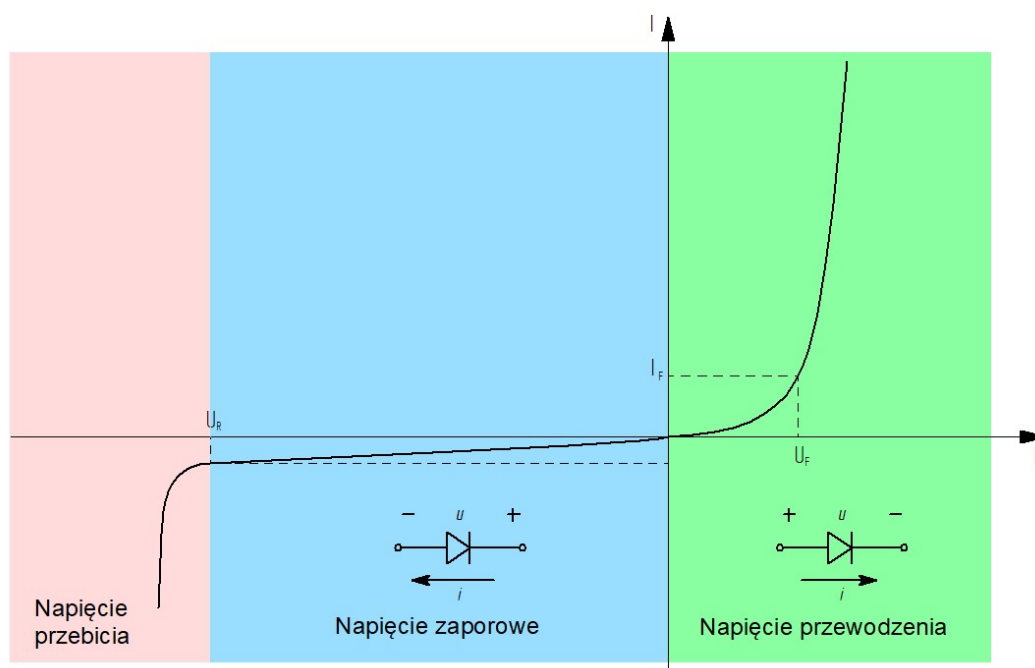


## Diody elektroluminescencyjne (LED)

Diody elektroluminescencyjne są tylko jedną z odmian elementów półprzewodnikowych zwanych diodami. Dlatego więc, chociaż emituje ona światło w odróżnieniu od innych diod, to warto ją rozpatrywać jako po prostu diodę. Charakterystyka prądowo napięciowa diody LED jest podobna do innych diod. Chcąc prawidłowo podłączyć diodę do zasilania, potrzebna jest właśnie znajomość owej charakterystyki.



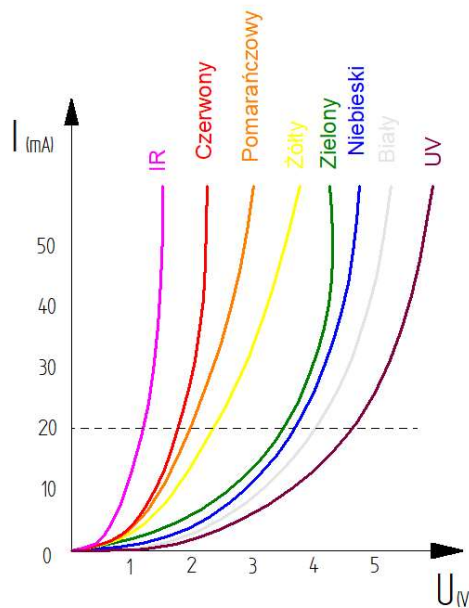
Na powyższym rysunku przedstawiona jest zależność prądu i napięcia dla typowej diody. Wykres ten nie jest w skali, bo dla typowej diody prostowniczej (krzemowej), przy niewielkim obciążeniu, napięcie przewodzenia  $U_F$  wynosi około 0.7V podczas gdy napięcie przebicia  $U_R$  może wynosić 400V i więcej. Brak skali zatem pozwala na pokazanie charakterystycznych obszarów.

