekolink, Digitron, ECI, Elisra, Ezchip, Eltek, ELTA-IAI, Opgal, Orbotech, Polycom, RAD com, Radvision, Seabridge, TKS, Zicon.

יעדיו העיקריים של הפרויקט להעריך ולבחון את איכות ואמינות חיבורי הלחמה (Solder Joints) תואמי RoHS, להתנסות בהיבטים הייחודיים של הנדסת רכיבים, רכש ולוגיסטיקה במוצרים אמיתיים תואמי RoHS וליצור מסגרת לשיתוף מידע והפרייה הדדית בין החברות המשתתפות במהלך הפרויקט ובתוצאותיו.

כחלק מהפרויקט, כל חברת OEM בחרה כרטיס מוצר אופייני, רכשה מעגל מודפס ורכיבים תואמי RoHS, הרכיבה את הכרטיס וערכה לו בדיקות חשמליות ובדיקות אמינות.

הכרטיסים המורכבים נשלחו לבדיקות איכות במעבדות מוסמכות בחסות ובמימון אילטם.

במהלך הפרויקט מוצגים ומופצים דו"חות ומסקנות ביניים ובסיומו יופץ דו"ח מסכם למשתתפי הפרויקט ולכלל חברי אילטם והתעשייה.

### מבוא

הגבלות השימוש בחומרים מסוכנים בציוד חשמלי/אלקטרוני שיימכר למדינות האיחוד האירופי לפי חוק מחייבות היערכות טכנולוגית ולוגיסטית של החברות המפתחות ומייצרות מוצרי חשמל ואלקטרוניקה.

הדרישות מפורטות בדירקטיבה RoHS 2002/95/EC (Restriction of the use of certain Hazardous Substances) והעמידה בהן מחייבת החל מ-1 ליולי 2006.

הדירקטיבה מגבילה את השימוש בשישה חומרים – עופרת, כספית, קדמיום, כרומיום (שש ערכי) ושני מעכבי בעירה ומפרטת את הריכוזים המרביים המותרים.

הגדרת קטגוריות המוצרים עליהם חלה הדירקטיבה לקוחה מדירקטיבה אחרת WEEE Directive 2002/96/EC שעוסקת בדרישות לאיסוף ומיחזור פסולת מוצרי חשמל ואלקטרוניקה.

דירקטיבת RoHS מגבילה את השימוש בשישה חומרים – עופרת, כספית, קדמיום, כרומיום (שש ערכי) ושני מעכבי בעירה ומפרטת את הריכוזים המרביים המותרים.

בגוף הדירקטיבה ובנספחים מפורטים פטורים שונים החל מיישומים נקודתיים ועד סוגי מוצרים (Exemptions).

החומרים המוגבלים לשימוש וריכוזם המקסימלי :

1000 ppm => Pb – Lead  
1000 ppm => Hg – Mercury  
100 ppm => Cd – Cadmium

- 1000 ppm => Cr (VI) – Hexavalent Chromium
- 1000 ppm => PBB – PolyBrominated Biphenyls
- 1000 ppm => PBDE – PolyBrominated Diphenyl Ethers

תעשיית האלקטרוניקה עוברת שינויים משמעותיים כחלק מההכנות לעמידה בדירקטיבת RoHS של האיחוד האירופי שנכנסה לתוקף ב-1 ליוני 2006.

עיקר ההכנות מתמקד בנושאים הטכנולוגיים המורכבים שנגזרים מהמעבר לייצור מוצרי חשמל ואלקטרוניקה ללא עופרת (Lead Free) אשר מהווה בין השאר מרכיב חשוב ביותר בסגסוגות שמשמשות ליצירת חיבור חשמלי ומכני בין מרכיבים חשמליים ואלקטרוניים במשך עשרות שנים ולהגבלת השימוש בה השפעה רבה על רכיבים, מעגלים ומדפסים, חומרים ותהליכים.

### פרויקט אילטם

במסגרת יעדי אילטם להאצת היישום של טכנולוגיות מתקדמות בתעשייה ועידוד חילופי מידע בין חברי האיגוד על בסיס הדדיות, יזמה אילטם פרויקט פיילוט להרכבה ובדיקת מעגלים אלקטרוניים תואמים לעמידה בדרישות דירקטיבת RoHS בהשתתפות מספר מחבריה.

