



Witold Wrotek

# Lutowanie

## od podstaw

Wydanie II

Helion 

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Małgorzata Kulik

Projekt okładki: Studio Gravite / Olsztyn

Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki

Grafika na okładce została wykorzystana za zgodą Shutterstock.com

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)

WWW: <https://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://helion.pl/user/opinie/lutop2>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-283-9371-4

Copyright © Helion S.A. 2022

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

# SPIS TREŚCI

<b>WSTĘP</b>	<b>7</b>
W.1. Czym jest i do czego służy lutowanie?	10
W.2. Czym się różni lutowanie miękkie i twarde?	13
W.3. Czy coś grozi lutującemu?	16
W.4. Oczyszczenie i odtłuszczenie przed lutowaniem	18
W.5. Mocowanie elementów przed lutowaniem	20
Pytania dla głębszego tematu pojmowania	21
<b>1 NARZĘDZIA I MATERIAŁY</b>	<b>23</b>
1.1. Narzędzia	24
1.2. Materiały do lutowania	31
1.3. Cyna cynie nierówna	33
1.4. Materiały do izolowania	35
1.5. Jaka lutownica i do czego?	38
1.6. Grot do SMD	41
1.7. Omomierz	43
Pytania dla głębszego tematu pojmowania	45
<b>2 DOBRE PRAKTYKI</b>	<b>47</b>
2.1. Co to jest elektryczność statyczna?	47
2.2. Jak dobrać grot do lutownicy?	50
2.3. Czym usunąć zanieczyszczenia z nagrzanego grota?	52
2.4. Czy można przywrócić poprawny kształt grota?	53
2.5. Groty z warstwą ochronną	56
2.6. Temperatura grota	57
2.7. Powtórne wykorzystanie elementów	60
Pytania dla głębszego tematu pojmowania	60

<b>3</b>	<b>PODSTAWY LUTOWANIA</b>	<b>62</b>
3.1.	Ustawienie elementów	63
3.2.	Zapewnienie właściwego dystansu elementów	66
3.3.	Rola topnika	68
3.4.	Technika lutowania	70
3.5.	1... 2... 3... kulisty i błyszczący	71
3.6.	Zimny lut i lut przegrzany	73
3.7.	Oczyszczenie połączenia po lutowaniu	75
	Pytania dla głębszego tematu pojmowania	77
<b>4</b>	<b>PRACE DOMOWE</b>	<b>80</b>
4.1.	Podłączenie żyrandola	81
4.2.	Sznur z wtyczką	86
4.3.	Łączenie dwóch przewodów	87
4.4.	Lokalizacja przerw i zwarc w kablach	91
4.5.	Naprawa przerwanego kabla	92
4.6.	Mocowanie do złączy	94
4.7.	I w tym cały jest ambaras, aby wszystko przewodziło naraz	95
	Pytania dla głębszego tematu pojmowania	96
<b>5</b>	<b>DOSKONALENIE UMIEJĘTNOŚCI</b>	<b>99</b>
5.1.	Siatka 10×10	100
5.2.	Jak chronić elementy elektroniczne przed przegrzaniem przy lutowaniu?	105
5.3.	Ludziki z elementów elektronicznych	107
5.4.	Lutowanie rezystorów	109
5.5.	Lutowanie pajaków	113
5.6.	Łączenie baterii	114
	Pytania dla głębszego tematu pojmowania	118
<b>6</b>	<b>ELEMENTY ELEKTRONICZNE</b>	<b>120</b>
6.1.	Lutowanie elementów do płytek drukowanych	121
6.2.	Lutowanie do płytki wielowarstwowej	124
6.3.	Wlutowywanie kabli do płytki drukowanej	126
6.4.	Lutowanie podstawek pod elementy	128
6.5.	Lutowanie diody	130
6.6.	Lutowanie diody LED	134
6.7.	Lutowanie tranzystorów	136
6.8.	Lutowanie układów scalonych	139
	Pytania dla głębszego tematu pojmowania	142

<b>7 NAPRAWY</b>	<b>144</b>
7.1. Jak za pomocą suszarki znaleźć miejsce przerwania ścieżki?	145
7.2. Lokalizacja przerw i zwarć	149
7.3. Usuwanie zwarć pomiędzy ścieżkami	153
7.4. Oczyszczanie punktów lutowniczych po zalaniu ich cyną	155
7.5. Naprawa przerwanych ścieżek	158
7.6. Dlaczego radio buczy, czyli brak masy	160
7.7. Wylutowywanie	162
Pytania dla głębszego tematu pojmowania	164
<b>SKOROWIDZ</b>	<b>167</b>

## LUTOWANIE OD PODSTAW

# 1

## NARZĘDZIA I MATERIAŁY

Z tego rozdziału dowiesz się:

- jakie narzędzia pomiarowe są przydatne podczas lutowania;
- czym najwygodniej jest przecinać i odizolowywać kable;
- jak skutecznie i bezpiecznie usuwać niepotrzebny lut;
- na co zwracać uwagę, wybierając stop lutowniczy;
- co jest używane do izolowania połączeń lutowanych;
- jaką lutownicę wybrać;
- czym sprawdzić jakość wykonanego połączenia.

W książce skupię się na lutowaniu miękkim, czyli w temperaturze nieprzekraczającej 450°C, ograniczonym do elementów elektronicznych i elektrycznych. Lutowanie instalacji CO i CW, a także rynien odbywa się na podobnej zasadzie, ale wymaga stosowania bardziej wydajnych źródeł ciepła.



Do lutowania elementów elektronicznych wystarczy np. lutownica o mocy rzędu 25 – 50 W. W hydraulice i dekarstwie używane są lutownice elektryczne o mocach powyżej 200 W lub palniki gazowe.

---

## 1.1. Narzędzia

Lutowanie jest pracą, w której niezbędne są narzędzia. Wiele z nich znajduje się już w domu, a te, które warto dokupić, nie kosztują więcej niż kilkadziesiąt złotych.

Podstawowym narzędziem jest lutownica. Szerzej kryteriami jej wyboru zajmę się w podrozdziale 1.5.

Montaż wymaga dokonywania pomiarów. W warsztacie przydają się **linijka** oraz suwmiarka. Pierwsza pomoże np. w zaznaczeniu, na jakiej długości z przewodu ma zostać zdjęta izolacja (rysunek 1.1). Jest to o tyle ważne, że przewód odizolowany na zbyt dużej odległości może powodować zwarcia. Do zaznaczania przyda się długopis lub cienki flamaster.