Z uwagi na to, że omawiamy tutaj diody LED to naszym obszarem zainteresowania będzie tylko pierwsza ćwiartka tego wykresu, czyli górna część zielonego obszaru.

Na początek warto podać zakresy napięć przewodzenia diod LED w zależności od ich koloru, a w rzeczywistości od materiałów półprzewodnikowych, z których zbudowano diodę. Kolor świecenia jest tylko pochodną zastosowanych materiałów i nie ma nic wspólnego z kolorem plastiku, który spełnia tylko funkcję obudowy i pozwala na łatwe stwierdzenie na jaki kolor dioda będzie świecić bez konieczności jej podłączenia do zasilania.

	Zakres $U_F$	Typowe $U_F$
IR	1.1 - 1.7V	1.4V
Czerwona	1.6 - 2.2V	1.9V
Pomarańczowa	1.8 - 2.3V	1.9V
Żółta	2.0 - 2.3V	2.0V
Zielona	2.0 - 2.7V	2.0V
Niebieska	2.9 - 4.0V	3.4V
Biała	3.0 - 3.6V	3.2V

Na wykresie wygląda to mniej więcej tak:

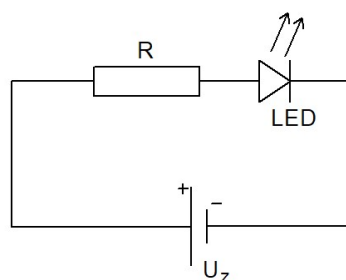


Zaznaczono na tym wykresie wartość natężenia prądu wynoszącą 20mA. Jest to maksymalny prąd, który możemy przez naszą diodę przepuścić. Nie mówię tutaj oczywiście o diodach, które mają moc 1W i więcej. Mówię tutaj o typowych diodach LED małej mocy, czyli takich jakie w modelach można zamontować.

Bezpiecznym poziomem natężenia prądu, który nie wpłynie negatywnie na żywotność diody jest wartość 15mA, choć nowoczesne diody LED wydajnie świecą już nawet przy 6 czy 8mA. Pozostaniemy jednak przy 15mA, a później, gdy już poznamy zasady zasilania diody będzie można zmieniać te założenia.

Spójrzmy jeszcze raz na wykres. Proszę zauważyć pewną zależność: niewielka zmiana napięcia powoduje dużą zmianę prądu. Na tyle dużą, że można bez problemu znaleźć się w zakresie prądów, które z łatwością zniszczą naszą diodę. Dlatego w tym miejscu chciałbym obalić pewien mit, który nagminnie powielany jest w internecie dotyczący napięcia zasilania diody. **Diodą steruje się za pomocą prądu (natężenia), a nie napięcia!!!** Pytania zatem typu: jakie napięcie mam dać na diodę, żeby ładnie świeciła? Nie powinny się nigdy pojawiać. Napięcie przewodzenia (jego zakres) określone jest przez producenta i wynika z fizyki materiałów półprzewodnikowych, a jeśli nie mamy takiej informacji, bo np. dioda jest z odzysku, to można się sugerować kolorem i odczytać zakres napięć z tabeli na pierwszej stronie.

Jak w takim razie sterować prądem, którym zasilimy diodę? Poprzez rezystor o odpowiedniej wartości.



Na schemacie mamy pokazany najprostszy przypadek czyli układ składający się z trzech elementów: źródła zasilania (np. baterii) o napięciu  $U_Z$ , rezystora o wartości rezystancji  $R$  oraz z diody LED.

