



Lutowanie

m@v€K !ud3£k0

Urządzenia Techniki Komputerowej

Spis treści

- Lutowanie
- Proces lutowania
- BHP w lutowaniu
- Lutowanie miękkie
- Zalety lutowania
- Lutowanie podzespołów elektronicznych
- Narzędzia
 - Lutownice
 - Odsysacz do cyny
- Materiały
 - Topniki
 - Lutowie
 - Lutowie ołowiowe
 - Lutowie bezołowiowe
- Zimny lut, zaraza cynowa, wąsy cynowe
- Montaż przewlekany
- Montaż powierzchniowy
- Lutowanie przemysłowe
 - na fali
 - bezdotykowe

Lutowanie

- Technologia trwałego łączenia elementów metalowych za pomocą metalowego spoiwa zwanego lutem mającym temperaturę topnienia niższą niż temperatura topnienia łączonych elementów.

Proces lutowania

- W procesie lutowania topiony jest lut, który tworzy trwały styk łączonych powierzchni. Lutowie wnika w szczelinę między elementami lutowanymi oraz mikropory materiału lutowanego.
- Tworzy się wiązanie metaliczne między elementami lutowanymi a lutem
- Aby do tego doszło, ciekły lut musi zwilżyć powierzchnie elementów lutowanych.
 - Wcześniej należy oczyścić lutowane powierzchnie topnikiem nakładanym razem z lutem lub tuż przed nałożeniem lutu (kalafonia).

Lutowanie w praktyce



BHP w lutowaniu

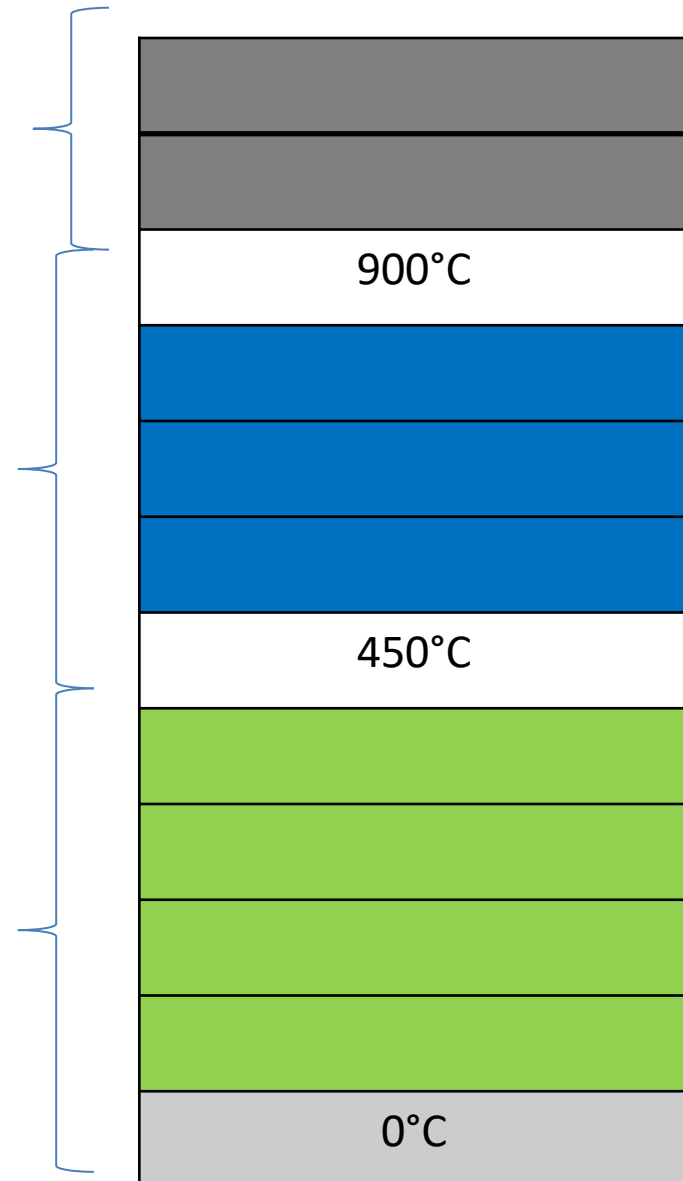
- Podczas pracy z topnikami należy chronić ciało i ubiór przed ich szkodliwym działaniem.
- Lutownicę, palnik i inne nagrzewające narzędzia należy trzymać w bezpiecznej odległości od ciała,
- Elektryczna lutownica powinna być uziemiona!
- Nie wdychamy oparów kalafonii i innych substancji.
- W pomieszczeniu lutowniczym powinna być dobra wentylacja.

Rodzaje lutowania

Lutowanie
wysokotemperaturowe

Lutowanie twarde

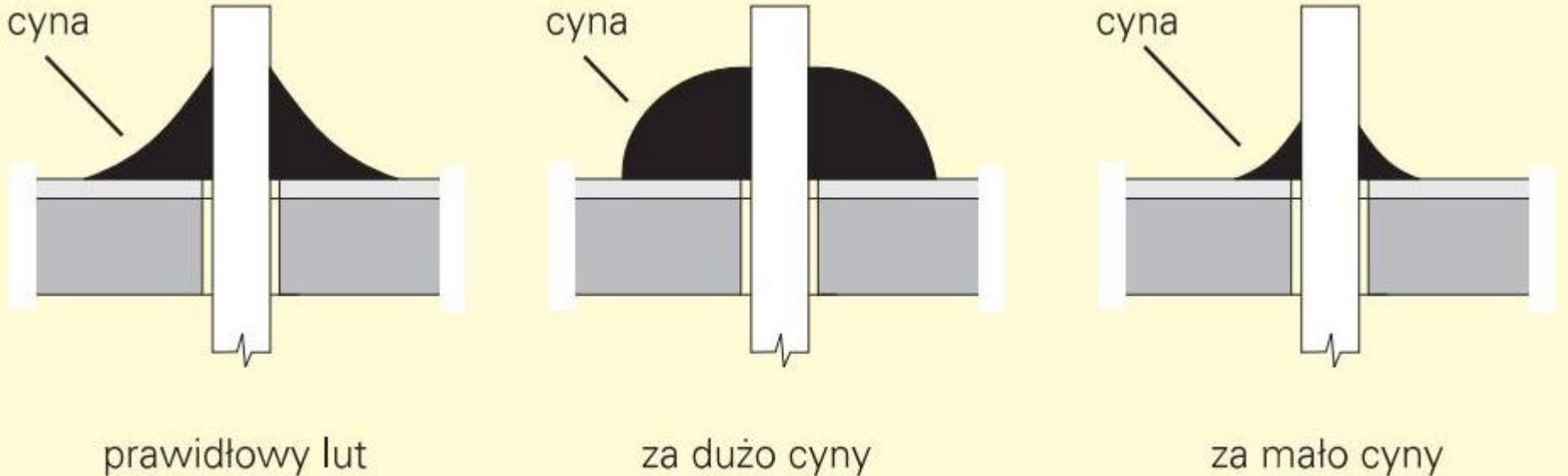
Lutowanie miękkie



Lutowanie miękkie

- Lutowanie miękkie odbywa się zazwyczaj w temperaturze mniejszej od 450 °C.
- Stosowane do łączenia części o małych naprężeniach w złączu i niewysokiej temperaturze pracy
 - układy elektroniczne, przewody elektryczne, blachy.
- Najczęściej łączonymi metalami są stal, miedź, cynk, mosiądz i ich stopy.

Porównanie lutów



Prawidłowe i nieprawidłowe luty

- Prawidłowe połączenie powinno mieć kształt krateru – lekko wklęsły. Cyna powinna łączyć nóżkę elementu i pole lutownicze.

Zalety lutowania

- Podczas lutowanie części łączone nagrzewają się, lecz nie topią w miejscu łączenia.
- Jedna z nielicznych metod umożliwiających łączenie ze sobą różnych metali i stopów o różnych własnościach.
- Lutowanie jest jedyną metodą zapewniającą połączenia właściwej jakości.
- Połączenia lutowane dobrze przewodzą prąd i są stosowane zamiast spawania, gdy spoiny mają zapewnić dobre przewodzenie prądu.
- Powszechne zastosowanie
 - W przemyśle elektrotechnicznym, elektronicznym i telekomunikacyjnym do łączenia przewodów elektrycznych.
 - Używane podczas prac blacharskich, szczególnie do lutowanie blach ocynkowanych, np. w produkcji rynien, do zamykania blaszanych puszek z konserwowanymi produktami spożywczymi.
 - Stosuje się w blacharstwie samochodowym, np. przy wypełnianiu wgłębień, wykonywaniu i naprawie chłodnic samochodowych, łączeniu uzwojeń silników elektrycznych, a także w naprawach pękniętych odlewów.

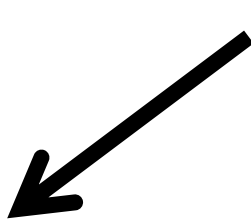
Lutowanie podzespołów elektronicznych

- Zalecanym sposobem jest stopniowe lutowanie kolejnych elementów.
- Na początku na płytce muszą występować gotowe ścieżki z polami lutowniczymi.
 - Montaż począwszy od elementów najniższych daje pewność, że nie wysuną się z otworów płytki przed wlutowaniem.
- Układy scalone (zwłaszcza CMOS) warto lutować na samym końcu, ze względu na możliwość ich uszkodzenia. Korzystne jest lutowanie najpierw końcówek zasilania, a potem pozostałych nóżek układów scalonych. Często stosuje się podstawki pod scalaki. Układy scalone należy wkładać do podstawek po zmontowaniu wszystkich innych elementów.
- Po zmontowaniu całości należy dokładnie skontrolować poprawność montażu.
 - Inna osoba kontroluje płytkę
 - Sprawdzenie na drugi dzień – „świeżym okiem”
- Do lutowania potrzebna jest lutownica o mocy 15...40W. Temperatura grota powinna być rzędu 300°C.
- Stosowanie właściwego lutu
 - Tinol – zawierający cynę i topnik
 - Właściwa średnica cyny
- Przy lutowaniu płytka powinna leżeć elementami do dołu.
- Lutownicą należy grzać końcówkę lutowanego elementu (nie ścieżki, nie cynę). Po jej rozgrzaniu (1...2 sekundach grzania nóżki) należy dotknąć końcówki elementu lutem, kawałek lutu stopi się i spłynie po końcówce na punkt lutowniczy, tworząc połączenie.

NARZĘDZIA LUTOWNICZE

Lutownica

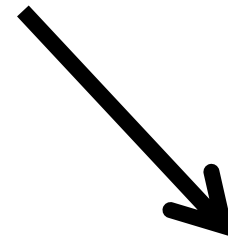
- Lutownica to podstawowe narzędzie do lutowania. Jest zbudowana z kolby, służącej jako uchwyt i metalowego grotu, czyli części mającej bezpośredni styk ze spoiwem.
- Ma za zadanie roztopić lut, przenieść go na łączone miejsce i zebranie jego nadmiaru.



Transformatorowa



Grzałkowa
(oporowa)



Gazowa

Lutownice

- Lutownica transformatorowa
 - Wysoka temperatura jest uzyskiwana poprzez przepływanie prądu o dużym natężeniu przez drut, który jest zarazem grotem. Ich nazwa pochodzi od transformatora, który zwiększa natężenie prądu.
 - Czas nagrzewania grota jest krótki (kilka sekund). Wadą jest brak dokładnej kontroli temperatury grota oraz silne pole elektromagnetyczne wokół grota.
- Lutownice grzałkowe (oporowe)
 - Metalowy (zazwyczaj miedziany lub wykonany ze stopów miedzi) grot podgrzewany jest elektryczną grzałką.
 - Odmianą jest tzw. lutownica kolbowa, w której grot wykonany jest z masywnego kawałka metalu. Magazynuje znaczne ilości energii cieplnej, co ułatwia lutowanie większych elementów.
 - Stacje lutownicze składają się z zasilacza oraz dołączonej do niej kolby – grzałki w odpowiedniej obudowie. Są chętnie stosowane do lutowania układów elektronicznych, ponieważ kolba jest lekka.
- Lutownice gazowe
 - Grot podgrzewany jest palnikiem zasilanym gazem (np. propan-butan). Możliwe jest użycie takiej lutownicy bez grota – wówczas wykorzystywane są gorące gazy spalinowe. Nadają się do robót w miejscach, gdzie nie ma dostępu do energii elektrycznej.

