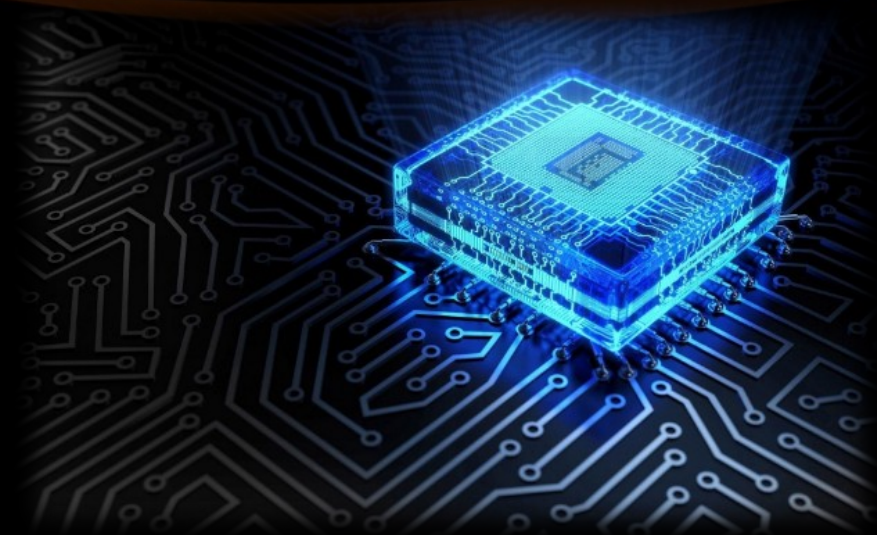
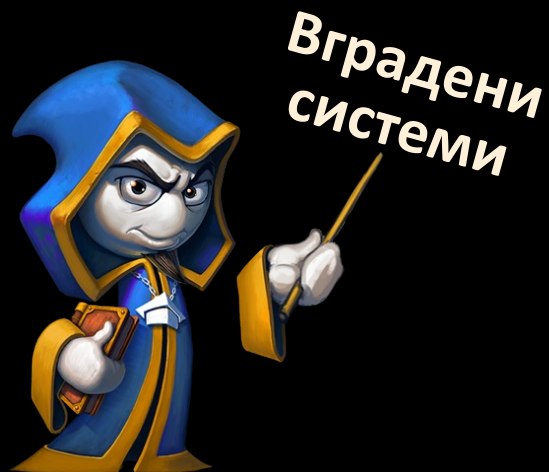