Jak w takim układzie obliczyć rezystancję rezystora? Z pomocą przychodzi drugie prawo Kirchhoffa, które na nasze potrzeby przedstawimy w bardziej łagodnej formie:

**W obwodzie zamkniętym suma spadków napięć na wszystkich odbiornikach prądu musi być równa sumie napięć na źródłach napięcia.**

Z tego wynika, że suma spadku napięcia na rezystorze ( $U_R$ ) oraz napięcia jakie się odkłada na diodzie ( $U_D$ ) ma się równać napięciu źródła zasilania ( $U_Z$ ), czyli:

$$U_Z = U_R + U_D$$

Bardzo proste i pomocne.

Prąd potrzebny do prawidłowego zasilania diody obliczymy korzystając z prawa Ohma, które mówi:

$$I = U/R$$

W ten sposób posiadamy już „całą, niezbędną” wiedzę, żeby sobie wszystko poobliczać. Zaczynamy więc.

Co musimy znać na początek to wartość napięcia źródła zasilania. Powiedzmy, że mamy baterię typu 6F22 (czyli ta mała płaska) o napięciu 9V. Następnie chcemy wiedzieć jaką diodę LED będziemy zasilali. Powiedzmy, że będą to diody do świateł przednich naszego modelu, więc będą one białe. Z tabeli wiemy jakie napięcia taka dioda toleruje. Weźmy coś ze środka zakresu, czyli np. 3.2V. Wiemy również, że chcemy, aby prąd płynący przez diodę miał natężenie 15mA. Z prawa Kirchhoffa obliczymy jakie napięcie odłoży nam się na rezystorze:

$$U_R = U_Z - U_D$$

$$U_R = 9V - 3.2V = 5.8V$$

Skoro wiemy już jakie będzie napięcie na rezystorze to z pomocą już śpieszy pan Ohm i podpowiada, że wartość rezystancji będzie potrzebna taka:

$$R = U/I = 5.8V/15mA = 5.8/0.015 = 387\Omega$$

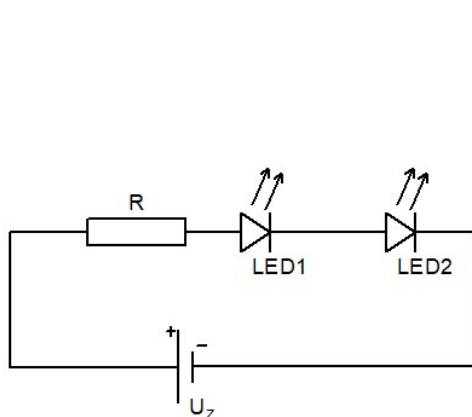
Oczywiście nie ma rezystora o takiej wartości, więc bierzemy najbliższy z danego typoszeregu i będzie on wynosić: 390Ω. Lepiej zawsze wybrać większy rezystor, bo to nas kieruje w bezpieczniejsze rejony niższych wartości natężenia prądu.

Dobra, zasililiśmy diodę i pewnie nawet świeci, jeśli nie podłączyliśmy jej w odwrotnym kierunku 😊

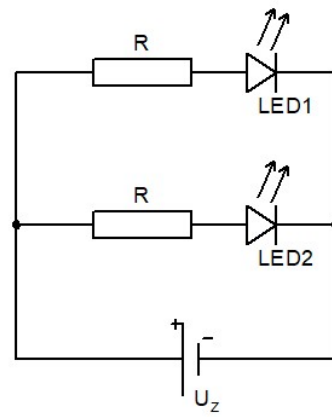
Spokojnie, przy takim napięciu jakie występuje w naszym obwodzie odwrócenie polaryzacji diody nie uszkodzi jej.

A co z drugim reflektorem naszego modelu? Kolejny układ z baterią? Oczywiście, że nie. Możemy przecież podłączyć dwie diody do jednej baterii.

Można to zrobić na dwa sposoby: szeregowo, lub równoległe.