Lutownica transformatorowa



Lutownica oporowa

WWW.HOTAIR.PL



Lutownica gazowa



Odsysacz do cyny

- Narzędzie służące do odsysania nadmiaru roztopionego lutu z miejsca lutowania lub rozlutowywania.
- Typowe narzędzie ma kształt cylindryczny - w środku znajduje się tłok popychany przez sprężynę. Z jednej strony umieszczona jest końcówka odsysająca (zwykle wymienna i wykonana z teflonu). Po przeciwnej stronie znajduje się uchwyt do naciągania sprężyny a z boku jest przycisk jej zwalnicza. W środku znajduje się zbiorniczek na odessany lut.
- Końcówkę narzędzia przykładamy się do miejsca z nadmiarem roztopionej wcześniej cyny i naciskamy przycisk zwalniczy sprężyny. Sprężyna zwalnia tłok, który wywołuje podciśnienie zasysające lut do środka.
- Przeważnie, aby osiągnąć zamierzony efekt, narzędzia trzeba użyć kilka razy.

Odsysacz do cyny



MATERIAŁY

Topniki

- Topnik obniża temperaturę topnienia lutowia i hamuje jego utlenianie. Pozwala na szybsze rozprowadzenie i głębsze wnikięcie w porowate struktury metalu.
- Bez nich lut się utlenia i źle wypełnia szczeliny łączonych powierzchni.
- Topniki mają postać najczęściej żrących płynów, specjalnie przyrządzonych past lub stałą (np. kalafonia).
- Materiały
 - **Chlorek cynku** (np. 300 gramów stopionego technicznego chlorku cynku na 1 litr wody - woda lutownicza), stosowany w przemyśle – układy elektroniczne typu SMD.
 - **Salmiak** (Chlorek amonu NH_4Cl). Jednocześnie oczyszcza, usuwa tlenki oraz pobiera grot lutownicy. Gorący grot należy na chwilę przyłożyć do salmiaka w kamieniu.
 - **Kalafonia** to miękka żywica pochodzenia naturalnego. Jest topliwa i łatwopalna. Topi się w temperaturze 130-140°C. Kalafonia lutownicza zazwyczaj jest wspomagana dodatkowym aktywatorem, który ułatwia lutowanie. Zapobiega utlenianiu się złączy i eliminuje powstawanie zimnych lutów. Wykorzystuje się ją do pokrycia i zabezpieczenia świeżo wytrawionych ścieżek. W tym celu rozpuszcza się ją do postaci płynnej odpowiednim rozpuszczalnikiem (spiryтус, denaturat).
 - **Pasty lutownicze**
- Oczyszczanie mechaniczne powierzchni łączonych
 - piłowanie, skrobanie, ścieranie itp.

Topniki lutownicze

Kalafonia



Chlorek cynku



Chlorek amonu (Salmiak)



Pasta topnikowa

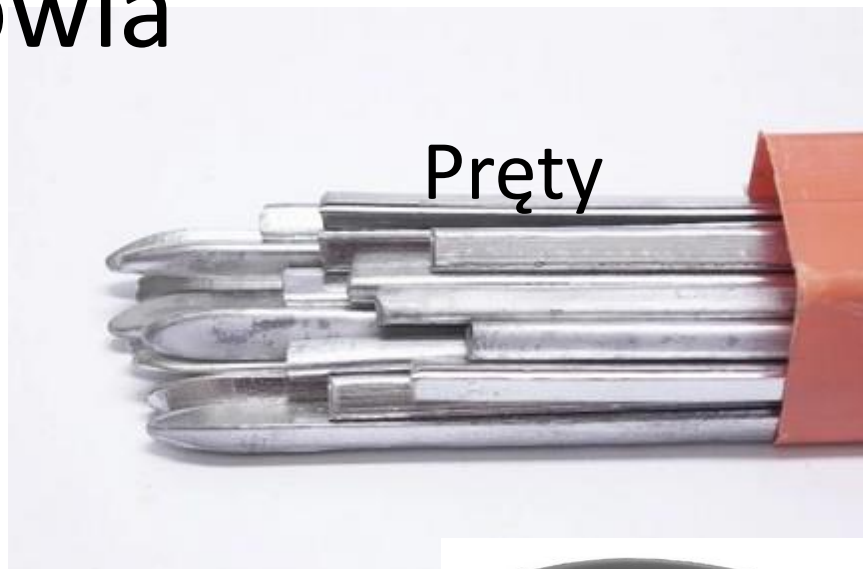
Lutowie

- Lutowie miękkie posiada najczęściej zakres topliwości w temperaturach 183–280 °C.
- W elektronice zazwyczaj używany jest lut cynowo-ołowiowy lub cynowo-miedziany. Używane materiały doskonale przewodzą prąd.
 - Lutowie jest spotykane w postaci drutu, płytek, pałeczek, czy proszków. Najczęściej używanymi metalami w spoiwach są stopy, w których skład wchodzi cyna, bizmut, antymon, kadm i śladowe ilości innych metali (w tym coraz rzadziej ołowiu lub nawet rtęci).
- Do lutowania ręcznego wykorzystuje się druty „cyny” o średnicy 0,25...3 mm. Najczęściej stosuje się drut 1mm, a do maleńkich elementów SMD – drut o średnicy 0,5...0,7mm.

Lutowia



Drut



Pręty

Proszek



Pasta



Kulki

Lutowie ołowiowe

- Stop cyny i ołowiu zawiera 60% albo 63% cyny (Sn). Reszta to ołów (Pb).
 - Temperatura topnienia stopu lutowniczego LC63 czy LC60 wynosi tylko 183°C, czyli jest znacznie niższa niż temperatura topnienia czystej cyny (231°C), a tym bardziej ołowiu: 327°C.
 - Generowało to mniejsze zużycie energii przy lutowaniu.
 - Nie uszkadzało niewielkich elementów SMD.
- Stop o zawartości 63% cyny i 37% ołowiu to tak zwany stop eutektyczny.
 - Przy innych proporcjach cyny i ołowiu stop też mięknie w temperaturze 183°C, ale nie staje się w tej temperaturze płynny, tylko plastyczny. Płynny staje się w nieco wyższej temperaturze. Natomiast stop eutektyczny staje się płynny już w temperaturze 183°C.
- Obecność ołowiu nie tylko obniża temperaturę topnienia, ale też polepsza liczne parametry stopu (spoiwa).
 - Przy zawartości ołowiu około 40% najkorzystniejsze są takie właściwości, jak przewodność elektryczna, wytrzymałość, twardość i plastyczność.
- Ołów zwiększa też odporność stopu na niskie temperatury.
 - Nie zachodzi zjawisko zarazy cynowej.
- Ma też dobrą zwilżalność
 - Stop ołowiowy w obecności topnika rozpląwa się po płytce i końcówce, tworząc ładne, gładkie i błyszczące połączenie. Lepiej wnika w pory metali.

Lutowie ołowiowe



Cyna 60%
Ołów 40%



Cyna 63%
Ołów 37%

Rezygnacja z ołowiu

- Przed 1 lipca 2006 r. luty miękkie bazowały najczęściej na stopie cyny i ołowiu o składzie zbliżonym do eutektycznego i temperaturze topnienia ok. 185 °C.
- Niestety, ołów to bardzo szkodliwy pierwiastek. Zaburza pracę mózgu (zaliczony jest do neurotoksyn), co może objawiać się obniżeniem jego sprawności i niekorzystnymi zmianami osobowości. Jest kancerogeny i powoduje niedokrwistość.
- Ze względu na toksyczność ołowiu wszystkie nowe stopy lutownicze nie mogą zawierać w swoim składzie ołowiu.
 - Parlament Europejski wydał dyrektywę o redukcji szkodliwych substancji (**RoHS – Reduction of Hazardous Substances**). Miała wejść w życie 1 lipca 2004, ostatecznie obowiązuje od 1 lipca 2006.
 - Nowy sprzęt elektryczny i elektroniczny wprowadzany obecnie na rynek Unii Europejskiej nie może zawierać ołowiu. Wcześniej podobne zakazy zaczęły obowiązywać w Japonii. Przepisy obowiązujące w Japonii i Unii Europejskiej wymuszają przejście na technikę bezołowiową producentów z Ameryki i Azji, którzy chcą eksportować na rynki europejskie i japoński.
- Obecnie używane są luty na bazie cyny z dodatkami srebra, miedzi, bizmutu i antymonu.

Lutowie bezołowiowe



- Z powodu braku ołowiu dodawane są różne domieszki mające polepszyć właściwości lutowia.
 - Srebro, miedź, nikiel,
 - Topniki zmniejszające napięcie powierzchniowe
 - Zawartość cyny sięga 95%
- Przy braku ołowiu bardziej istotne stają się cechy cyny jak większa twardość, kruchość i słabsze pokrywanie lutowanych elementów. Gorzej się trzyma lutów i łatwiej powstają w niej mikro-pęknięcia (zimne luty) zwłaszcza przy udarach - czy to mechanicznych czy temperaturowych.
- Wyższe temperatury lutowania sięgają 210–220 °C
 - mogą szybciej uszkodzić łączone podzespoły.
 - Lutowanie generuje też większe zużycie energii.
- Do cyny bezołowiowej nie stosuje się klasycznych topników opartych na kalafonii tylko specjalne (bardziej szkodliwe).
 - Topniki mogą być żrące i uszkodzić lutowane powierzchnie
 - Opary topników mogą być groźne dla człowieka
- Efektem jest zwiększona ilość awarii sprzętu komputerowego (zwłaszcza po zakończeniu okresu gwarancji).
 - „Postarzenie produktów”
- Sprzęt wojskowy, lotniczy i medyczny dalej jest lutowany stopem ołowiovym.