החברות המשתתפות בפרויקט נתרמו מסמינרים שערכה אילטם לכלל החברות בהשתתפות מומחים בינלאומיים ומהתעשייה המקומית.

בזכות הקשר שמקיימת אילטם עם ארגון Soldertec ניתנת האפשרות לחברות המעוניינות גישה למידע טכני ומנהלי רב ערך.

### 1. מטרת הפרויקט

התנסות בתהליכי רכש, ייצור, הרכבה ובדיקת כרטיסים תואמים לעמידה בדרישות דירקטיבת RoHS והעמקת הידע בנושא תוך שיתוף פעולה בין החברות המשתתפות.

### 2. הגדרת הבעיה

הגבלות השימוש בחומרים מסוכנים במוצרים חשמליים ואלקטרוניים שיימכרו במדינות האיחוד האירופי לפי חוק, מחייבת הערכות טכנולוגיות ולוגיסטיות של החברות המפתחות והמייצרות.

### 3. מסיגרת הפרויקט

לצורך פרויקט זה התאחדו בקבוצה חברות מפתחות ומייצרות (OEM), קבלניות משנה (EMS) ויצרניות מעגלים ומדפסים, הקבוצה מקיימת מפגשי מעקב ועדכון הדדים חודשיים. כל אחת מבין החברות המפתחות בקבוצה בחרה כרטיס אחד או שניים, הצטיידה במעגל מודפס וברכיבים תואמים לדרישות דירקטיבת RoHS, הרכיבה מספר כרטיסים עבורם בוצעו בדיקות ויזואליות וחשמליות. כל אחת מהחברות העבירה כרטיסים לבדיקות איכות ואמינות במעבדות חיצוניות בסיוע אילטם. הניסיון שנצבר ולקחי ביניים הוצגו לכלל חברי אילטם.

### 4. מאפייני מכלולים נבדקים (ב-4 חברות מתוך המשתתפות)

מאפיין	חברה 1	חברה 2	חברה 3	חברה 4
גודל מעגל (אינטש)	11.8 X 15.7	11 X 6.7	9 X 9	6 X 5.5
סוגי רכיבים קריטיים	BGA 0.8 mm, PQFP 0.5 mm 0402			
מספר רכיבים	3918	1813	2423	1084
גימור PCB	Immersion Silver, ENIG			
משחת הלחמה	SAC305	SAC387	SAC305	SAC305
חומר בסיס PCB	FR4 with Tg in the range of 150 to 180 deg. C			
מספר שכבות	16	12	12	8
עובי PCB	2.7 mm	1.6 mm	1.6 mm	1.6 mm
בשלות בטכנולוגית SnPb	Initial Series	Production	Initial Series	Production
כמות מורכבת	12	3	6	50
קו הרכבה	EMS	Internal	EMS	Internal

## 5. תרומת הפרויקט לחברות המשתתפות ולכלל התעשייה

החברות המשתתפות נתרמו בהאצת הטמעת הטכנולוגיה ע"י חילופי ידע ומידע. מפגשי הקבוצה מהווים בסיס לשיתופי פעולה בין החברות ומאפשרים נגישות למידע ממקורות מובילים (קונסורציומים ומומחים מהתעשייה). אילטס סייעה לחברות המשתתפות במימון בדיקות איכות ואמינות במעבדות מובילות (כולל בטכניון).

משתתפי הפרויקט מהווים מוקד ידע לכלל התעשייה בארץ, הידע והניסיון שנצברים בפרויקט מופצים לכלל החברות באמצעות מפגשים ודוחות.

### הישגים

העלאת מודעות החברות לצורך להיערך לעמידה בדירקטיבת RoHS.

האצת ההטמעה ע"י שיתופי פעולה ומידע בין כלל משתתפי התכנית ובנוסף עם גורמים חיצוניים בארץ ובחו"ל – מעבדות, פורומים וקונסורציומים).

גיבוש והטמעה בפועל של תהליכים לוגיסטיים וטכנולוגיים בחברות.

השלמת הרכבה ובדיקות ב-6 חברות ושילוב תכניות עבודה של חברות נוספות בפרויקט.

## 6. פעילויות המשך

לצורך הרחבת בסיס הידע ימשך איסוף וניתוח הידע והניסיון המצטברים בחברות נוספות בשלבי הטמעת הטכנולוגיה ובייצור סידרת.

