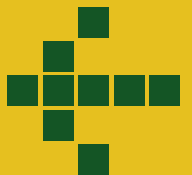




10 נקודות חשובות בתכנון מעגל לייצוריות

תכנון נכון של הכרטיס האלקטרוני לייצוריות מסייע בהפחתת עלות הייצור וההרכבה, קיצור זמן היציאה לשוק ושיפור תנובת הייצור



ליניארית אלא אקספוננציאלית. עלות יישום שינוי הנדסי זה או אחר מהווה פקטור שונה לחלוטין על חלון הזמן כתלות במועד יישום השינוי. שינוי שמבוצע במהלך העריי כה עולה פי 10 פחות מאשר אם הוא מיושם לאחר ייצור הכרטיס ופי 100 פחות אם הוא מיושם לאחר ההרכבה (דיאגרמה 2).

השינויים ההנדסיים מחולקים לשניים, הראשון שינויים לטובת שיפור ביצועי המוצר מבחינת פונקציונאליות, והשני שי-

לביצע בחינה של התחנות המרכזיות במחזור חיי המוצר האלקטרוני משלב הרעיון ועד הגעתו למדף המכירה. חלק ניכר ממחזור זמן זה מיוחס לשלב התכנון וייצור הכרטיס האלקטרוני. חסכון בזמן בשלב זה יאפשר לקצר את כל משך מחזור חיי ייצור המוצר, ובסופו של יום להשיג רווחיות גבוהה יותר עבור החברה (דיאגרמה 1). במאמר זה אסקור 10 נקודות של תכנון נכון של כרטיס אלקטרוני לייצוריות. עמידה בנקודות אלו,

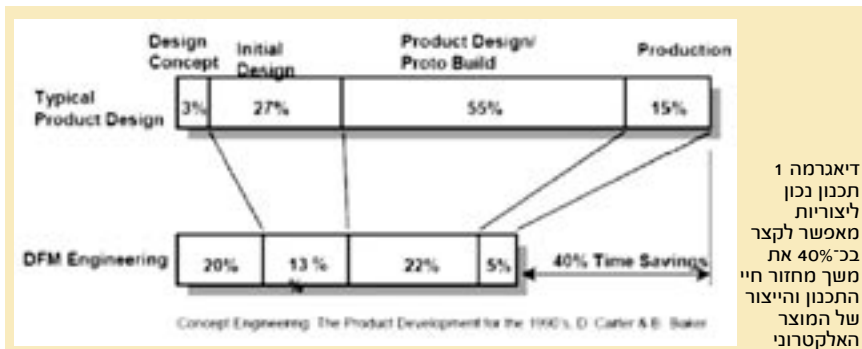
< ארבל ניסן, ניסטק

ת כנון ועריכת מעגל אלקטרוני בצורה נכונה ליצוריות, מקצרת את זמן היציאה לשוק, מפחיתה את עלויות ייצור המעגל ומשפרת את תנובת הייצור (Yield).

איך עושים זאת? בעזרת חשיבה נכונה במהלך תכנון ועריכת המעגל החשמלי על כל תחנות הייצור וההרכבה של הכרטיס. במילים אחרות, לעשות את הדבר הנכון, נכון, בפעם הראשונה.

המצב הכלכלי בכלל, והמצב בשוק ההיי טק בפרט מדגישים עוד יותר את הצורך בהוזלת ייצור המוצר האלקטרוני ובקיצור זמן יציאת המוצר לשוק.

המנצחים הגדולים בעולם הטכנולוגי התחרותי של היום הם החברות אשר יוכלו להביא ללקוח שלהם מוצר/שירות חדשני, תחרותי במחיר ובעל ערך לפני המתחרה. לחברה שמשגינה זמן יציאה לשוק מהיר יותר ובעקבות כך עוקפת את המתחרה במרוץ החשוב הזה, יש מספר יתרונות מרכזיים. מחזור חיי המכירות של המוצר מתארך, מושג חסכון בעלויות הפיתוח וכן נוצרת אפשרות להגיב מהר יותר לדרישת הלקוחות ולתמחור המוצר בצורה גמישה. כדי להשיג זמן יציאה לשוק מהיר, נדרש



נויים כתוצאה מאילוץ ייצור והרכבה. את השינוי הראשון קשה יותר למנוע, ניתן אולי למזער אותו אך הוא כפוף לבקשת הלקוח ולדרישות השוק הדינאמיות שעל ליהן אין לעיתים שליטה. מאידך, את השינויים ההנדסיים הנובעים מאילוץ הייצור וההרכבה ניתן בהחלט למנוע וחובה לבצעם

תאפשר לקצר את משך שלב התכנון וייצור הכרטיס האלקטרוני ובכך להביא לתוצאות טובות יותר עבור הארגון. כידוע, כל תהליך תכנון וייצור מוצר אל-קטרוני כרוך בשינויים והתאמות רבות. מחד קרים מצביעים כי שינויים במהלך הפרויקט אינם משפיעים על מחזור חיי המוצר בצורה

אשר ישמשו לתפיסת הכרטיס במסועים. בלתי אפשרית. במעגלים בעלי צורות שאינן מעגלים בעלי צורות שאינן סימטריות מקשים על תהליכי הרכבת המעגל. במקר

וחובה לבצעם עוד בשלב התכנון. כדי ליישם עוד בשלב עריכת המעגל שינוי ייצורי על עורך המעגל להכיר ולהבין היטב את טכנולוגיות ייצור והרכבת הכרטיס, שיטות העבודה, וכן את יכולות ומגבלות המכונות האוטומטיות בקו הייצור. יתרה מכך, כדאי לעבוד בצמוד עם היצרן כבר בתחילת עריכת הכרטיס כדי לוודא שהכרטיס יהא מוכן בצורה אופטימאלית לייצור ללא תקלות.