Lutowia bezołowiowe



Srebro 0,3%
Miedź 0,7%



Srebro 0,3%



Bismut 58%

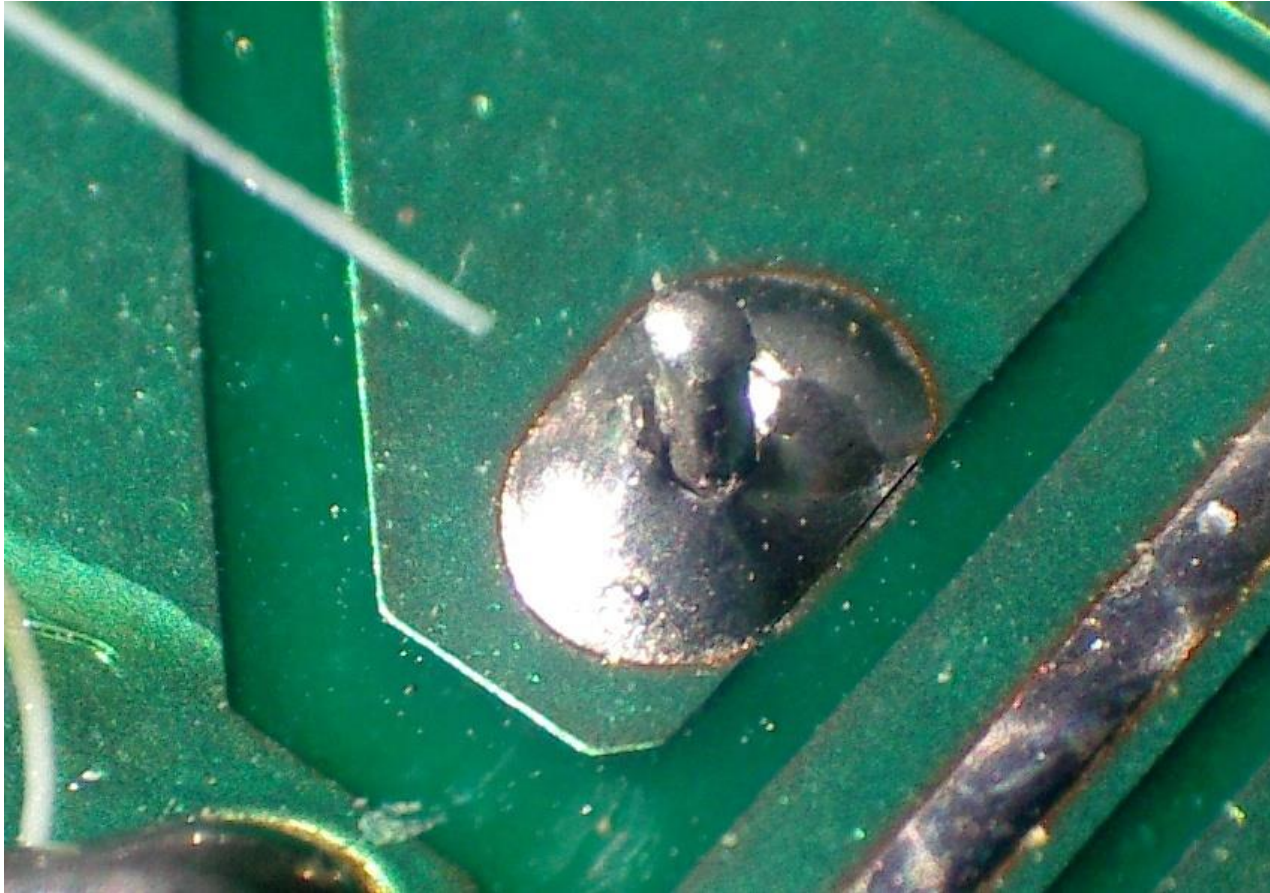
Miedź 1%

PROBLEMY LUTOWANIA

Zimny lut

- Zimny lut lub zimny styk to nieprawidłowe złącze wykonane metodą lutowania. Powstaje, gdy lutowanie odbywa się przez bezpośrednie stopienie lutu lutownicą, a nie pośrednio poprzez łączone metale.
 - Z tego powodu nie jest spełniony podstawowy warunek lutowania, tzn. zarówno materiał łączony jak i materiał dodatkowy, którym jest lut, muszą osiągnąć temperaturę przewyższającą temperaturę topnienia lutu.
- Wadliwe złącze o bardzo słabych właściwościach użytkowych charakteryzuje się wysoką rezystancją lub zupełną przerwą w obwodzie (co ułatwia jego zlokalizowanie). Na jego powierzchni może wystąpić iskrzenie, co prowadzi do uszkodzenia elementów elektronicznych. Zimny lut cechuje się małą wytrzymałością mechaniczną, brakiem szczelności, słabą odpornością na korozję.
- W klasycznym lutowaniu lutem zawierającym ołów utworzone złącze jest najczęściej chropowate i łatwo się odrywa, a jego powierzchnia jest matowa. W lutowaniu bezołowiowym złącze takie z wyglądu jest bardzo podobne do prawidłowego, co utrudnia jego wykrycie.
- Inny powód powstania zimnego lutu to niestosowanie topnika oczyszczającego powierzchnie lutowanych elementów z warstwy tlenków, która utrudnia zwilżenie powierzchni łączonych przez stopiony lut.

Zimny lut

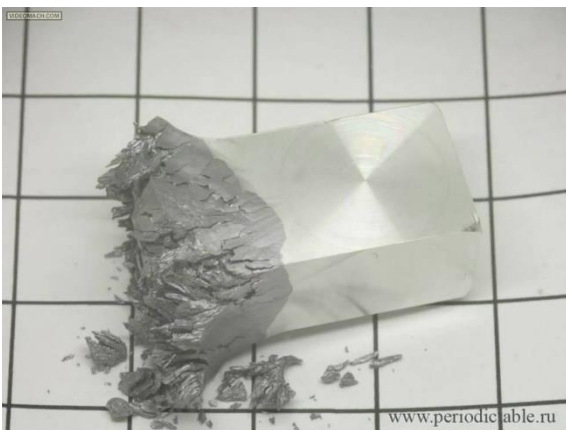


Zaraza cynowa

- Zjawisko zmiany alotropowej odmiany cyny, czego efektem jest rozpad na szary proszek.
- Cyna tworzy 2 postaci alotropowe
 - Odmiana β (beta), metaliczna, zwana cyną białą, trwałą powyżej 13,2 °C.
 - Odmiana ta ma sieć krystaliczną w układzie tetragonalnym, o gęstości 7,3 g/cm³
 - Odmiana α (alfa), proszkowa, zwana cyną szarą, nietrwała
 - Odmiana regularna ma gęstość 5,85 g/cm³.
- Zmiana gęstości jest równoznaczna ze zwiększeniem objętości, co powoduje, rozpad struktury metalu. Cynowy element rozpada się, tworząc szary proszek.
- Tempo zmiany zależy od temperatury.
 - 0 – 13,2 °C – zmiana powolna
 - Temperatury ujemne – bardzo szybka (liczona nawet w godzinach)
 - w temperaturze poniżej -40 stopni rozkład zajmuje niewiele ponad 20 godzin
- Zjawisko jest zaraźliwe. Fragment cyny szarej, przeniesionej na białą wywoła reakcję przemiany.

Zaraza cynowa

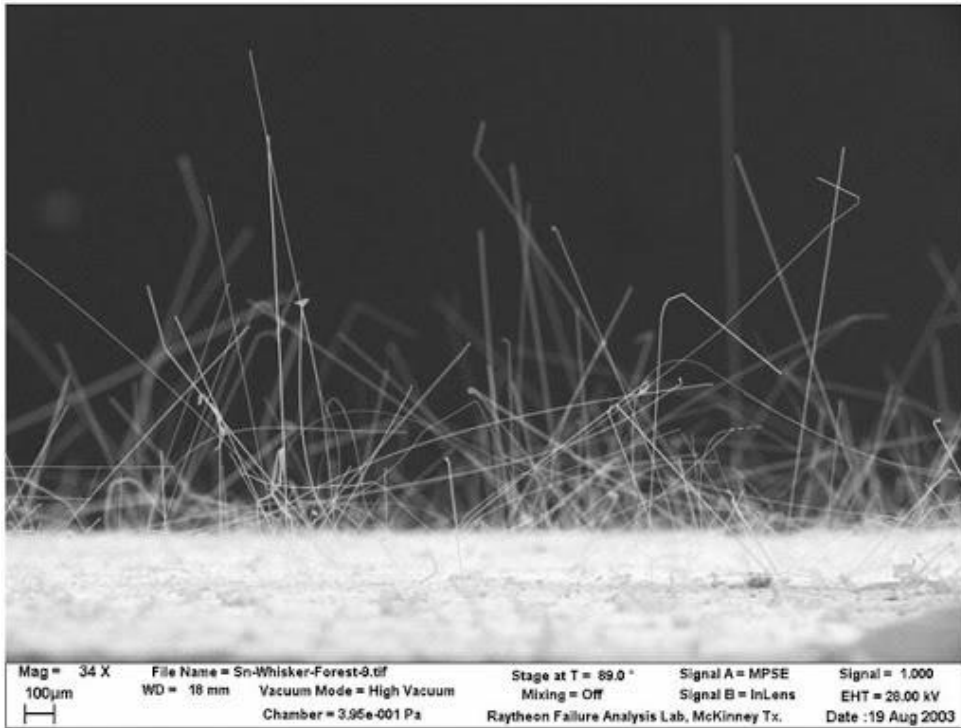
- Problem dotyczy czystej cyny. Stopy metalu poddają się temu zjawisku w znikomym stopniu.
 - Ołów, antymon czy bizmut spowalniają proces.
 - Glin, mangan czy cynk przyśpieszają przemianę.
- Stopy bezołowiowe to w dużej mierze czysta cyna, której właściwości pogarszają się w niskiej temperaturze.
- Może być podatna na zarazę cynową.



Cynowe wąsy

- Wąsy cynowe (tin whiskers) to cienkie, włosowate, przewodzące struktury krystaliczne, które tworzą się spontanicznie na powierzchni tego metalu, osiągając długość od kilku do nawet dziesięciu milimetrów (zwykle poniżej 1 milimetra).
 - Wywołują niekorzystny wpływ na elektronikę, ponieważ formując się między blisko położonymi elementami obwodów elektrycznych, mogą je ze sobą zwierać.
- Ich przyczyna powstawania nie jest znana.
 - Najbardziej prawdopodobne jest, że powstają w wyniku wewnętrzne naprężenia w powłoce metalu. Przy ich dużym poziomie powstają wąsy krystaliczne.
- Pojawiają się dużo częściej przy lutach bezołowiowych.
 - Połączenia są nieregularne, bardziej sztywne i mniej elastyczne.
 - Mogą być efektem urazów mechanicznych i temperaturowych.
 - Zbyt mała temperatura lutowania.