Połączenie szeregowe



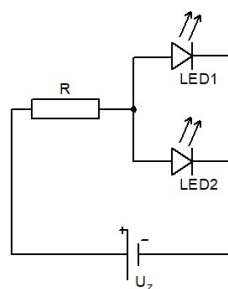
Połączenie równoległe

Połączenie szeregowe wydaje się prostsze i tańsze. Ma mniej elementów, mniej kabelków i ogólnie bardziej kusi. Ma jednak pewne wady. Gdy spali się jeden element przestaje działać cały układ i żadna dioda nie świeci. Napięcie zasilania ogranicza liczbę diod, które mogą być z niego zasilane w szeregu. Przykład z naszą baterią 9V. Ile białych diod może ona zasilić jeśli podłączymy je szeregowo? Otóż tylko dwie, bo suma napięć dla trzech diod będzie większa niż 9V, a gdzie tu jeszcze miejsce dla rezystora?

Ile diod można podłączyć do baterii jeśli podłączymy je równoległe? Teoretycznie bez ograniczeń, chociaż żeby z tego braku ograniczeń skorzystać to trzeba by mieć ogromną baterię. Chodzi o wydajność prądową źródła zasilania. Oczywiście nikt z modelu nie zrobi choinki, więc bateria spokojnie zasili kilka diod.

Uważny czytelnik, zauważył pewnie, że nie wspomniałem o wydajności prądowej w przypadku połączenia szeregowego. I słusznie, bo w takim połączeniu to nie ma dużego znaczenia. Spójrzmy na układy. W pierwszym (szeregowym) przez wszystkie elementy płynie prąd o natężeniu 15mA, czyli ze źródła wypływa prąd 15mA. W przypadku drugiego układu przez każdy rezystor i przez każdą diodę również płynie prąd 15mA, ale ze źródła zasilania wypływa 30mA. Bo tak naprawdę są tutaj dwa obwody podłączone do jednego źródła zasilania. Wadą zatem połączenia równoległego jest prądożerność, czyli szybsze wyczerpanie się baterii. Zaletą jednak jest to, że gdy się spali jedna dioda to pozostałe świecą.

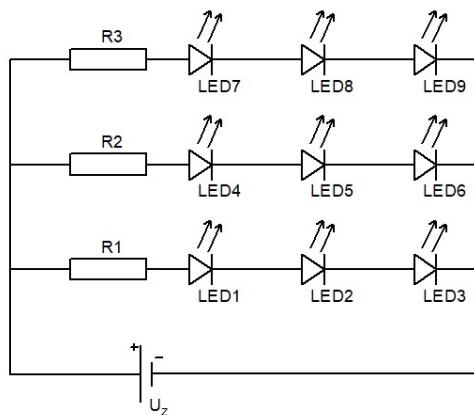
Ale może by tak... połączyć zalety i zminimalizować wady obydwóch sposobów i wyhodować hybrydę?



Taki szeregowo-równoległy układ. **NIE! To jest największe ZŁO!**

Rezystor w takim układzie obliczony jest na jednoczesne zasilanie wszystkich podłączonych do niego diod. Pomijam, że diody mogą się między sobą różnić i każda będzie świecić z inną intensywnością. Dla przykładu z rysunku przez rezystor płynie prąd o natężeniu 30mA. Co się stanie gdy jedna dioda się spali? Cały prąd popłynie przez drugą, paląc ją oczywiście.

Inna sprawa gdy pomieszczy obydwie metody łączenia w inny sposób, czyli taki równoległoszeregowy:



Jeśli na przykład dysponujemy zasilaniem o większym napięciu (np. 12V) to tego typu połączenie jest bardzo korzystne. Znacznie zmniejszy prąd pobierany z zasilania w porównaniu do standardowego połączenia równoległego tej samej ilości diod.

Jakie zatem jest najlepsze rozwiązanie dla modelu?

Moim zdaniem połączenie równoległe. Owszem potrzeba większego natężenia prądu, ale za to mniejszego napięcia. Coś za coś.

Ale... można zastosować akumulator Li-Ion, który ma napięcie nominalne 3.7V. Powinno wystarczyć do zasilania białej diody.