Други полупроводникови елементи - Оптрон, фототранзистор, фотодиод



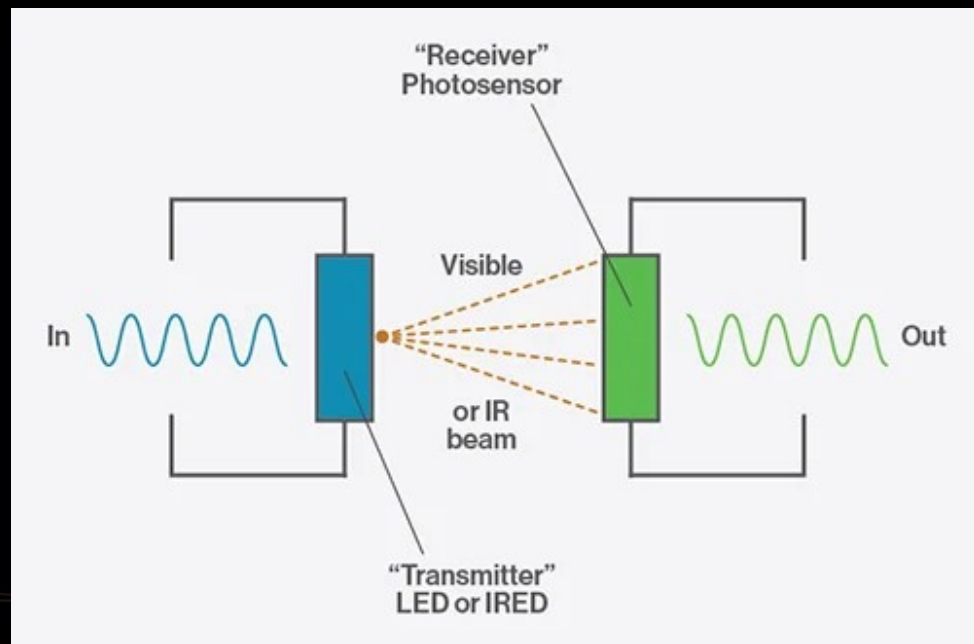
Инж. Венцеслав Кочанов

Оптронът е електронен компонент, който може да се използва в много различни приложения като интерфейс между цифрови или управляващи вериги с ниско напрежение и електронни устройства с голяма мощност. От нашите уроци за трансформаторите знаем, че те не само могат да осигурят понижавашо (или повишаващо) напрежение, но също така осигуряват „електрическа изолация“ между по-високото напрежение на първичната страна и по-ниското напрежение на вторичната страна. С други думи, трансформаторите изолират първичното входно напрежение от вторичното изходно напрежение с помощта на електромагнитно свързване и това се постига с помощта на магнитния поток, циркулиращ в тяхната ламинирана желязна сърцевина. Но можем също така да осигурим електрическа изолация между входен източник и изходен товар, използвайки само светлина, като използваме много често срещан и ценен електронен компонент, наречен **оптрон**.



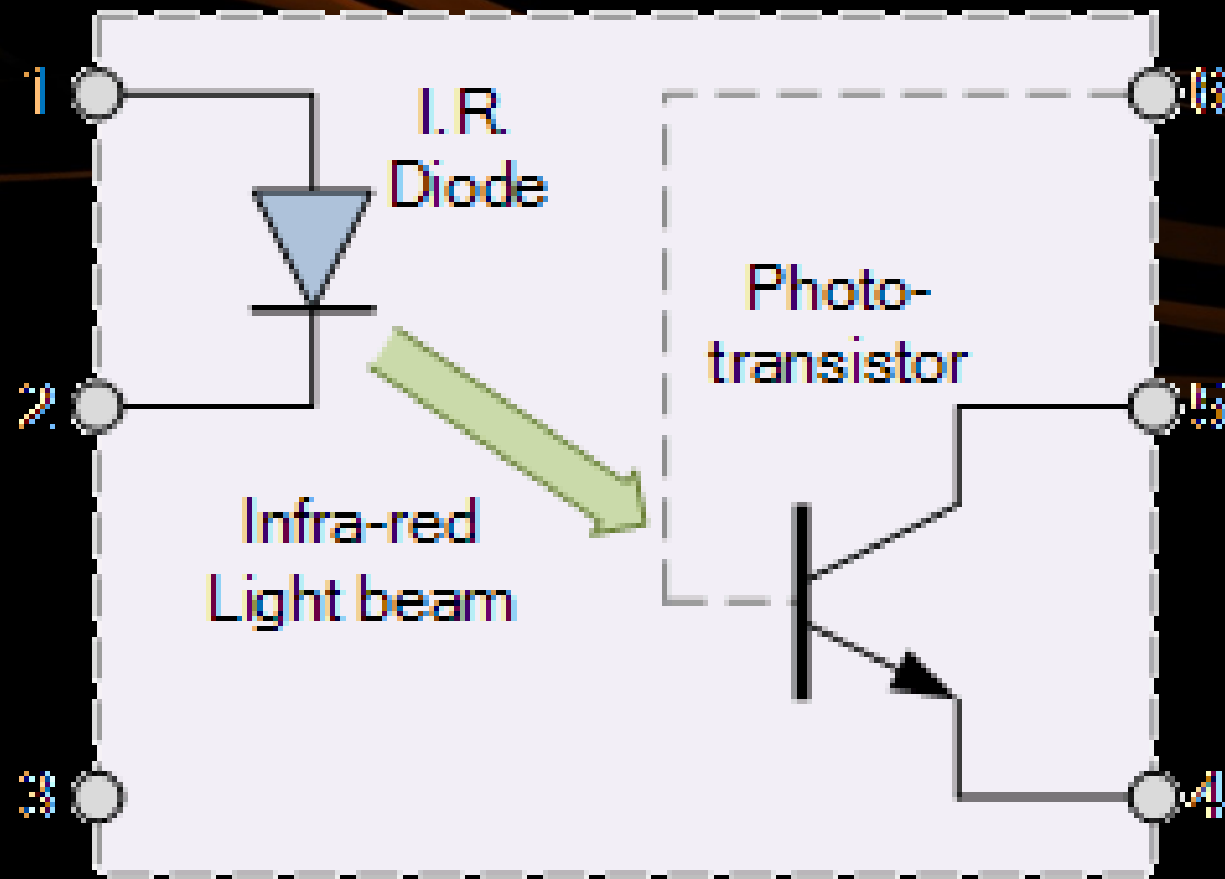
Оптронът (наричан още оптоизолатор) е полупроводниково устройство, което позволява предаването на електрически сигнал между две изолирани вериги. Две части се използват в оптрона: светодиода, който излъчва инфрачервена светлина, и фоточувствително устройство, което открива светлина от светодиода. И двете части се съдържат в черна кутия с щифтове за свързване. Входната верига приема входящия сигнал, независимо дали сигналът е АС или DC, и използва сигнала, за да включи светодиода.