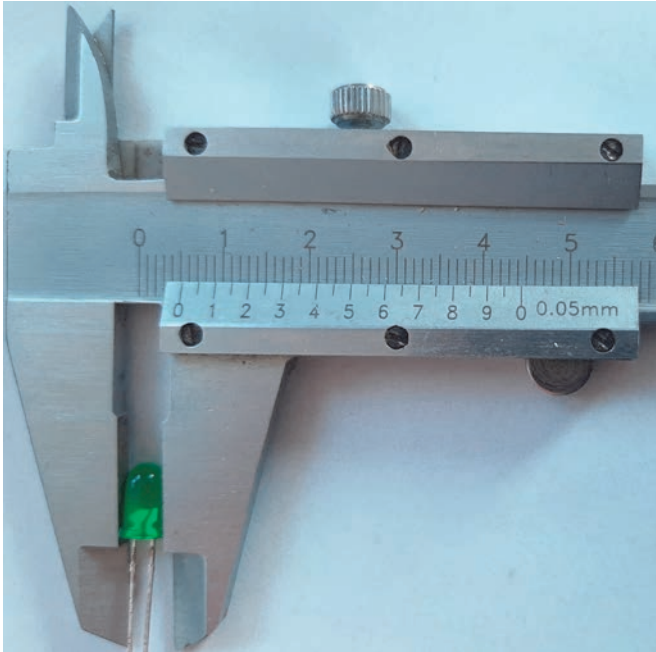
**Rysunek 1.1. Odizolować przewód trzeba tylko na takiej długości, jaka jest niezbędna do wykonania połączenia**

**Suwmiarka** (rysunek 1.2) służy do pomiaru średnic zewnętrznych i wewnętrznych. Pozwala np. dobrać oprawkę do elementu, wiertło, wkręt itp. Przydaje się też do prac montażowych czy wykonywania obudów.



Do wykonywania połączeń używane są kable. Zazwyczaj są one w izolacji z tworzywa sztucznego. Przed lutowaniem należy ją usunąć. W przeciwnym razie będzie się topiła, paliła, dymiła i utrudniała lutowanie.



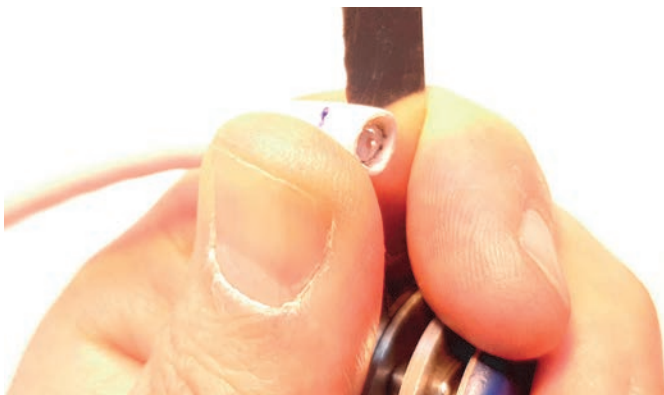


**Rysunek 1.2. Suwmiarka nie jest niezbędna do lutowania, ale oddaje nieocenione usługi**



Izolacji nie należy nadtapiać lutownicą. Opary plastiku są szkodliwe.

Izolację można usunąć przy użyciu noża (rysunek 1.3). Jest to rozwiązanie najprostsze. Wystarczy przeciąć izolację, a następnie ściągnąć ją z kabla. Większym wyzwaniem jest odizolowanie przewodu, który ma kilka warstw lub środek wykonany z bardzo cienkich drucików. Jeżeli nie mamy wprawy w operowaniu nożem, można przeciąć kabel za głęboko albo skaleczyć się. Pierwsze operacje proponuję wykonywać wolno i np. opierając kabel na deseczce. Po nabraniu wprawy oraz wyczucia w nacisku na nóż można usuwać izolację na przykład w sposób pokazany na rysunku 1.3.



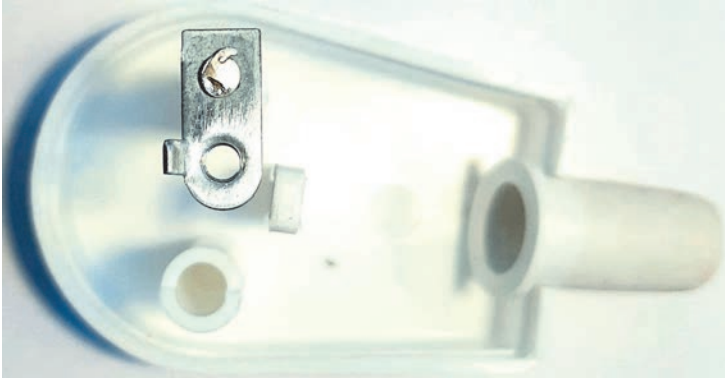
**Rysunek 1.3. Usuwanie izolacji z kabla koncentrycznego**

Miniaturyzacja w elektronice jest błogosławieństwem dla użytkowników. Dzięki niej w mikroskopijnej obudowie upakowane są urządzenia o olbrzymich możliwościach. Wysoki stopień miniaturyzacji jest również sporym wyzwaniem dla montażystów. Muszą oni sprawić, by połączenia były właściwie poprowadzone, tzn. zarówno bez zwarcia, jak i bez przerw. Oznacza to, że trzeba np. sprawdzić, czy żaden z drucików wchodzących w skład plecionki nie dotyka do żyły kabla (rysunek 1.4). Do tego celu można wykorzystać szkło powiększające lub omomierz.



**Rysunek 1.4. Jeden cienki drucik ekranu dotykający do żyły kabla może spowodować zwarcie**

Nie wszystkie połączenia elektryczne są lutowane. Nawet jeżeli oblutowany (pobielony) zostanie kabel, który ma zostać podłączony np. do wtyczki, to powierzchnia styków może być pokryta warstwą tlenków. Należy ją przetrzeć papierem ściernym i dopiero do tak przygotowanej powierzchni podłączyć kabel (rysunek 1.5).



Rysunek 1.5. Jasna powierzchnia styku, z której zostały usunięte tlenki



Papier ścierny powinien być o gradacji 100 lub drobniejszej. Oczyszczenie wymaga zaledwie kilku ruchów. Ma ono na celu usunięcie warstwy tlenków; nie może spowodować przerwania antykorozyjnego pokrycia galwanicznego. Jak to pogodzić? Usuwanie tlenków lepiej wykonywać wolniej i delikatniej, kontrolując stan powierzchni, niż szybkim ruchem spowodować rysy.

Elementy elektroniczne montowane w układach prototypowych mogą być lutowane bez skracania wyprowadzeń. Zazwyczaj nie przeszkadza to w działaniu układu. Wyjątkiem mogą być obwody pracujące w zakresie wysokich częstotliwości. Dłuższe wyprowadzenia będą wносить indukcyjności i pojemności pasożytnicze, które zaburzą pracę układu. Jeżeli nie ma takiego niebezpieczeństwa, lepiej jest nie skracać nóżek elementów. Można je będzie wylutować i wykorzystać w kolejnym projekcie.

