

Непрофесионално за светодиодиите

Теория, Характеристики, Приложение

1. Теория

Светодиод е [полупроводников](#) диод, който се състои от области с положителни и отрицателни токоносители и [p-n преход](#) и излъчва некохерентна [светлина](#) в [тесен спектър](#), когато през него протича [електрически ток](#). Светодиодът съдържа един или няколко излъчващи светлина [кристали](#), разположени в един корпус с [леща](#), която създава светлинен поток.

[Цветът](#) на излъчване на светодиода се определя както от състава на използвания полупроводников материал, така и от легиращите примеси. Цветът често се дава в "nm", което е [дължината на вълната](#) на светлината. Светодиодите не са напълно монохроматични и до известна степен могат да излъчват в тесен диапазон на спектъра.

Разработването на светодиоди започва с червени и инфрачервени прибори, направени от GaAs. Постиженията в науката за материалите позволиха да се произвеждат прибори в по-късовълновия диапазон на спектъра, емитиращи светлина с различни цветове.

Конвенционалните светодиоди са направени от различни неорганични полупроводникови материали, произвеждащи следните цветове:

AlGaAs - червен, инфрачервен; AlGaP - зелен; AlGaInP - оранжево-червен, оранжев, жълт и зелен; GaAsP - червен, оранжево-червен, оранжев и жълт; GaP - червен, жълт, зелен; GaN - зелен, син и бял (с AlGaN-бариера); InGaN - близка УВ, синьо-зелен, син; SiC - син; Al₂O₃ - син; ZnSe - син; C - ултравиолет ; AlN, AlGaN, AlGaInN - от близката до далечната ултравиолетова

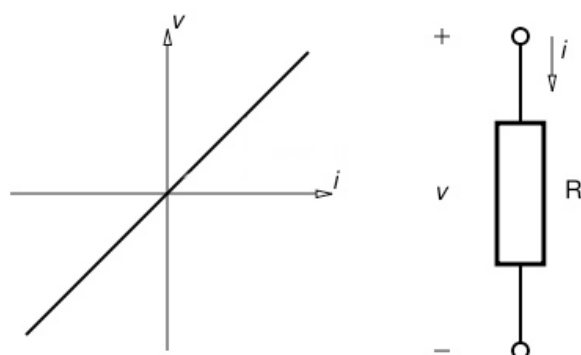
2.Характеристики

Светодиодите имат няколко основни параметъра. Това са:

- **Максимална разсейвана мощност.** Това е електрическата мощност която може да разсее светодиодът без това до доведе до повреда. Тя зависи както от вида и свойствата на използвания полупроводников материал, така и от конструкцията на корпуса. Обикновено се посочва във миливатове (mW) но вече има диоди способни да разсеят и дестки ватове.
- **Светлинна интензивност.** Съществува пряка връзка между максималната разсейвана мощност и светлинната интензивност но тя може да зависи също така от вида и свойствата на полупроводниковия материал и вида на лещата пред него. Посочва се във миликандели (mcd).
- **Максимален пиков ток в права посока.** Това е максималният пиков ток който може да бъде пропуснат през прехода на светодиода без да го повреди. Важно е да се разбере какво е максималното време което е допустимо подаването на този ток. Обикновено се посочва като продължителност и интервал на повторение (цикличност) Примерно 0,1mS време за пропускане на ток, при цикличност 1/10 - т.е 10mS пауза. Посочва се в милиампери (mA). Този параметър най често няма да ни вълнува - той се ползва при по-специфични приложения - по-долу ще ги спомена.
- **Максимален продължителен ток в права посока.** Това е максималният ток който може да бъде пропуснат през прехода без да го повреди за продължително време. Посочва се в милиампери (mA)
- **Напрежение в права посока.** Това е напрежението което се отлага върху прехода на светодиода в следствие протичането на ток през него в права посока. Обикновено при указване на стойността му се посочва при какъв протичащ ток е валидна тази стойност. Имайте в предвид че обикновено този ток е по малък от максимално допустимият и ако искате да използвате именно него то стойността на напрежението е малко по висока. Посочва се във волтове (V).