Cynowe wąsy

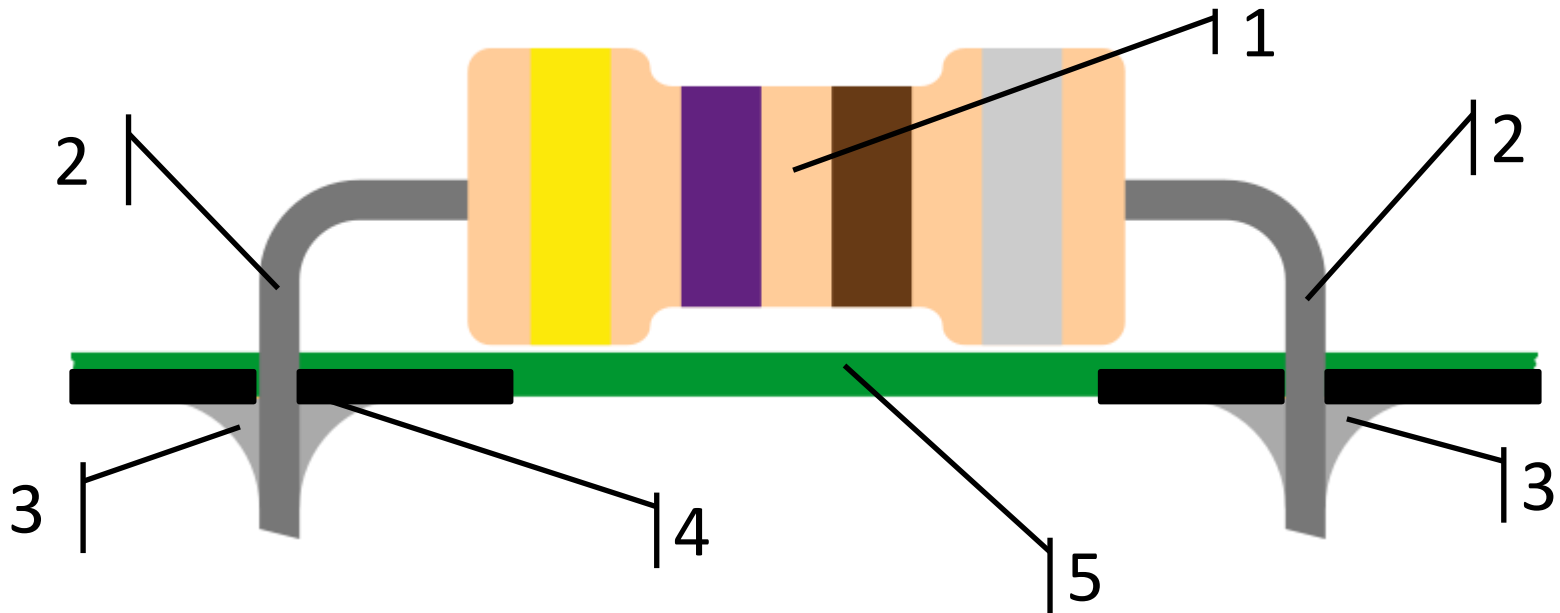


METODY MONTAŽU

Montaż przewlekany

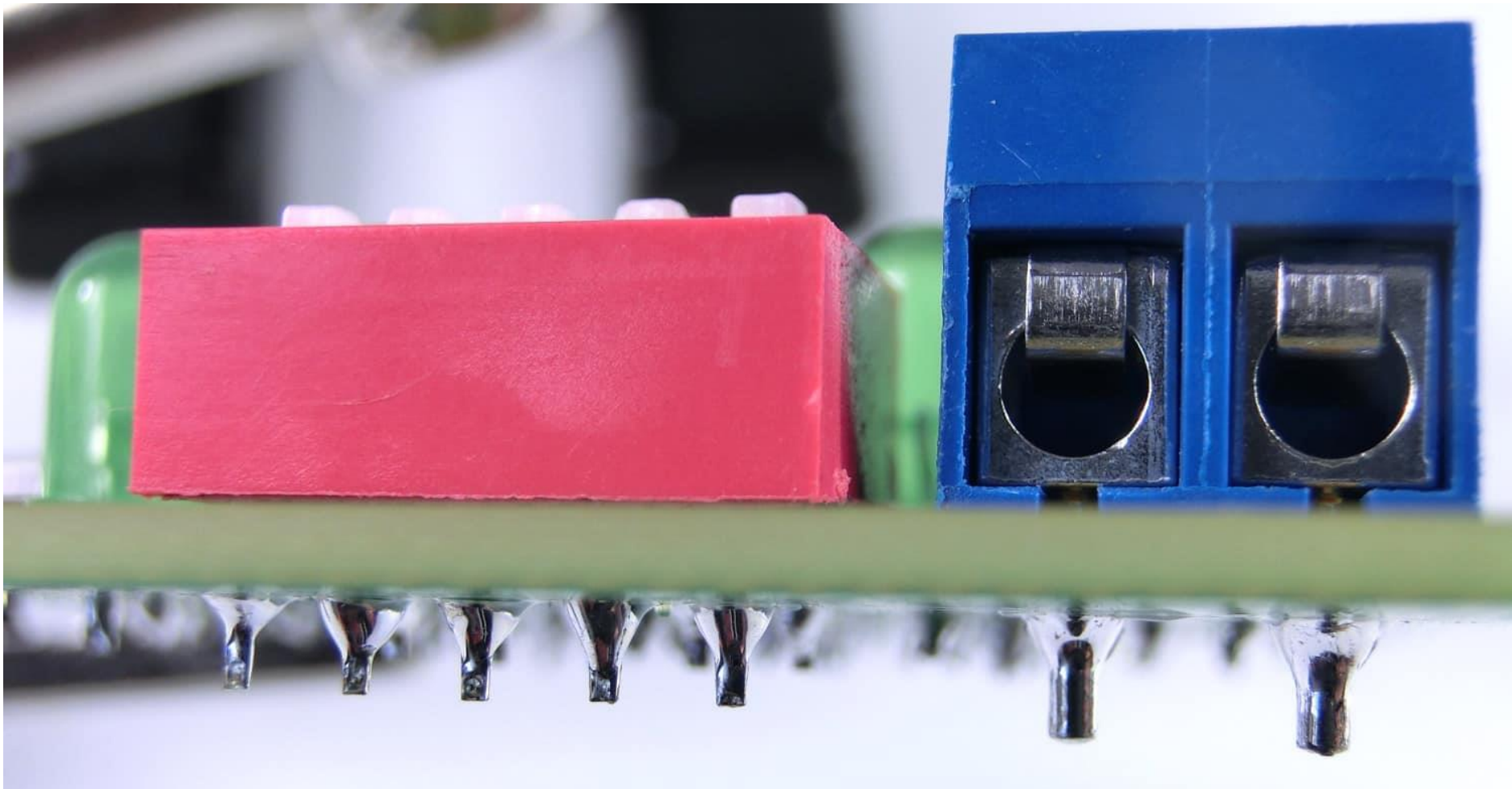
- **Montaż przewlekany** (ang. *Through-Hole Technology*, THT)
- W montażu przewlekany elementy lutowane są z przeciwnej strony niż ścieżki przewodzące.
- Elementy elektroniczne mają wyprowadzenia w postaci drutów.
 - W trakcie montażu przewlekane są przez otwory w płytkach i lutowane do ścieżek przewodzących po przeciwnej stronie płytki niż montowany element.
- Montaż przewlekany przeprowadzany jest ręcznie lub automatycznie.
 - Lutowanie w produkcji seryjnej najczęściej realizuje się na fali.

Montaż przewlekany

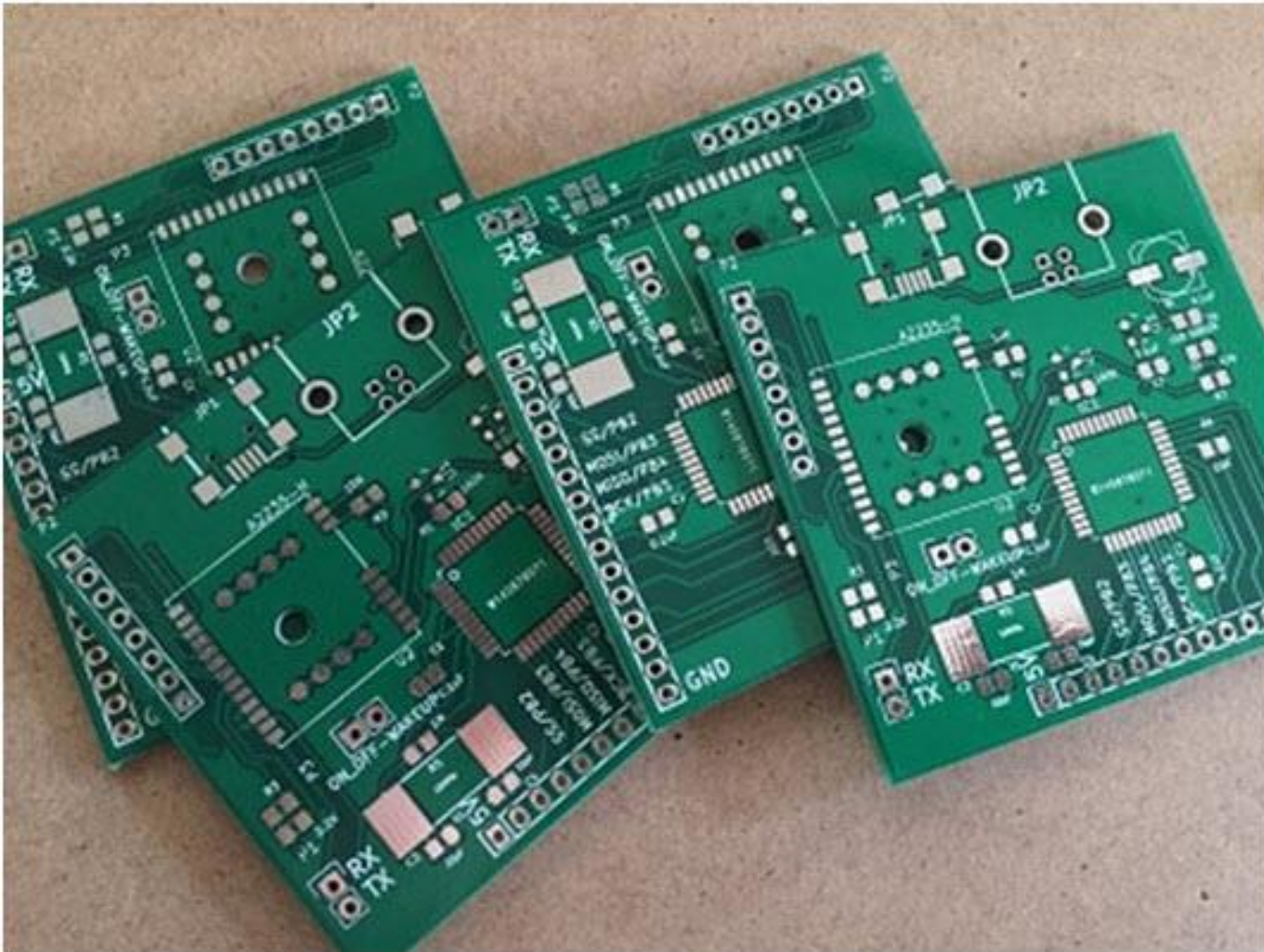


1	element lutowany	4	ścieżki przewodzące
2	wyprowadzenia elektryczne	5	podłoże
3	lutowie		