Gdy docelowy układ zostanie zmontowany i uruchomiony, warto usunąć zbędne końcówki elementów, które wystają z punktów lutowniczych. Konstrukcja będzie mniejsza, a dodatkowo prawdopodobieństwo zwarcia zostanie obniżone. Do obcinania nóżek dobrze jest mieć tzw. **ostre** (nazwa ta może być trochę dziwna, ale gdy użyje się jej w sklepie z narzędziami, z pewnością otrzyma się to, co potrzebne), czyli małe nożyce do cięcia drutów z cienkimi końcówkami (rysunek 1.6).

Lutowanie jest połączeniem rozłącznym. Po podgrzaniu lut przechodzi w fazę płynną. Pozwala to na przerwanie połączenia. Tyle mówi teoria. Jak jednak wylutować układ scalony, który ma kilkadziesiąt nóżek (rysunek 1.7)?



Rysunek 1.6. Cienkie zakończenia ułatwiają precyzyjne operowanie narzędziem



Rysunek 1.7. Żeby wylutować taką „stonogę”, trzeba jednocześnie podgrzać wszystkie wyprowadzenia

Można posługiwać się grotem, który ma kształt litery T i powoduje jednoczesne nagrzanie wielu punktów leżących wzdłuż tej samej linii. Wymaga to jednak lutownicy o odpowiednio dużej mocy.

Co zrobić, jeśli zajdzie potrzeba wylutowania przekaźnika, który ma wiele nóżek, ale nie o tak znormalizowanym rastrze jak układy scalone? Jest i na to sposób!

Lut trzeba rozgrzać, a następnie usunąć. Służą do tego dwa narzędzia: **odsysarka** oraz **plecionka miedziana**.

Odsysarka przypomina strzykawkę (rysunek 1.8). Jej końcówka jest odporna na temperaturę roztopionego lutu. Należy wciskać tłok odsysarki aż do zablokowania jego położenia. Spowoduje to ściśnięcie sprężynki. Po nagraniu punktu lutowniczego trzeba przysunąć do niego końcówkę odsysarki i nacisnąć

przycisk zwalniający tłok. Sprężyna rozpręży się i spowoduje energiczne przesunięcie tłoka. W rezultacie do odsysarki zasane zostanie powietrze wraz z płynnym lutem. Jeżeli jednorazowy zabieg nie wystarczy, trzeba go powtórzyć.

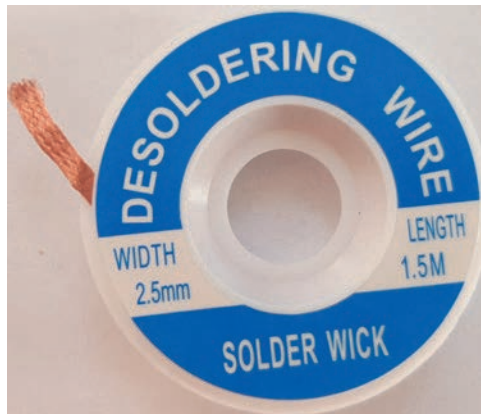


Rysunek 1.8. Odsysarka płynnego lutu

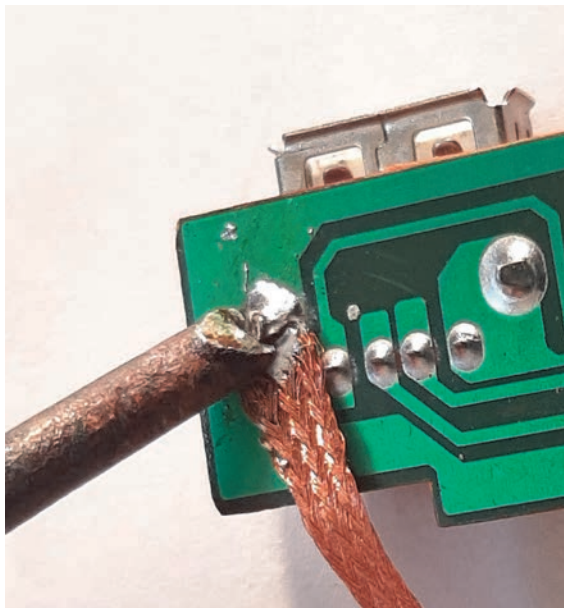


Końcówka odsysarki czasami się zapycha. W korpusie narzędzia zbiera się zastygnięty lut, który może utrudniać przesuwanie tłoka. Obu problemom zaradzi oczyszczenie wnętrza odsysarki. Dostęp do niego uzyskamy po odkręceniu części, do której przymocowana jest końcówka.

**Plecionka miedziana** ma postać płaskiej taśmy zrobionej z cienkich drucików miedzianych (rysunek 1.9). Po nagraniu punktu lutowniczego należy do niego dotknąć plecionkę, a pochłonie ona płynny lut (rysunek 1.10). Plecionka miedziana służy do usuwania nadmiaru cyny, oczyszczania ścieżek z resztek lutowni, wylutowywania elementów wrażliwych na temperaturę. Zużyty kawałek plecionki trzeba odciąć i korzystać z nowej.



Rysunek 1.9. Plecionka miedziana stanowi uzupełnienie odsysarki



**Rysunek 1.10. Roztopiony lut zwilża plecionkę i znika z punktu lutowniczego**

Ani odsysarka, ani plecionka nie spowoduje całkowitego usunięcia lutu. Jego pozostawanie jest kłopotliwe zwłaszcza przy naprawach układów. Resztki lutu utrudniają włożenie w płytkę drukowaną nowego elementu. W takim wypadku należy podgrzać lut lutownicą i w otwór na nóżkę elementu włożyć np. igłę od strzykawki lub inny metalowy, ostro zakończony przedmiot (rysunek 1.11). Powinien on mieć uchwyt, który nie nagrzej się od metalowej końcówki i nie poparzy palców.



**Rysunek 1.11. Cienka, ostra końcówka umożliwia udrażnianie otworów w płytkach drukowanych**

Po zakończeniu lutowania, a przed podłączeniem zasilania trzeba sprawdzić, czy nie został popełniony błąd. Zwarcie może bowiem spowodować nieodwracalne uszkodzenie elementów. Kontrolę należy przeprowadzić optycznie lub z użyciem przyrządu pomiarowego.

Ponieważ nawet ślad cyny o grubości włosa może wywołać zwarcie, kontrolę jakości połączeń trzeba wykonywać przy użyciu szkła powiększającego i w dobrym oświetleniu.

