

# Application Note

## WE-RJ45 LAN für Through-Hole Reflow



ANP078 // JEFFERY LIU

### 1 Einführung

Die Through-Hole Reflow (THR)-Technologie ist ein Prozess, bei dem Through-Hole-Komponenten mittels Reflow-Technologie auf eine Leiterplatte (PCB) gelötet werden. Damit ist es möglich, die Through-Hole-Komponenten und Surface-Mount-Komponenten gleichzeitig und mit dem gleichen Reflow-Profil zu löten. Auf diese Weise wird der Prozess kostengünstiger und zeitsparender, da kein zusätzliches Wellenlöten mehr erforderlich ist.

Through-Hole Reflow wird immer beliebter, angefangen bei EMS-Unternehmen, aber auch bei Kunden mit einer geringeren Anzahl von Leiterplatten.

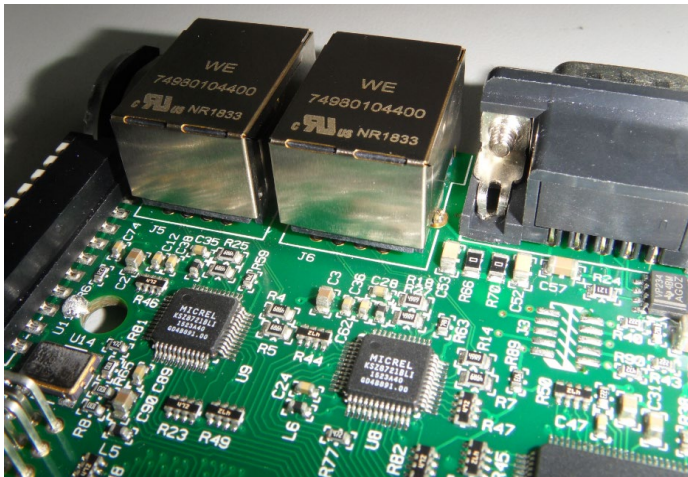


Abbildung 1: Demo Board

### 2 Merkmale und Vorteile der WE-RJ45 THR

Die Hauptanforderung an die Through-Hole-Komponenten ist die Beständigkeit gegen hohe Temperaturen beim Reflow-Löten. Hier muss nicht nur das Kunststoffgehäusematerial betrachtet werden, sondern beispielsweise auch Komponenten wie LEDs, bei denen Chip und Leadframe für hohe Temperaturen besonders empfindlich sind. Eine weitere Anforderung an das Design ist es, sicherzustellen, dass die Reflow-Wärme alle Lötstellen gleichmäßig und mit dem gleichen Ergebnis aufschmelzen kann. Darüber hinaus sind Anforderungen an das Handling von Komponenten mit Pick and Place Equipment zu berücksichtigen. Mit den richtigen Modifikationen des Montageprozesses kann der Hersteller die Qualität und langfristige Zuverlässigkeit der Lötstellen sicherstellen.

In diesem Abschnitt werden wir klären, welche Designaspekte beachtet, oder geändert werden müssen, um gute Ergebnisse mit unseren WE-RJ45 THR Steckverbindern zu erzielen.

#### 2.1. Gehäusematerial

Bei aktuellen Durchsteckverbindern wird als Kunststoff für das Gehäuse Nylon oder PBT (Polybutylenterephthalat) verwendet. Da der Schmelzpunkt dieser Materialien bei 220 °C (Nylon) und 223 °C (PBT) liegt, können sie kurze Zeiträume hoher Temperaturen beim Wellenlöten überstehen. Mit einer Haltezeit von 20 Sekunden über der Liquidustemperatur (217 °C) kann dieses Material jedoch den Reflow-Löttemperaturen beim Reflow-Löten nicht standhalten. Daher wird häufig LCP (Liquid Crystal Polymer) für das Reflow-Löten gewählt, da es einen höheren Schmelzpunkt von 330 °C und eine geringe Feuchtigkeitsaufnahme aufweist.