מומחיות המהנדס בקשר לתכנון המעגל לייצור נמדדת ביכולתו להכיר היטב ול"עומק את תהליכי הייצור, מתוך כך לזהות את הנקודות הקריטיות של הכרטיס בשלבים אלו ולאחר מכן ליישם פעולות תכנון מתאימות אשר יאפשרו ייצור יעיל, מהיר ואיכותי.

דיאגרמה 2 - עלות ביצוע שינויים הבדסיים במהלך חיי הפרויקט

1. גודל כרטיס

חומרי הגלם לייצור הכרטיס האלקטרוני מגיעים בתצורה של פלטות בגדלים קבועים. יצרן ה-PCB חותך את פלטות חומר הגלם בהתאם למידות הכרטיס המיועד לייצור. ככל שהיצרן מנצל יותר את חומר הגלם כך עלות הכרטיס תהיה נמוכה יותר. לדוגמ: מרבית היצרנים עובדים עם חומר גלם במידות של 18" על 24". דיאגרמה 3 מדגימה איך שינוי של 0.2" באורך הכרטיס מביא להוזלת עלות ייצור הכרטיס ב-50%. מומלץ להתייעץ עם יצרן ה-PCB כדי לבדוק באילו מידות חומרי גלם הוא משתמש וכיצד ניתן לנצל בצורה מקסימאלית מידות אלו.

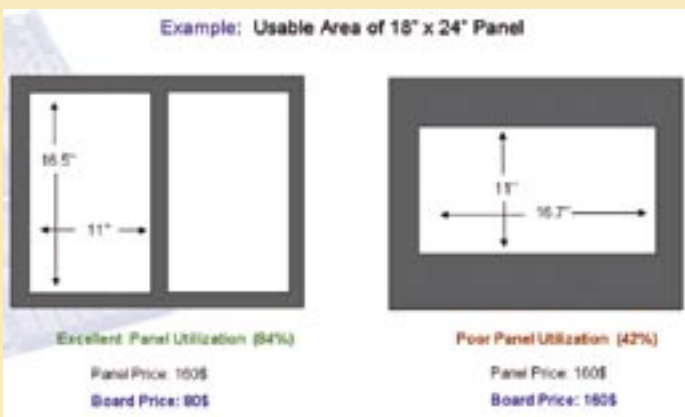
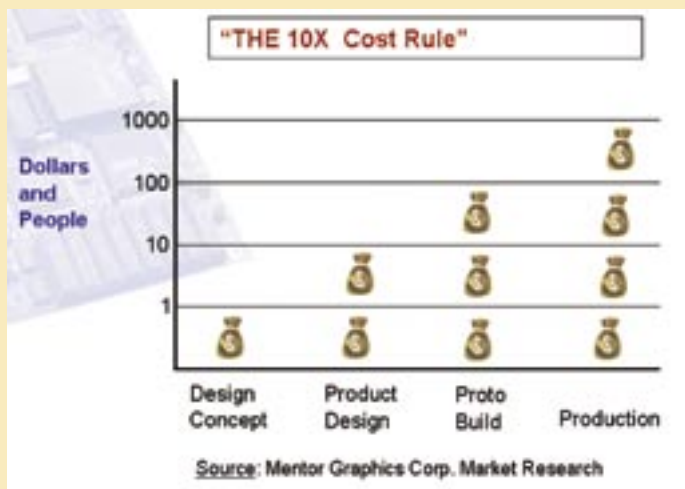
בנקודה זו יש גם לציין כי למכונות האוטומטיות המשמשות לייצור והרכבת המעגל קיימות מגבלות פיזיות של מידות כרטיס איתן הן יכולות להתמודד. לדוגמ מכונות הרכבה בטכנולוגיית SMT, מסוגלות להרכיב כרטיס באורך של בין 508-60 מ"מ ורוחב בין 450-60 מ"מ.

2. תכנון כרטיס מלבני

בכל תכנון כרטיס אלקטרוני נדרש לחשוב על תהליך הייצור, המטרה היא להתאים את המעגל האלקטרוני לפס הייצור עד כמה שניתן. במכונות קו הייצור קיימים מסועים אשר עליהם משונע הכרטיס במהלך הע"בודה. יש להקפיד כי הכרטיס "יישב" על המסועים בצורה יציבה וישמור על קשיחות מינימלית. כדי לאפשר חוזק מכני לכרטיס, יש לתכנן כרטיס סימטרי מלבני כאשר אורך הכרטיס גדול מרוחבו. כאשר רוחב הכרטיס גדול יותר מאורכו, יציבות הכרטיס בקו הייצור נפגמת. הלחץ המופעל על מרכז הכרטיס גבוה, ויכול לגרום לכיפוף הכרטיס במרכזו. יש לאפשר גם שוליים לכרטיס בעלי איזור נקי מרכיבים במרחק של 3 מ"מ,

דיאגרמה 3 - ניצול אופטימלי של חומר הגלם מאפשר להוזיל את עלויות הייצור

דיאגרמה 4 - תכנון כרטיס מלבני סימטרי מאפשר הרכבה נוחה ואמינה יותר בכס



Alternative	Impact
Rectangular board	No additional costs are required.
Notched board with break-away	Additional labor costs required to remove pre-routed break-away material after board assembly. Note: A V-groove or sheer line needs to be continuous from panel edge to panel edge.
Irregular shaped board with assembly fixtures	Additional costs for assembly and breakaway fixtures and maintenance. Additional labor costs for loading and unloading fixtures. Added cost of spot mask and tape. Increased defect rate due to additional handling. See note above.

