



Politechnika  
Wrocławska

# Elektronika w automatyce

## Schematy elektroniczne, płytki drukowane

Wojciech Tarnawski

[wojciech.tarnawski@pwr.edu.pl](mailto:wojciech.tarnawski@pwr.edu.pl)

[www.w-tarnawski.pl](http://www.w-tarnawski.pl)



- Wstęp
- Dokumentacja techniczna
- Zasady tworzenia schematów
- Oprogramowanie CAD
- Obwód drukowany-PCB
- Produkcja obwodów drukowanych
  
- Projektowanie obwodów drukowanych
- Montaż PCB

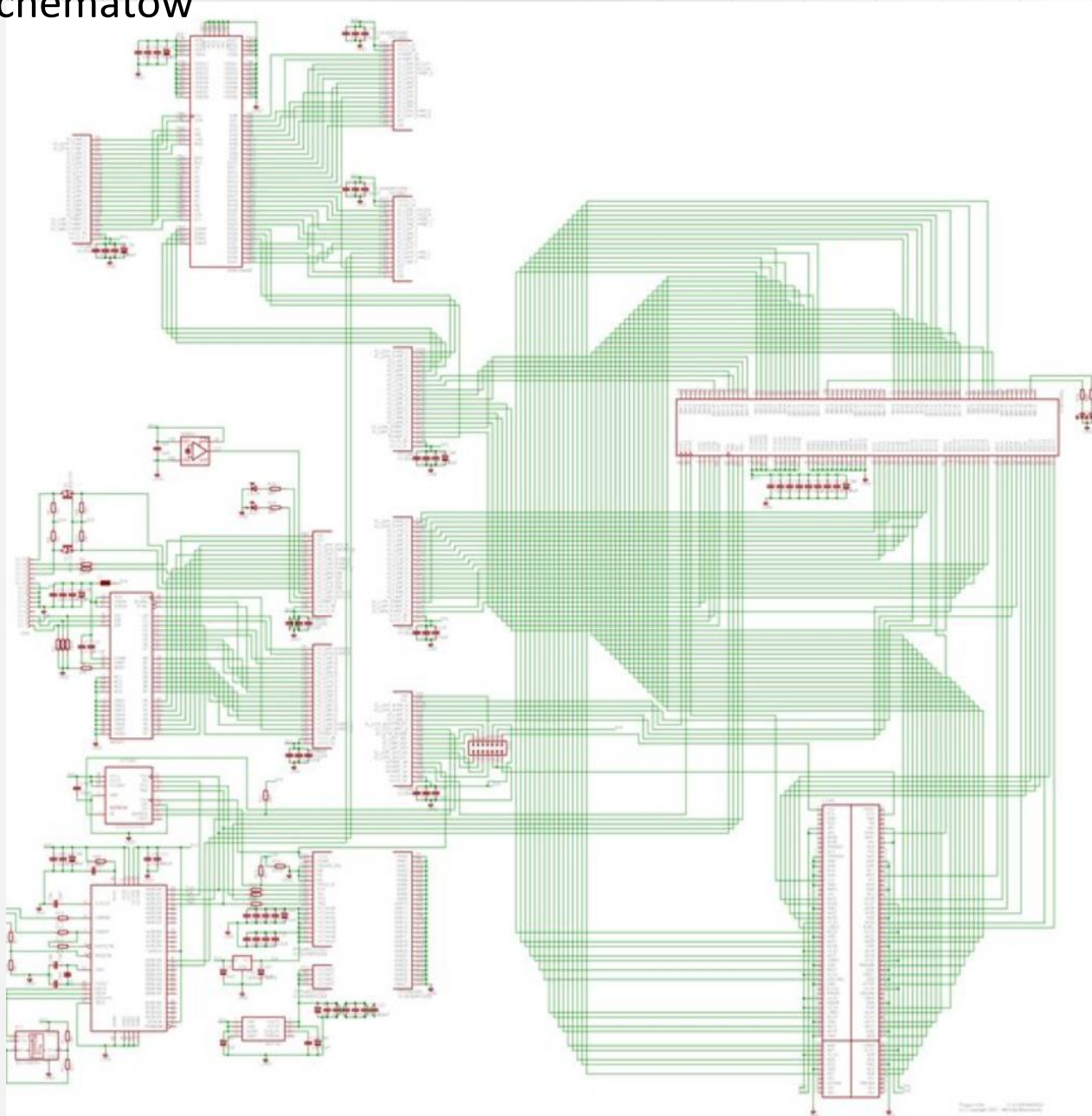
- Instrukcja obsługi
- Spis parametrów technicznych układu
- Możliwe zastosowanie układu, przykłady
- Informacje i porady



# Schematy elektroniczne - podstawy

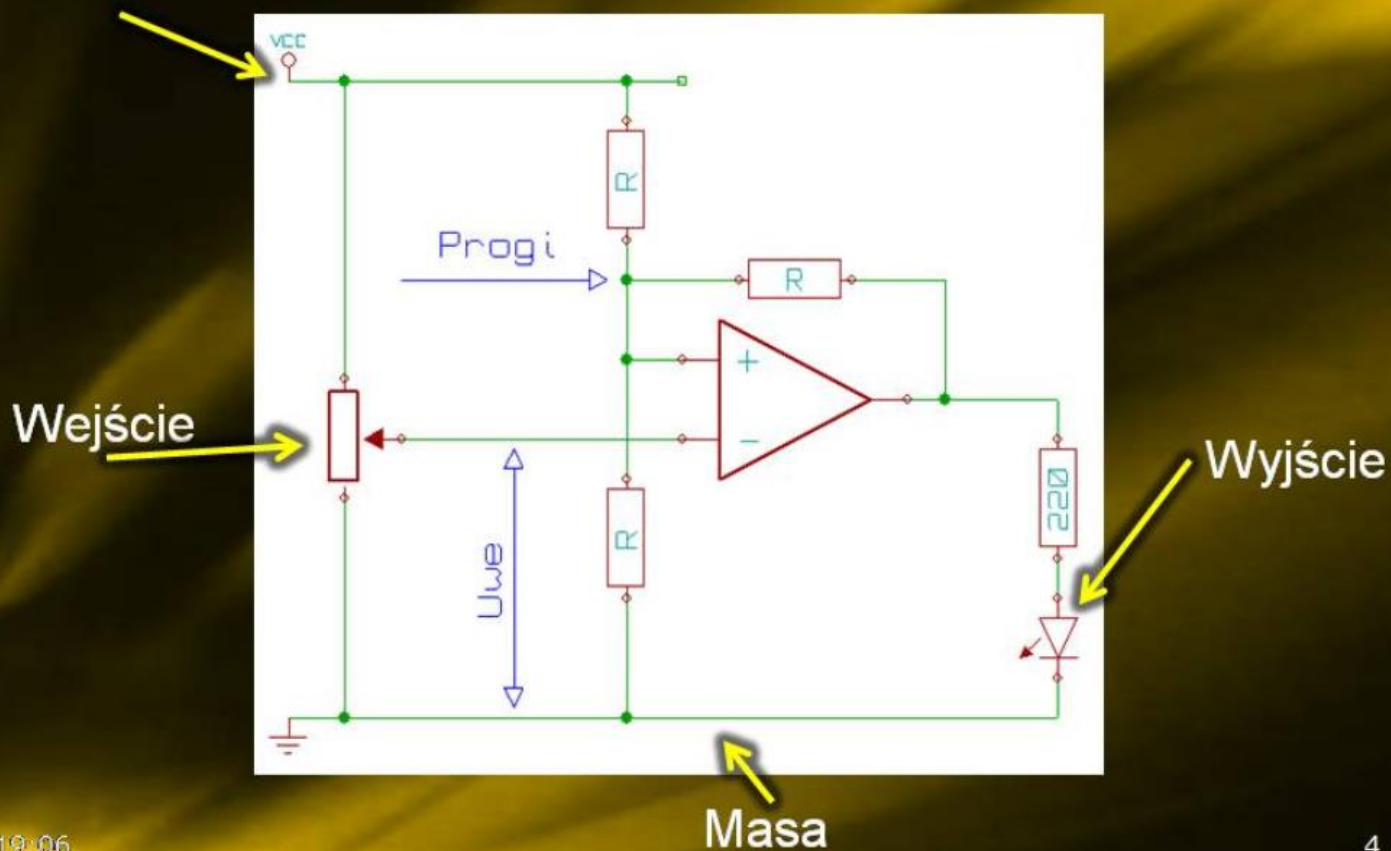
## Dokumentacja techniczna – Atmega328

1. Dbłość o szczegóły – czytelność schematu
2. Każdy element pełni ważną funkcję
3. Dokładne opisy elementów  
Atmega8 ?? LED??
4. Dziel i zwyciężaj, nie tworzymy labiryntów - bloki