#### 2.2. Abstand des Gehäuses

Eine THR-Komponente ist gekennzeichnet durch einen Abstand zwischen Leiterplatte und Bauteil, um einen besseren Luftstrom zwischen dem Steckverbinder und der Leiterplatte zu ermöglichen. Außerdem ist so genügend Platz für die Lotpaste vorhanden. Die Bauweise des Bauteilgehäuses sollte zudem eine automatische optische Inspektion (AOI) der Lötstelle ermöglichen und sicherstellen, dass beim Reflow kein Kontakt mit der Lotpaste besteht. Normalerweise beträgt der Abstand für RJ45-Stecker 0,50 mm. Um jedoch die Lötbarkeit zu verbessern, hat Würth Elektronik die THR RJ45-Steckverbinder mit einem Abstand von 1,20 ~ 1,60 mm entwickelt. Siehe Abbildung 2.

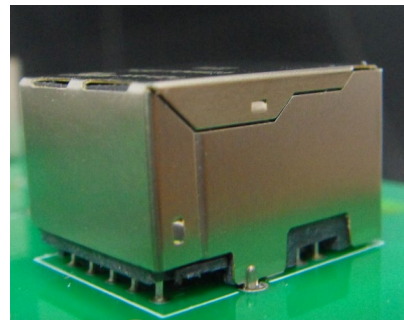


Abbildung 2: Abstand des Bauteils zur Platine

#### 2.3. Pin-Länge

Ein weiterer wichtiger Aspekt der RJ45-Steckverbinder für den IR-Reflow-Lötprozess ist die Pin-Länge. Wenn die Pins zu lang sind, ist der Abstand zwischen der Lotpaste und der Leiterplatte zu groß, was zu Lotkugeln auf dem Kopf der Pins und zu schlechten Lötgergebnissen führt (siehe Abbildung 4). Zu kurze Pins sinken in die Leiterplatte ein. Die Lötstellen werden gut sein, aber die Ergebnisse der Lötbarkeit werden die Kriterien der IPC-A-610 nicht erfüllen (siehe Abbildung 3). Im Idealfall sollten die Pins zwischen 0,20 mm und 0,80 mm aus der Leiterplatte herausstehen, um gute Lötgergebnisse zu erzielen. Die Pin-Länge des WE-RJ45 THR beträgt 2,20 mm, wodurch sie für eine Leiterplattendicke von 1,40 ~ 2,00 mm geeignet ist (Abbildung 5).