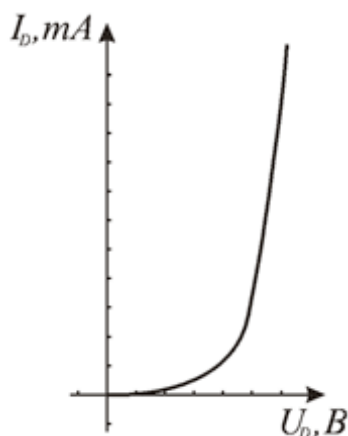
Светодиодите имат и други параметри но те не са толкова важно от практическа гледна точка. Тук искам да спомена един факт който много хора бъркат сравнявайки светодиодите с крушка. Грешно е да се каже - включих светодиода на 3V. Той свети когато през него се пропусне ток. И колко силно ще свети зависи от стойността на пропуснатия ток през него, а не от напрежението. Напрежението върху него е относително постоянно и то е в слаба връзка с протичащия ток. Например ако светодиод с параметър "напрежение в права посока" 3V се включи към източник на напрежение 3,6V то най вероятно той ще изгори за съвсем кратко време поради протичането на ток над максимално допустимият за него въпреки малката разлика в напреженията - само 0,6V. Защо това е така ще се опитам да обясня по долу.

По отношение на зависимостта между токът и напрежението които протичат в даден елемент те могат да се разделят на две групи - линейни и нелинейни. Пример за линеен елемент е резисторът. Ето как изглежда волт/амперната характеристика на резистор:



Както се вижда тя е линейна. Изменение на пропускания през него ток води винаги до еднакво пропорционално изменения на отлаганото напрежение върху него. И обратното колкото по високо напрежение се приложи към него толкова по висок ще бъде и токът през него.

Светодиодите обаче са нелинейни елементи. Ето как изглежда волт/амперната характеристика на светодиод в частта касаеща включването му в права посока:



От диаграмата се вижда че в работната област на характеристиката, много малки изменения на напрежението, довеждат до големи изменения на тока през прехода му. В сила е и обратната зависимост - напрежението върху прехода остава почти непроменено при големи изменения на токът който протича през него. Именно за това при включване на светодиод се регулира протичащия ток през него, а не напрежението. Както казах и по-горе - важен е токът. Самото напрежение трябва да е по-високо от от параметърът "напрежение в права посока" за да протече изобщо ток.

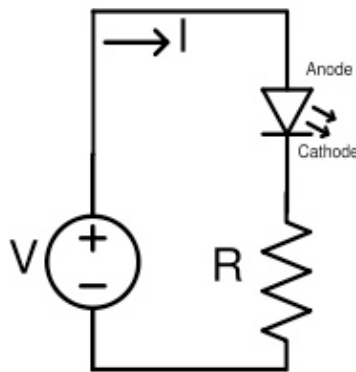
Има още една заблуда, че с изменение на токът пропускан през светодиода може да се регулира силата на му на светене. Наистина има зависимост между него и интензитета на генерираната светлина, но тази зависимост също не е линейна. Особено в областта около максималната стойност на тока в права посока. При по-малки стойности на тока е възможно някакво регулиране но без никакви гаранции

за повторение при различните екземпляри дори и от един и същ вид. Регулирането на светлината при светодиодите се извършва с използване ШИМ (широчинно-импулсна модулация) на токът през тях. При тази модулация светодиодът периодично светва и угасва с висока честота, а самото регулиране на яркостта става с регулиране на съотношението включен/изключен.

При включване в обратна посока през светодиодите на практика не протича ток но те имат параметър "максимално напрежение в обратна посока" и превишаването му може да доведе до необратим пробив и повреда.

3. Приложение

За включването на светодиод за работа е необходимо да се добави елемент ограничаващ протичащият ток през веригата до стойности безопасни за него. Най-елементарното ограничение може да се направи с резистор.