### Podstawowe reguły

Zasilanie dodatnie



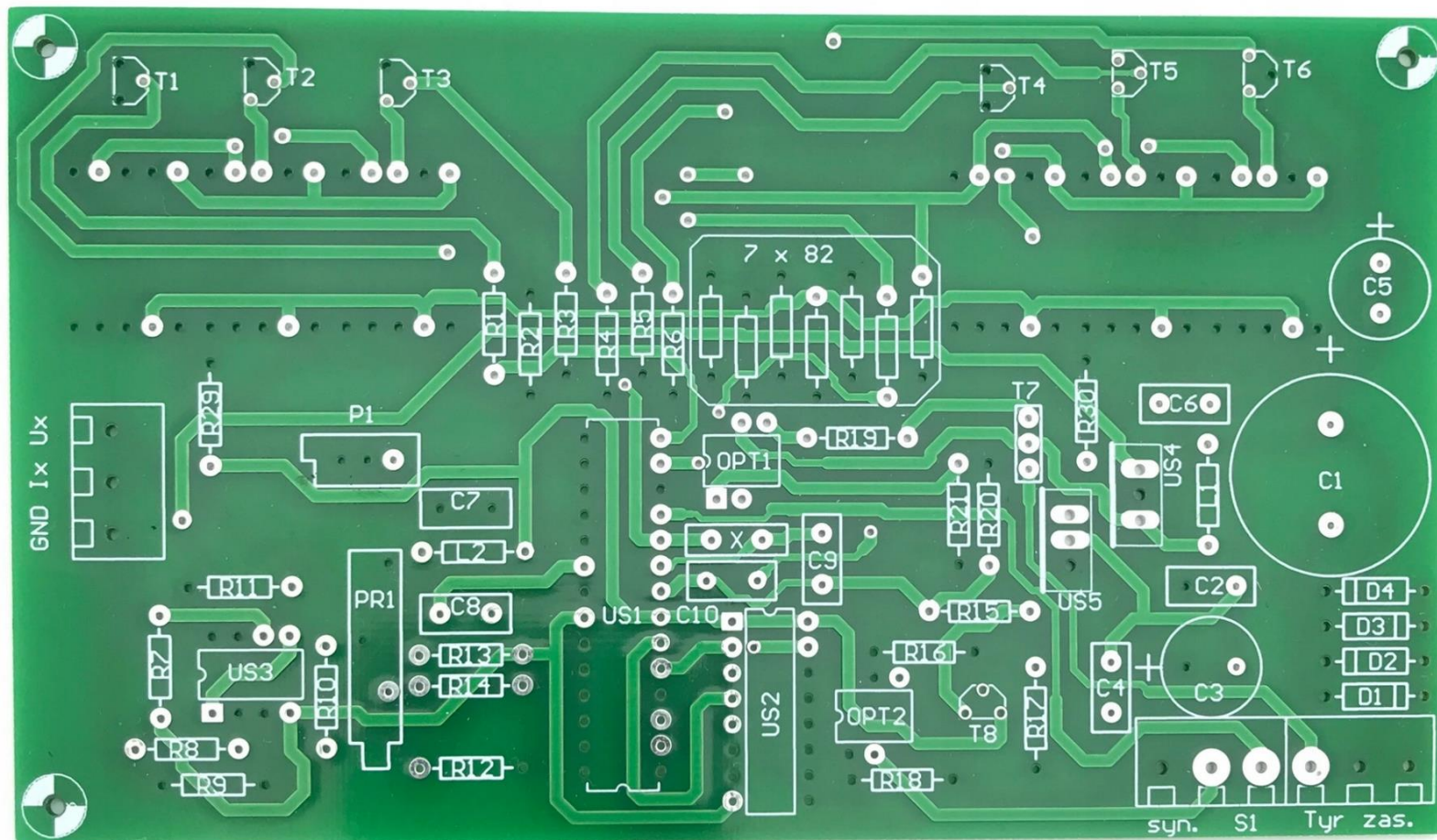
19:06

4



- Altium Designer
- Cadsoft Eagle
- DesignSpark PCB
- KiCad





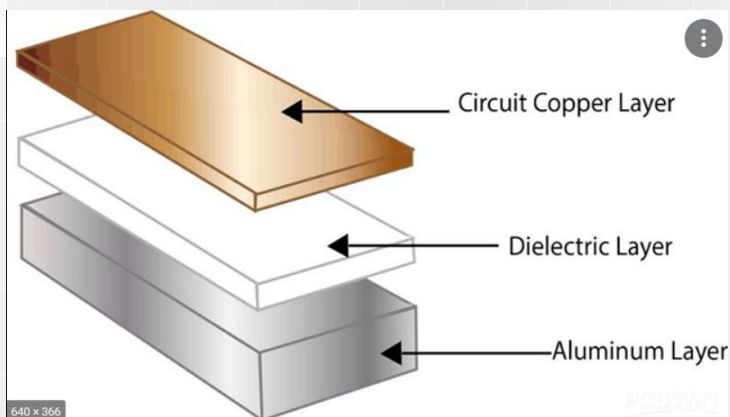
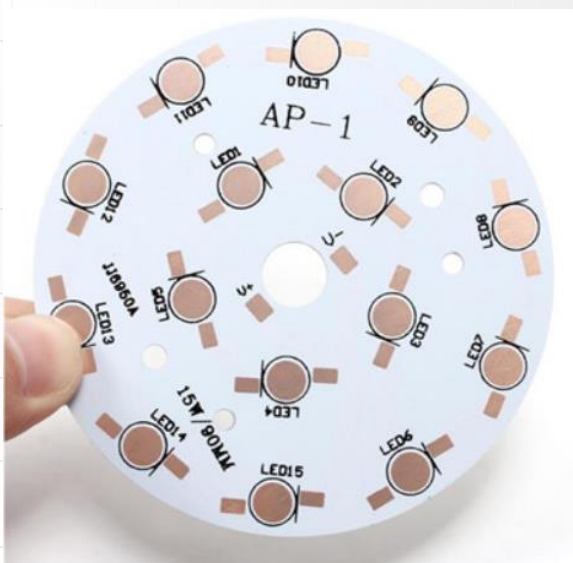
- Po zaprojektowaniu płytki warto wydrukować ją w skali 1:1
- Przyłożyć poszczególne elementy i sprawdzić rozstawy/rozmiary
- Jeśli jest taka możliwość to wygenerować projekt w 3D – sprawdzić kolizje elementów
- Dać drugiej osobie do sprawdzenia, często projektant nie widzi własnych prostych błędów / odstawić na kilka dni

