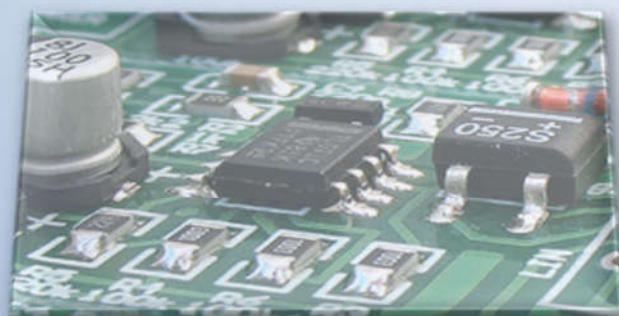


Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK

# Pracownia Elektroniczna

## ZESTAW **11**

POŁĄCZENIA ELEMENTÓW I  
MONTAŻ UKŁADÓW  
ELEKTRONICZNYCH W  
TECHNOLOGIACH MONTAŻU  
PRZEWLEKANEGO (THT) I  
POWIERZCHNIOWEGO (SMT)



## I. WSTĘP TEORETYCZNY

W procesie budowy urządzeń elektronicznych istotne jest spełnienie następujących warunków:

- wchodzące w skład urządzenia elementy elektroniczne muszą być w sposób trwały i stabilny zamocowane mechanicznie,
- połączenia elektryczne pomiędzy poszczególnymi elementami muszą być wykonane w sposób trwały, gwarantujący bezawaryjną pracę urządzenia w określonych dla niego warunkach zewnętrznych takich jak: zmiany temperatury, wibracje, udary.

Urządzenia konstruowane w połowie XX wieku z wykorzystaniem lamp elektronowych były budowane w taki sposób, że większe i cięższe elementy takie jak transformatory, duże kondensatory i lampy elektronowe były montowane bezpośrednio do podstawy urządzenia (ang. chassis).

Połączenia elektryczne wykonywano łącząc bezpośrednio ze sobą wyprowadzenia poszczególnych elementów. Stosowane były również płyty wykonane z materiałów izolujących, wyposażone w regularnie rozmieszczone końcówki lutownicze. Końcówki te umożliwiały trwałe połączenie wyprowadzeń elementów elektronicznych oraz przewodów elektrycznych.

Bardzo istotnym przełomem technologicznym w produkcji układów elektronicznych stało się powszechne wprowadzenie płytek obwodów drukowanych.

Obwody drukowane (ang. PCB - Printed Circuit Board) są to płytki z materiałów izolacyjnych (laminaty szklano-epoksydowe lub materiały kompozytowe) z naniesionymi miedzianymi punktami lutowniczymi (ang. pad) i połączeniami elektrycznymi wykonanymi w postaci ścieżek. Proces wytwarzania obwodów drukowanych odbywa się przez naniesienie (wydrukowanie) na płytkę pokrytą warstwą miedzi wzoru punktów lutowniczych i ścieżek połączeniowych. Obróbka chemiczna powoduje usunięcie niezadrukowanej, niepotrzebnej warstwy miedzi.

Kluczową rolę w niezawodności budowanych urządzeń elektronicznych odgrywa poprawne wykonanie połączeń elektronicznych pomiędzy poszczególnymi elementami elektronicznymi.

Stosowane powszechnie w elektrotechnice połączenia wykorzystujące kostki połączeniowe lub połączenia skręcane są podatne na korozję punktów styku oraz rozluźnienie połączeń mechanicznych. Podstawowym sposobem łączenia elementów elektronicznych są połączenia lutowane.

W budowie stacjonarnych urządzeń posiadających dużą liczbę połączeń, takich jak centrale telefoniczne czy też komputery (przed erą komputerów PC) stosowano połączenia wykonywano metodą owijania (ang. wire wrap) polegającą na nawinięciu kilku zwojów specjalnego drutu wokół ostrych krawędzi cienkich końcówek montażowych.