Obliczmy rezystor ograniczający:

$$R = U/I = (3.7V - 3.2V)/15mA = 33\Omega$$

Trzeba jednak zauważyć, że świeżo naładowany akumulator Li-Ion ma napięcie około 4.2V. Stan ten trwa dość krótko, po spadku naładowania do około 97-95% jest już 4.0V, a po osiągnięciu 80% naładowania mamy już nominalne 3.7V. Sprawdźmy czy takie „wysokie” napięcia nie zabiją naszej diody:

$$I = U/R = (4.2V - 3.2V)/33\Omega = 30mA$$

$$I = U/R = (4.0V - 3.2V)/33\Omega = 24mA$$

Trochę niebezpieczne. Akumulator taki ma powiedzmy pojemność równą 2500mAh, co oznacza, że rozładowywany prądem 30mA osiągnie poziom naładowania 95% po czasie:

$$2500mAh / 30mA = 83h$$

$$83h * 95\% = 4.15h$$

Zatem dioda pobierająca 30mA rozładuje taki akumulator do poziomu 95% dopiero po ponad 4 godzinach... czyli pewnie w kilka godzin po swojej śmierci. Oczywiście prąd będzie później spadał i czas będzie dłuższy, ale na potrzeby obliczeń można było nieco uprościć.

W takim razie trzeba obliczyć wartość rezystora dla wyższego napięcia i zobaczyć jaki będzie prąd po osiągnięciu napięcia nominalnego przez akumulator. W tym przypadku przyjmujemy również maksymalny dopuszczalny prąd czyli 20mA.

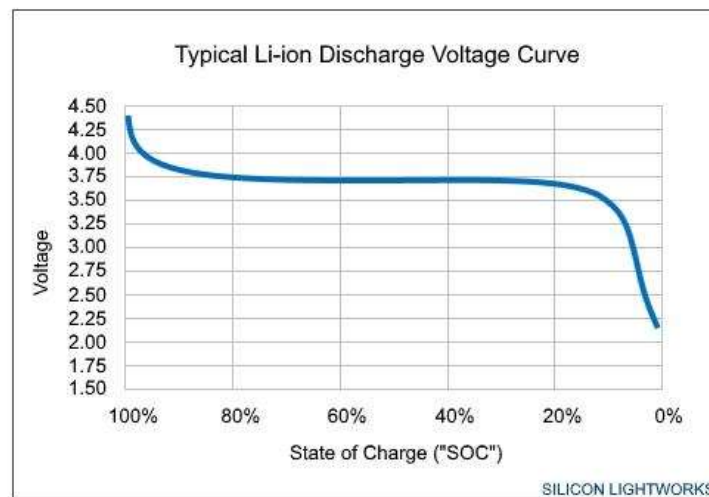
$$R = U/I = (4.2V - 3.2V)/20mA = 50\Omega$$

Takiego rezystora nie ma czyli trzeba wybrać spośród 47 a 51Ω. Wybieramy oczywiście 51.

$$I = U/R = (3.7V - 3.2V)/51\Omega = 9.8mA$$

Prąd o natężeniu 10mA powinien być w zupełności wystarczający dla diody, aby dawała ona jasne światło.

Charakterystyka zależności napięcia i stopnia rozładowania akumulatora Li-Ion.



Dla takich parametrów jak wyznaczone, akumulator 18650 o pojemności 2500mAh powinien zasilać diodę przez około 160h, czyli prawie tydzień non-stop. Oczywiście, gdy podłączymy do niego więcej diod to czas będzie się skracał proporcjonalnie, czyli w przypadku 4 diod będzie to już „tylko” jakieś 40 godzin.

Mam nadzieję, że choć trochę udało mi się przybliżyć temat zasilania diod LED na potrzeby modelarstwa. W razie pytań wiecie gdzie mnie szukać 😊

Pozdrawiam,

Sebastian

(Sebastian01 na kartonówki.pl)