Zamontowane elementy na płycie głównej



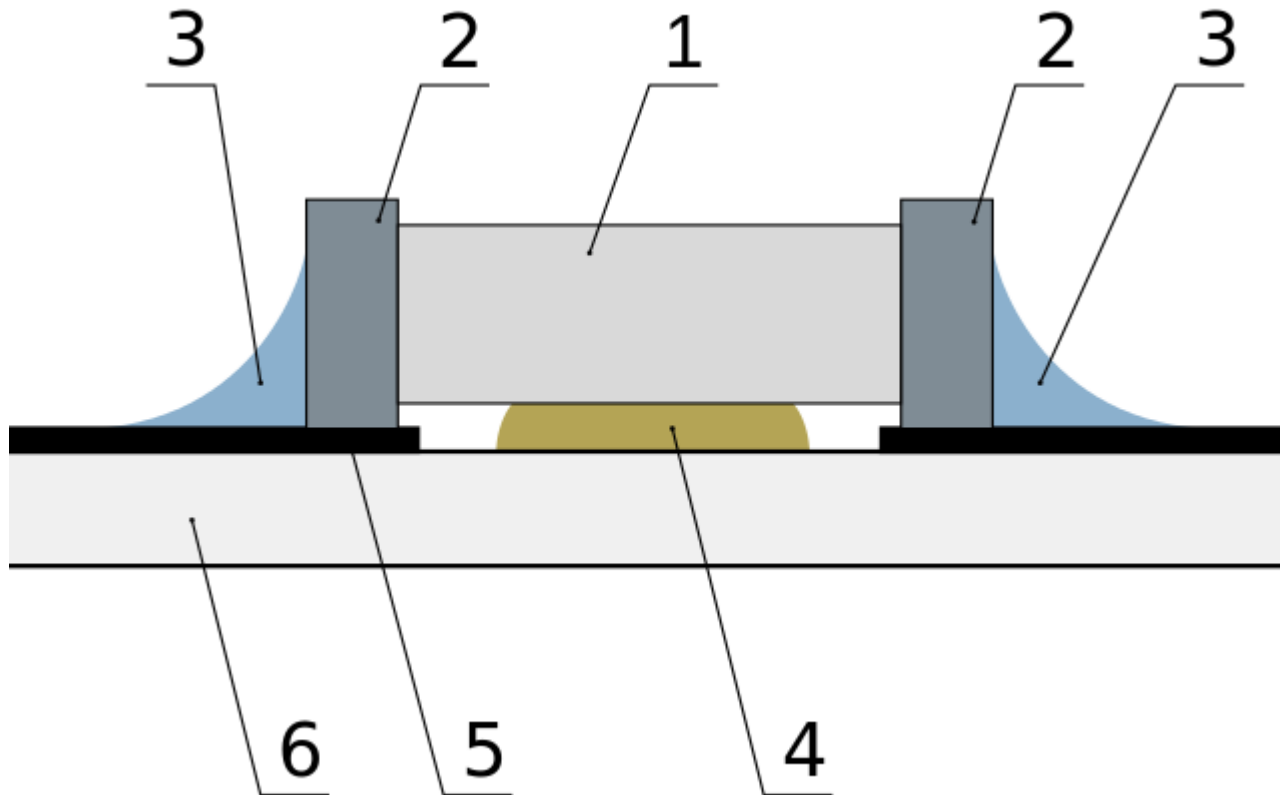
Połączenia płyty drukowanej



Montaż powierzchniowy

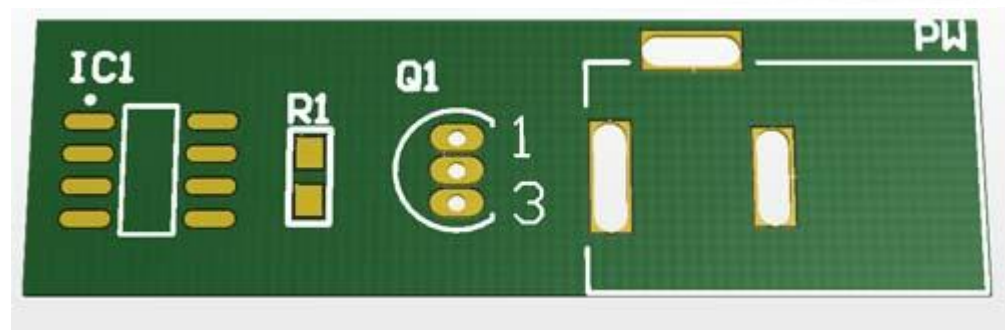
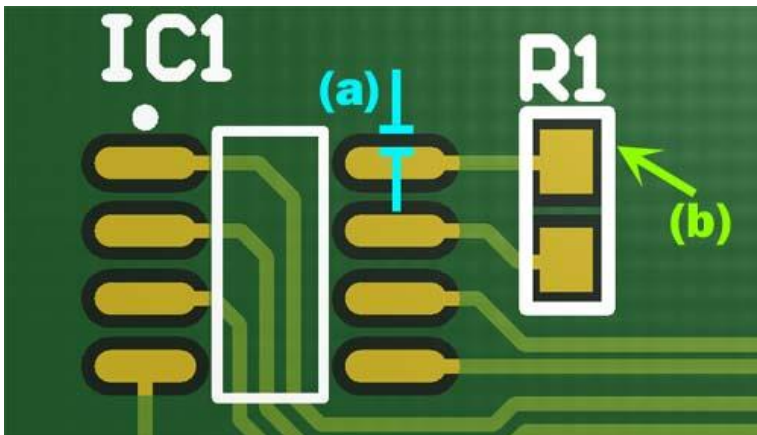
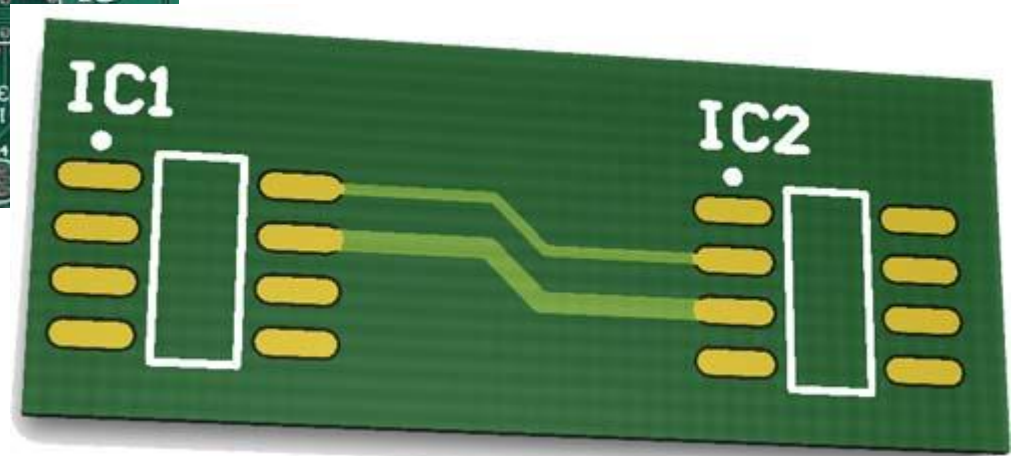
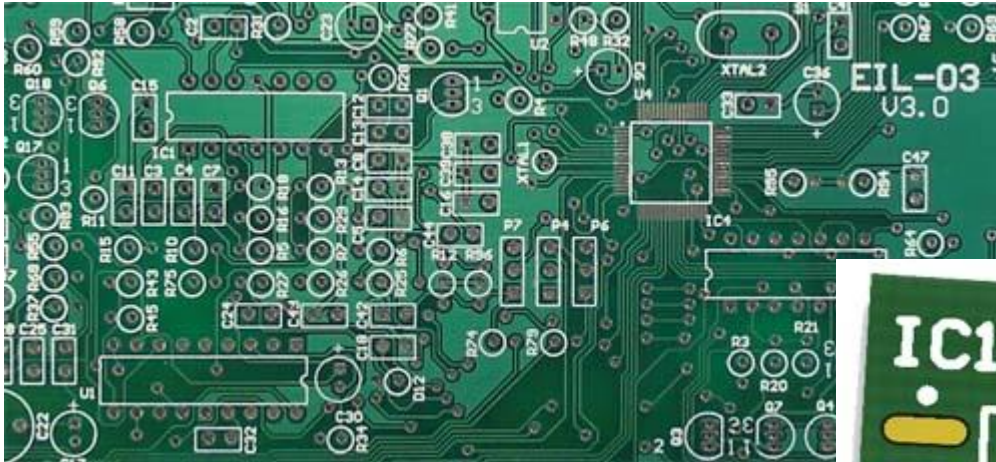
- **Montaż powierzchniowy, SMT** (od angielskiego *surface-mount technology*)
- W montażu powierzchniowym elementy lutowane są z tej samej strony co ścieżki przewodzące.
- Komponenty do montażu powierzchniowego są nazywane skrótem SMD (od ang. *surface-mount devices* lub *surface-mounted devices*).
- Charakteryzują się niewielkimi wymiarami, mają płaskie obudowy i końcówki lutownicze w formie kołnierzy obejmujących końce obudowy.
 - Podzespoły są niewielkie, więc - w porównaniu z obudową - końcówki lutownicze są znacznych rozmiarów.

Montaż powierzchniowy

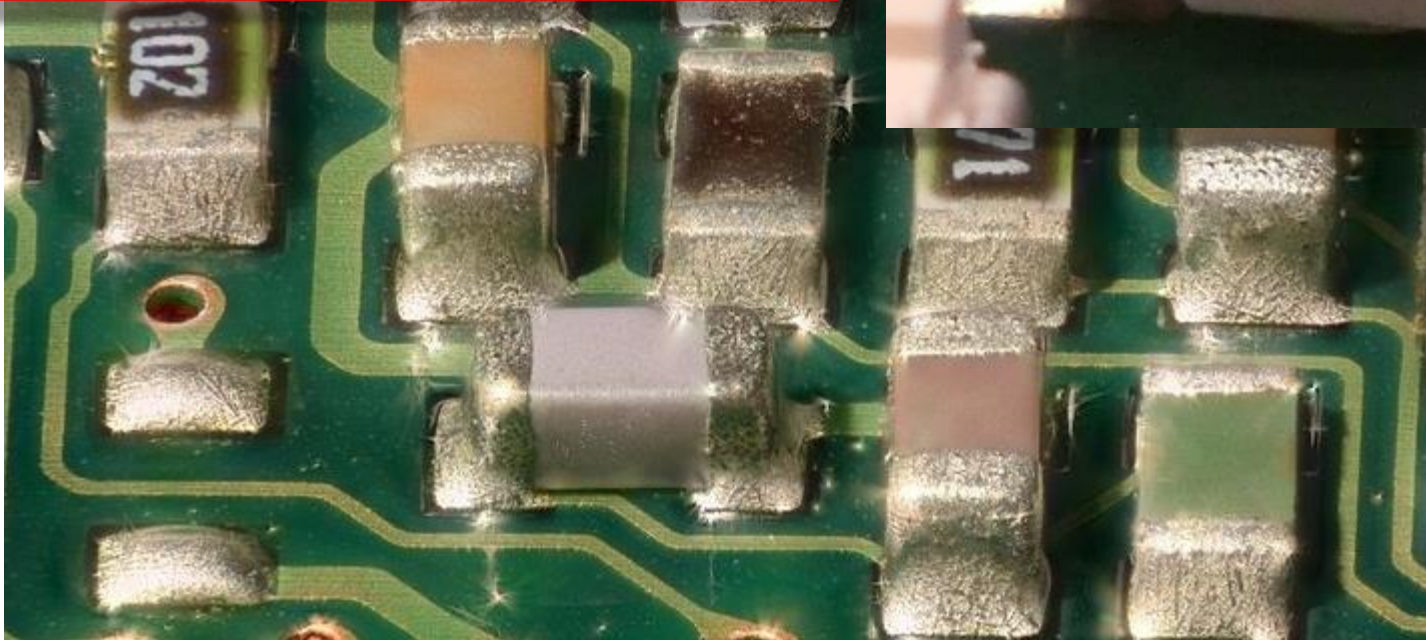
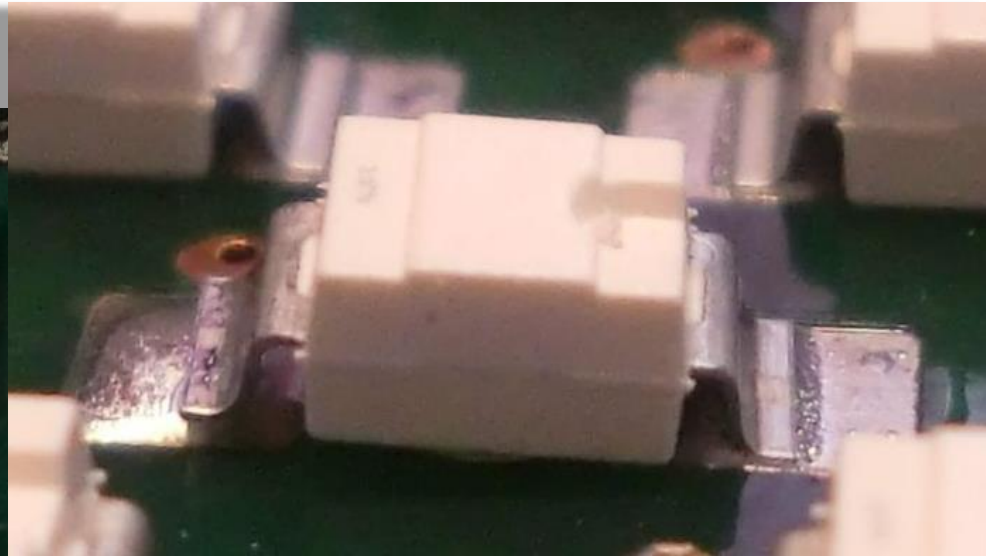
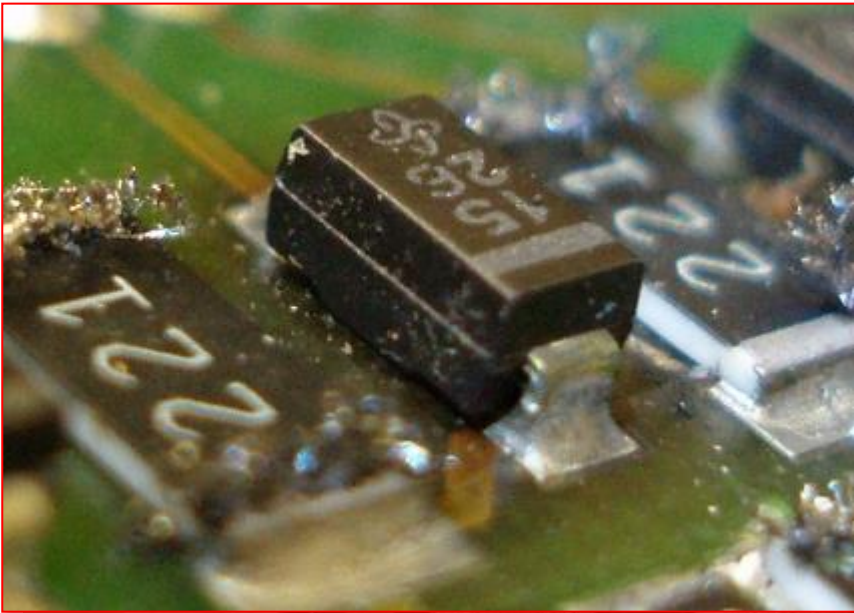


1	element SMD	4	klej
2	wyprowadzenia elektryczne	5	ścieżki przewodzące
3	lutowie	6	podłoże