### LUTOWANIE

W procesie lutowania elementy metalowe są łączone spoiwem nazywanym lutem. Temperatura topnienia lutu jest niższa niż temperatury topnienia łączonych elementów. Stopiony lut wypełnia przestrzeń pomiędzy łączonymi elementami. Aby lutowanie było poprawnie wykonane łączone elementy muszą być dokładnie oczyszczone z zanieczyszczeń i powierzchniowych warstw tlenków. Odbywa się to najczęściej już w samym procesie lutowania dzięki topnikowi zawartemu w drucie lutowniczym. Ciekły lut zwilża oczyszczone powierzchnie łączonych elementów i wytwarza się wiązanie metaliczne między lutem a łączonymi elementami.

## LUT

W połączeniach elementów elektronicznych wykorzystywane są tak zwane luty miękkie, cynowe. W przeszłości powszechnie stosowane były luty będące stopami cyny i ołowiu. Obecne przepisy ograniczające stosowanie ołowiu doprowadziły do opracowania lutów bezołowiowych opartych na stopach cyny z dodatkami innych metali. Temperatura topnienia lutów cynowych wynosi około 200°C. Przy łączeniu elementów elektronicznych najczęściej stosowane jest spoiwo lutownicze wytwarzane w postaci drutu lutowniczego, wypełnionego w środku topnikiem.

### 1. MONTAŻ POWIERZCHNIOWY.

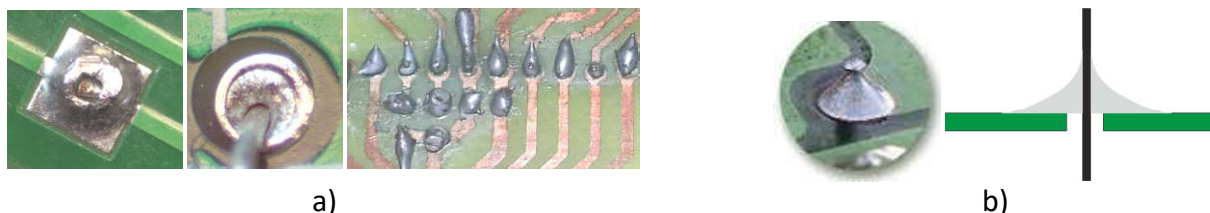
W tej technologii montażu elementy elektroniczne posiadają wyprowadzenia w postaci drutów. Wyprowadzenia te są przewlekane przez właściwe otwory w płytce obwodu drukowanego i lutowane do punktów lutowniczych znajdujących się po przeciwnej stronie płytki niż montowany element.

#### PROCEDURA MONTAŻU POWIERZCHNIOWEGO.

- Montowany element elektroniczny umieszczamy w odpowiednim miejscu płytki obwodu drukowanego, przewlekając jego wyprowadzenia przez otwory w płytce i lekko rozginając je aby uniknąć ewentualnego wypadnięcia elementu
- Odwracamy płytkę drukiem po góry i mocujemy w uchwycie montażowym
- Grotem nagrzanego lutownicy dotykamy jednocześnie wyprowadzenia elementu oraz punktu lutowniczego. Przykładamy w to miejsce drut lutowniczy (cynę). W ciągu kilku sekund porcja cyny powinna ulec stopieniu i spłynąć równomiernie na pole lutownicze oraz wyprowadzenie lutowanego elementu.

Jeżeli wykonany lut ma kształt koralika (Rys 1.a), krawędź lutu nie rozpuściła się po polu lutowniczym, a w miejscu wyprowadzenia elementu widoczne jest wgłębienie to możemy mieć do czynienia z tak zwanym zimnym lutem. Nie zapewnia on wtedy właściwego połączenia elektrycznego między punktem lutowniczym a wyprowadzeniem wlotowywanego elementu. Przyczyną zimnego lutu jest zwykle zbyt słabe rozgrzanie wyprowadzenia elementu lub jego pokrycie zanieczyszczeniami czy też utlenienie powierzchni.