- Skład – warstwa bazowa, laminat szklano-epoksydowy

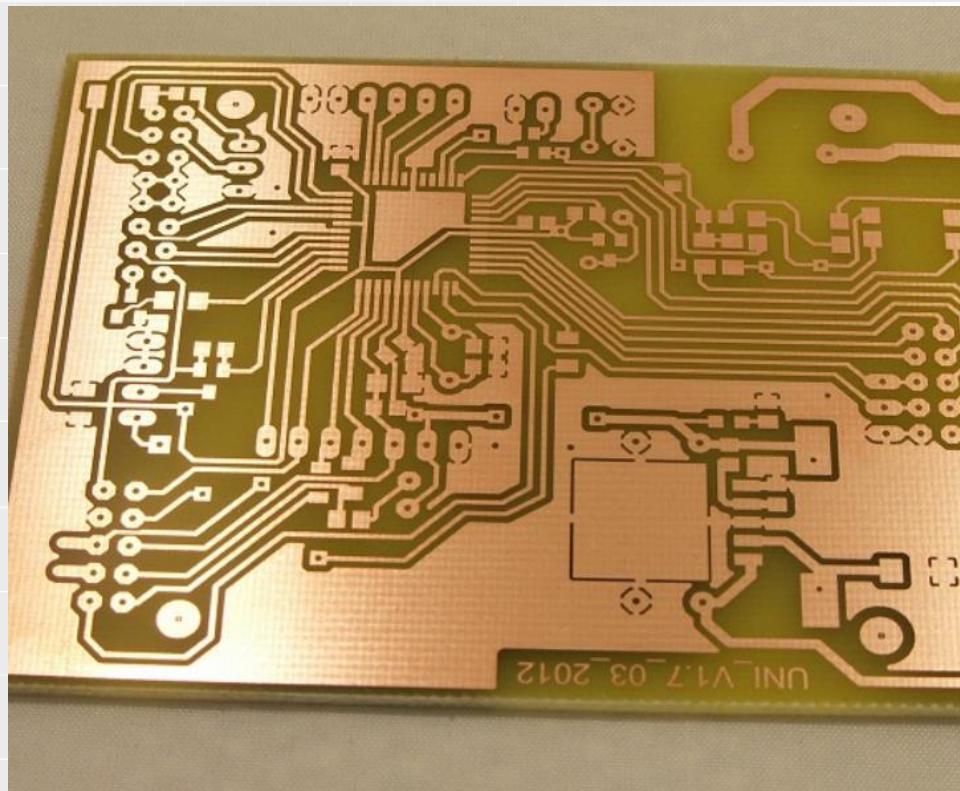




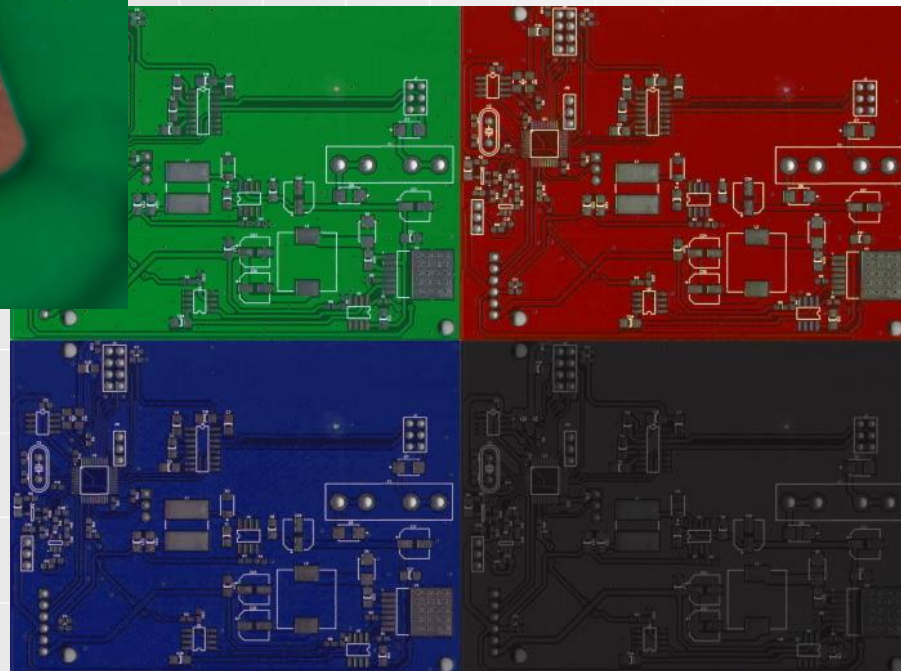
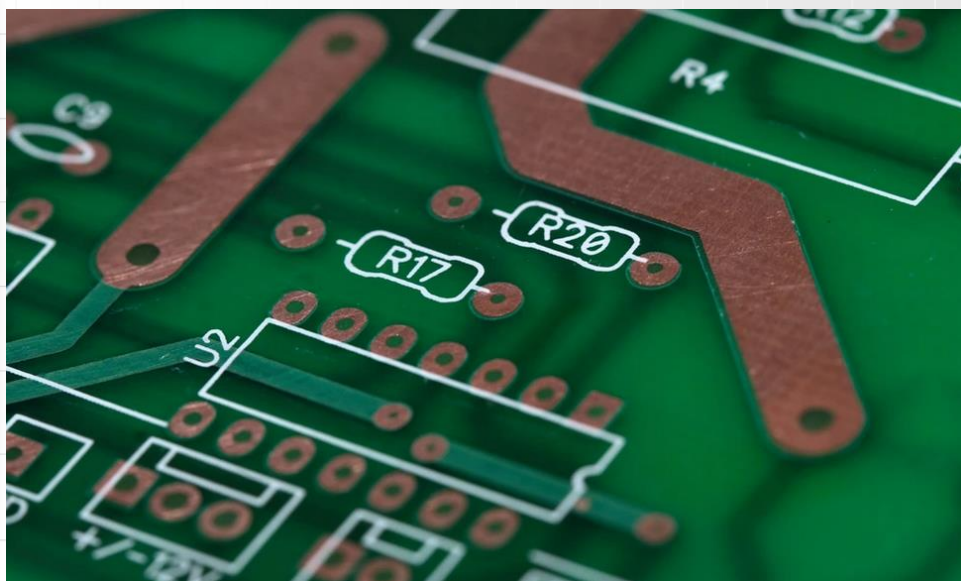
- Skład – warstwa bazowa, aluminium, folia itd.