Połączenia płyty głównej



Zamontowane elementy na płycie głównej

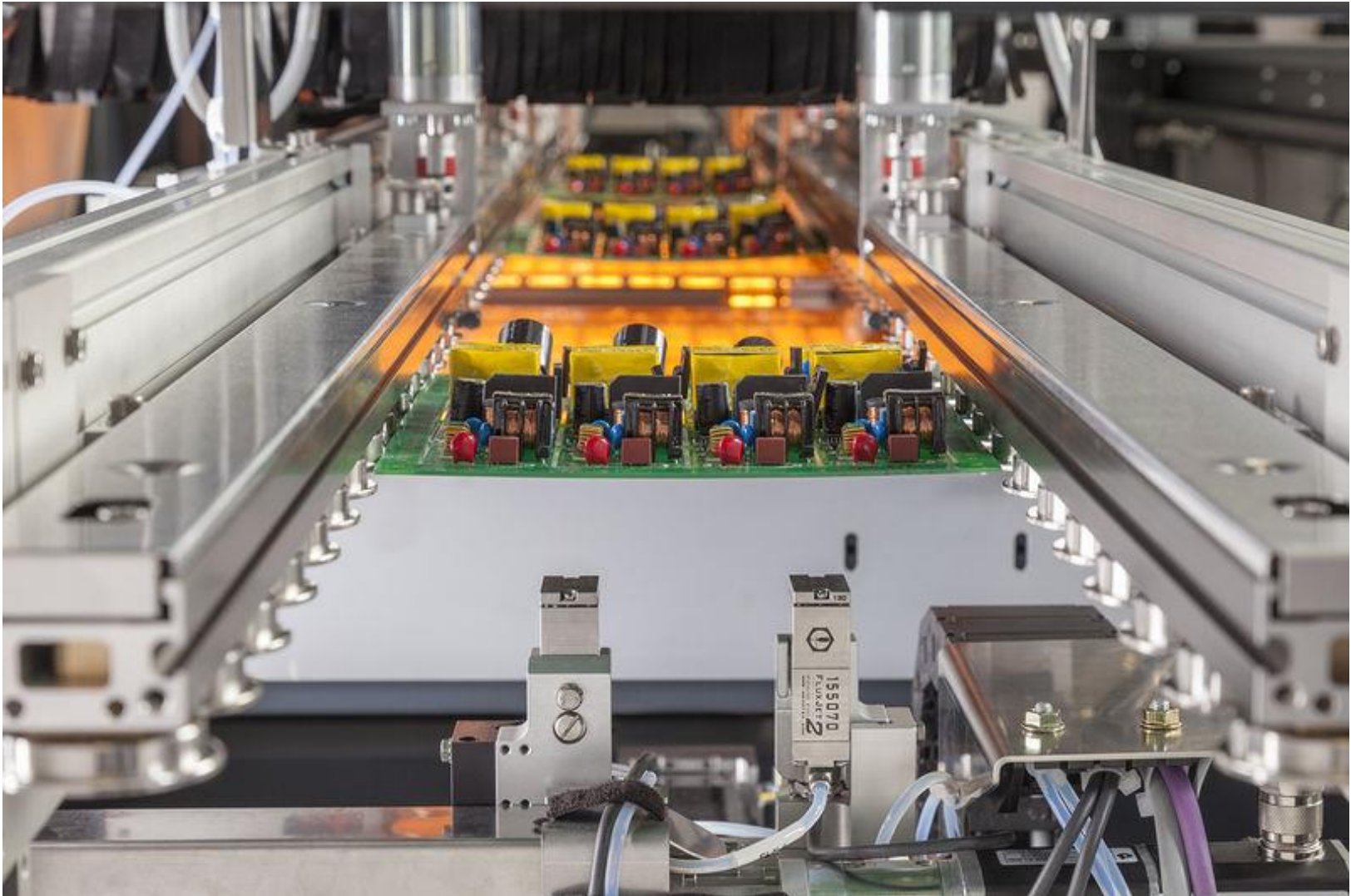


LUTOWANIE PRZEMYSŁOWE

Lutowanie przemysłowe



Lutowanie przemysłowe



Lutowanie przemysłowe – na fali

- Przemysłowe, masowe lutowanie obwodów drukowanych zawierających duże ilości elementów elektronicznych wytwarzanych techniką montażu przewlekanego wykonuje się metodą lutowania "na fali" (ang. wave soldering).
- Technika polega na przesuwaniu obwodu drukowanego, po włożeniu na miejsca wszystkich przewidzianych do lutowania elementów, tuż nad powierzchnią ciekłego lutu.
- W pewnym miejscu zbiornika z lutem, za pomocą pompy wytwarzana jest poprzeczna „fala” na powierzchni lutu. Szczyt fali lutu dotyka spodu przesuwającego się obwodu drukowanego i metalowe części (nóżki elementów oraz miedziane ścieżki na płycie) zostają pokryte stopionym lutem.
- Po przejściu płyty nad falą nagrzane miejsce stygnie i zakrzepły lut tworzy złącza lutowane wysokiej jakości.

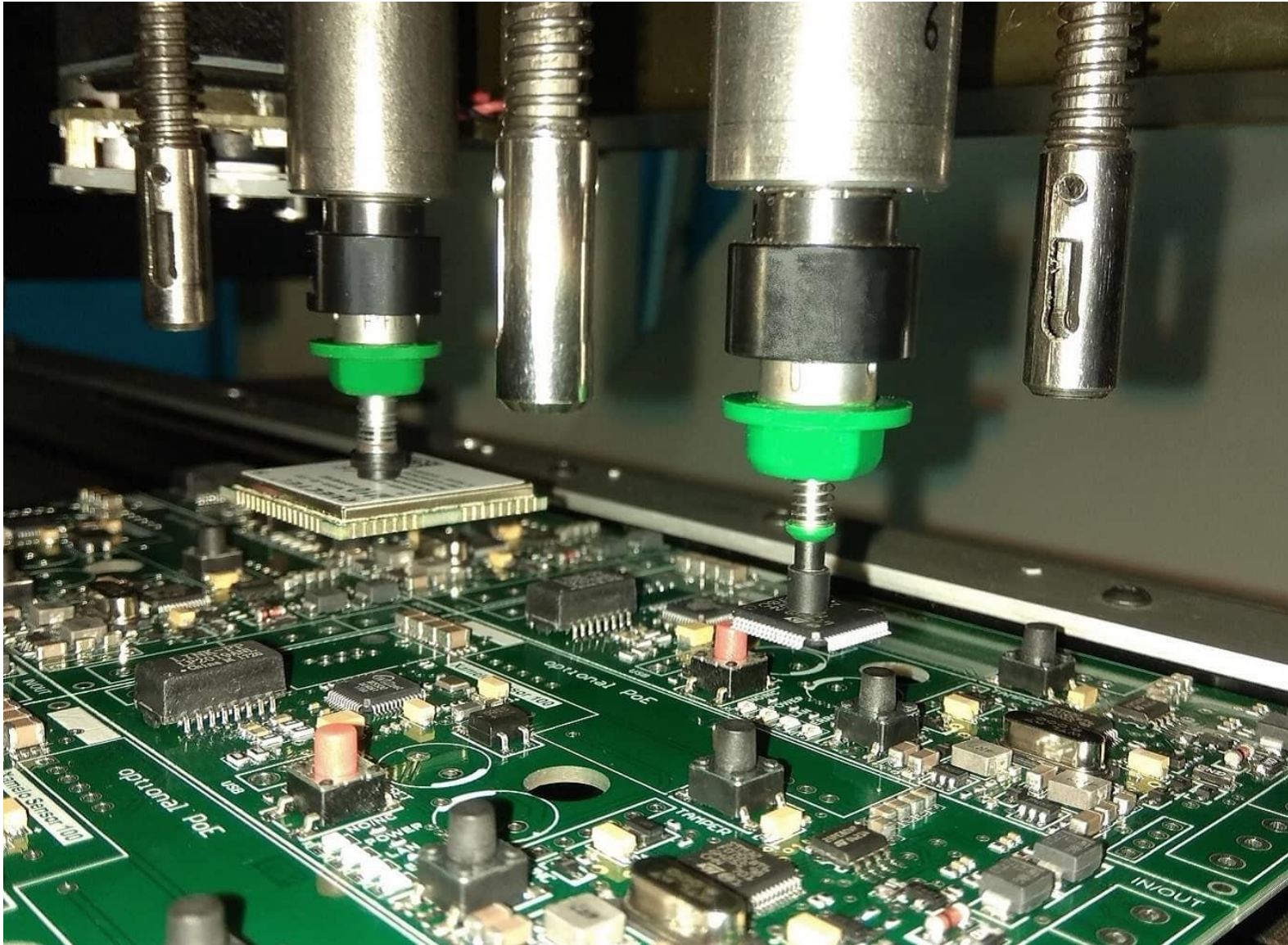
Lutowanie przemysłowe



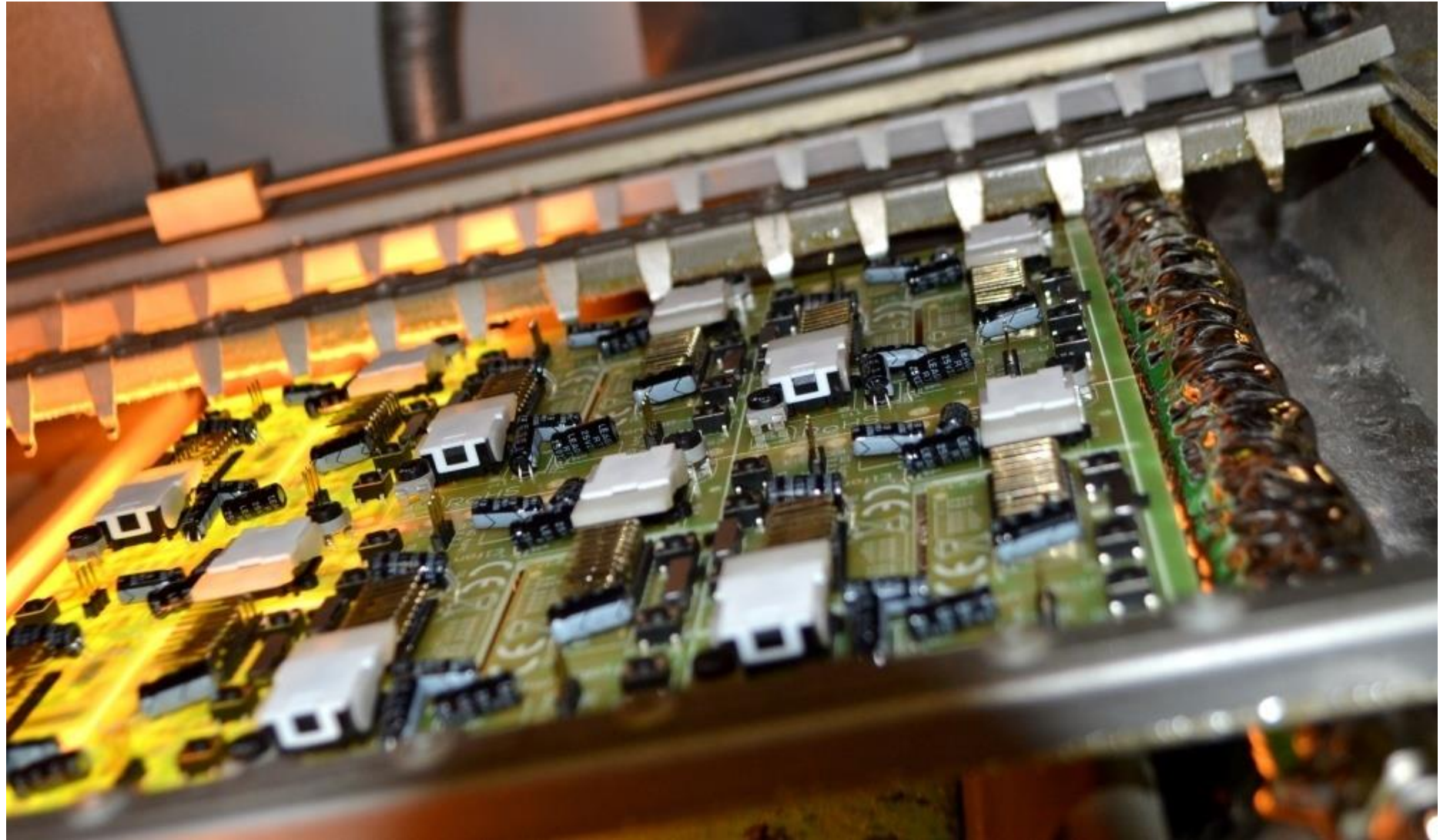
Lutowanie przemysłowe bezdotykowe

- Technika rozgrzewania przy pomocy gorącego powietrza lub podczerwieni.
- Stosowana do obwodów drukowanych wytwarzanych techniką montażu powierzchniowego.
- W tym przypadku mieszanina lutu i topnika jest nakładana w postaci pasty na odpowiednie miejsca obwodu drukowanego. Po umieszczeniu elementów elektronicznych na swoich miejscach płytę i elementy na niej rozgrzewa się gorącym powietrzem lub promiennikiem podczerwieni.
- Po stopieniu lutu obwód drukowany jest chłodzony, złącza lutowane stygną, lut krzepnie i proces lutowania kończy się.
- Hot air to nowoczesne stacje lutownicze na gorące powietrze. Strumień powietrza jest wytwarzany przez pompę, następnie elementem grzejnym podgrzewany jest do żądanej temperatury.

Lutowanie przemysłowe bezdotykowe



Lutowanie przemysłowe bezdotykowe



Sprawdzanie połączeń lutowanych

- Połączenie lutowane należy sprawdzić zwracając uwagę na równomierne rozłożenie lutu i estetyczne wykonanie spoiny.
- Sprawdzenie szczelności dokonuje się próbą wodną obserwując, czy nie ma przecieku przez spoinę.
- Do sprawdzania bardziej odpowiedzialnych połączeń lutowanych stosuje się badania defektoskopowe, rentgenowskie, wytrzymałościowe, metalograficzne, oporności elektrycznej i inne, jak np. próby na odrywanie, które umożliwiają określenie stopnia wypełnienia szczeliny lutem.