Jeżeli lut jest wykonany poprawnie (Rys 1.b) można odciąć nadmiarową część wyprowadzenia elementu oraz oczyścić połączenie z pozostałości topnika.



Rys. 1. Przykłady wykonania połączeń lutowanych  
a) nieprawidłowe wykonanie połączenia  
b) prawidłowe wykonanie połączenia

W procesie produkcji przemysłowej montaż układów elektronicznych metodą przewlekania był początkowo wykonywany ręcznie w systemie stanowiskowym lub na taśmie produkcyjnej.

Proces ten można zautomatyzować wykorzystując metodę lutowania na fali (ang. wave soldering). Płytkę obwodu drukowanego z umieszczonymi elementami elektronicznymi jest przemieszczana stroną druku nad powierzchnią roztopionego lutu. Wytwarzana na powierzchni lutu fala powoduje chwilowe zetknięcie roztopionego lutu z polami lutowniczymi płytki oraz przewleczonymi przez nie wyprowadzeniami montowanych elementów elektronicznych. Jakość wykonanego połączenia lutowanego zwiększa stosowanie do lutowania na fali płytek obwodów drukowanych z metalizacją otworów. Połączenie lutowane obejmuje wtedy nie tylko pole lutownicze na powierzchni płytki ale i wewnątrz otworu w płytce.

## **2. MONTAŻ POWIERZCHNIOWY (ANG. SMT - SURFACE MOUNT TECHNOLOGY).**

Elementy elektroniczne stosowane w montażu powierzchniowym (ang. SMD - Surface Mount Devices) mają kształt niewielkich prostopadłościanów. Końcówki lutownicze mają kształt opasek na końcach obudowy (np. dla elementów z dwoma końcówkami, takimi jak oporniki czy kondensatory) lub krótkich wyprowadzeń (układy scalone).

W przeciwieństwie do montażu przewlekanego elementy SMD montowane są na płytkach obwodów drukowanych od strony druku. Możliwe jest więc wykonywanie płytek dwustronnych zawierających elementy elektroniczne zamontowane po obu stronach. Elementy SMD (zwłaszcza elementy bierne) są mniejsze niż ich odpowiedniki stosowane w montażu przewlekanym. Umożliwia to konstruowanie i wytwarzanie mniejszych i bardziej zwartych układów elektronicznych.

### **PROCEDURA PRZEMYSŁOWEGO MONTAŻU POWIERZCHNIOWEGO**

W produkcji przemysłowej montaż powierzchniowy prowadzony jest w sposób całkowicie zautomatyzowany.

- Na pola lutownicze płytki obwodu drukowanego nanoszone są odpowiednie porcje pasty lutowniczej zawierającej kuleczki lutu cynowego oraz topnik.
- Na płytce w sposób zautomatyzowany układane są odpowiednie elementy elektroniczne.
- Płytkę z elementami wprowadzana jest do specjalnego pieca, w którym następuje stopienie lutu i po jego ostygnięciu powstaje trwałe połączenie elektryczne.
- W przypadku montażu elementów SMD na płytkach dwustronnych, pasta lutownicza nanoszona jest po obu jej stronach, dodatkowo w miejscu montażu elementów nanoszony jest klej umożliwiający ich trwałe przymocowanie do płytki.