За изчисляване на стойността му се ползва закона на Ом : $I=U/R$. Или неговата производна : $R=U/I$. За конкретната схема формулата за стойността на резистора е следната:

$$\text{Съпротивл. на резистора в [kOhm]} = \frac{\text{Напрежение на захр.източник - напрежение в права посока [V]}}{\text{Максимален продължителен ток в права посока [mA]}}$$

Пример:

Включваме светодиод със следните параметри, към автомобилна инсталация 12В

Максимален продължителен ток в права посока - 50mA

Напрежение в права посока - 3,2V

Тъй като при зареждане на автомобилният акумулатор напрежението в електроинсталацията на може да достигне 14,4V за безопасно включване на светодиода използване тази стойност.

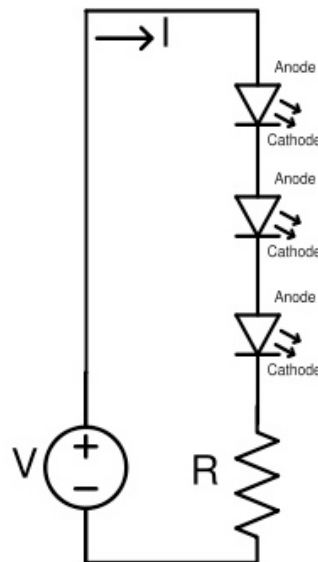
$$\text{Съпротивл. на резистора в [kOhm]} = \frac{14,4 - 3,2}{50} = \frac{11,2}{50} = 0,224 \text{ kOhm} = 224 \text{ Ohm}$$

Тъй като стойност 224 Ом едва ли ще намерим от списъкът със стандартни стойности за резистори E24 (5%толеранс) избираме стойност или 220 Ом или 240 Ом.

По този начин гарантираме че през веригата ще протече ток със стойност 50mA колкото е необходимо за нормалната работа на светодиода

За по голяма сигурност и защита от повреждане на светодиода е възможно преди изчисляване на стойността на съпротивлението да намалим стойността на “максималния продължителен ток в права посока” с 10% или при избор на резистора от списъка да изберем следващата по висока стойност от изчислената. Ако напрежението на захранващият източник варира в известни граници при изчисленията се използва неговата най висока стойност.

При нужда от използване на повече от един светодиод има два варианта за тяхното свързване - последователно и “паралелно” (защо е в кавички - по долу)



При последователното свързване формулата за изчисляване на резистора остава същата като напрежението в права посока се умножава по броя на диодите.

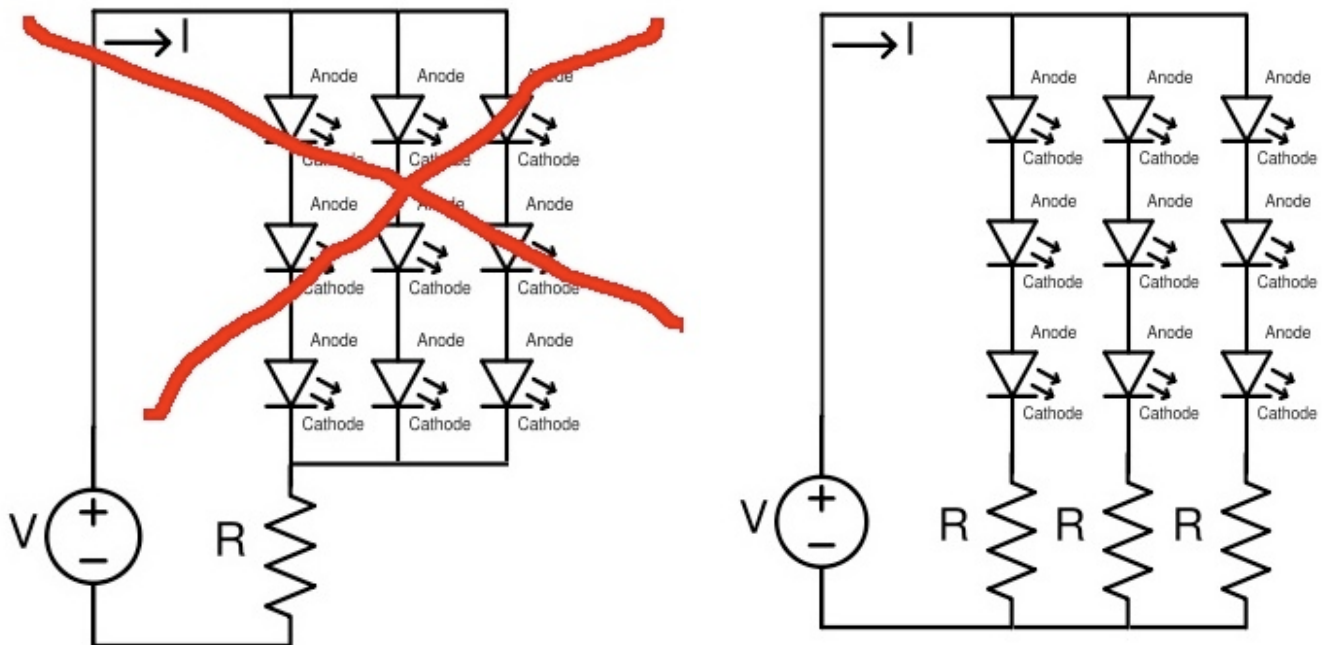
Пример:

Нека включим 3 броя от светодиодите от първия пример към автомобилната инсталация:

$$\text{Съпротивл. на резистора в [kOm]} = \frac{14,4 - 3,2 \cdot 3}{50} = \frac{4,8}{50} = 0,096 \text{ kOm} = 96 \text{ Ом}$$

От формулата се вижда че колкото повече светодиоди свързваме последователно толкова по високо захранващо напрежение ще е необходимо. Затова при свързване към 12 волтова инсталация на автомобил оптималният брой светодиоди при последователно свързване е 3-4 в зависимост от тяхното “напрежение в права

посока”. Затова при необходимост от използване на повече светодиоди към сравнително ниско напрежение се използва “паралелно” свързване.



На лявата схема е показано паралелно свързване на светодиоди. Това свързване е забранено, особено в случаите когато те работят със стойности на тока близък до максималния допустим. Причината за това е, че не може да се гарантира, че всички светодиоди да бъдат със абсолютно еднакви параметри. При такова свързване няма гаранция, че токът ще се разпредели по равно между трите клона на веригата. Така в някой от тях той може да превиши допустимите стойности и някой от светодиодите да изгори. Това ще доведе до лавинообразен процес докато не угаснат всички светодиоди тъй като с резисторът е зададен ток за 3 групи светодиоди а в момента той протича през 2 или дори 1.

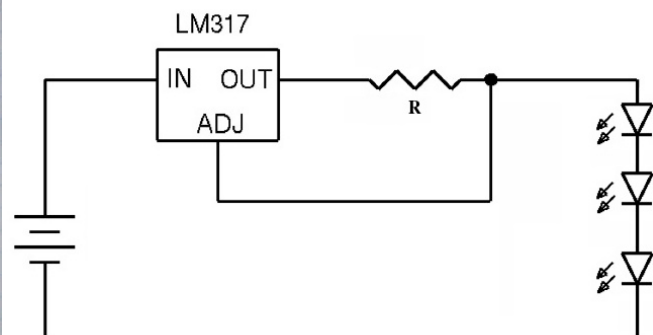
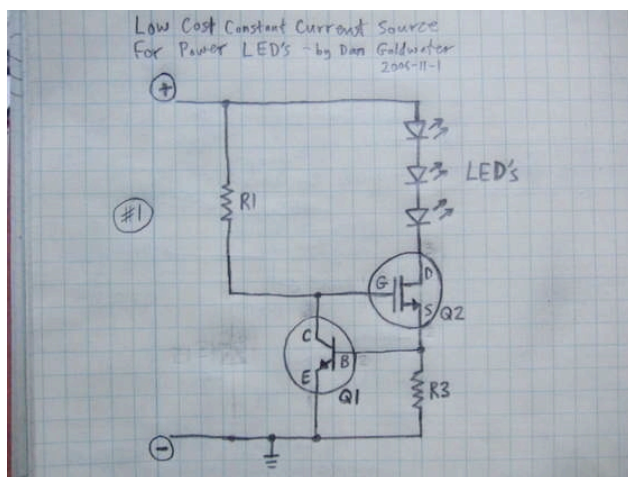
Допустимото паралелно свързване е показано на дясната схема. Там паралелно са свързани еднакви клонове от предишната схема като всеки клон си има собствен резистор за ограничаване на тока през него. Изчисляването му става по същия начин както се изчислява при последователно свързване и ако всички светодиоди са еднакви стойностите на трите резистора също ще са еднакви.