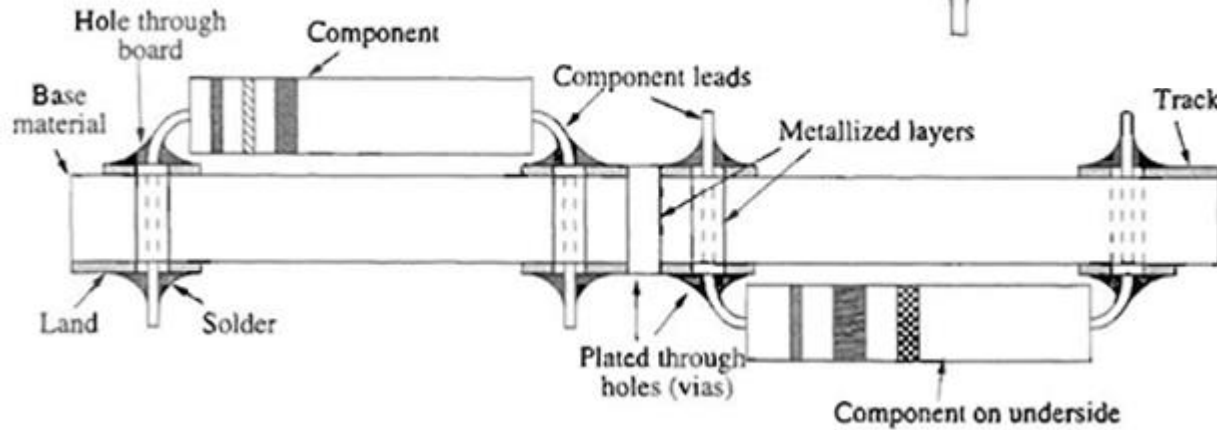
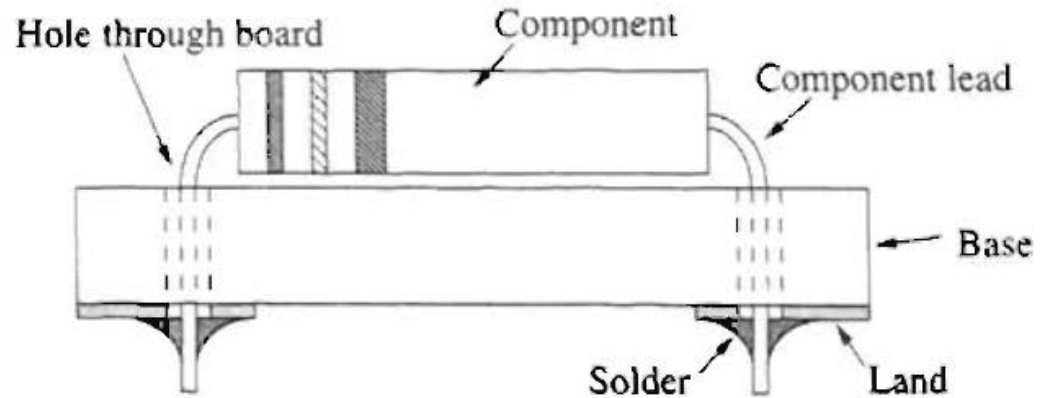
Sprawdzanie połączeń lutowanych



BUDOWA PŁYTEK DRUKOWANYCH

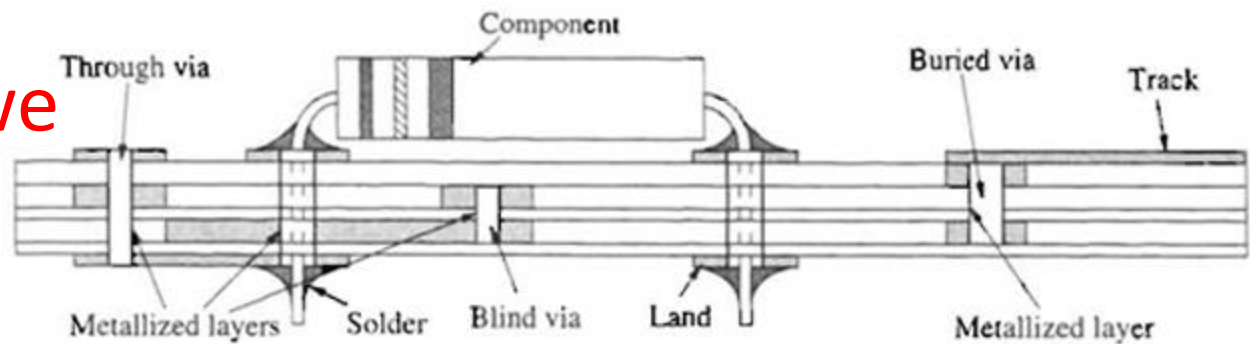
Warstwy płytek drukowanych

Pojedyncza warstwa

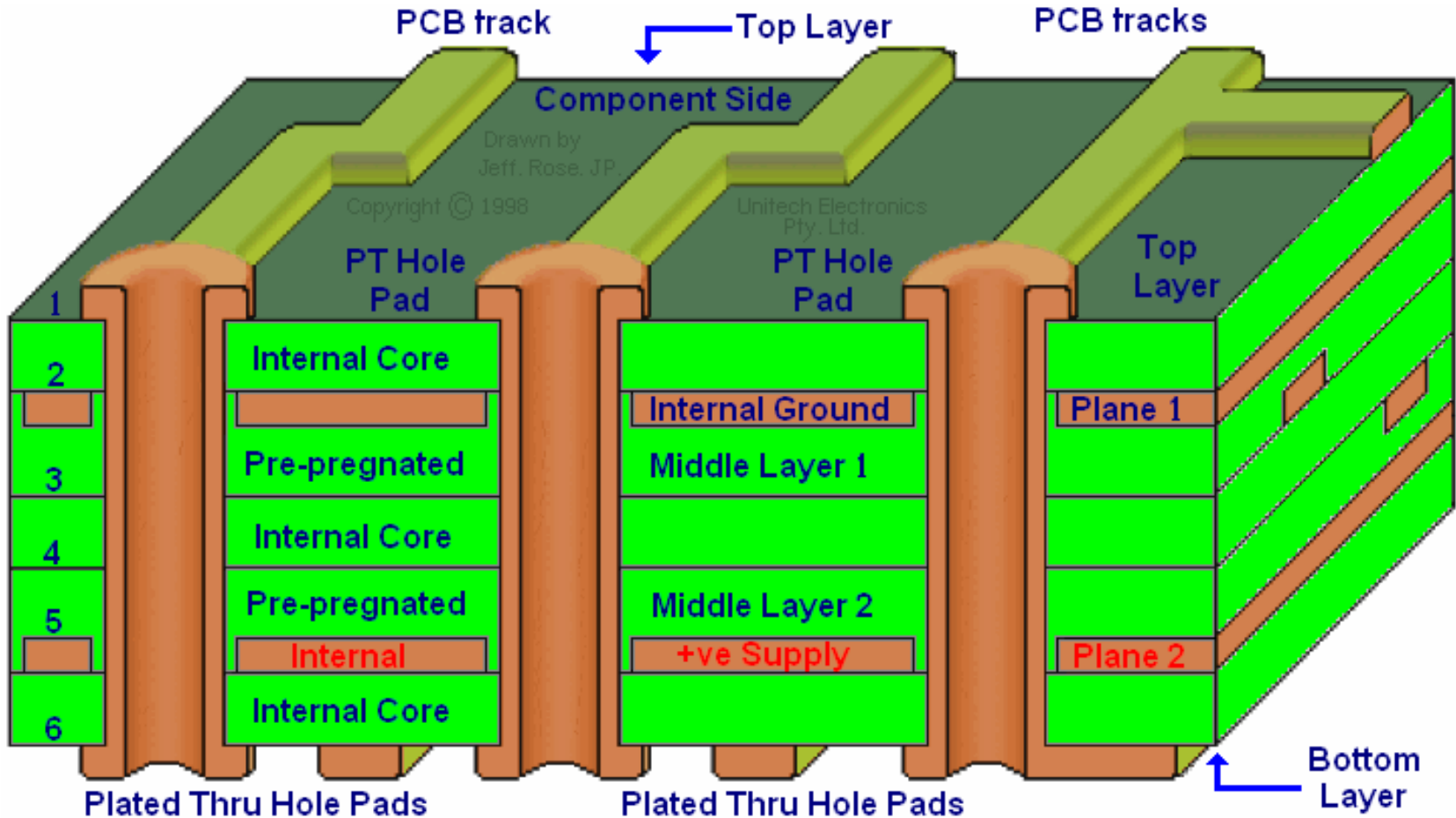


Podwójna warstwa

Wielowarstwowe układy



Warstwy płyty głównej



An Example of the construction of a six layer Printed Circuit Board

Warstwy płyty głównej

How many layers is up to you and the complexity of a circuit

Drawn by Jeff. Rose. J.P.

An "exaggerated" look at a 12 layer printed circuit board.
Note the inter-connections within the layers of the PCB.

COPYRIGHT © 1992-2011 Unitech Electronics Pty. Ltd.

Fig 1a.

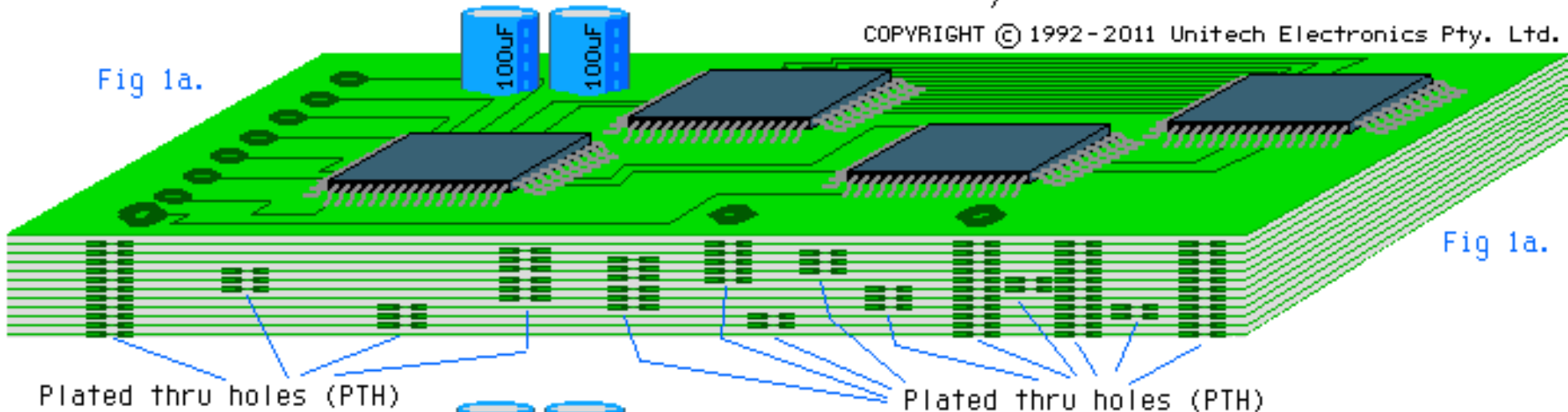


Fig 1a.

Fig 1b.