# Application Note

## WE-RJ45 LAN für Through-Hole Reflow

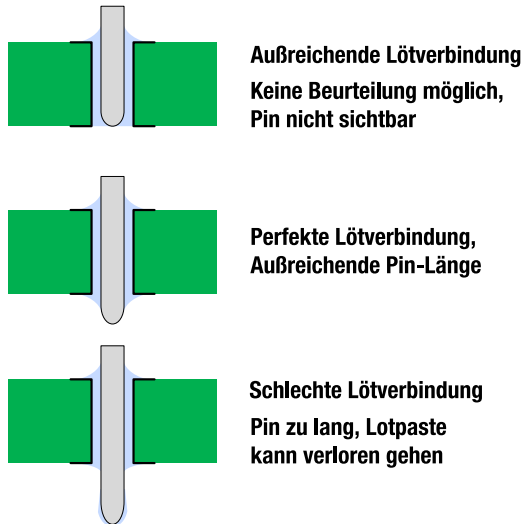


Abbildung 3: Das Lötresultat bei unterschiedlichen Pin-Längen

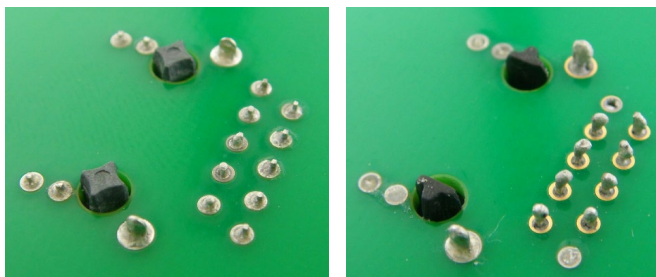


Abbildung 4: Perfektes Lötresultat mit sichtbarem Meniskus auf der linken Seite und schlechtes Lötresultat mit Lötperlen auf der Oberseite der Pins aufgrund der zu großen Pinlänge.

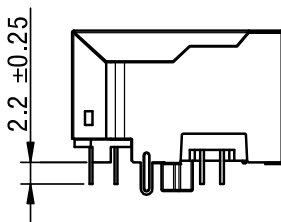


Abbildung 5: Die Pin-Länge des WE-RJ45 THR beträgt 2,20 mm, wodurch sie für eine Leiterplattendicke von 1,40 ~ 2,00 mm geeignet ist.

### 2.4. Steckertyp

Nicht alle RJ45-Steckertypen können für THR verwendet werden, auch wenn das richtige Material, der richtige Abstand und die richtige Stiftlänge angegeben sind. Bei einigen vorhandenen Designs und unter normalen Betriebsbedingungen wird die Lottemperatur die Lötpaste in den Pin-Löchern nicht schmelzen. Erfahrungsgemäß werden Lötverbindungen mit einem Abstand von mehr als 1 mm von den Außenkanten des RJ45s nicht richtig gelötet, da die Paste durch die Reflow-Wärme nicht vollständig geschmolzen wird.

### 3 Wie man THR-Komponenten einsetzt

Der Reflow-Prozess sollte akzeptable Durchgangslötstellen erzeugen, die dem IPC-Standard entsprechen. Die Lötstellen sollten keine Hohlräume aufweisen und eine Rundung bilden (siehe Abbildung 6).

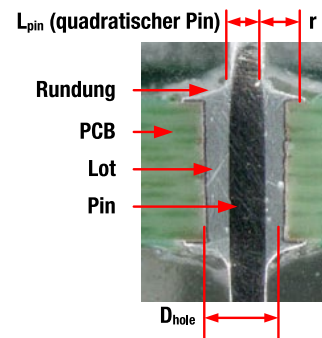


Abbildung 6: Darstellung einer guten Durchgangslötstelle

Die folgenden Designschritte müssen sorgfältig berücksichtigt werden:

- PCB-Layout
- Schablonendesign (Stencil)  
Die Schablone sollte sicherstellen, dass die entsprechende Menge der Lötpaste auf das Durchgangsloch aufgetragen werden kann, um eine hervorragende Lötverbindung nach dem Reflow zu erreichen.
- Der Druckprozess sollte optimiert werden.
- Das Reflow-Profil sollte mit SMD-Bauteilen kompatibel sein.

#### 3.1. Platinenlayout

Der Lochdurchmesser sollte einschließlich der Beschichtung gemessen werden. Bei zu kleinem Leiterplattenlochdurchmesser ist es sehr schwierig, das Bauteil auf der Platine zu montieren und weniger Lötvolumen in einem kleinen Loch kann zu einer unzureichenden Verbindung zwischen Pin und Platine führen.

Andererseits kann ein überdimensioniertes Loch eine geringere mechanische Stabilität des Bauteils vor dem Reflow-Löten verursachen. Je größer die Löcher, desto mehr Lot muss verwendet werden. Wir empfehlen eine Lochgestaltung gemäß Abbildung 7.

Ein empfohlenes Löttaugenmuster ist in allen Würth Elektronik THR-Datenblättern, wie in Abbildung 8 dargestellt, angegeben.