Върху резистора ограничаващ тока на светодиодите винаги се разсейва някаква мощност която се явява загуба. Колкото е по високо неговото съпротивление толкова повече загуби се получават в него. Затова винаги при подбиране начина на свързване на светодиодите, ако те са повече от един, трябва да се стремим неговата стойност да бъде по ниска. Примерно при свързване на няколко светодиода винаги е добре да се свързват последователно, така че сборът на напреженията им в права посока да е максимално близо до захранващото напрежение, без да го надвишава.

Използването на резистор за ограничаване на тока през светодиодите е подходящо единствено ако те се захранват с относително стабилно напрежение.

Ако е нужно те да работят в голям обхват на изменение на захранването за ограничаване на тока през тях се използва генератор на ток (токов ограничел). Най лесно генератор на ток може да се изгради с 2 транзистора, но и почти всеки интегрален три-изводен стабилизатор на напрежение може да изпълнява същата роля при подходящо включване.

Има и интегрални схеми - специализирани драйвери предназначени за управление на светодиоди.

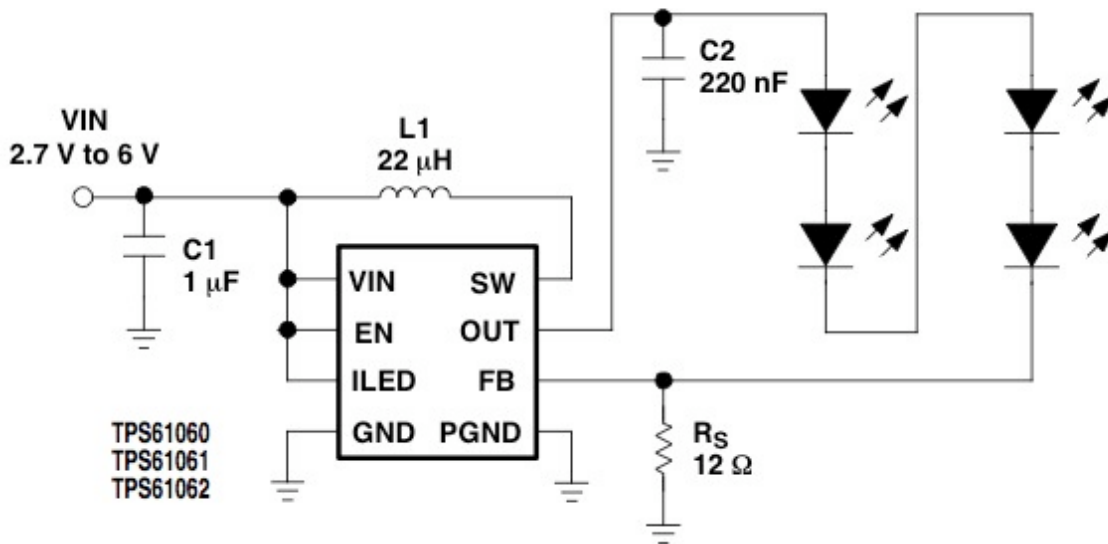


Възможен е и друг подход за осигуряване на работа при изменящо се захранване - предварително стабилизиране на напрежението преди да се подаде към групите от светодиоди и резистори. Но това е най-неикономичното решение по отношение на консумиран ток.

Всички описани до тук схемни решения захранват светодиодите с постоянен ток. Когато обаче е необходимо от тях да се получи максималната светлинна енергия на която са способни светодиодите се включват в импулсен режим на работа. Ако погледнете параметрите им ще видите, че пиковият импулсен ток превишава 2-3 пъти този за продължително подаване. Използва се факта че човешкото око е инертно към бързите смени на състоянието включено/изключено.

Допълнително при импулсното захранване е възможно плавно регулиране на силата на светене с използване на ШИМ.

Ето как изглежда схемно решение за импулсно управление на светодиоди ползващо специализиран драйвер.



Автор: ilkor