4. השלמה זו תוסר במהלך הייצור לפני שליחת הכרטיס ללקוח.

3. תכנון פנליזציה

תכנון פנליזציה יכול להוזיל משמעותית את תהליך ייצור הכרטיס האלקטרוני. תכנון הפנל מאפשר מחד לשמור על מידת הכרטיס הגרמי ומאידך לנצל בצורה <

רים אלו, יציבות הכרטיס בקו הייצור אינה גבוהה ולכן אמינות ודיוק השמת הרכיבים/מריחת הבדיל יהיו נמוכים. יתרה מכך, במהלך מחזור חיי הייצור של הכרטיס הוא לעיתים עובר דרך מכונות בהם נדרש לבצע ואקום לכרטיס (לדוגמ מכונת בדיקה חשמ"לית - ICT). ביצוע ואקום לכרטיס שאינו בתצורה סימטרית - זו משימה מורכבת עד

הגנרי. פעולה זו מאפשרת לנצל בצורה טובה יותר את מכוונת הייצור ובכך להוזיל את עלות העבודה. החיסכון הוא משמעותי יותר כאשר מדובר על הרכבות בסדרות גדולות. העבודה עם פנל בעל מספר כרטיסים מייעלת גם את העבודה הידנית על הכרטיס, כגון ההלחמות ידניות, הבדיקה היוזואלית כך שבמחזור בדיקות בודד של פנל נבדקים מספר כרטיסים. אלמנט שראוי לבחון בתכנון פנל היא רמת הדיוק בייצור הפנל. בפנלים ארוכים רמת הדיוק (Tolerance) של הכרטיס הבודד, מוכפלת לכל הכרטיסים לאורך הפנל וגוררת תזוזה הולכת וגדלה בפדים. סטייה זו, המורגשת בעיקר בכרטיסים הממוקמים בסוף הפנל, יכולה לפגום בדיוק העבודה על הכרטיס בתחנות הייצור, לדוג' במריחת הבדיל. בפנל בעל אורך או רוחב של מעל "12, התזוזה המצרפית יכולה להגיע ל "0.003, זו תזוזה גדולה מידי אם רוצים להרכיב רכיב עם Pitch של "0.02 ב-Yield גבוה. תכנון פנל בצורה נכונה חייב להביא

מעגלים בעלי צורות שאינן סימטריות מקשים על תהליכי הרכבת המעגל. במקרים אלו, יציבות הכרטיס בקו הייצור אינה גבוהה ולכן אמינות ודיוק השמת הרכיבים/מריחת הבדיל יהיו נמוכים. יתרה מכך, במהלך מחזור חיי הייצור של הכרטיס הוא לעיתים עובר דרך מכוונת בהם נדרש לבצע ואקום לכרטיס (לדוג' מכוונת בדיקה חשמי

שיטת ה-VCUT עדיפה על שיטת Break-Away Tabs מכמה סיבות: מהירות הפרדה, אמינות גבוהה, התעסקות ידנית מינימלית, ועלות נמוכה

לית (ICT -). ביצוע ואקום לכרטיס שאינו בתצורה סימטרית - זו משימה מורכבת עד

< עוד בשלב התכנון. כדי ליישם עוד בשלב עריכת המעגל שינוי ייצורי על עורך המעגל להכיר ולהבין היטב את טכנולוגיות ייצור והרכבת הכרטיס, שיטות העבודה, וכן את יכולות ומגבלות המכוונת האוטומטית טיות בקו הייצור. יתרה מכך, כדאי לעבוד בצמוד עם היצרן כבר בתחילת עריכת הכרטיס כדי לוודא שהכרטיס יהא מוכן בצורה אופטימאלית לייצור ללא תקלות.

מומחיות המהנדס בקשר לתכנון המעגל לייצור נמדדת ביכולתו להכיר היטב ול- עומק את תהליכי הייצור, מתוך כך לזהות את הנקודות הקריטיות של הכרטיס בש- לבים אלו ולאחר מכן ליישם פעולות תכנון מתאימות אשר יאפשרו ייצור יעיל, מהיר ואיכותי.

1. גודל כרטיס

חומרי הגלם לייצור הכרטיס האלקטרוני מגיעים בתצורה של פלטות בגדלים קבועים. יצרן ה-PCB חותך את פלטות חומר הגלם בהתאם למידות הכרטיס המיועד לייצור. ככל שהיצרן מנצל יותר את חומר הגלם כך עלות הכרטיס תהיה נמוכה יותר. לדוג': מרבית היצרנים עובדים עם חומר גלם במידות של "18 על "24. דיאגרמה 3 מדגימה איך שינוי של "0.2 באורך הכרטיס מביא להוזלת עלות ייצור הכרטיס ב-50%. מומלץ להתיעץ עם יצרן ה-PCB כדי לבדוק באילו מידות חומרי גלם הוא משתמש וכיצד ניתן לנצל בצורה מקסימאלית מידות אלו. בנקודה זו יש גם לציין כי למכוונת האוטומטיות המשמשות לייצור והרכבת המעגל קיימות מגבלות פיזיות של מידות כרטיס איתן הן יכולות להתמודד. לדוג' מכוונת הרכבה בטכנולוגיית SMT, מסוגלות להרכיב כרטיס באורך של בין "60-508 מ"מ ורוחב בין "60-450 מ"מ.