W niektórych przypadkach można posłużyć się omomierzem. Zasady korzystania z niego opisałem w podrozdziale 1.7.

Przydatnymi narzędziami są również **imadło** oraz **pilnik gładzik**. Pierwsze ułatwia zamocowanie płytki drukowanej np. podczas wiercenia w niej otworów czy lutowania elementów. Drugie pozwala na wygładzenie krawędzi płytek drukowanych, obciętych końcówek itp.

## 1.2. Materiały do lutowania

Jeżeli powierzchnie, które mają być lutowane, zostały zabezpieczone np. przez natłuszczenie, dobrze jest je przygotować do lutowania. W tym celu należy je odtłuścić, przecierając szmatką zwilżoną np. denaturatem. Topnik również może usunąć zanieczyszczenia, ale warto jako zasadę przyjąć lutowanie materiałów, które są maksymalnie oczyszczone.



Szmatka nie powinna pylić i zostawiać nitek. Jeżeli o tym zapomnimy, usunięcie zanieczyszczeń może trwać dłużej niż odtłuszczenie.



Końcówki lutownicze, które wykonywane są na prasach, mają nawiercane otwory pokryte cienką warstwą oleju pochodzącego z maszyn.



Drugim materiałem jest lut. Najczęściej używane są stopy cyny. W zależności od składu stopu zmienia się temperatura topnienia lutu.





Niektóre stopy zawierają w swoim składzie trujący ołów. Mają one oznaczenie np. S-Sn60Pb40, które informuje, że w stopie jest około 60% cyny (symbol chemiczny Sn) oraz około 40% ołowiu (symbol chemiczny Pb). Oparów ołowiu nie należy wdychać. Szkodliwe jest również jego spożywanie. Po pracy należy umyć ręce i pod żadnym pozorem w czasie lutowania nie dotykać nimi ust.

---



Toksyczne działanie ołowiu polega na tym, że kumuluje się w organizmie człowieka. Pierwszymi objawami zatrucia są: słodki smak w ustach, bóle głowy, zaparcia, utrata apetytu.

---

Lutowanie nie jest groźne dla życia. Do zatrucia ołowiem dochodzi podczas długotrwałej ekspozycji na niego. Miało to np. miejsce w starożytnym Rzymie. Ołów był tam używany do budowy rur, cystern na wodę. Powodzeniem cieszyły się ołowiane miski. Wszystko to dlatego, że ołów jest metalem miękkim i łatwym do obróbki. Badacze stwierdzili („Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie” 2010, 56, 2, 118–128; Inga Krzywy, Edward Krzywy, Magdalena Pastuszek-Gabinowska, Andrzej Brodkiewicz, „Ołów — czy jest się czego obawiać?”; [https://www.pum.edu.pl/\\_\\_data/assets/file/0006/38157/56-02\\_118-128.pdf](https://www.pum.edu.pl/__data/assets/file/0006/38157/56-02_118-128.pdf)), że ołów był używany do produkcji kul do proc i katapult, trumien, obręczy do beczek, drutu. Był również stosowany do wytwarzania farb malarskich oraz dodawany do wina (w postaci octanu ołowiu), aby poprawić jego smak (tzw. cukier ołowiowy). Dopiero tak intensywne i długotrwałe narażenie na działanie ołowiu oraz spożywanie go powoduje zatrucie. Nie jest on jednak obojętny dla zdrowia i należy z nim obchodzić się ostrożnie.

---

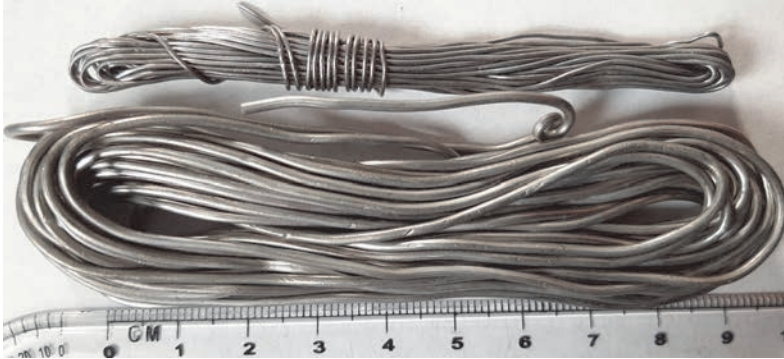


Czysta cyna ma temperaturę topnienia 231,9°C, zaś ołów 327,5°C. Dodatek niskotopliwych metali do stopu ma na celu obniżenie temperatury topnienia. To z kolei przyczynia się do mniejszej liczby przegrzanych elementów oraz oszczędności energii.

---



Dużą popularnością cieszy się lutowie mające postać drutu wypełnionego wewnątrz topnikiem. W zależności od producenta może ono nosić nazwę: tinol, staniol, spoiwo lutownicze, stop lutowniczy. Różnią się one nie tylko nazwą, ale i średnicą (rysunek 1.12) oraz składem chemicznym.



**Rysunek 1.12. Cienkie lutowie lepiej sprawdzi się przy montażu układów elektronicznych. Z grubszego będzie wygodniej korzystać podczas lutowania instalacji CO i CW**

### 1.3. Cyna cynie nierówna

Wybór lutowia ma zasadniczy wpływ na liczbę przegrzanych elementów, szybkość pracy oraz jakość połączeń.

Zasadniczym składnikiem stopów lutowniczych jest **cyna** — miękki metal o barwie srebrzystej. Dodatek ołowiu miał na celu obniżenie temperatury topnienia stopu.

Od 1 lipca 2006 roku obowiązuje dyrektywa unijna **RoHS** (ang. *Restriction of Hazardous Substance* — ograniczenia dotyczące substancji niebezpiecznych). Zgodnie z nią w stopach lutowniczych nie może występować ołów. Okazało się jednak, że sprawdza się on na tyle dobrze jako składnik lutowia, że 24 stycznia 2008 roku na drodze decyzji Komisji Europejskiej przyznano trzy wyłączenia — odpowiednio dla: stopów kadmu i ołowiu w materiałach lutowniczych oraz tlenku ołowiu.



Stop o składzie 60% cyny i 40 % ołowiu jest **eutektykiem**. Oznacza to, że ma temperaturę topnienia niższą niż każdy ze składników oddzielnie. Wynosi ona od 183 do 190°C.

Wybierając lutowie, warto zwrócić uwagę na to, aby miało jak najniższą temperaturę topnienia (tabela 1.2).