- Skład – warstwa przewodząca - miedź

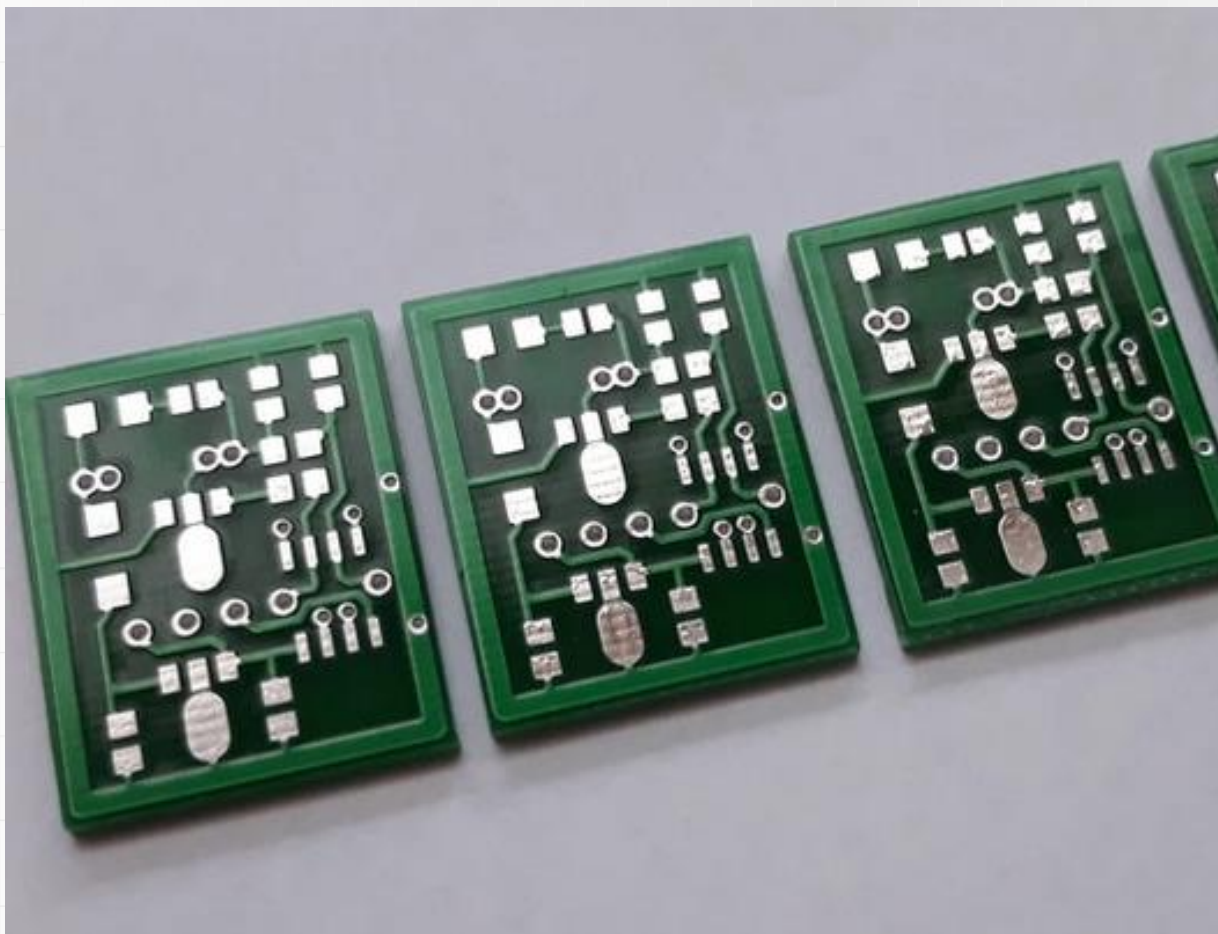


- Soldemaska – warstwa antylutownicza





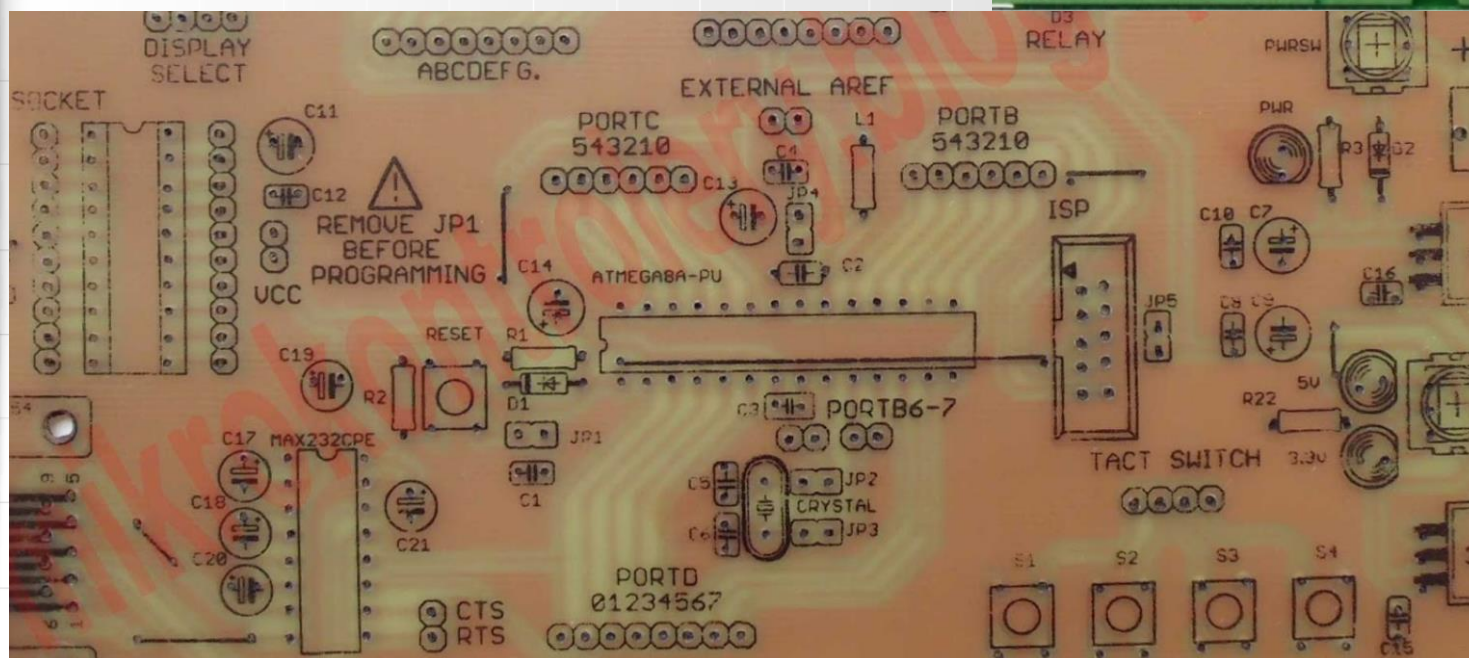
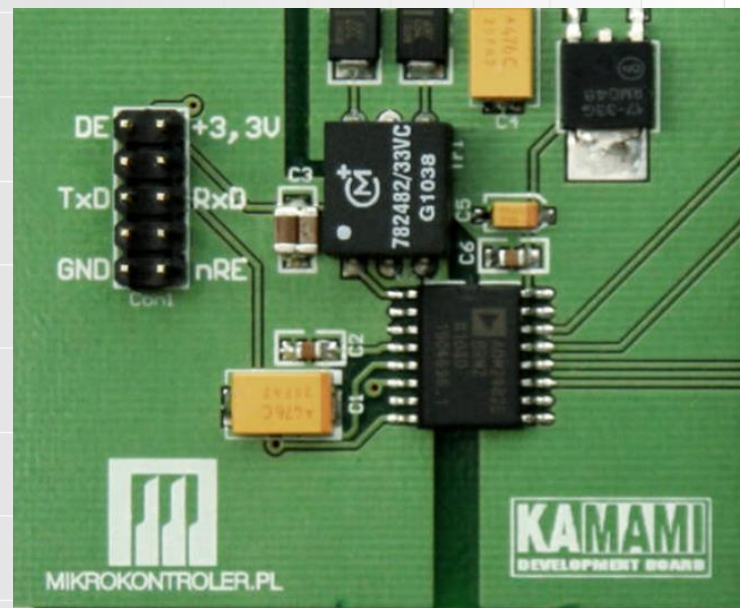
- Cynowanie – metoda HAL (Hot Air Levelling)



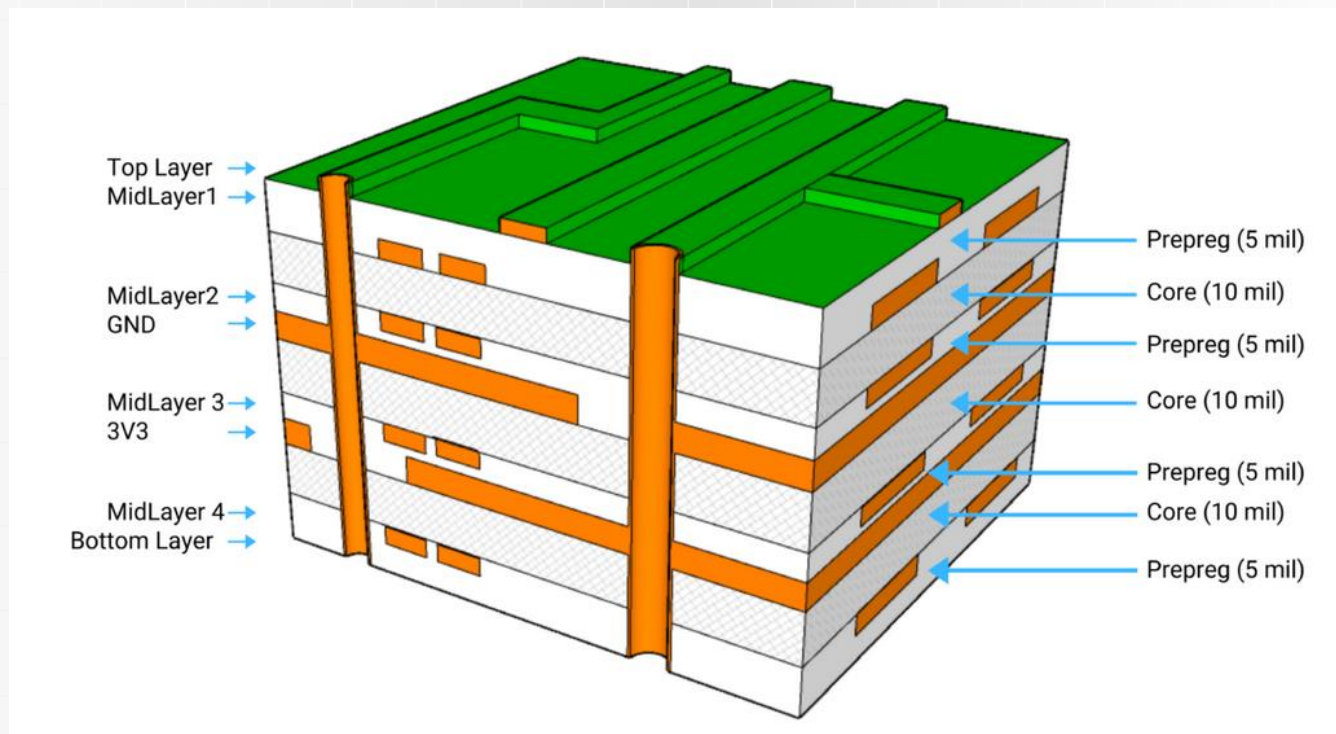
# Schematy elektroniczne - podstawy

## Projektowanie obwodów drukowanych-PCB

- Warstwa opisowa

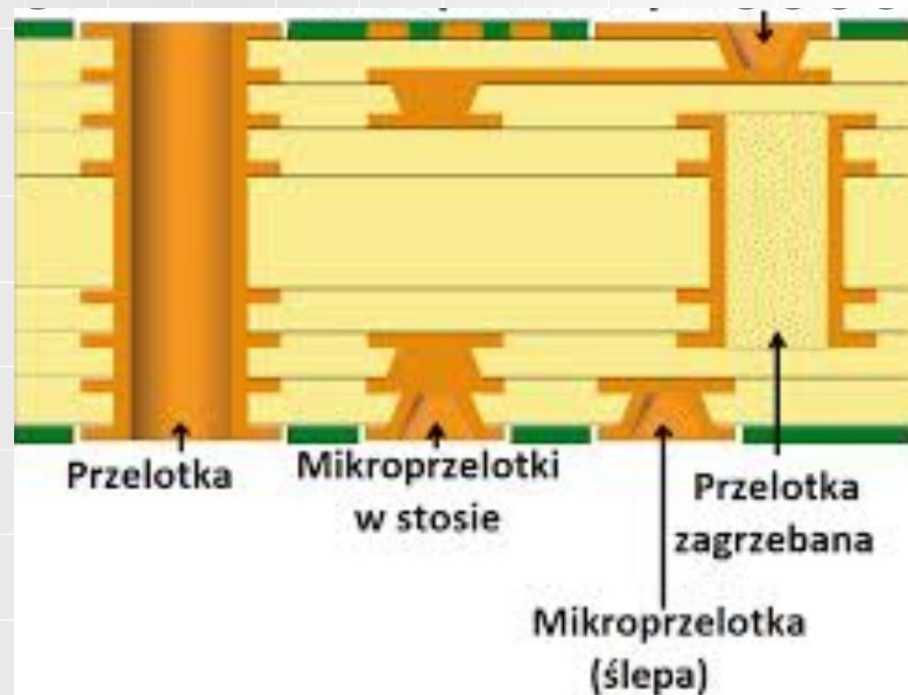
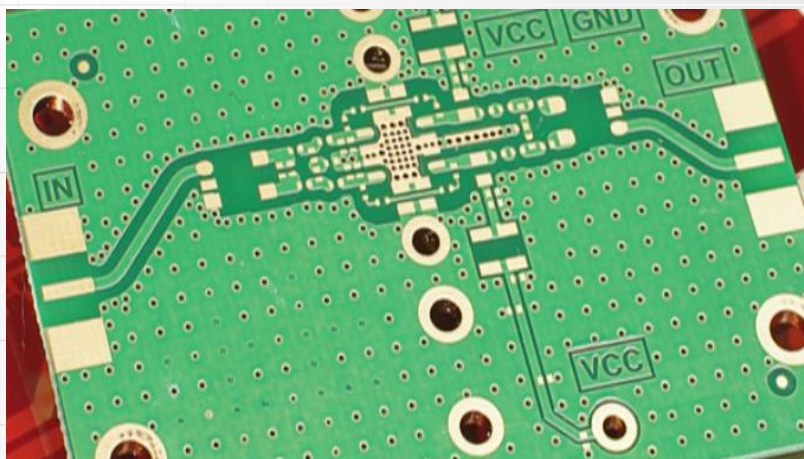