2. תכנון כרטיס מלבני

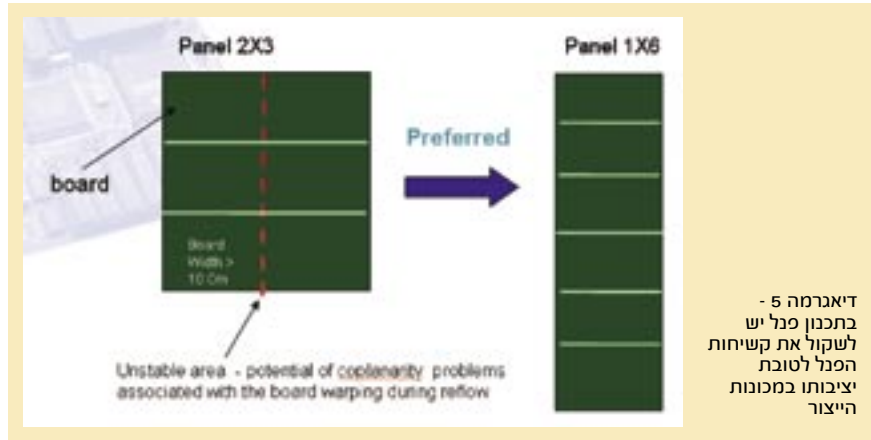
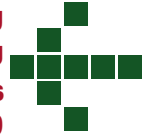
בכל תכנון כרטיס אלקטרוני נדרש לחשוב על תהליך הייצור, המטרה היא להתאים את המעגל האלקטרוני לפס הייצור עד כמה שניתן. במכוונת קו הייצור קיימים מסועים אשר עליהם משונע הכרטיס במהלך העיבוד. יש להקפיד כי הכרטיס "יישב" על המסועים בצורה יציבה וישמור על קשיחות מינימלית. כדי לאפשר חוזק מכני לכרטיס, יש לתכנן כרטיס סימטרי מלבני כאשר אורך הכרטיס גדול מרוחבו. כאשר רוחב הכרטיס גדול יותר מאורכו, יציבות הכרטיס בקו הייצור נפגמת. הלחץ המופעל על מרכז הכרטיס גבוה, ויכול לגרום לכיפוף הכרטיס במרכזו. יש לאפשר גם שוליים לכרטיס בעלי איזור נקי מרכיבים במרחק של 3 מ"מ, אשר ישמשו לתפיסת הכרטיס במסועים.

3. תכנון פנלוציה

תכנון פנלוציה יכול להוזיל משמעותית את תהליך ייצור הכרטיס האלקטרוני. תכנון הפנל מאפשר מחד לשמור על מידת הכרטיס הגנרי ומאידך לנצל בצורה אופטימאלית את פס הייצור. ניתן לתכנן פנל המכיל מספר כרטיסים קטנים. בשיטה זו הפנל יורכב בקו הייצור ולאחר מכן יפורקו הכרטיסים ממנו להמשך העבודה. משך הזמן שהמכוונת יעבדו על כרטיס בודד כאשר הוא נמצא בפנל יהא קצר משמעותית מאשר הוא מופיע ככרטיס בודד, גם אם ניקח בחשבון את משך פירוק הכרטיס מהפנל לאחר ההרכבה כדי להחזירו למצבו

בחשבון מצד אחד את חוזק ויציבות הפנל במהלך שינועו בקווי הייצור ומצד שני יש לתכנן את הפנל כך שהפרדת הכרטיסים ממנו תתבצע בקלות וביעילות תוך שמירה על איכות מקסימלית. ההפרדה בין הכרטיסים על פני הפנל צריכה להתבצע בצורה הנוחה והמהירה ביותר. ישנן שתי שיטות מרכזיות לכך: שיטה א. V-CUT שיטה ב. Break-Away Tabs. שיטה א. V-CUT (ידועה גם בשם V-GROOVE) מתכננים חריצים על פני הפנל במקומות המיועדים להפרדה. פירוק הכרטיסים מהפנל מתבצע באמצעות התקן בעל שני סכיני חיתוך מעוגלים, העומדים אחד מעל השני (ויוצרים שתי צורת V) ובטווח מעבירים את חריצי הפנל. יש לשים לב למספר פרמטרים בתכנון חריץ זה: עובי המעגל, עומק החריץ משני צידי המעגל, עובי המעגל הנותר, רוחב החריץ, זווית החריץ.

<





שיטה ב. Break-Away Tabs - בשיטה זו, ממקמים מספר חורים קטנים בין שני האזורים המיועדים להפרדה, ופי רוק המעגלים מבוצע בעזרת שבירה ידנית או ממוכנת. יש לשים לב למספר פרמטרים: קוטר החור, אורך החור, מרחק בין החורים, כמות החורים, מרחק החורים מקצה המעגל. כדי לחסוך בעלות הייצור בנקודה זו, ניתן לתכנן את קוטר החור בהתאם לקוטר חור המעבר (VIA) הקטן ביותר. מומלץ לעיין בתקן IPC-2221 המפרט כיצד לתכנן את הפרמטרים של שתי השיטות.

שיטת ה-VCUT עדיפה על שיטת Break-Away Tabs מכמה סיבות: מהירות הפרדה, אמינות גבוהה, התעסקות ידנית מינימלית, ועלות נמוכה.