Tabela 1.2. Temperatury topnienia wybranych stopów lutowniczych

Stop lutowniczy	Temperatura topnienia [oC]
Sn <sub>62</sub> Pb <sub>36</sub> Ag <sub>2</sub>	179
Sn <sub>63</sub> Pb <sub>37</sub>	183
SnAg <sub>3,5</sub> Bi <sub>3,0</sub>	206 – 213
SnBi <sub>7,5</sub> Ag <sub>2,0</sub>	207 – 212
SnAg <sub>2,6</sub> Cu <sub>0,8</sub> Sb <sub>0,5</sub>	216 – 222
SnAg <sub>3,8</sub> Cu <sub>0,7</sub>	217
SnAg <sub>3,5</sub>	221
SnCu <sub>0,7</sub>	227

Drugim parametrem jest średnica lutowia. Najczęściej można spotkać drut o średnicy: 0,25, 0,56, 0,70, 1,0, 1,2, 1,5 i 2,0 mm. Przy lutowaniu elementów elektronicznych im lutowie jest cieńsze, tym lepiej. Precyzyjniej można je podawać, szybciej się topi. Grubsze lutowie jest doskonałe w zastosowaniach, w których zachodzi potrzeba oblutowania końcówek kabli zasilających, połączenia rurek miedzianych itp.

Trzecim parametrem jest ilość lutowia. Zazwyczaj sprzedawane jest na kilogramy (rysunek 1.13). Zużycie zależy od liczby wykonywanych połączeń. Najmniejsze opakowanie w kształcie fiolki o masie 15 g zawiera 3 mb lutowia o średnicy 1 mm. Wykonanie jednego punktu lutowniczego wymaga zużycia około 5 mm lutowia. Zatem 3 mb powinny wystarczyć na polutowanie około 600 punktów.



Rysunek 1.13. Lutowia jest zaledwie 100 gramów, ale dzięki temu, że ma średnicę 0,38 mm wystarcza go na wykonanie wielu precyzyjnych punktów lutowniczych

Większe zużycie lutowni wystąpi podczas tzw. bielenia końcówek kabli. Na pobielenie 1 cm kabla trzeba zużyć około 1 cm lutowni o średnicy 1 mm.

## 1.4. Materiały do izolowania

Wykonanie połączenia wymaga odizolowania przewodów i oczyszczenia końcówek elementów. Po zakończeniu lutowania trzeba je ponownie zaizolować (rysunek 1.14), aby nie było możliwości dotknięcia do odkrytego metalu i spowodowania zwarcia.



Rysunek 1.14. Połączenie zaizolowane z wykorzystaniem koszulek termokurczliwych



Za bezpieczne dla człowieka uważa się napięcie 24 V. Wiele układów zasilanych jest napięciem niższym. Niebezpieczeństwo grozi więc nie człowiekowi, ale podzespołom elektronicznym. Jeżeli czerpany będzie z nich prąd o zbyt dużym natężeniu, mogą ulec uszkodzeniu.

Najczęściej spotykane są dwa sposoby izolowania: przy użyciu koszulek termokurczliwych lub taśmy izolacyjnej.

**Koszulki termokurczliwe** mają postać plastikowych rurek o różnych rozmiarach. Po podgrzaniu ich średnica zmniejsza się dwa razy. W rezultacie obkurczają się na przedmiocie, który znajduje się w ich wnętrzu.



Koszulki termokurczliwe można obkurczać, kierując na nie strumień gorącego powietrza z suszarki do włosów.



W oznaczeniu rurki zawarta jest informacja o średnicy przed i po podgrzaniu. Zapis RTS-3,2/1,6 oznacza, że rurka pierwotnie ma średnicę 3,2 mm, zaś po obkurczeniu zawęży się do 1,6 mm.

W konstrukcjach elektronicznych i elektrotechnicznych spotykane są cztery rodzaje rurek (tabela 1.3).

Tabela 1.3. Oznaczenia wybranych rurek termokurczliwych

Symbol	Typ rurki
RTS	Cienkościenne rurki termokurczliwe samogasnące
RTMK	Rurki termokurczliwe pogrubione z klejem
RTCK	Rurki termokurczliwe cienkościenne z klejem
RTDS	Rurki termokurczliwe pogrubione o dużych średnicach

Rurki cienkościenne nadają się do montażu wewnątrz urządzeń. Pogrubione są bardziej odporne na czynniki mechaniczne. Klej, który znajduje się wewnątrz rurki, powoduje nie tylko silniejsze trzymanie się rurki przewodu, który znajduje się w jej wnętrzu, ale również zabezpiecza złącze przed wnikaniem do niego wilgoci. Rurki o dużych średnicach charakteryzują się tym, że podczas obkurczania mogą zmniejszyć swoją średnicę do trzech razy.

Montując rurkę, należy pamiętać o założeniu jej na przewód przed przyłutowaniem elementu. Takiego problemu nie sprawia taśma izolacyjna (rysunek 1.15). Przypomina ona taśmę klejącą, ale jest wykonana z tworzywa sztucznego.



Kolory taśm można wykorzystać do oznaczania przewodów, np. zielony — masa, czarny — tzw. „gorący”. W wiązce lub plątaniu kabli łatwiej jest wówczas zlokalizować właściwy.



Rysunek 1.15. Taśma izolacyjna

Tworzywo jest odpowiednio dobrane. Nie jest palne. Może być stosowane bez pogorszenia właściwości izolacyjnych w temperaturach panujących wewnątrz urządzeń. Wytrzymuje z dużym zapasem napięcie panujące w domowej sieci energetycznej. Nie rozpuszcza się w wodzie (rysunek 1.16).



Rysunek 1.16. Taśma nie może topić się na słońcu, rozpuszczać w deszczu, palić

Taśma izolacyjna może być stosowana bez użycia źródeł ciepła. Jedynym narzędziem, które jest potrzebne, aby posługiwać się taśmą, jest nóż. O ile w przypadku koszulki termokurczliwej jej właściwości fizyczne spowodują, że pod wpływem ciepła dokładnie zaciśnie się na izolowanym elemencie, o tyle w przypadku taśmy jakość izolacji zależy w znacznej mierze od wykonawcy.



Izolacja nie tylko chroni przed zwarciami, ale również umożliwia usztywnienie połączenia, które jest narażone na załamanie.

---

### 1.5. Jaka lutownica i do czego?

Zadaniem lutownicy jest dostarczenie ciepła w precyzyjnie wybrane miejsce. Źródłem ciepła jest grzałka zamieniająca prąd elektryczny w energię cieplną.

Większość lutownic przystosowana jest do zasilania napięciem sieciowym. Spotkać również można lutownice, które mogą pracować przy napięciu 12 lub 24 V. Jest ono bezpieczne dla człowieka. Takie lutownice należy podłączać przez transformator obniżający napięcie.