- Obwody jednowarstwowe
- Obwody dwuwarstwowe
- Obwody wielowarstwowe





- Przelotki



- Rysowanie - polega na rysowaniu ścieżek wodoodpornym pisakiem

### **Zalety**

- Najprostsza i najtańsza

### **Wady**

- Wymaga bardzo dużo czasu
- Bardzo łatwo popełnić błąd
- Daje najgorsze rezultaty

- Termotransfer – polega na przeniesieniu obrazu ścieżek z drukarki laserowej do płytkę PCB za pomocą wysokiej temperatury

### **Zalety**

- Tania przy posiadaniu niezbędnych urządzeń (drukarka laserowa i laminator (żelazko))
- Daje bardzo dobre rezultaty przy odpowiednio szerokich ścieżkach i rastrze
- Stosunkowo szybka
- Czas wykonania w zasadzie niezależny od rozmiaru PCB

### **Wady**

- Wymaga starannego doboru materiałów i narzędzi (odpowiedni papier, toner, laminator)



- Fotochemiczna – zbliżona do techniki wykonywania odbitek fotograficznych, wykorzystywana powszechnie w przemyśle elektronicznym

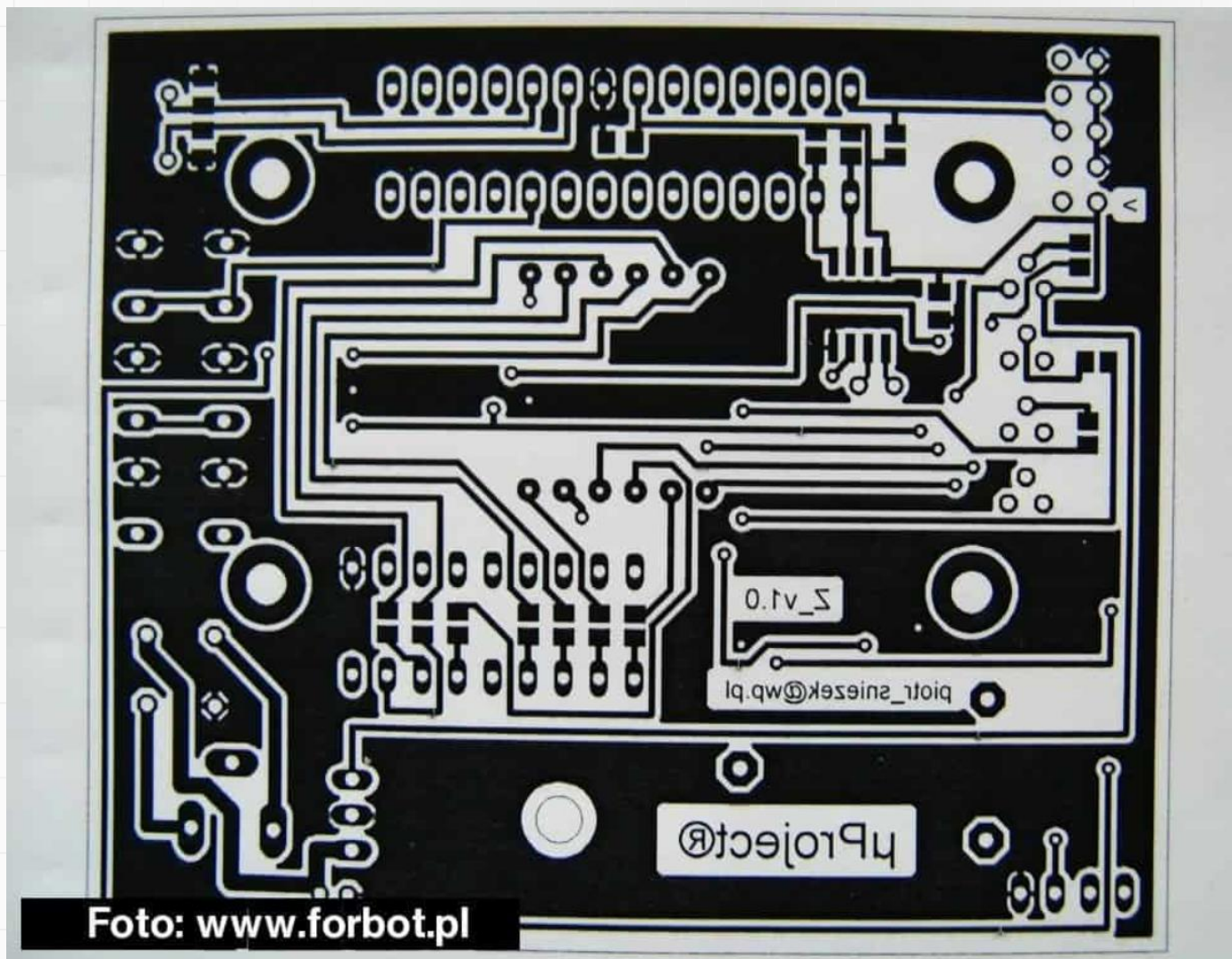
### **Zalety**

- Doskonałe rezultaty
- Czas wykonania niezależny od rozmiaru PCB

### **Wady**

- Droga w warunkach amatorskich
- Wymaga bardzo dużej staranności i czystości
- Wymaga naświetlarki UV