התנסות בטכנולוגית הרכבה מעורבת של רכיבים ללא עופרת ומכילי עופרת חיונית לחברות שבמוצריהן מותר כיום להשתמש בהלחמה בסגסוגת בדיל עופרת ולחברות שמוצריהן מיועדים ליישומים קריטיים כמו תעופה, חלל ותשתיות תקשורת והן נאלצות להתמודד עם קשיים בזמינות רכיבים בטכנולוגית בדיל עופרת.

## 7. לקחים ומסקנות

### 7.1. בשלות טכנולוגית

מבדיקות שבוצעו ע"י החברות המשתתפות ועל בסיס ניסיון מצטבר שבחנו, ניתן לפתח ולייצר מוצרים אזרחיים / תעשייתיים תואמי RoHS כולל הגבלת השימוש בעופרת.

בדיקות איכות ואמינות שבוצעו להרכבות שכוללות רכיבים בעלי חיבורים ללא עופרת ומשחת הלחמה ללא עופרת מסוג SAC לא הראו היקפים שונים של כשלים משל הידוע בסגסוגות בדיל עופרת – SnPb. בדיקות האיכות מצביעות על תאימות ל-IPC Class II כנדרש

הערה: מודל האמינות של חיבור הלחמה מבוסס סגסוגת SAC אינו ידוע עדיין ולא ניתן לחזות את אורך החיים שלו בהשוואה לידע והניסיון הרבים על חיבור הלחמה מבוסס סגסוגת בדיל עופרת – SnPb.

### 7.2. מינהלה

הנהלת החברה נדרשת לקבוע מדיניות (בהתאמה לשוקי היעד, דרישות לקוחות וקטגוריות מוצרים). תהליכי הטמעת פיתוח וייצור מוצרים תואמי RoHS בחברה יתבצעו ע"י צוות רב תחומי בגיבוי הנהלה בכירה. בתהליכים מעורבים כל אגפי הארגון: הנהלה, שיווק, מחלקה משפטית, פיתוח, הנדסה, איכות, רכש ולוגיסטיקה, ייצור ועוד.

### 7.3. הנדסה

נדרש איסוף מידע מספקים ויצרנים (Material Declaration). נדרש עדכון קטלוג מפעלי.

נדרש עדכון מפרטים בשרטוטי PCB, כבלים זוויד ופלסטיקה. נדרשות ספריות פדים מתאימות (עריכת PCB) – עדכון במידת הצורך.

### 7.4. רכש ולוגיסטיקה

נדרש לקבוע מדיניות קיטלוג ורכש.

נדרשות התאמות במערכות ניהול המידע (ERP, PDM).  
נדרשים עדכוני BOM קיימים / הקמת BOM חדשים.  
נדרשת הפרדה פיזית וסימון ברור של חומרים ורכיבים תואמים ושאינם תואמים.  
להוסיף דרישת תאימות ל-RoHS להזמנות במידת הצורך.  
מודעות לבעיות זמינות רכיבי BGA בגירסת בדיל עופרת – "תאימות אחורה".  
מודעות לבעיות זמינות של רכיבים מתיישנים תואמי RoHS - "תאימות קדימה".

#### 7.5. ייצור

ניתן לייצר בקווי ייצור קיימים, נדרש שידרוג של חלק מהציוד (לדוגמא – הלחמת גל)  
הלחמות בסגסוגת SAC מבריקות מהצפוי  
הגדלת/השארת % פתיחה במסכת הדפסה (Solder Paste Stencil)  
נדרש סימון הרכבות לצורכי תחזוקה עתידיים (תיקון החזרי שדה)  
נדרש סימון ברור לרכיבים / חומרים / עמדות עבודה / ציוד בתהליך.  
הכשרת עובדי הלחמה בתיקונים והלחמה ידנית, נדרש ציוד מתאים, חימום ראשוני, הלחמה ידנית ארוכה יותר  
וראשי הלחמה מתכלים מהר יותר.  
הכשרת מבקרי איכות בקריטריוני קבלה/דחייה (כולל IPC-610-D)  
נדרשת היערכות לטיפול בירידת MSL לרכיבים ול-PCB עם גימורים אלטרנטיבים (אורך חיי מדף, רגישות  
לתנאי סביבה).