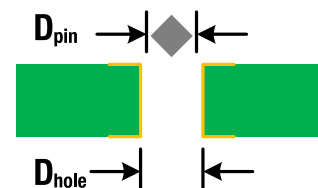


Abbildung 7: Designregel für den Durchmesser der Leiterplattenbohrung  $D_{\text{hole}} = D_{\text{pin}} + 0.3 \text{ mm}$

# Application Note

## WE-RJ45 LAN für Through-Hole Reflow

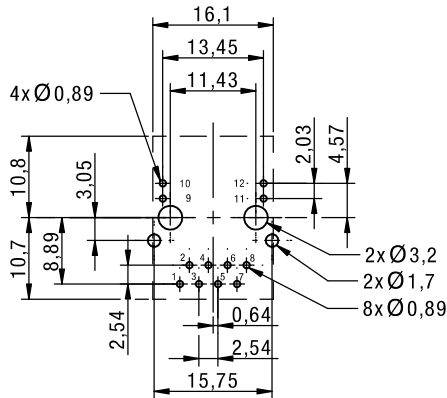


Abbildung 8: Empfohlenes Löttaugenmuster aus dem Datenblatt von WE-RJ45 THR 749 801 044 00

### 3.2. Berechnung des Lötpastenvolumens

Vor dem Design der Schablone sollte das Volumen der Lötpaste berechnet werden, woraus sich die Größe der Öffnung und die Dicke der Schablone ergeben. Etwa die Hälfte (50 %) des Lötolumens besteht aus Metall. Die anderen 50 % sind Flussmittel, die beim Reflowprozess austreten. Um genügend Lot für Pads und Löcher zu erzielen, sollte die doppelte Menge an Lotpaste verwendet werden. Das Gesamtvolumen der Lotpaste ( $V_{\text{paste}}$ ) errechnet sich aus dem Lochvolumen ( $V_{\text{hole}}$ ) abzüglich des Stiftvolumens ( $V_{\text{pin}}$ ) und der Zugabe des Rundungsvolumens ( $V_{\text{fillet}}$ ) für Ober- und Unterseite.

$$V_{\text{paste}} = 2 (V_{\text{hole}} - V_{\text{pin}} + 2 \cdot V_{\text{fillet}}) \quad \text{Gl.(1)}$$

$$V_{\text{hole}} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{hole}}^2 \cdot T \quad \text{Gl.(2)}$$

$$V_{\text{pin}} = L_{\text{pin}} \cdot W_{\text{pin}} \cdot T \quad \text{Gl.(3)}$$

$$V_{\text{fillet}} = 0,215 \cdot r^2 \cdot 2 \pi \cdot (0,2234 \cdot r + \frac{1}{2} W_{\text{pin}}) \quad \text{Gl.(4)}$$

Mit:

$D_{\text{hole}}$  Lochdurchmesser

$L_{\text{pin}}$  Pin-Länge

$W_{\text{pin}}$  Pinbreite

$T$  Platinendicke

$r$  Radius der Rundung

Beispiel zur Berechnung des Lötastenvolumens für 74980104400

Abmessung des Pins: 0,40 mm · 0,40 mm

Empfohlene Bohrlochgröße der Platine: Ø 0,89 mm

Platinendicke: 1,60 mm

Durchmesser des Lötspads: 1,40 mm

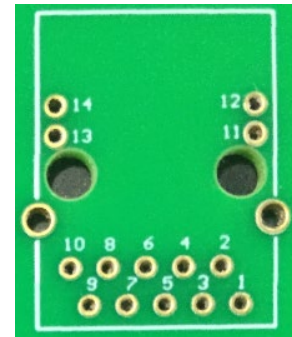


Abbildung 9: Platinen Layout

Gemäß Gleichung (2)

$$V_{\text{hole}} = \frac{\pi}{4} \cdot (0,89 \text{ mm})^2 \cdot 1,6 \text{ mm} = 0,9954 \text{ mm}^3$$