בשיטה א' (VCUT) יש לשים לב למספר דגשים:

יש לשמור על מרחק נקי מרכיבים (Clearance) של 1.5 מ"מ מחריץ ה-V-CUT כדי לא לפגוע בהם במהלך החיתוך. כמו-כן יש לוודא כי הרכיבים הממוקמים בסמוך לחריץ החיתוך יהיו בעלי חוזק מספיק כדי לעמוד בלחץ המכאני המופעל באזור במהלך החיתוך.

כאשר רוחב הכרטיס הינו למעלה מ-10 ס"מ, לא ניתן לתכנן פנל בעל שני טורים עקב חוסר יציבות הפנל במרכזו, ולכן נעדיף לתכנן פנל בעל טור אחד כדי למנוע כיווץ ו"יצירת בטן" במרכז הפנל במהלך מעבר הפנל בתנור ההלחמה - REFLOW (דיאגרמה 5).

במעגלים מסוימים לא ניתן לבצע את שיטה א' ולכן נשתמש בשיטה ב'.

לדוגמא, כאשר משתמשים בקונקטור מסוג SMT הבולט מהכרטיס האלקטרוני לא ניתן יהיה להפריד את המעגלונים כיוון שהרכיב חוצה את החריץ המיועד לחיתוך. במקרים אלו שומה עלינו להשתמש בשיטה ב'. במקרה זה כדי לאפשר שבירה נוחה והפרדה של הכרטיס, יש לוודא שחורי השבירה לא ימוקמו מתחת לרכיב הבולט.

כמו כן, יש לדעת כי לא ניתן לייצר כרטיס אשר חריץ ה-V-CUT שלו מגיע עד אמצע המעגל. יש לוודא כי לכל חריץ יש שתי קצוות חופשיות בקצה המעגל.

כאשר עובי הכרטיס קטן מ-1.6 מ"מ, שימוש בשיטה א', יערער את יציבות הכרטיס במהלך הייצור. כיוון שבשיטה זו, חומר הגלם שנשארו בתוך החריץ מהווה 1/3 מעובי הכרטיס, בכרטיסים בעלי עובי נמוך, חומר הגלם יהיה צר

מאוד וקשיחות הכרטיס תיפגם.

4. מיקום רכיבים קריטיים

היבט חשוב ביותר בשלב התכנון אשר יש לו השלכות מהותיות על איכות המעגל לאחר הייצור, הוא מיקום רכיבים קריטיים, כגון: BGA, Fine-Pitch, Mictor.

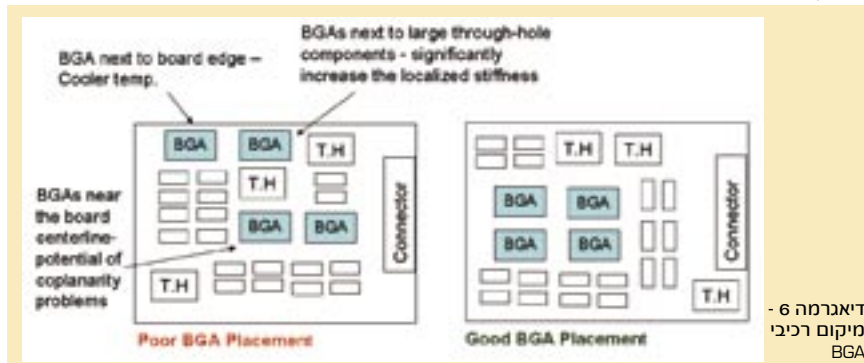
4.1 BGA

איזון טרמי - רכיב ה-BGA אוגר בתוכו חום רב במהלך ההלחמה ולכן חשוב לוודא כי קיים איזון טרמודינמי על פני הכרטיס האלקטרוני. התפשטות אסימטרית של חום יכולה לגרום לעיוותים בכרטיס, פגיעה ברכיבים רגישים ותוצאות הלחמה שאינן איכותיות. במעגלים בעלי BGA בודד

4.2 Fine Pitch טיפול ברכיבי FP בפס הייצור מחייב דיוק קפדני. לכן לא מומלץ למקם רכיביים אלו קרוב לשפת המעגל, כי באזור זה יתכנו עודפי בדיל בזמן מריחת המעגל בעיקר במכונות מריחה אוטומטיות.

4.3 MICTOR

רכיב זה מורכב בקווי ה-SMT לפני הכנסת הכרטיס לתנור ההלחמה. כדי לאפשר נגישות מיטבית להנחת הרכיב, יש למקמו קרוב לשפת המעגל, כ-15 מ"מ עד הפד הקרוב ביותר. רכיבי MICTOR ארוכים, למעלה מ-50 מ"מ, יש למקם לאורך המעגל, בכיוון תנועת הכרטיס בתנור ההלחמה. הדבר נובע כתוצאה



דיאגרמה 6 - מיקום רכיבי BGA

מכיוון המעגל בשלב ההלחמה בתנור, אשר יכול לגרום לחוסר מגע בין מרכז הרכיב לכרטיס האלקטרוני.

5. מרווח בין רכיבים

במיקום הרכיבים במעגל המודפס, יש לשמור על מרווח מינימלי בין אריזה אחת למשנה. מומלץ לעיין בתקן IPC2221 המגדיר את שמירת המרחקים הרצויה. צפיפות גבוהה מידי של רכיבים יכולה לגרום לתגובת ייצור Yield נמוכה. לא זו אף זו, במקרים מסוימים ביצוע השלמות ותיקונים למעגלים Rework & Repair הינו בלתי אפשרי. כמו-כן, מיקום צפוף מידי, מקשה על תהליך ביקורת האיכות היוזואלית הן הידנית והן האוטומטית במכונות ה-AOI.