---



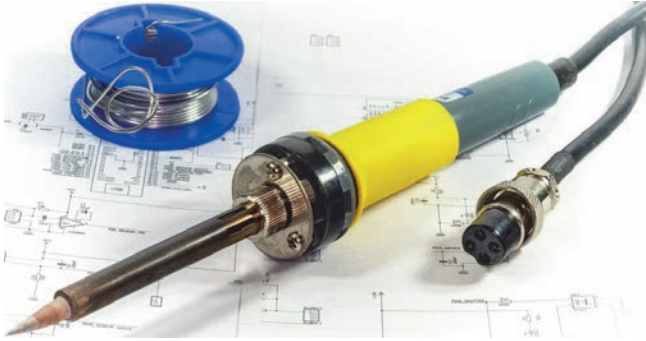
Informacja o napięciu znamionowym lutownicy powinna być wyraźnie napisana na jej korpusie. Podłączenie lutownicy przeznaczonej do napięcia stałego 24 V do sieci napięcie przemienne 220 V powoduje spalenie jej elementu grzejnego.

---

Lutownice zasilane napięciem 24 V są używane w samochodach ciężarowych. Mają wówczas wtyczkę przystosowaną do gniazda zapalniczkowego lub „krokodylki” do podłączenia do akumulatora.

Lutownice stacji lutowniczych mają wtyki z kilkoma wyprowadzeniami (rysunek 1.17). Służą one nie tylko do zasilania grzałki, ale również przesyłają sygnał zwrotny informujący o temperaturze grota. W zależności od niego grzałka jest zasilana lub nie (urządzenie działa więc podobnie jak żelazko z termoregulatorem).

Drugim parametrem jest moc lutownicy. Lutownice o mocy kilku lub kilkunastu watów zasilane z baterii lub gniazda USB nadają się wyłącznie do drobnych napraw. Lutowanie wymaga nagrzania elementów łączonych i roztopienia lutu. Jeżeli grzałka lutownicy będzie miała zbyt małą moc, lutowanie będzie trwało długo, a gdy element będzie duży, wówczas może nie udać się go nagrzać i powstanie tzw. zimny lut.



Rysunek 1.17. Lutownica do stacji lutowniczej

Źródło: <https://pixabay.com/pl/photos/soldering-iron-klejenie-4500340/>



Aby opanować umiejętność posługiwania się stacją przeznaczoną do lutowania strumieniem gorącego powietrza, trzeba nieco czasu. Należy nauczyć się trzymać dyszę w odpowiedniej odległości (aby strumień powietrza nie zdmuchnął elementów z płytki) i jednocześnie nagrzewać lutowie, unikając przy tym poparzenia.

Do hobbistycznego lutowania elementów elektronicznych wystarczy lutownica zasilana napięciem sieciowym i mająca moc około 20 W. Będzie ona nagrzewała się dłużej, ale nie spowoduje przegrzania elementu elektronicznego.

W miarę nabywania wprawy można zmienić lutownicę na mającą dwa razy większą moc. Skróci to czas lutowania.

Do zastosowań profesjonalnych przydatna jest **stacja lutownicza** (rysunek 1.18). Pozwala ona na nastawienie i utrzymywanie zadanej temperatury lutowania.

**Lutownice transformatorowe** nagrzewają się błyskawicznie. Optymalnym obszarem ich zastosowań jest lutowanie elementów, które potrzebują dużo ciepła, więc trudno je przegrzać (np. bielenie końcówek kabli). Nie są polecane osobom początkującym chcącym lutować elementy elektroniczne.

Ważnym elementem lutownicy jest **grot**. Zmieniając go, można tą samą lutownicą lutować zarówno tranzystory, jak i układy do montażu powierzchniowego **smd** (ang. *surface-mounted devices*) (rysunek 1.19).

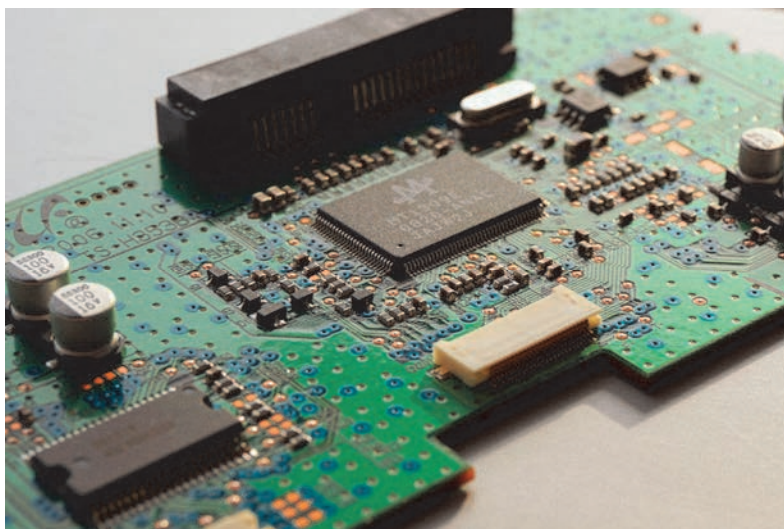
Grot przeznaczony do lutowania elementów do montażu powierzchniowego pokazano na rysunku 1.17.





Rysunek 1.18. Stacja lutownicza

Źródło: <https://pixabay.com/pl/photos/lutowania-stacja-lutownicza-cyny-1038518/>



Rysunek 1.19. Elementy smd mają niewielkie wymiary i bardzo blisko siebie rozmieszczone wyprowadzenia

W najprostszych lutownicach groty są wykonane z miedzi. Po pewnym czasie na miedzianym grocie powstaje wgłębienie w miejscu, którym podczas lutowania dotykane są końcówki elementów. Nierówność udaje się usunąć pilnikiem.



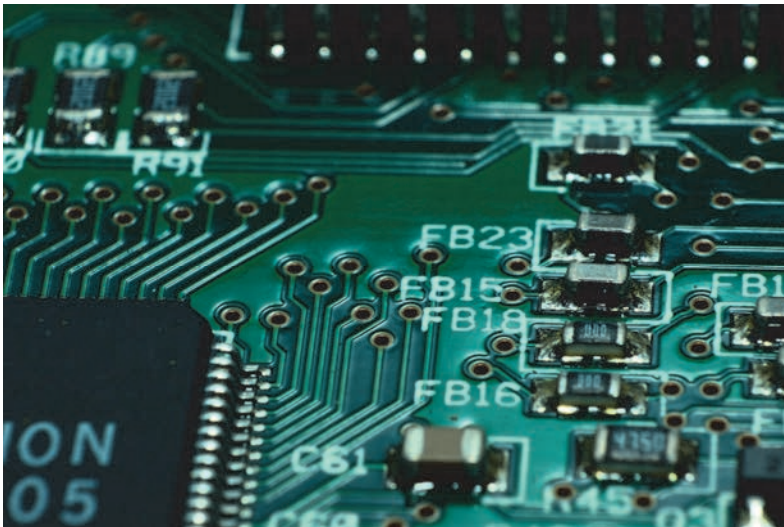


Grot miedziany można również wykonać samodzielnie z drutu miedzianego o średnicy powyżej 1,5 mm. Po nagraniu trzeba zanurzyć go w kalafonii, aby usunąć tlenki, a następnie pobielić cyną. Dzięki temu miedź nie będzie się utleniała podczas pracy.