Folgend Gleichung (3)

$$V_{\text{pin}} = 0,4 \text{ mm} \cdot 0,4 \text{ mm} \cdot 1,6 \text{ mm} = 0,256 \text{ mm}^3$$

Gemäß Gleichung (4)

$$V_{\text{fillet}} = 0,215 \cdot [(1,40 - 0,89) \text{ mm}]^2 \cdot 2 \cdot 3,14 \dots$$

$$\dots \left[ 0,2234 \cdot (1,40 - 0,89) \text{ mm} + \frac{1}{2} \cdot 0,4 \text{ mm} \right] = 0,110 \text{ mm}^3$$

Wendet man Gleichung (1) an, erhält man

$$V_{\text{paste}} = 2 (0,9954 \text{ mm}^3 - 0,256 \text{ mm}^3 + 2 \cdot 0,110 \text{ mm}^3)$$

$$V_{\text{paste}} = 1,9188 \text{ mm}^3$$

### 3.3. Schablonendesign

Das Schablonendesign ist ein wichtiges Element im Reflow-Prozess. Die Schablone muss während des Schablonendrucks die richtige Menge Lötpaste in das Durchgangsloch einbringen.

Die Fläche der Schablonenöffnung wird durch das gewünschte Lötolumen bestimmt. Die Öffnung kann ein Rechteck, ein Kreis oder eine andere Form sein. Der wichtigste Faktor ist, dass man genügend Paste zum Löten bekommt.

Beträgt die Dicke der Schablone beispielsweise 0,15 mm, ist die Oberfläche der Öffnung zu berechnen nach:

$$S_{\text{aperture}} = \frac{(1,9178 \text{ mm}^3 - 0,9949 \text{ mm}^3)}{0,15 \text{ mm}} = 6,15 \text{ mm}^2 \quad \text{Gl.(5)}$$

Hier sollte das Volumen des Lochs abgezogen werden, da es nach dem Drucken gefüllt wurde. So können wir den Ausschnitt der Schablone mit  $2,20 \text{ mm} \cdot 2,80 \text{ mm} = 6,15 \text{ mm}^2$  gestalten. Ein empfohlenes Schablonenlayout für eine Schablonendicke von 0,15 mm ist in alle WE-RJ45 THR-Datenblätter integriert, wie in Abbildung 10 dargestellt.

# Application Note



## WE-RJ45 LAN für Through-Hole Reflow

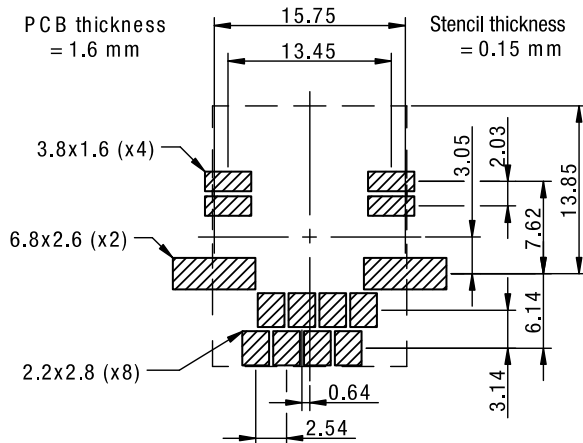


Abbildung 10: Empfohlenes Schablonendesign aus dem Datenblatt von WE-RJ45 THR 749 801 044 00

### 3.4. Drucken

Es gibt verschiedene Methoden, wie die Lötpaste auf die Leiterplatte für THR Komponenten aufgebracht werden kann. Im Gegensatz zum normalen SMT-Prozess müssen sowohl die Pads als auch die Pin-Löcher mit Lot gefüllt werden. Um dies zu erreichen, muss sichergestellt sein, dass das Lot richtig in die Löcher gedrückt wird. Dies kann mit einem oder mehreren Schritten erfolgen:

#### ▪ Zweimal drucken

Im ersten Schritt wird die Lötpaste von der Leiterplattenoberseite aufgebracht. Für den zweiten Druckschritt wird keine zusätzliche Lötpaste verwendet. Stattdessen wird die Lötpaste des ersten Druckvorgangs tiefer in die Bohrungen geschoben.