- Drukujemy projekt PCB



# Schematy elektroniczne - podstawy

## Wykonywanie obwodów drukowanych - termotransfer

- Przygotowanie laminatu





- Przenoszenie ścieżek



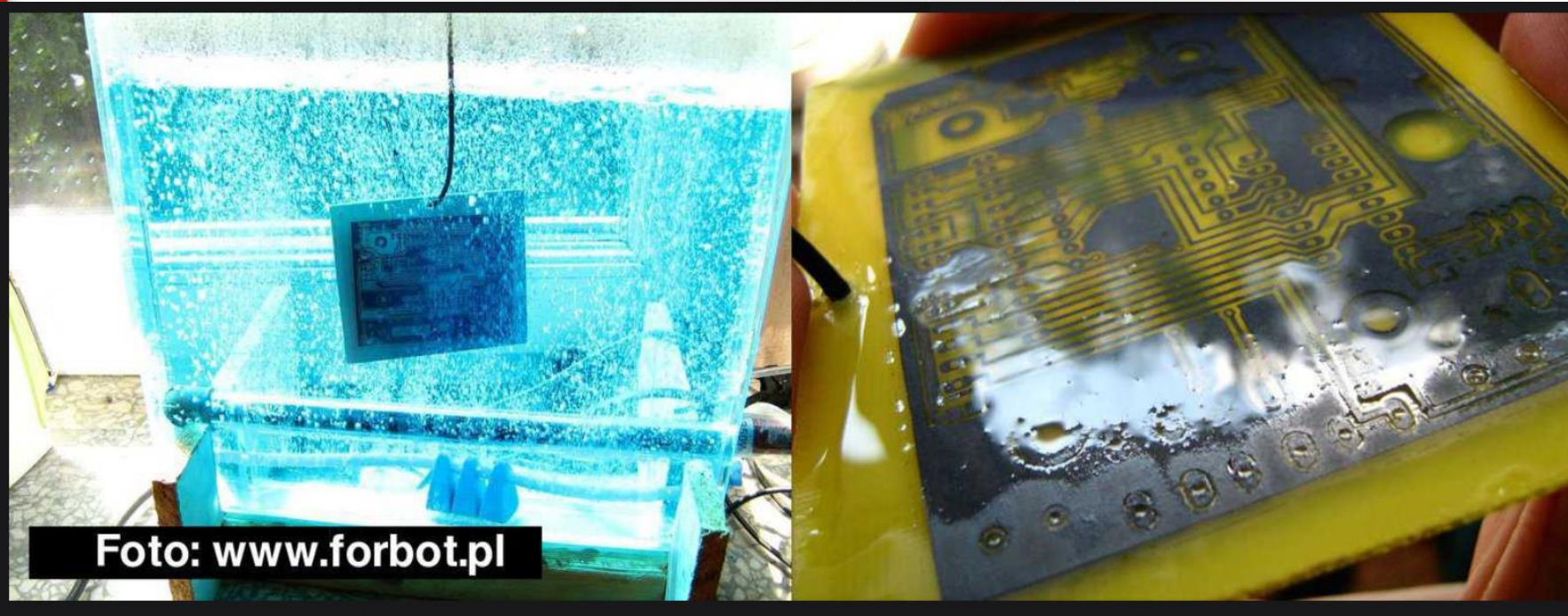
# Schematy elektroniczne - podstawy

## Wykonywanie obwodów drukowanych - termotransfer

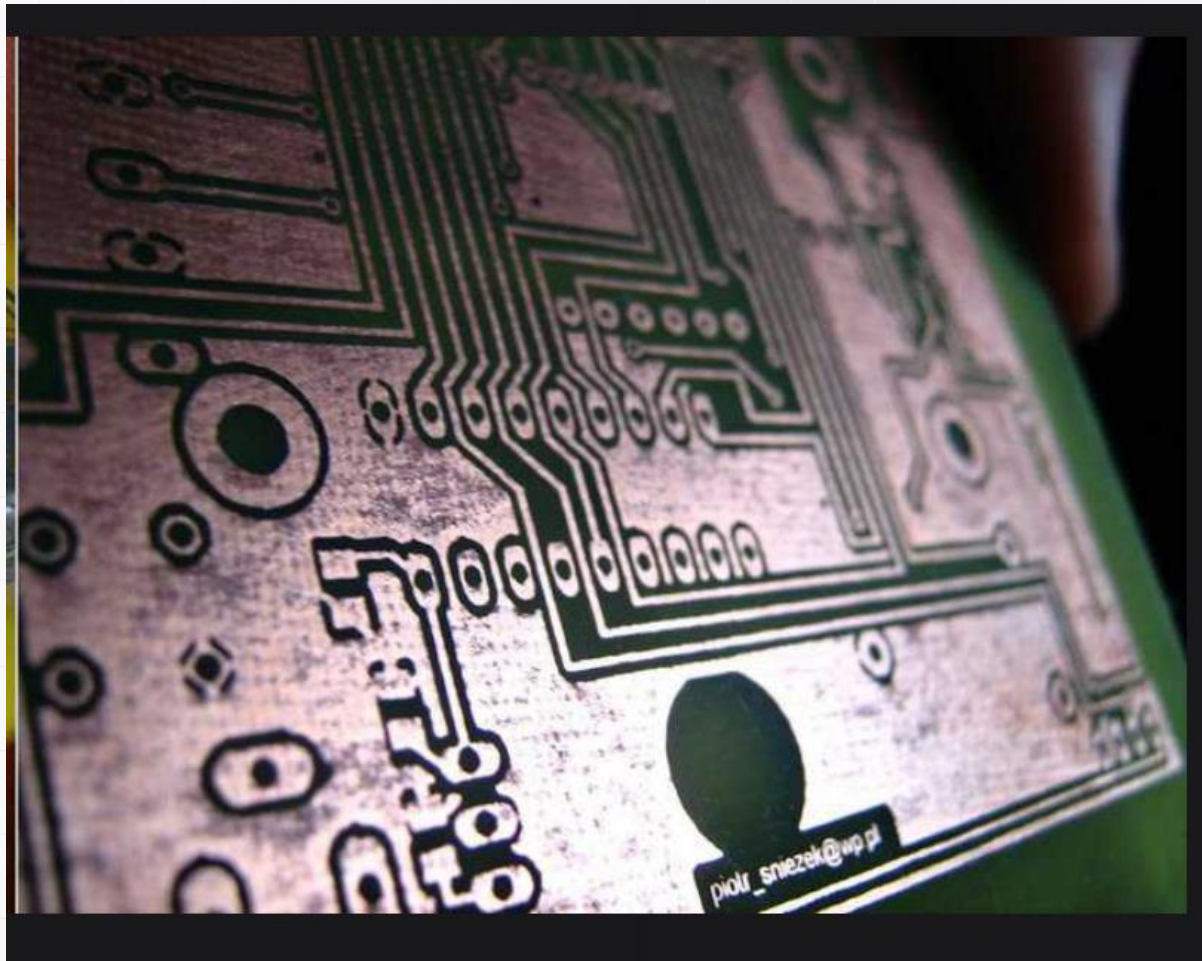




- Trawienie



- The End

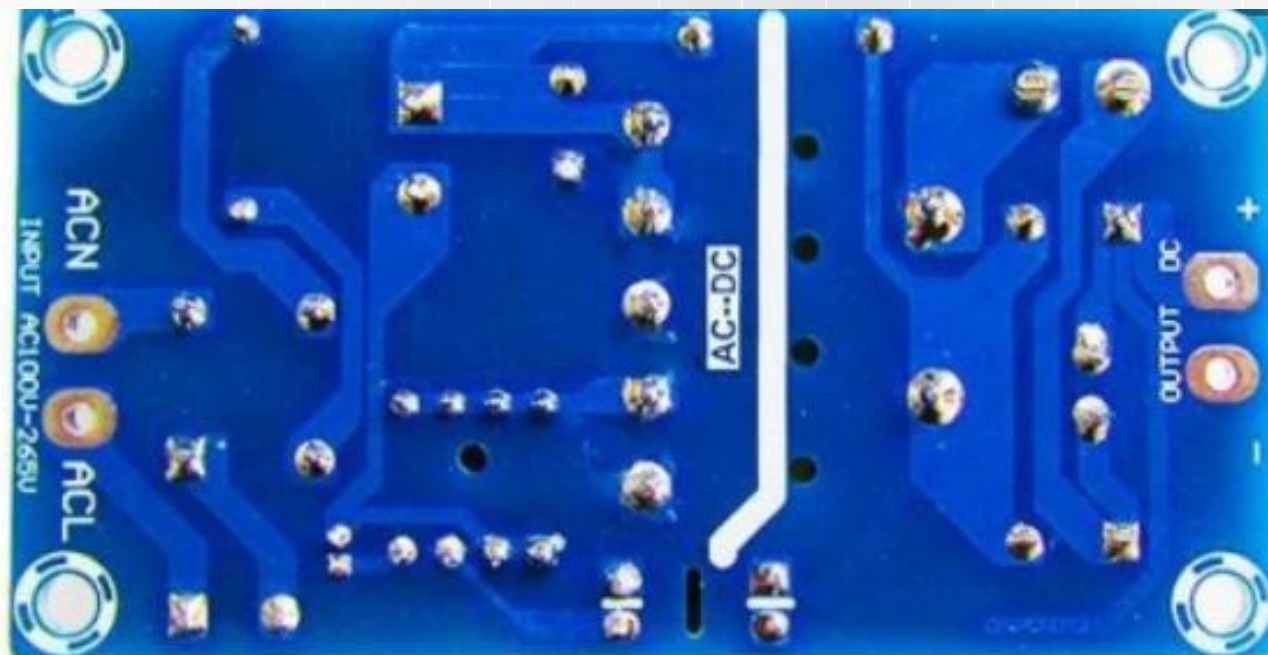


- Uwzględnić rozmiar płytki – dopasowanie do obudowy
- Rozłożenie elementów, chłodzenie
- Rozłożenie złączy aby zapewnić łatwy dostęp
- Pamiętać o warstwie opisowej płytki

- Połączenia pomiędzy podzespołami powinny być możliwie krótkie
- Powinna być zapewniona odpowiednia separacja między obwodami o dużej różnicy poziomu sygnału, w przypadku obecności w układzie wysokich częstotliwości należy korzystać z warstw masy



- Zachować szczególną uwagę przy projektowaniu płytek na wyższe napięcia 230V – separacja ścieżek, separacja powietrzna