Grot miedziany dobrze przewodzi ciepło i utrzymuje temperaturę. Niestety dość szybko się niszczy. Miedź rozpuszcza się od gorącego lutowia oraz utlenia w podwyższonej temperaturze. Groty z mosiądku niszczą się znacznie wolniej niż miedziane, a przewodzą i utrzymują ciepło podobnie. Do zastosowań profesjonalnych godne polecenia są groty pokrywane np. niklem. Niestety po zderzeniu utwardzonej powłoki będą się szybko niszczyć.

## 1.6. Grot do SMD

Miniaturyzacja elektroniki postępuje coraz bardziej. Dzięki temu mieszczący się w dłoni smartfon ma większe możliwości obliczeniowe niż komputer osobisty dziesięć lat temu. W ślad za rosnącą integracją elementów idzie ich miniaturyzacja, bo przecież cenny jest każdy milimetr wewnątrz obudowy urządzenia (rysunek 1.20).



Rysunek 1.20. Obwód z układami do montażu powierzchniowego

Źródło: <https://pixabay.com/pl/photos/p%C5%82yta-z-obwodami-drukowanymi-1539113/>

## LUTOWANIE OD PODSTAW

Do montażu rezystorów, które trudno utrzymać nawet najdrobniejszym damskim palcom, używane są... roboty. Układ zmontowany przez nie czasami trzeba naprawić lub zmodyfikować. W takim przypadku należy dysponować narzędziami, które umożliwią precyzyjne działanie. Do trzymania elementów niezbędna jest pęseta. Lutowanie jest możliwe tylko przy użyciu bardzo cienkiego grota (rysunek 1.21). Nóżki elementów mają około 0,5 mm szerokości.



Rysunek 1.21. Zestaw grotów



Groty używane w stacjach lutowniczych mają powłokę, która chroni je przed szybkim zniszczeniem. Nie należy ich piłować, czyścić papierem ściernym itp. Dozwolone są jedynie miękkie materiały: gąbka, wiórki metalowe (rysunek 1.22).



Rysunek 1.22. Wiórki do wycierania grotów lutowniczych



Gąbka musi być nasączona wodą, aby nie ulegała nadtopieniu po dotknięciu grotem. Powoduje jednak schłodzenie grota, który następnie jest gwałtownie rozgrzewany. To nie wpływa dobrze na jego trwałość. Wiórki metalowe również pozwalają na wycieranie grota, ale nie powodują tak silnego jego schładzania.

## 1.7. Omomierz

Wykonane połączenia kabli czy gniazdek warto sprawdzać przy użyciu przyrządu pomiarowego (rysunek 1.23). Wygodny jest miernik wyposażony w tester zwarć. Sygnalizuje on dźwiękiem wykrycie połączenia (brak rezystancji).



Rysunek 1.23. Po ustawieniu przełącznika w pozycję oznaczoną nutą przyrząd będzie sygnalizował dźwiękiem wykrycie zwarcia

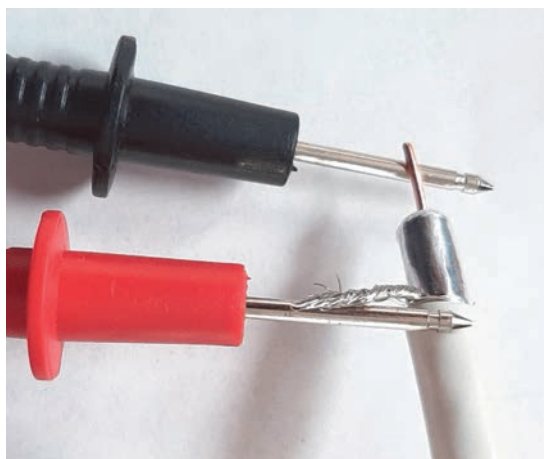


Mierniki, które nie posiadają sygnalizacji dźwiękowej, są mniej wygodne. Podczas testowania oporu połączenia trzeba śledzić ich skalę.

Po zamontowaniu każdego gniazda czy wtyku trzeba je sprawdzić. Dzięki temu, jeśli wykryta zostanie nieprawidłowość, będzie wiadomo, czym ona została spowodowana.

## LUTOWANIE OD PODSTAW

Należy sprawdzić, czy pomiędzy obwodami, które powinny być izolowane od siebie, nie ma połączenia (rysunek 1.24).



**Rysunek 1.24. Żyłka i ekran kabla nie mogą być ze sobą połączone**

Drugim testem jest sprawdzenie, czy pomiędzy złączem a drugim końcem kabla nie ma przerwy (rysunek 1.25).



**Rysunek 1.25. Pomiar pozwala sprawdzić, czy kabel nie ma przerwy, a złącze zostało prawidłowo podłączone**

Po wykonaniu pomiarów można wykonać połączenia lutowane, a następnie powtórzyć pomiary.

## Pytania dla głębszego tematu pojmowania

1. Izolację z lutowanego przewodu należy usunąć:
  - a) na jak największym obszarze, aby było wygodnie lutować;
  - b) tylko na tyle, aby można było wykonać połączenie;
  - c) dopiero po zakończeniu lutowania, ograniczając się do stopionej lutownicy.
2. Kable najwygodniej jest odizolowywać:
  - a) topiąc izolację nagrzanym grotem lutownicy;
  - b) nadgryzając izolację, a następnie ściągając zębami;
  - c) ostrym nożem.
3. Niepotrzebny lut można skutecznie i bezpiecznie usunąć:
  - a) zdrapując go papierem ściernym o jak najdrobniejszym ziarnie;
  - b) zmywając spirytusem;
  - c) rozgrzewając lutownicą, a następnie wciągając odsysarką lub plecionką miedzianą.
4. Wybierając stop lutowniczy, należy zwracać uwagę na:
  - a) brak w składzie lutowia ołowiu;
  - b) jak najniższą temperaturę topnienia;
  - c) średnicę dostosowaną do wykonywanych punktów lutowniczych.
5. Do izolowania połączeń lutowanych używane są:
  - a) koszulki termokurczliwe;
  - b) taśma izolacyjna;
  - c) pianka izolacyjna.
6. Wybierając lutownicę, należy się kierować:
  - a) maksymalną mocą, aby skrócić czas nagrzewania;
  - b) jak największymi rozmiarami grotu, aby jego temperatura nie spadała po dotknięciu lutowanych elementów. Zapobiega to powstawaniu tzw. zimnych lutów;
  - c) kształtem grota i maksymalną mocą zależną od rozmiarów lutowanych elementów.