Podczas konstruowania układów prototypowych, budowy pojedynczych układów lub prac serwisowych do montażu elementów SMD zamiast specjalnych pieców stosowane są:

- stacje lutownicze na gorące powietrze,
- lub lutownice grzałkowe z dostosowanymi do tego typu montażu specjalnymi grotami

### **PROCEDURA MONTAŻU PRZY UŻYCIU PASTY LUTOWNICZEJ**

Na płytce obwodu drukowanego odszukać pola lutownicze odpowiadające danemu elementowi elektronicznemu

- Pola lutownicze przeczyszczyć topnikiem (kalafonią)
- Na pola lutownicze odpowiadające danemu elementowi elektronicznemu nanieść małą porcję pasty lutowniczej.
- Trzymając w szczypcach montowany element elektroniczny umieścić go na tak przygotowanych polach lutowniczych i przylutować do właściwych wyprowadzeń
- Wykonać połączenia lutowane pozostałych wyprowadzeń elementu z odpowiadającymi im polami lutowniczymi

### **PROCEDURA MONTAŻU PRZY UŻYCIU STAŁEGO LUTU**

Na płytce obwodu drukowanego odszukać pola lutownicze odpowiadające danemu elementowi elektronicznemu

- Na płytce obwodu drukowanego odszukać pola lutownicze odpowiadające danemu elementowi elektronicznemu
- Pola lutownicze przeczyszczyć topnikiem (kalafonią)
- Na jedno z pól lutowniczych nanieść niewielką ilość lutu.
- Trzymając w szczypcach montowany element elektroniczny przylutować go właściwym wyprowadzeniem do przygotowanego pola lutowniczego
- Wykonać połączenia lutowane pozostałych wyprowadzeń elementu z odpowiadającymi im polami lutowniczymi

## **3. OCHRONA ELEMENTÓW ELEKTRONICZNYCH PRZED WYŁADOWANIAM I ELEKTROSTATYCZNYMI (ANG. ESD ELECTROSTATIC DISCHARGE)**

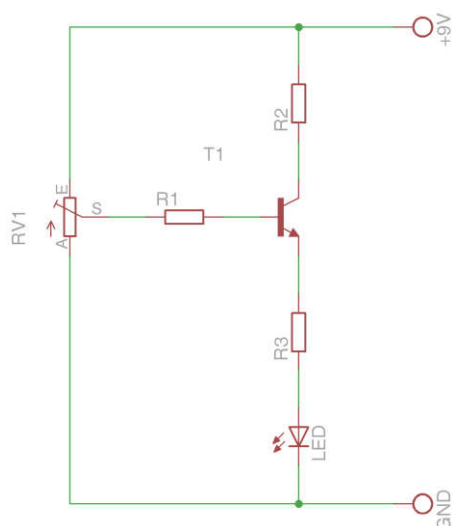
Półprzewodnikowe elementy elektroniczne są wrażliwe na wyładowania elektryczne występujące w wyniku przepływu zgromadzonych na otaczających przedmiotach ładunków elektrycznych. Ładunki elektryczne mogą się też gromadzić na ubraniu i rękach osoby wykonującej montaż elementów elektronicznych. Aby uniknąć uszkodzenia montowanych elementów należy stosować odpowiednie zabezpieczenia, takie jak specjalne maty i bransoletki uziemiające. W trakcie montażu elementów elektronicznych wrażliwych na wyładowania elektrostatyczne należy unikać bezpośredniego dotykania wyprowadzeń elementów.

## II. POMIARY I ICH OPRACOWANIE

### 1. OPIS UKŁADU.

Celem ćwiczenia jest budowa układu sterującego pracą trójkolorowej diody elektroluminescencyjnej LED RGB (ang. Light Emitting Diode Red Green Blue). Głównym elementem układu jest dioda LED zawierająca w jednej obudowie trzy struktury półprzewodnikowe umożliwiające generowanie trzech barw podstawowych: czerwonej, zielonej i niebieskiej. Niezależne sterowanie każdej struktury umożliwia mieszanie barw podstawowych. Natężenie świecenia poszczególnych barw zależy od wartości prądu przepływającego przez daną strukturę (R, G lub B).