תכנון המעגל צריך לכלול מרווח מספיק בין רכיבים כדי לאפשר שימוש מיטבי במלחם. מיקום רכיבים צפופים מידי עלול להקשות למנוע גישה של מלחם לטובת ביצוע תיקונים ושינויים במעגל. בעריכת המעגל ראוי לתכנן נגישות ידנית קלה ומהירה לרכיבים אלו. כלל האצבע הוא לשמור על מרחק בשיעור הרכיב הגבוה מבין שני רכיבים סמוכים.

מומלץ למקמו במרכז כדי לאפשר שחרור חום אופטימלי ואחיד על פני המעגל. בכרטיסים בעלי מספר רכיבי BGA מומלץ למקמם ביחס סימטרי למרכז המעגל (דיאגרמה 6). במעגלים המורכבים בתהליך תואם LEAD FREE החום גבוה יותר, ולכן משמעות האיזון הטרמי קריטית להרכבת המעגל. בנוסף לא מומלץ למקם רכיבי BGA בשפת הכרטיס כי אזורים אלו נוטים להיות קרים יותר במהלך ההלחמה. כמו-כן, סמוך לרכיבי TH החוזק המכני של הכרטיס נמוך יותר ולכן לא מומלץ למקם באזור רכיבי BGA.

4.1.1 REOWRK - כדאי להשאיר שטח נקי ללא רכיבים של 3 מ"מ מסביב לרכיב ה-BGA כדי לאפשר פירוק אופטימלי בביצוע פעולת REWORK. במכונות REWORK הפור עלות ע"י קרן אינפרא אדום מספיק לשמור על מרחק של 1 מ"מ.

4.1.2 בדיקת X-Ray - במעגלים בעלי 2 צדדים (Double Sided Reflow) כדאי להשאיר את הצד שמקביל לרכיב ה-BGA נקי מרכיבים כדי לאפשר בדיקה אמינה של X-Ray. רכיבים הממוקמים בצד שני של המעגל המקביל למיקום ה-BGA, נראים בתהליך הרנטגן ויכולים להטעות את תוצאת בדיקת הלחמת הרכיב.



6. תכנון בהתאם לתהליכי הייצור וההרכבה

את הכרטיס האלקטרוני חשוב להתאים במידת האפשר לתהליכי הייצור וההרכבה שלו. תכנון נכון של הכרטיס במסגרת זו, יסייע לייצור מהיר ללא תקלות ובע"קבות כך גם להפחתת עלות המוצר. יש להעדיף למקם רכיבים בצד אחד בלבד של הכרטיס. כרטיס המכיל רכיבי SMT משני צידי עובר פעמיים את תהליך הייצור. הרכבת הרכיבים בצד בודד, מקצר בכמעט פי שניים את זמן העבודה על הכרטיס במהלך הרכבתו וכן חוסך עלות כלים ייעודיים (לדוג' Stencil). כיוון שכורח המציאות לרוב לא מאפשר מיקום רכיבים בצד אחד בלבד, רצוי למקם רכיבי TH, C.S לדוג' רכיבי ICs, FP, Oscillators, רכיבים גבוהים, רכיבים כבדים, רכיבים רגישים. רכיבים אלו יכולים להינזק במהלך הייצור כאשר הם ממוקמים בצד ה-P.S, גם בעקבות העובדה שצד ה-P.S עובר פעמיים את תהליך ההלחמה בתנור ה-Reflow. בצד ה-P.S מומלץ למקם רכיבים פאסיביים, כגון נגדים קבלים אשר עמידים יותר בתנאי ייצור אלו.

דבר נוסף, כאשר משתמשים ברכיבי מסוג TSOP, SOIC יש למקמם כך שמריחת הבדיל במכונת ה-PRINTER תתבצע לאורך הפדים שלהם, דבר אשר ימנע קצרים בין רגלי הרכיבים. כאשר נדרש להשתמש בקונקטורים מסוג SMT הבולטים משפת הכרטיס, יש לתכנן שוליים ייעודיים לכרטיס אשר יתמכו ברכיב ובנוסף ניתן יהיה להפרידם לאחר ההרכבה.