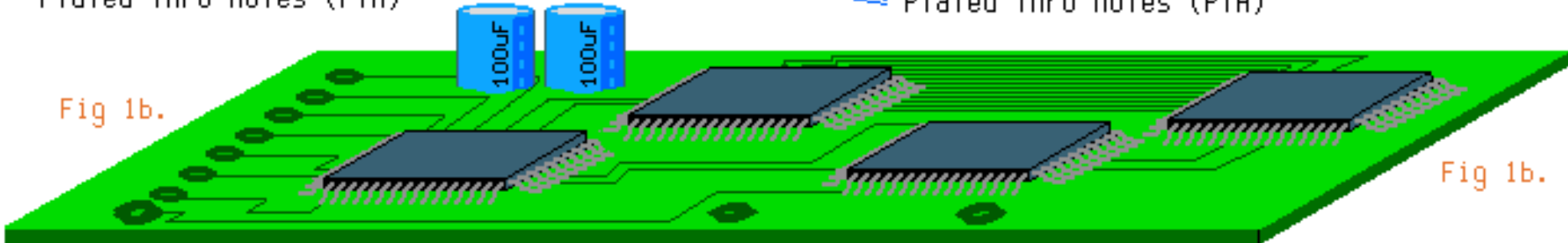
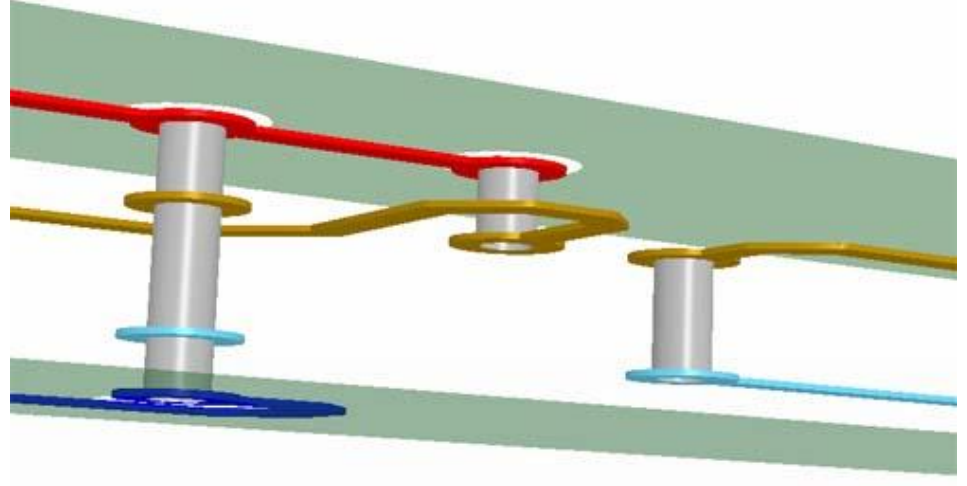
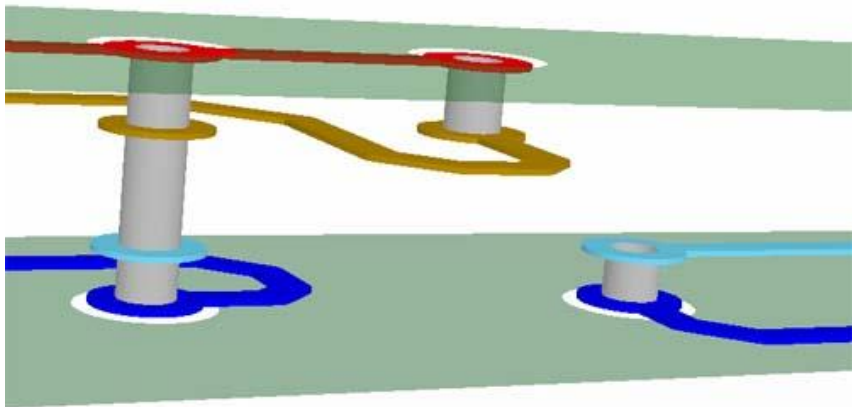
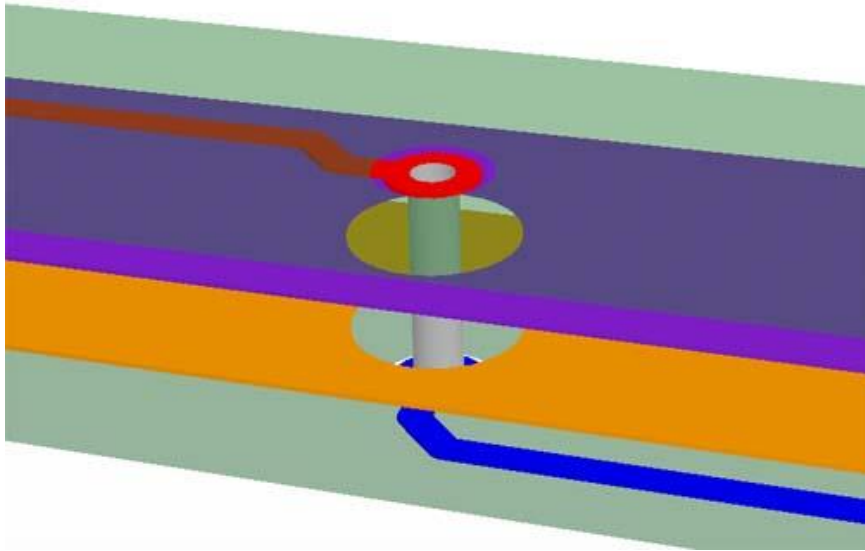


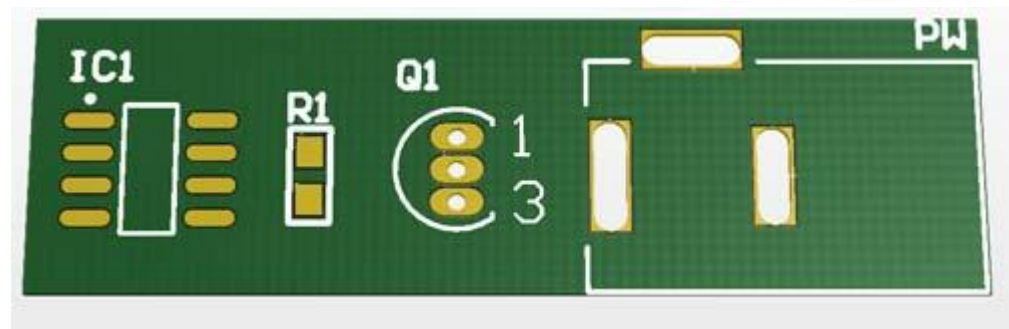
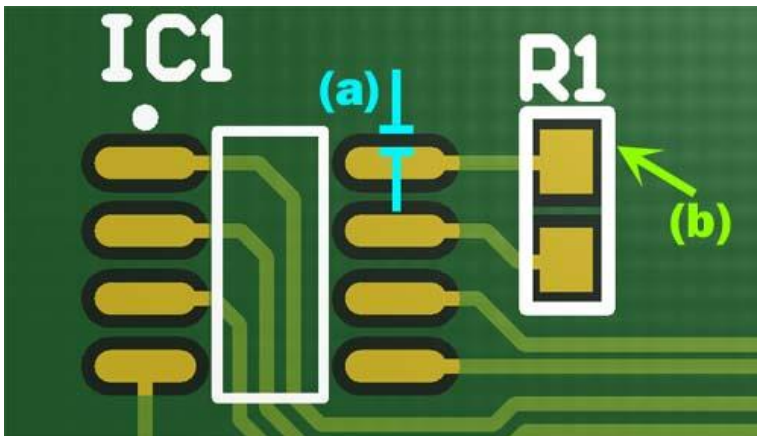
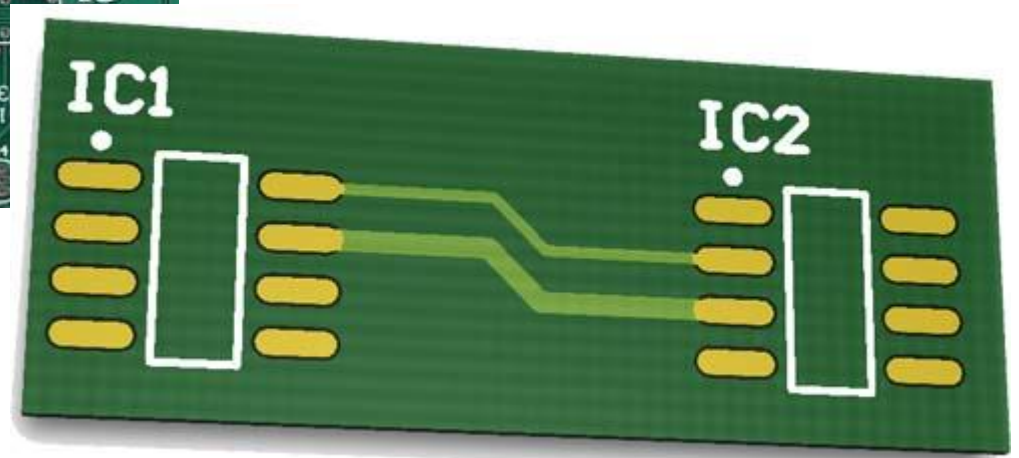
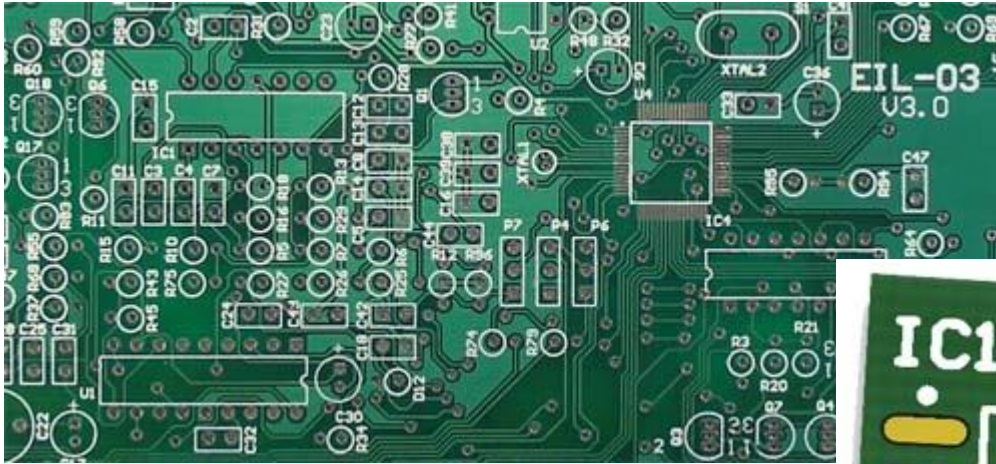
Fig 1b.

A completed PCB, compressed and containing all of the above inter-connections as in Fig 1a.

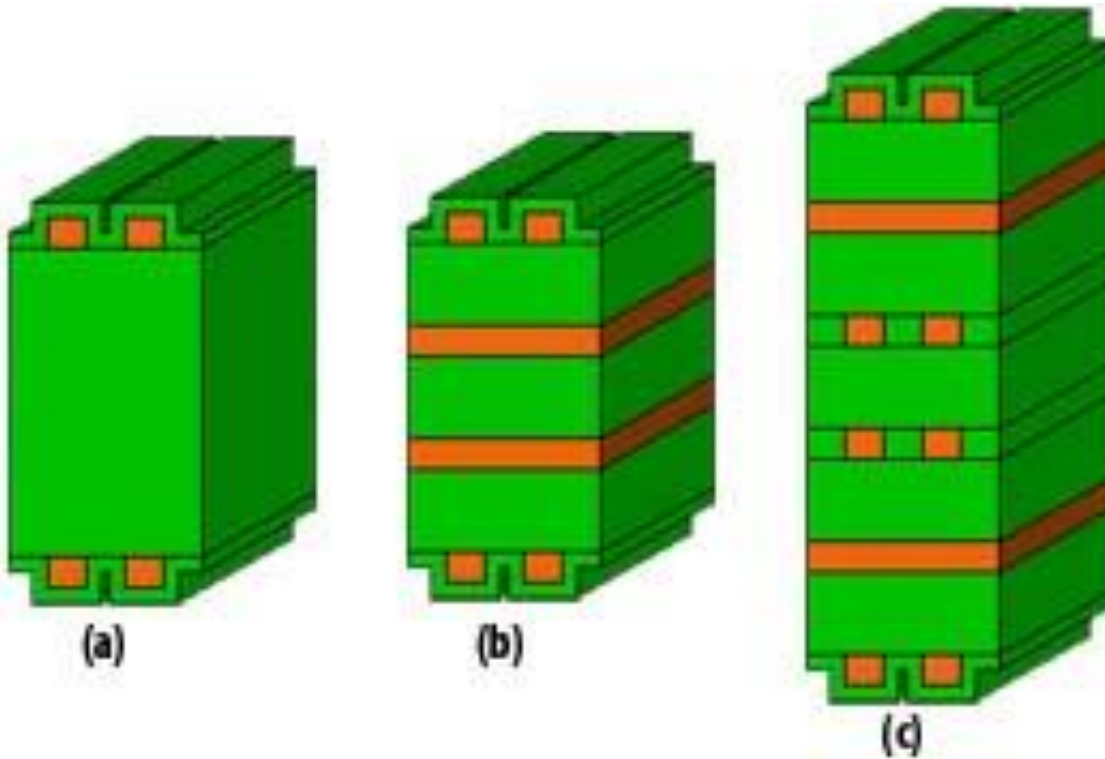
Warstwy płyty głównej



Połączenia płyty głównej



Warstwy płyty głównej



- Ile warstw mają poszczególne płyty (a, b, c) ?