#### ▪ Druck mit verschiedenen Schablonen

Eine andere Methode ist, dass zwei Schablonen verwendet werden. Die erste Schablone trägt Lot für die Bohrungen auf (nicht für die umliegenden Pads). Die zweite Schablone trägt Lot auf die Bohrungen und die Löt pads auf. Im Gegensatz zum "zweimaligen Drucken" wird in beiden Druckschritten Lot auf die Leiterplatte aufgebracht. Der zweite Schritt dient auch zum Einlöten von Lötmitteln für andere SMT-Bauelemente auf der Leiterplatte. Für unsere Tests mit RJ45 LAN Bauteilen haben wir dieses Verfahren nicht evaluiert.

#### ▪ Schablone mit geätzten Aussparungen

Eine weitere Lösung ist die Verwendung einer Stufenschablone. Mit einer ersten Schablone wird das Lot auf alle SMT-Bauteile aufgetragen. Die gestufte Schablone wird in einem zweiten Schritt verwendet, um Lot auf die THR-Bohrungen und deren Löt pads aufzutragen. Auf seiner Unterseite hat er geätzte Aussparungen, so dass die bereits gelöteten Pads der SMT-Bauteile nicht verwischen.

Für unsere RJ45-Bauteile haben wir eine Mindestdicke von 0,15 mm Lot berechnet, das auf die Bohrungen aufgetragen wird. Sollen andere SMT-Bauelemente nur mit 0,1 mm Lotdicke gelötet werden (z.B. um Lotpastenvolumen zu sparen), empfehlen wir die Verwendung einer Stufenschablone. Für den Bereich wird dort das THR-Bauteil gelötet, die Schablonendicke beträgt 0,15 mm, für alle anderen Bereiche sind es dann 0,1 mm.

### 3.5. Lotpaste

Es gibt verschiedene Arten von Lotpasten auf dem Markt. Für die Herstellung mit Through-Hole Reflow sollte eine Paste verwendet werden, die eine hohe Viskosität aufweist: Durch die hohe Viskosität kann die Paste während des Druckvorgangs in die Löcher gedrückt werden. Für unsere Tests haben wir den Typ Sn96.5Ag3.0Cu0.5 verwendet.

### 3.6. Lötprofil

Würth Elektronik empfiehlt ein Lötprofil auf Basis von IPC/JEDEC J-STD-020E. Abbildung 11 zeigt das Profil, mit dem wir unser Teil qualifiziert haben, Tabelle 1 zeigt die Parameter in einer Übersicht. In Abbildung 12 ist der Ablaufplan des Prozesses schematisch dargestellt.