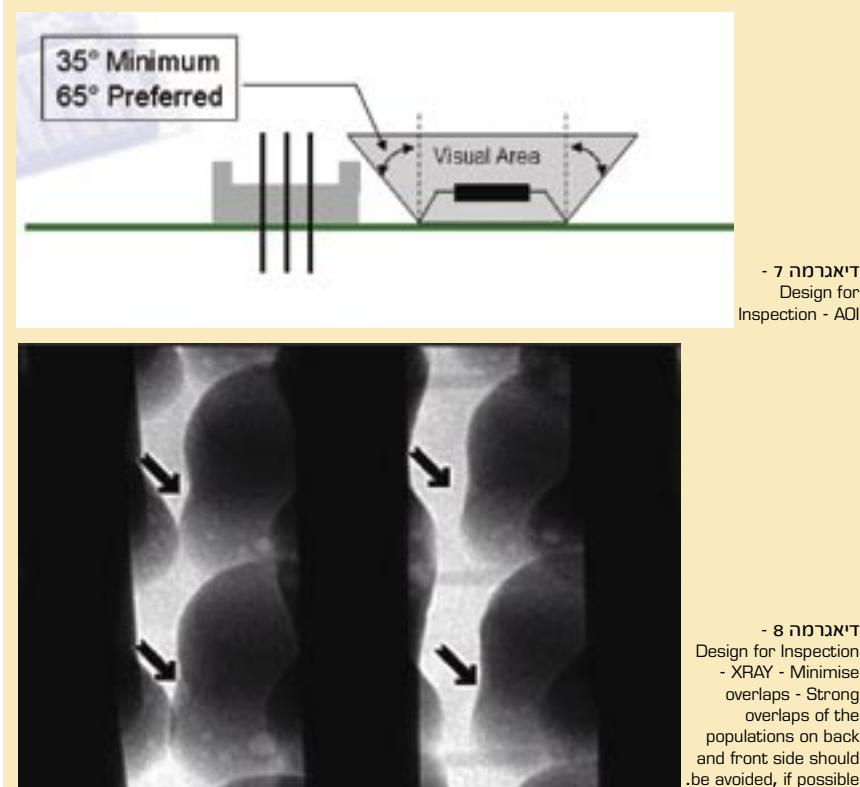
7. תכנון לבדיקות AOI X-RAY

התחום של תכנון לבדיקות מהווה גורם הנדסי חשוב ביותר בתכנון מעגלים מודפסים. המטרה היא לתכנן את הכרטיס כך שהבדיקה החשמלית תהיה יעילה ומהירה. תחום זה מתחלק לשני חלקים, תכנון חשמלי ותכנון פיזי. בתכנון החשמלי נבחנים שיטות הבדיקה שיוקמו, אלו אפליקציות יבדקו ועוד. בתכנון הפיזי מובאים לידי ביטוי התאמת הכרטיס להתקן הבדיקה ומיקום נקודות הבדיקה. בנקודה זו אתייחס לשני התקני בדיקה שנוספו בשנים האחרונות, AOI

ר-XRAY.

7.1. מכונת ה-AOI מבצעת בדיקה ויזואלית של הכרטיס. המכונה מצלמת את הכרטיס וע"י כך מאתרת תקלות. כדי שבדיקה זו תהיה יעילה ואפקטיבית

כי נקודות הייחוס (fiducial) יהיו ברורות וקלות לאיתור ע"י המכונה. כיוון שקרן הרנטגן חודרת לכל עובי הכרטיס, יש לשמור על אזור נקי משני צידי הכרטיס עבור נקודות הייחוס. כמוכך, יש לוודא



דיאגרמה 7 - Design for Inspection - AOI

דיאגרמה 8 - Design for Inspection - XRAY - Minimise overlaps - Strong overlaps of the populations on back and front side should be avoided, if possible

כי כאשר ממקמים רכיבי BGA משני צידי הכרטיס, לא למקמם אחד מתחת לשני, דבר שיקשה על בדיקת טיב ההלחמה במגונת ה-XRAY.

8. סימון ברור ולוגי על פני המעגל

סינרגיה בין החברה המבצעת את ערכת הכרטיס האלקטרוני ובין החברה המייצרת ומרכיבה אותו תבטיח ללקוח שהדבר הנכון יבוצע בצורה הנכונה בפעם הראשונה

סימון נכון על פני המעגל מסייע לייצור יעיל ומהיר של הכרטיס האלקטרוני. הדבר מועיל הן למכונות האוטומטיות, לדוג' AOI והן לעבודה הידנית המבוצעת על הכרטיס, לדוג' ביקורת איכות, בדיקה חשמלית, Rework & Repair.

ראשית נדרש לוודא כי הרכיבים מסוים מונים בסדר לוגי ועקבי לפי סימונם, על פני משטח המעגל, כדי שבמידת הצורך ניתן יהיה לאתר בקלות את מיקומם במהלך הייצור. סימון זה של הרכיבים צריך להיות ברור ושלם ולא מוסתר ע"י פדים

נדרש להקפיד על סימון עקבי על המעגל, לדוג' גופן זהה עובי וצורה, צבע כרטיס, רישומים עקביים וכן ציון קוטביות רכיבים בצורה ברורה. סימון לא עקבי גורם לזמן הבדיקה להתארך ומגדיל שלא לצורך את בסיס הנתונים במכונת ה-AOI.

כמוכך כדי לאפשר צילום מיטבי במכונה מומלץ לשמור על שטח פתוח בעל זווית פריסה של 35-65 מעלות כדי לאפשר למצלמות ה-AOI לאתר במהירות ובקלות את הרכיבים (דיאגרמה 7).

7.2. מכונת ה-XRAY מבצעת בדיקה לכרטיס האלקטרוני. המכונה מיועדת בעיקר לצילום רכיבי BGA, QFN. בדיקה זו לעיתים מבוצעת בצורה אוטומטית, בעיקר בכרטיסים מרובי BGAs, לאחר הגדרת המיקום ותצורת הרכיב. על-מנת שבדיקה זו תתבצע בצורה מיטבית יש לוודא

מחפש רכיבים אנלוגיים כדי לברוח מהעולם הדיגיטלי?



www.technologies.co.il/BG

תעשיית טכנולוגיות
רכש טכנולוגיות
מרכז הישגים ישראל לרנף האלקטרוניקה



מסע חיפוש מס. 1 לחוצרים, שירותים, ומקורות אספקה מקומיים בתעשיית ההי-טק בישראל

- פורום חיפוש לתי מוצרים, יצרנים, ספקים והחיים יחסית
- תשלוח אנונימי של כקוות לחברות מחיר (RFQ)
- מאגר מקורות אספקה מקומיים

קבוצת טכנולוגיות
מרכז למידע טכנולוגי

למידע נוסף: טל. 09-9591030
קקפ. www.hi-tech.co.il 09-9591035

בעל השלכות על ייצור הכרטיס הוא העובי. עובי הכרטיס המתאים ביותר לעבודה בייצור הוא 1.6mm וראוי עד כמה שניתן לתכנן בהתאם למידה זו.