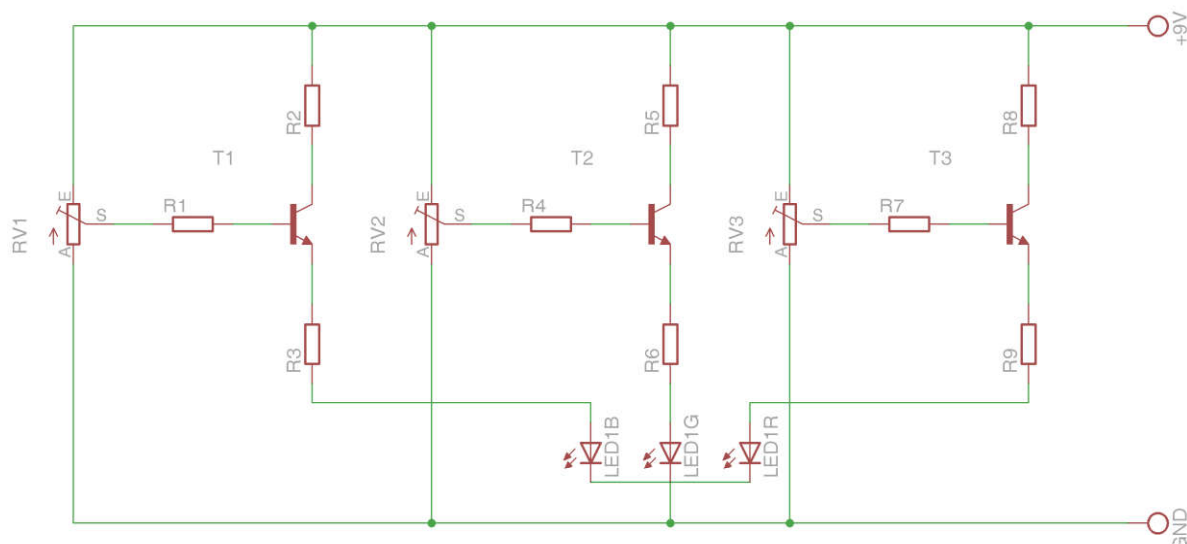
W celu prostszego opisanie budowy i zasady działania na rysunku 2 przedstawiono najpierw schemat układu umożliwiającego sterowanie świeceniem pojedynczej struktury (lub jednobarwnej) diody LED.



Rys. 2. Schemat układu sterującego jednobarwną diodą LED.

Jak widać z rysunku 2 natężenie świecenia diody LED jest zależna od natężenia prądu płynącego w obwodzie emitera tranzystora  $T_1$ . Tranzystor ten jest sterowany poprzez zmianę natężenia prądu jego bazy, ustalanego położeniem potencjometru  $RV_1$ . Opornik  $R_1$  stanowi ogranicznik maksymalnego prądu bazy. Wartości oporników: kolektorowego  $R_2$  oraz emiterowego  $R_3$  są tak dobrane aby maksymalny prąd płynący przez tranzystor  $T_1$  nie przekroczył maksymalnego dopuszczalnego prądu diody LED. Zmieniając położenie potencjometru  $RV_1$  możemy więc zmieniać natężenie świecenia diody.

Na rysunku 3 przedstawiono schemat pełnego układu sterującego pracą trójkolorowej diody elektroluminescencyjnej LED RGB.



Rys. 3. Schemat układu sterującego pracą trójkolorowej diody elektroluminescencyjnej LED RGB.

### SPIS ELEMENTÓW

#### Montaż przewlekany THT

$RV_1, RV_2, RV_3$  – potencjometr montażowy 50 k $\Omega$   
dioda LED RGB – OSTA56A1A-C  
złącze zasilające do baterii 9V

#### Montaż powierzchniowy SMD

$R_1, R_4, R_7 = 1 \text{ k}\Omega$  – Rezystory w obudowie 2512  
 $R_2, R_5, R_8 = 100 \Omega$  – Rezystory w obudowie 2512  
 $R_3, R_6, R_9 = 560 \Omega$  – Rezystory w obudowie 2512  
 $T_1, T_2, T_3$  – tranzystory BC 847B w obudowie SOT23

Jak widać z rysunku sterowanie trzema prądami diody (dla każdej barwy podstawowej R, G oraz B) odbywa się poprzez trzy identyczne układy, takie jak przedstawiony na rysunku 2.