## LUTOWANIE OD PODSTAW

7. Jakość wykonanego połączenia można sprawdzić:
- a) opukując je metalowym przedmiotem. Czysty, metaliczny dźwięk świadczy o poprawnym połączeniu;
  - b) oglądając miejsce lutowania. Lut powinien zwilżyć łączone elementy i przylegać do nich, a powierzchnia punktu lutowniczego powinna być błyszcząca. Omomierz podłączony do obu stron punktu lutowniczego powinien pokazywać zero rezystancji;
  - c) wkładając je na 30 minut do zamrażalnika lodówki. Jeśli po wyjęciu i ogrzaniu do temperatury pokojowej lut trzyma się pewnie — połączenie jest poprawne.

### Poprawne odpowiedzi

1 b, 2 c, 3 c, 4 abc, 5 ab, 6 c, 7 b

# SKOROWIDZ

## A

ACV, 149  
adhezja, 11  
anoda, 134

## C

cyna, 32, 33  
czyścik, 19, 53

## D

dioda, 113, 130  
dyfuzja, 11

## E

elektronika, 7  
elektrotechnika, 7  
elektryczność statyczna, 47  
Elwik, 57  
Ernst Sachs, 9  
ERSA, 9, 57

## G

grot, 39, 41, 42, 50, 52, 56  
czyszczenie, 52, 57  
miedziany, 40  
temperatura, 57

## I

imadło, 31

## K

kalafonia, 12, 123  
katoda, 134  
koszulki termokurczliwe, 37, 91  
krokodylki, 38

## L

LED, 134, 135  
linijka, 24  
lut, 8, 21  
cynowo-miedziany, 13  
cynowo-olowiany, 13  
cynowo-srebrny, 13  
przegrzany, 73, 74  
twardy, 15  
aluminiowy, 15  
kobaltowy, 15  
miedziano-fosforowy, 15  
miedziany, 15  
nikłowy, 15  
pallad, 15  
srebrny, 15  
złoty, 15  
zimny, 11, 38, 62, 71, 74

## LUTOWANIE OD PODSTAW

lutowanie, 10, 13  
lutowie, 8  
lutownica elektryczna, 13

### M

MOSFET, 139  
multimetr, 131

### O

odsysarka, 28, 30  
OHM, 150  
okulary ochronne, 101  
omomierz, 43

### P

pajęczek, 64, 65  
palnik, 13, 14  
papier ścierny, 19  
pętla masy, 124  
pilnik gładzik, 31  
plecionka miedziana, 28  
płytki, 9  
    drukowana, 9, 121  
    wielowarstwowa, 124  
    uniwersalna, 9  
poła lutownicze, 9  
połączenie równoległe, 116  
połączenie szeregowo, 114  
przelotki, 125  
punkt lutowniczy, 72

### R

RoHS, 33  
RTCK, 36  
RTDS, 36  
RTMK, 36  
RTS, 36  
rurki termokurczliwe, 36

### S

SMD, 41  
soldermaska, 158  
spawanie, 15  
stacja lutownicza, 39  
stop lutowniczy, 33  
suwmiarka, 24

### Ś

ścieżki, 10

### T

taśma izolacyjna, 36  
temperatura topnienia, 34  
topnik, 8, 12, 20, 68  
 tranzystor, 137, 138

### W

Weller, 57  
włutowanie, 138  
wyładowanie elektrostatyczne, 50

### Z

zimny lut, 11, 38, 62, 71, 74  
zwory, 139, 140



# PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —

- 
1. ZAREJESTRUJ SIĘ
  2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
  3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA  
**Helion**

# Lutowanie — prosto, praktycznie, profesjonalnie!

- Opanuj podstawy techniki lutowania
- Poznaj przydatne narzędzia pracy
- Naucz się lutowania w praktyce

Lutowanie to najtańsza, najpopularniejsza i najskuteczniejsza metoda łączenia elementów obwodów elektrycznych i elektronicznych. Nawet najbardziej zaawansowane układy nie mogłyby działać bez zastosowania tej techniki, która zapewnia nie tylko właściwe połączenie elektryczne, lecz również odpowiednio wytrzymałe spojenie mechaniczne, umożliwiając tym samym stabilne mocowanie elementów na płytce drukowanej. Do łączenia metalowych części lutowania używano już w starożytności, jednak prawdziwy rozkwit tej metody nastąpił wraz z gwałtownym rozwojem elektroniki.

Sięgnij po odpowiednie źródło wiedzy, jeśli chcesz poznać technikę lutowania i nauczyć się prawidłowo stosować ją w praktyce! Drugie wydanie książki *Lutowanie od podstaw* wprowadzi Cię w tajniki sztuki łączenia elementów, przedstawi niezbędne narzędzia i dobre praktyki, nauczy unikać typowych błędów popełnianych przez początkujących, a także pokaże najlepsze sposoby lutowania różnych elementów elektrycznych i elektronicznych. Dzięki lekturze dowiesz się też, jak wykonać proste prace elektryczne w swoim domu, a nawet jak naprawić typowe usterki urządzeń AGD.

- Przygotowanie do lutowania
- Niezbędne narzędzia i materiały
- Dobre praktyki i najczęstsze błędy
- Praktyczne porady dotyczące lutowania
- Typowe prace i naprawy elektryczne
- Ćwiczenia doskonalące umiejętności
- Lutowanie elementów elektronicznych
- Usuwanie usterek elektronicznych

## Lutuj jak prawdziwy zawodowiec!

	<p><i>Sprawdź nasze szkolenia!</i></p>  <p><b>SZKOLENIA</b></p> <p>AKADEMIA IT &amp; BUSINESS</p> <p><b>HELIONSZKOLENIA.PL</b></p>	<p><b>KOD KORZYŚCI</b> <i>Sięgnij po więcej!</i></p> 
 <p><b>helion.pl</b></p>		
 <p><b>HELION SA</b> ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 helion@helion.pl</p>		
<p><b>INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU</b></p>		<p>ISBN 978-83-283-9371-4</p>  <p>9 788328 393714</p> <p>Cena: 49,00 zł</p>