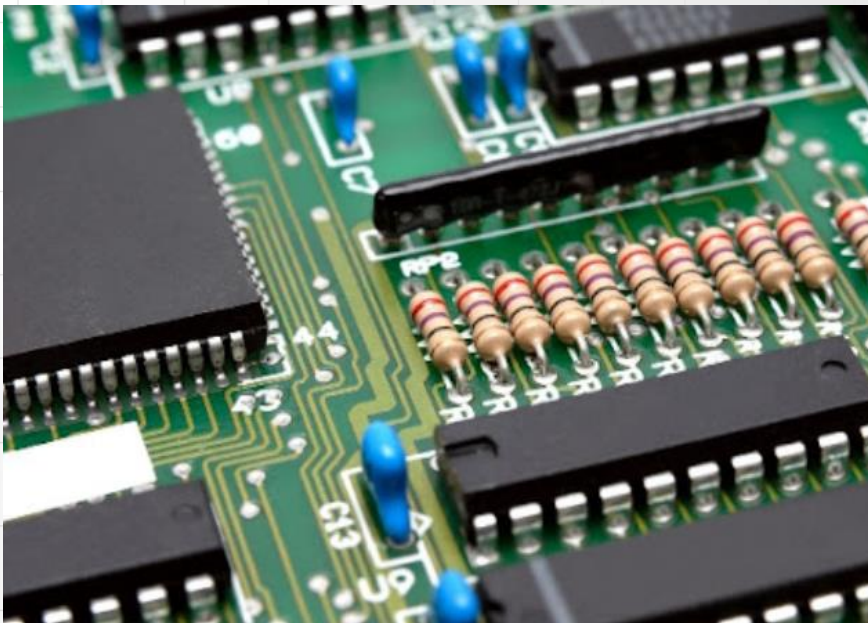
- Szerokość ścieżek powinna być zależna od natężenia prądu, który ma nimi płynąć, projekt powinien uwzględniać spadki napięć
- Dla potrzeb wyższych prądów można wykorzystać dwie warstwy i dodać dodatkowe przelotki



- Należy unikać pętli w obwodach, chyba że jest to zamierzone
- W przypadku dużej komplikacji układu wykorzystywać płytki wielowarstwowe
- Grubość ścieżek i odstęp między nimi muszą umożliwiać wykonanie płytki w warunkach amatorskich
- W przypadku płytek urządzenia prototypowego należy przewidzieć możliwość podłączenia dodatkowych modułów i przyrządów ułatwiających proces uruchamiania i testowania

# Schematy elektroniczne - podstawy

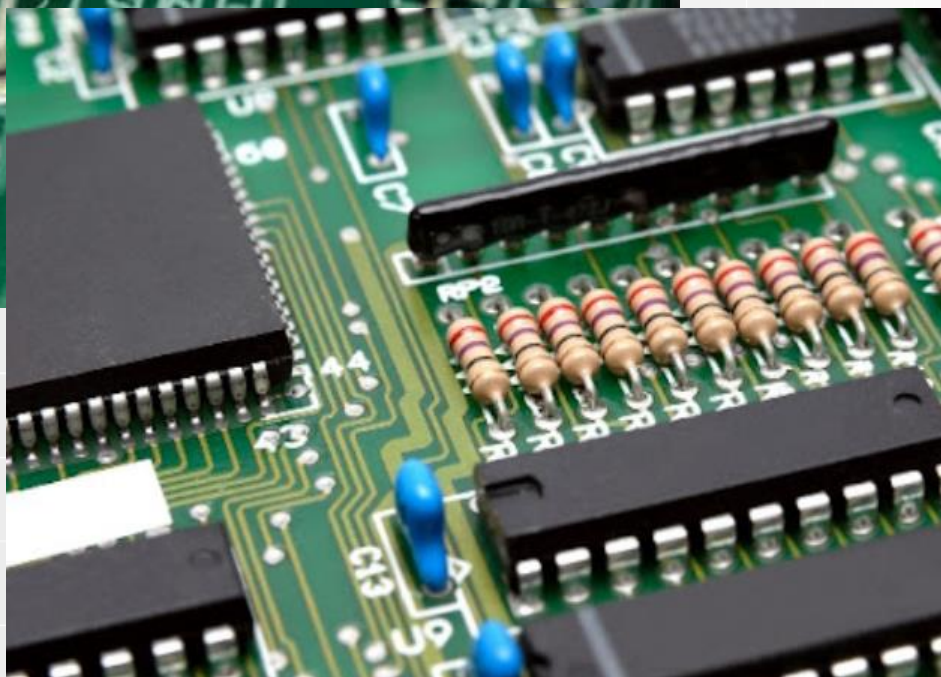
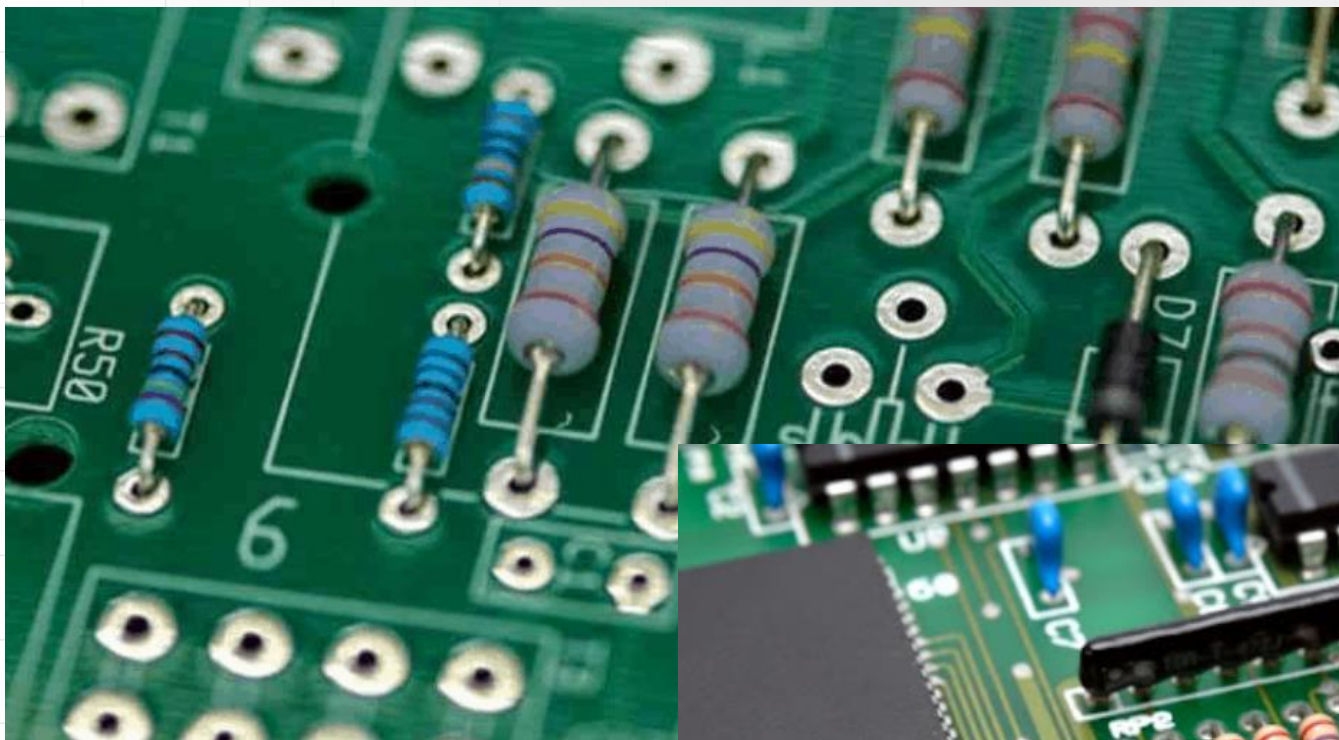
## Montaż PCB – montaż THT i SMD