Wartości oporników kolektorowych ( $R_2, R_5$  i  $R_8$ ) oraz emiterowych ( $R_3, R_6$  i  $R_9$ ) są tak dobrane aby suma maksymalnych prądów płynących przez tranzystory  $T_1, T_2$  oraz  $T_3$  nie przekroczyła maksymalnego dopuszczalnego prądu diody LED<sub>1</sub>. Zmieniając położenia potencjometrów  $RV_1$  (Blue),  $RV_2$  (Green),  $RV_3$  (Red), oraz możemy zmieniać natężenia generowanych przez diodę trzech barw podstawowych. W celach dydaktycznych układ sterowania diodą LED RGB został zaprojektowany w sposób hybrydowy, wykorzystując elementy elektroniczne do montażu przewlekanego jak i powierzchniowego.

W technologii montażu przewlekanego wlotowywane są:

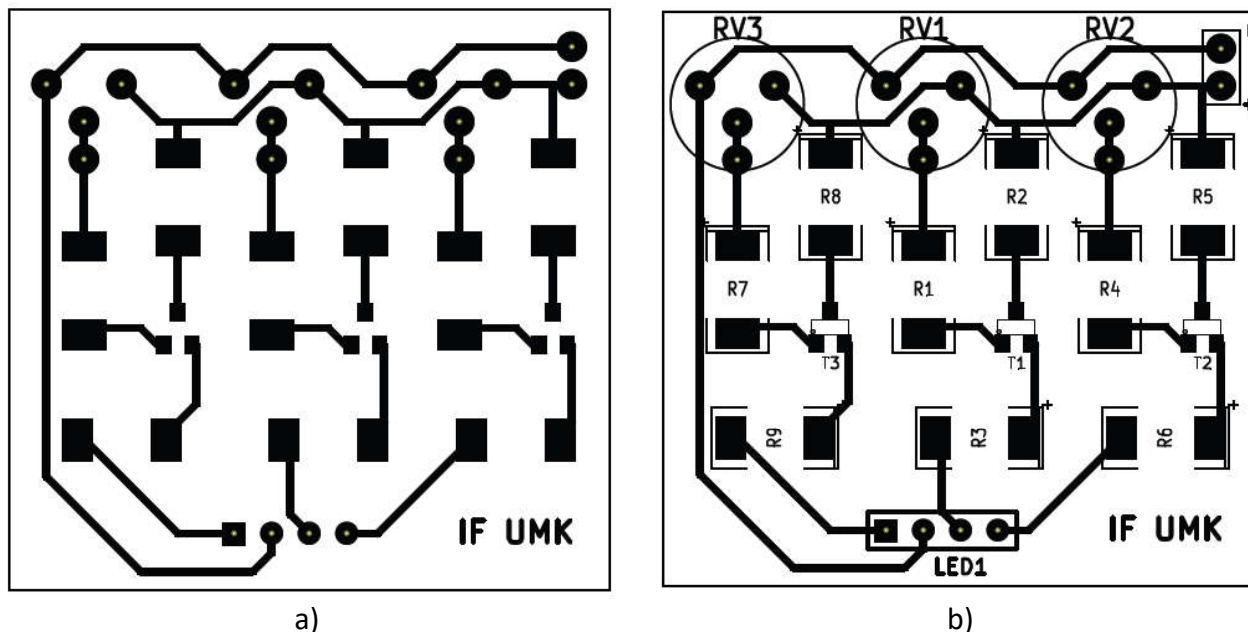
- dioda LED RGB - OSTA56A1A-C,
- potencjometry montażowe  $RV_1, RV_2, RV_3$
- złącze zasilające (zatrzask) do baterii 9V,

natomiast w technologii montażu powierzchniowego:

- tranzystory  $T_1, T_2, T_3$
- rezystory  $R_1, R_4, R_7$
- rezystory  $R_2, R_5, R_8$
- rezystory  $R_3, R_6, R_9$

## 2. MONTAŻ I URUCHOMIENIE UKŁADU STEROWANIA DIODĄ LED RGB.

Na płytce obwodu drukowanego, przedstawionej na rysunku 4, zlokalizować położenie poszczególnych elementów układu, zwrócić uwagę na kolejności wyprowadzeń.



Rys. 4. Widok płytki obwodu drukowanego:  
a) ścieżki i pola lutownicze, b) kompletna płytka z naniesionym opisem

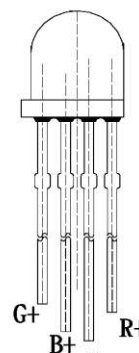
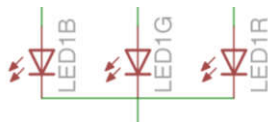
- 1) Montaż rozpocząć od wlutowania elementów przewlekanych,
- 2) Wlutować elementy montowane powierzchniowo, rozpoczynając od oporników. W celu ułatwienia montażu w układzie zastosowano oporniki SMD w obudowach 2512. Są to oporniki mocy w dużych obudowach.
- 3) Następnie wlutować tranzystory.
- 4) Korzystając z lupy cyfrowej dokonać wizualnej kontroli wykonanych połączeń lutowanych. Dokonać ewentualnych poprawek,
- 5) W celu uruchomienia zbudowanego układu podłączyć zatrząsk baterii do specjalnej końcówki zasilającej i włączyć zasilanie 9V,
- 6) Kręcąc potencjometrami RV<sub>1</sub>, RV<sub>2</sub> oraz RV<sub>3</sub> sprawdzić świecenie poszczególnych barw diody i mieszanie barw podstawowych,
- 7) Ustawić położenie potencjometrów tak, aby uzyskać świecenie diody najbardziej zbliżone do światła białego.



### 3. WIDOK I WYPROWADZENIA ELEMENTÓW.

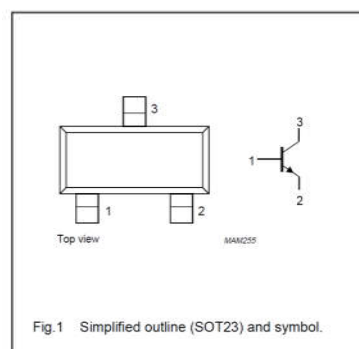
**Dioda trójkolorowa LED RGB typu OSTA56A1A-C.**

Wyprowadzenia:  
 [R+] - anoda (Red),  
 [G+] - anoda (Green),  
 [B+] - anoda (Blue),  
 [-] - wspólna katoda.



**Tranzystor BC 847B w obudowie SOT23**

PIN	DESCRIPTION
1	base
2	emitter
3	collector



**Rezystory SMD w obudowie 2512 (6.35 mm × 3.0 mm)**

Oznaczenia na obudowach rezystorów:  
 wartość oporu przedstawiana jest w formacie "abc", kodując oporność w postaci liczby "ab \* 10<sup>C</sup>"



kod 101 -  $10 * 10^1 \Omega = 100\Omega$

kod 102 -  $10 * 10^2 \Omega = 1k\Omega$

kod 561 -  $56 * 10^1 \Omega = 560\Omega$

#### LITERATURA

1. Ch. Platt "Elektronika - Od praktyki do teorii" Wydawnictwo Helion 2013
2. M. J. Geier "Jak naprawiać sprzęt elektroniczny" Wydawnictwo Helion 2013
3. T. Stacewicz, A. Kotlicki "Elektronika w laboratorium naukowym" Państwowe Wydawnictwo Naukowe 1994