כאשר מדובר על מידת עובי של 1mm ומטה, הדבר מצריך טיפול מיוחד. ככל שעובי הכרטיס יורד כלפי מטה כך קשיחות הכרטיס נמוכה ויציבותו במהלך הייצור נפגמת. בכרטיסים אלו נדרש לתכנן תמיכה במהלך הייצור. כאשר קיימים רכיבים בצד אחד בלבד, ניתן להוסיף פלטת תמיכה מתחת לכרטיס אשר תשמור על יציבותו. במקרה והרכיבים ממוקמים על הכרטיס משני צידי, יש לתכנן התקן מיוחד ייעודי עבור הכרטיס אשר יתמוך בכרטיס במהלך שינועו בקווי הייצור. התקן זה, מייקר משמעותית את עלות הייצור (במנות ייצור גדולות תוספת העלות תהיה זניחה יותר) וכן מאריך את זמן האספקה, לכן עדיף למקם רכיבים בצד אחד בלבד. בתכנון פנל בעל עובי של 1mm ומטה, צריך להתייחס לתצורת הפרדת כרטיסים. במקרה זה לא ניתן להשתמש בשיטת ה-V-CUT העדיפה (ראה סעיף 3) אלא נאלץ להשתמש בשיטת ה-Break Away. מנגד, כרטיסים אלקטרוניים בעלי מידת עובי גבוהה, של 2mm ומעלה מאלצים טמפרטורה גבוהה במהלך הייצור. ככל שעובי הכרטיס גבוה יותר כך נדרש לקבוע רמת חום גבוהה יותר. טמפרטורה גבוהה יכולות לגרום נזקים לרכיבים רגישים, למצע המעגל ולפיזור החום בשטח הכרטיס. במקרים אלו, מומלץ להתייעץ עם יצרן/מרכיב המעגל כדי לאפשר ייצור מיטבי.

לסיכום, בשלב תכנון ועריכת הכרטיס האלקטרוני חייבים להתחשב בשיקולי ייצור והרכבת המעגל. תכנון נכון ליצור ריות מקצר את זמן היציאה לשוק (Time-To-Market), מוזיל את עלות הייצור ובסופו של יום מניב רווחים טובים יותר לחברה.

המהנדסים ועורכי המעגלים המודפסים חייבים להיות ערים ובקשר הדוק ורציף עם קבלן ההרכבות כדי להכיר היטב את קווי הייצור ואת שלבי המעבר של המוצר עד להשלמתו הסופית. סינרגיה בין החברה המבצעת את עריכת הכרטיס האלקטרוני ובין החברה המייצרת ומרכיבה אותו תבטיח ללקוח שהדבר הנכון יבוצע בצורה הנכונה בפעם הראשונה. ■

וחורים מכניים. יש לוודא כי גם לאחר השמת הרכיב בכרטיס, הסימון נותר גלוי. בנוסף ברכיבים מרובי רגליים חובה לציין את רגל מספר "1" סמוך לפד הרלוונטי, וכן כדאי להוסיף ליד כל רגל עשירית את מספרה כדי לאפשר איתור מהיר של רגלי הרכיב. ברכיבים בעלי קוטביות נדרש לסמן "+" המתאר את כיוון השמת הרכיב וכן את כיוון הזרם החשמלי ברכיבי דיודות.

9. תכנון נקודות ייחוס (Fiducial)

נקודות הייחוס המצוינות על הכרטיס האלקטרוני משמשות את המכונות האוטומטיות בקו הייצור. מיקום נכון של נקודות הוא קרדינאלי בהצלחת ייצור הכרטיס כיוון שבהתאם לנקודות אלו, מבצעות המכונות את פעולתן המדויקת כגון: השמת רכיבים, מריחת בדיל, בדיקת ויזואלית (AOI). הצורך בסעיף זה מקבל משנה חשיבות, כאשר קיימת מגמה הולכת וגוברת של מזעור המוצר האלקטרוני כך שלכל סטייה ולו הקטנה ביותר ישנה השלכה מכרעת. לכן חשוב להקפיד על מספר כללים בתכנון נקודות הייחוס בכרטיס.

ראשית יש לאפשר שחרור Soldermask, אשר ימנע את הסתרת הנקודה, אלמנט אשר יפחית את דיוק ההשמה. יש למקם 3 נקודות ייחוס על שטח הכרטיס אשר צריכות להופיע בצורה אסימטרית כדי לאפשר למכונה האוטומטית לזהות בצורה חד-חד ערכית כי המעגל הוכנס למסוע המכונה בכיוון הנכון. יש להימנע מלמקם את הנקודות בשולי הכרטיס (מרחק מינימום של 0.25") וכאשר מדובר על פנל (ראה סעיף 3) יש למקם את ה-Fiducial על הכרטיס עצמו ולא רק על הפנל.

לטובת שימוש במכונות מריחת בדיל (Printer) אוטומטיות יש למקם נקודות ייחוס גם על קבצי SolderMask וה-SolderPaste. כמו-כן, כדי שנקודות הייחוס תהיה ברורה וקלה לזיהוי במהלך שימוש במכונות ה-X-RAY, יש לשמור על אזור נקי מהצד השני של הכרטיס עבור נקודות הייחוס כיוון שקרן הרנטגן חודרת לכל עובי הכרטיס (סעיף 7).

10. עובי כרטיס

פרמטר נוסף שראוי לבחון אשר הוא