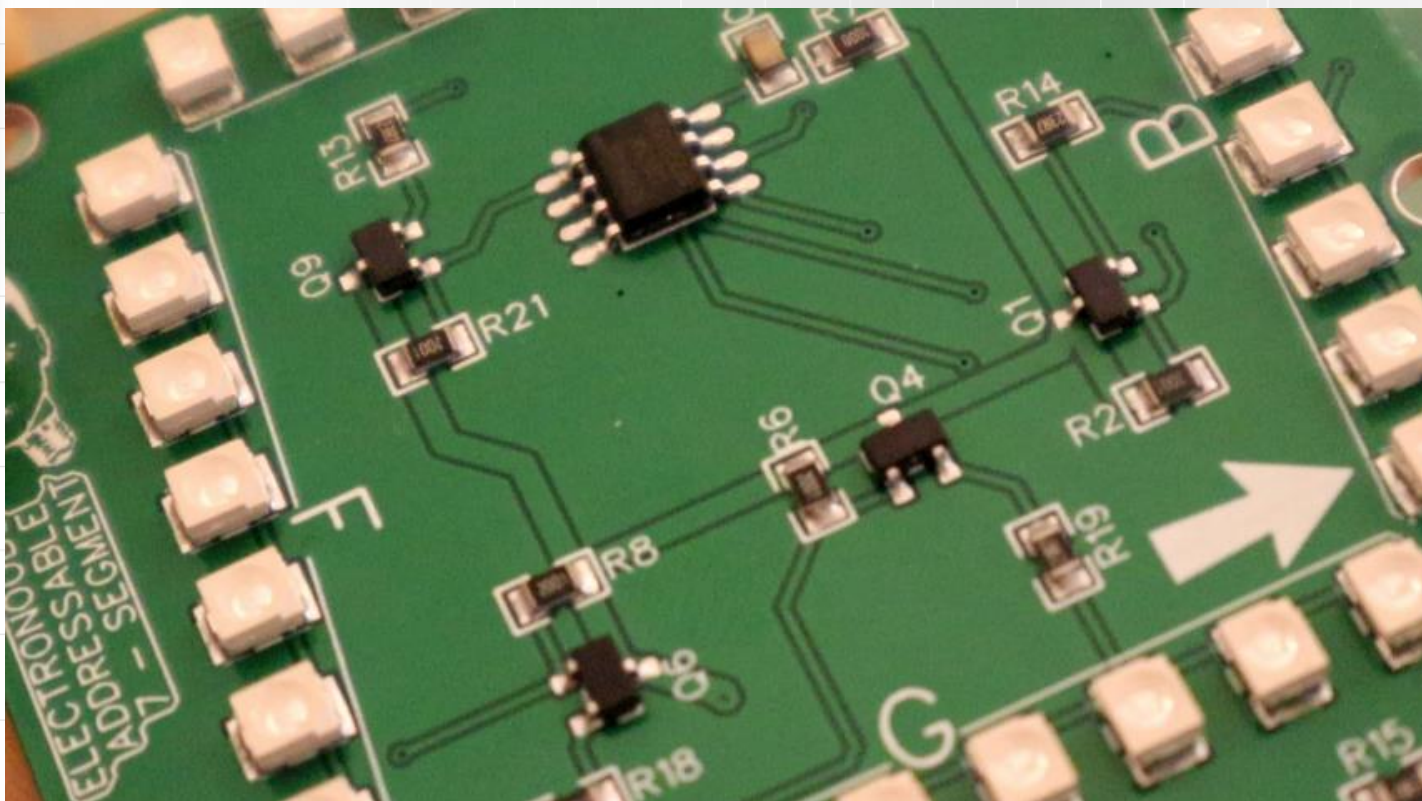
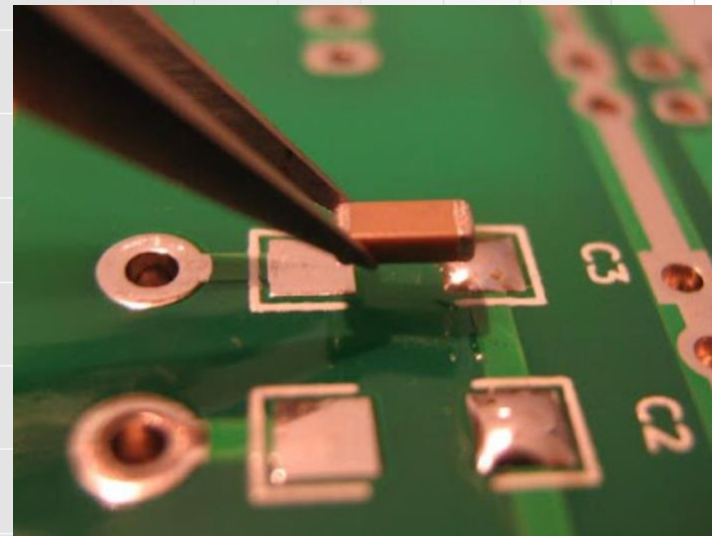
# Schematy elektroniczne - podstawy

## Montaż PCB – montaż THT



# Schematy elektroniczne - podstawy

## Montaż PCB – montaż SMD





- Automat Pick and Place SMT

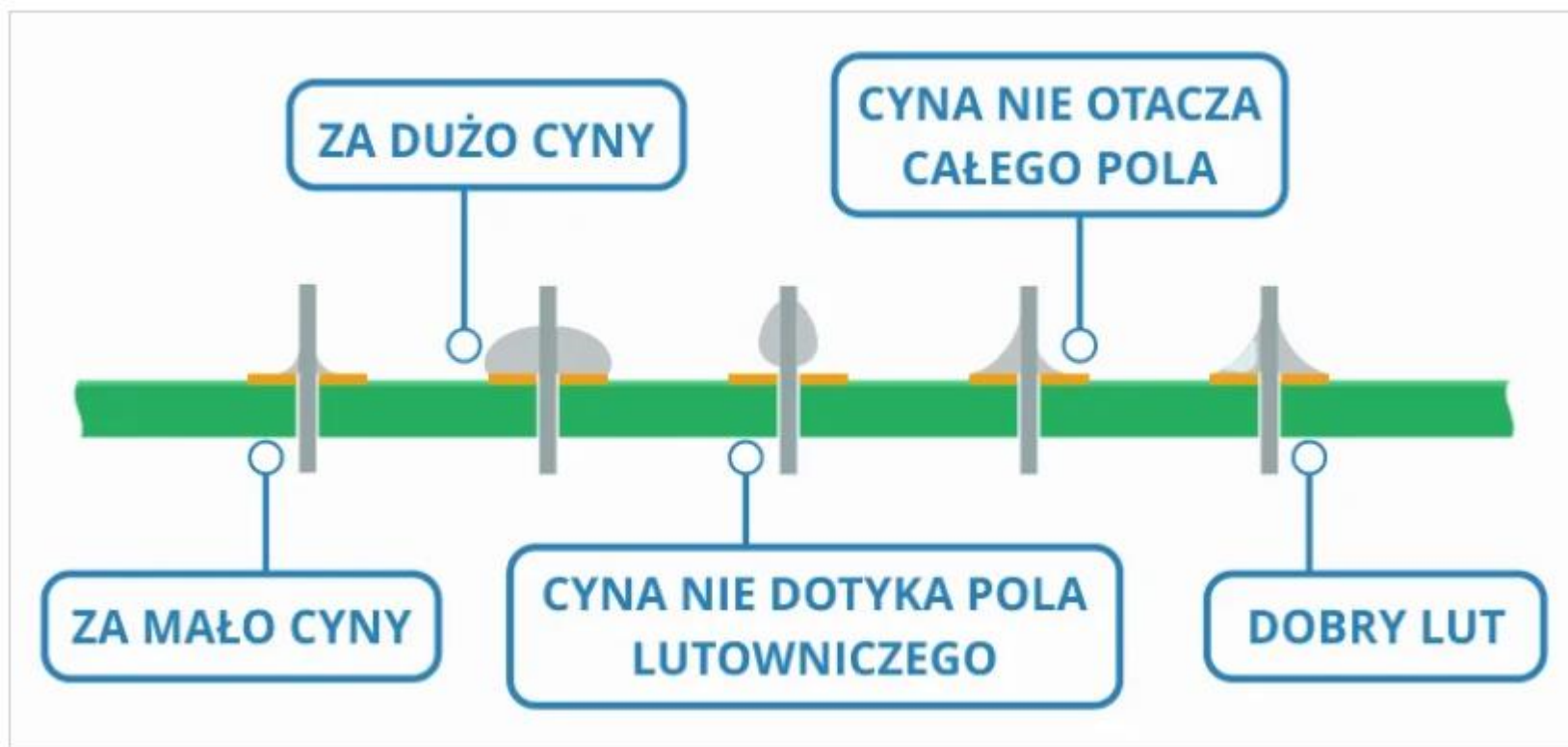


### Stopy lutowniczego:

- Ołowiowego (SnPb)
  - Większa odporność mechaniczna
  - Niższa temperatura lutowania
  - Łatwiejsze lutowanie
  - Szkodliwa substancja ołów
- Bezołowiowego
  - Brak ołowiu – spełniają dyrektywę unijną RoHS
  - Wyższa temperatura lutowania – zimny lut
  - Luty bardziej matowe



- Do lutowania należy wykorzystywać stop lutowniczy zawierający topnik
- Spoiwo powinno być nakładany takiej ilości, żeby spoina pokrywała cały punkt lutowniczy błyszczącą warstwą o lekko wklęsłej powierzchni
  - Temperatura końcówki lutowniczej powinna wynosić ok. 320°C
  - Jeśli powierzchnia lutu wykonana stopem SnPB jest matowa lub nierówna, to powinien on zostać usunięty i wykonany na nowo





Najczęstsze błędy:

- źle rozgrzany element – zimny lut
- zerwanie padów
- za mało cyny
- przegrzany lut - matowy



- <https://forbot.pl/blog/czytaj-schematy-doswiadczony-elektronik-id1890>
- „Schematy elektroniczne i elektryczne. Przewodnik dla początkujących”, Stan Gibilisco
- „Elektronika bez oporu. Schematy elektroniczne od podstaw”, Witold Wrotek
- „Sztuka elektroniki cz. 1 i 2”, Horowitz Paul , Hill Winfield
- <http://extronic.pl/content/20-rysowanie-czytelnych-schematow>
- <https://botland.com.pl/blog/jak-zaprojektowac-wlasna-plytke-pcb-darmowy-kurs/>
- [https://www.youtube.com/results?search\\_query=kicad](https://www.youtube.com/results?search_query=kicad)
- <https://forbot.pl/blog/kurs-lutowania-wstep-spis-tresci-id12556>