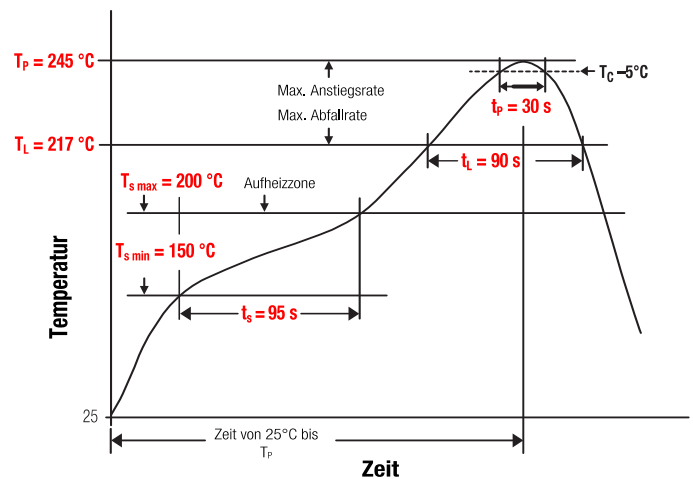


Abbildung 11: benutztes Reflow-Profil zur Qualifizierung von WE THR-Produkten



# Application Note



## WE-RJ45 LAN für Through-Hole Reflow

Kenndaten		Wert
Vorwärmtemperatur Min.	$T_{s \text{ min}}$	150 °C
Vorwärmtemperatur Max.	$T_{s \text{ max}}$	200 °C
Vorheizzeit $t_s$ von $T_{s \text{ min}}$ bis $T_{s \text{ max}}$ .	$t_s$	60 - 120 Sekunden
Aufheizrate ( $T_L$ auf $T_P$ )		3 °C/ Sekunde max.
Flüssigkeitstemperatur	$T_L$	217 °C
Haltezeit $t_L$	$t_L$	60 - 150 Sekunden
Spitztemperatur des Gehäuses	$T_P$	Siehe Datenblatt
Haltezeit innerhalb von 5°C der jeweiligen Spitztemperatur	$t_p$	10 - 20 Sekunden
Abkühlungsrate ( $T_L$ to $T_P$ )		6 °C/ Sekunden max.
Zeit von 25°C zur Spitztemperatur		8 Minuten max.
angewendete Zyklen		2 max.

Tabelle 1: Klassifizierung des Reflow-Profiles

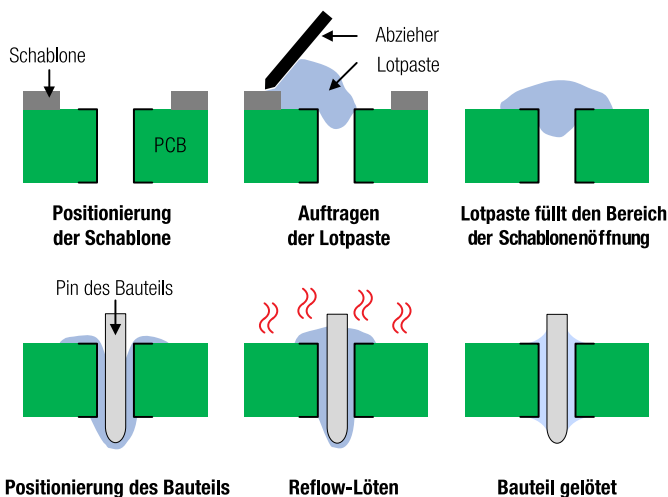


Abbildung 12: Schematischer Ablaufplan des Reflow Prozesses

Die Norm IPC-A-610 kann zur Inspektion von THR-Komponenten verwendet werden. Die Prüfungen basieren auf den Abnahmekriterien für elektrische Bauteile für Lötverbindungen von Through-Hole-Komponenten. Nicht sichtbare Bereiche können mit Hilfe von polierten Querschnittsbildern überprüft werden. Als Grundlage dienen die folgenden Kriterien:

- mindestens 75 % Lötdeckung auf beiden Seiten der Leitungen, siehe Abbildung 13.
- weniger als 30 % Luftkavitäten, siehe Abbildung 14.
- 100 % Benetzung an der Oberfläche der Bohrung und an der Bauteilführung

### 3.7. Evaluierung des Bauteils

Die Vorserie der zu evaluierenden Komponenten wurde visuell nach IPC-A-610E geprüft und wurde auf der Grundlage der Abnahmekriterien für

elektrische Komponenten für Lötverbindungen von Durchgangsbauteilen freigegeben. Siehe Abbildung 11.

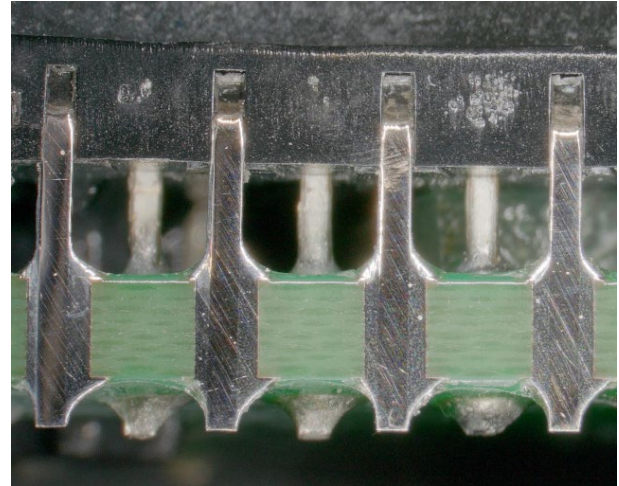


Abbildung 13: Lötergebnis (Querschnitt)

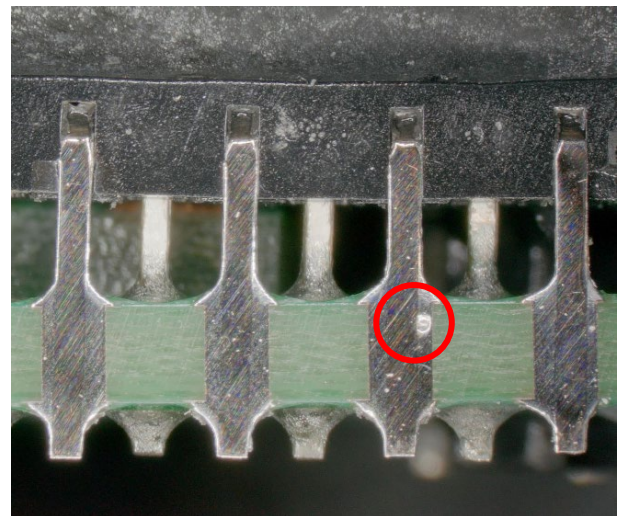


Abbildung 14: Luftkavität (Querschnitt)

## 4 Zusammenfassung

Diese Application Note stellt die kritischen Punkte vor, die bei der Implementierung des Through-Hole-Reflow-Prozesses zu berücksichtigen sind. Von der Komponentenauswahl über das Leiterplattendesign, das Schablonendesign bis hin zum Prozess. Wir sind der Ansicht, dass die Through-Hole-Reflow-Technologie sehr nützlich ist, da sie Zeit und Arbeitskraft einspart. Darüber hinaus kann der Lötprozess für breite Anwendungen wie Kommunikation, Automotive, Industrie, etc. eingesetzt werden.

# Application Note

## WE-RJ45 LAN für Through-Hole Reflow



### A. Anhang

#### A.1. Referenzen

- [1] Guillaume Greniner, "THR (Through Hole Reflow) Technology" eiSos news\_THR components.
- [2] "Pin in Paste Application Note", Liffefuse Inc.
- [3] "Basics Coonectors for SMT production Through Hole Reflow" Phoenix Contact GmbH & Co. KG

# Application Note



## WE-RJ45 LAN für Through-Hole Reflow

### WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von [www.we-online.com](http://www.we-online.com) heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden hierdurch

weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt. Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

### NÜTZLICHE LINKS



Application Notes

[www.we-online.de/app-notes](http://www.we-online.de/app-notes)



**REDEXPERT** Design Plattform

[www.we-online.de/redexpert](http://www.we-online.de/redexpert)



Toolbox

[www.we-online.de/toolbox](http://www.we-online.de/toolbox)



Produkt Katalog

[www.we-online.de/produkte](http://www.we-online.de/produkte)

### KONTAKTINFORMATION

[appnotes@we-online.de](mailto:appnotes@we-online.de)

Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG  
Max-Eyth-Str. 1 · 74638 Waldenburg · Germany

[www.we-online.de](http://www.we-online.de)