Фотосензорът е изходната верига, която открива светлината и в зависимост от типа на изходната верига, изходът ще бъде АС или DC. Токът първо се прилага към оптрона, карайки светодиода да излъчва инфрачервена светлина, пропорционална на тока, преминаващ през устройството. Когато светлината удари фотосензора, се провежда ток и той се включва. Когато токът, протичащ през светодиода, бъде прекъснат, инфрачервеният лъч се прекъсва, което кара фотосензора да спре да провежда.



Основният дизайн на оптрон, известен също като оптоизолатор, се състои от светодиод, който произвежда инфрачервена светлина, и полупроводниково фоточувствително устройство, което се използва за откриване на излъчвания инфрачервен лъч. И светодиодът, и фоточувствителното устройство са затворени в светлонепроницаемо тяло или пакет с метални крака за електрическите връзки, както е показано. Оптронът или оптоизолаторът се състои от излъчвател на светлина, светодиод и светлочувствителен приемник, който може да бъде един фотодиод, фототранзистор, фоторезистор, фото-SCR или фото-триак с основната работа на един оптрон е много лесен за разбиране.

Фототранзисторен оптрон



Токът от източника на сигнал преминава през входния светодиод, който излъчва инфрачервена светлина, чийто интензитет е пропорционален на електрическия сигнал. Тази излъчвана светлина пада върху основата на фототранзистора, карайки го да се включи и провежда по начин, подобен на нормален биполярен транзистор. Основната връзка на фототранзистора може да бъде оставена отворена (несвързана) за максимална чувствителност към енергията на инфрачервената светлина на светодиодите или свързана към земята чрез подходящ външен резистор с висока стойност, за да се контролира чувствителността на превключване, което я прави по-стабилна и устойчива на фалшиви задействане от външен електрически шум или преходни процеси на напрежението. Когато токът, протичащ през светодиода, бъде прекъснат, инфрачервената излъчвана светлина се прекъсва, което кара фототранзистора да спре да провежда.

Фототранзисторът може да се използва за превключване на тока в изходната верига. Спектралната реакция на светодиода и фоточувствителното устройство са тясно съвпадащи, като са разделени от прозрачна среда като стъкло, пластмаса или въздух. Тъй като няма пряка електрическа връзка между входа и изхода на оптрона, се постига електрическа изолация до 10kV. Оптроните се предлагат в четири основни типа, всеки от които има източник на инфрачервен светодиод, но с различни фоточувствителни устройства. Четирите оптрона се наричат: фото-транзистор, фото-дарлингтън, фото-SCR и фототриак, както е показано по-долу.

Различни типове оптрони:

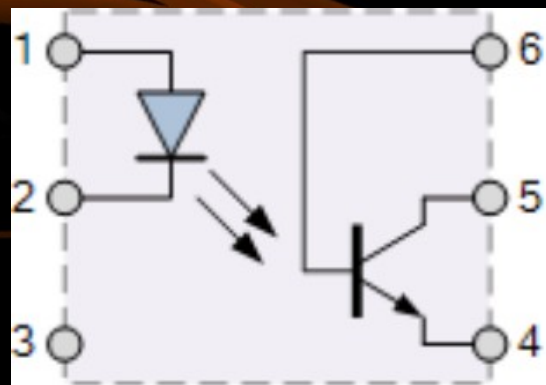


Photo-transistor

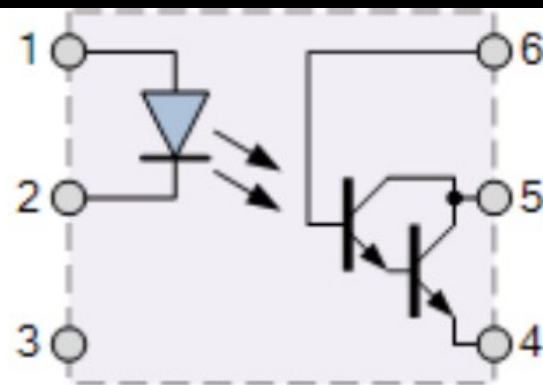


Photo-darlington

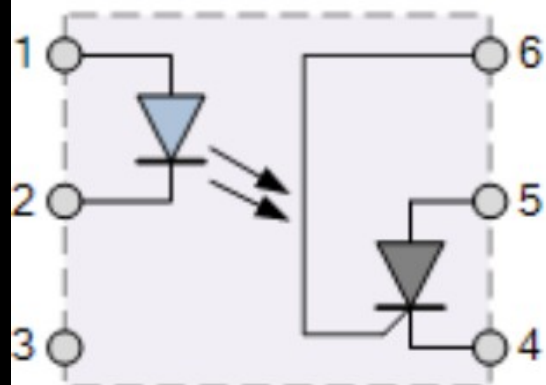


Photo-SCR

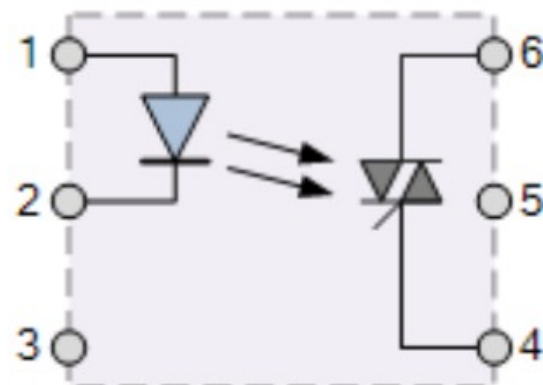
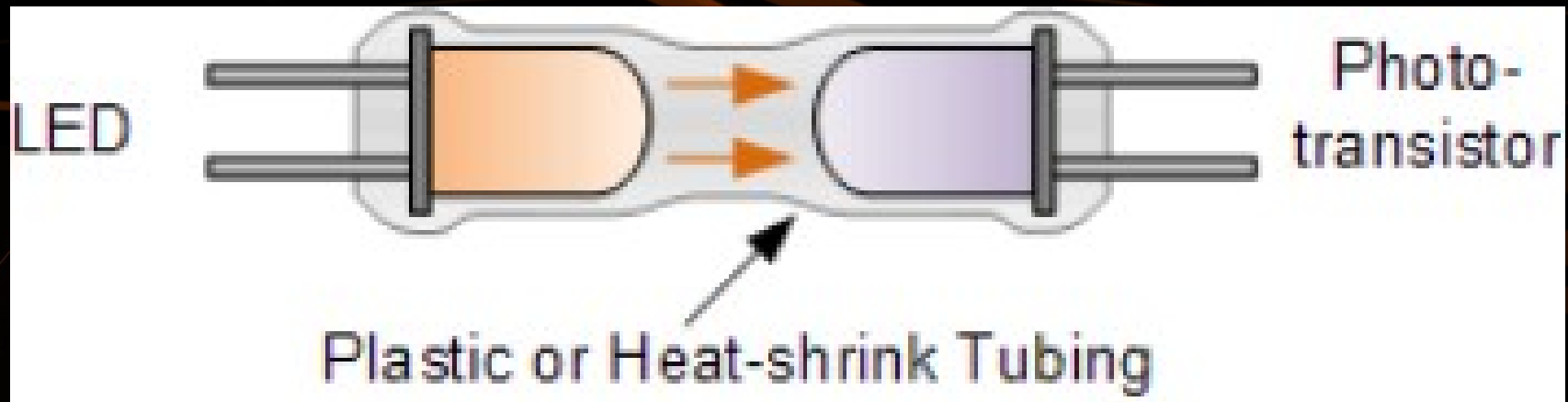


Photo-TRIAC

Устройствата с фототранзистор и фото-Дарлингтън се използват главно в вериги с постоянен ток, докато фото-SCR и фототриак позволяват да се контролират вериги, захранвани с променлив ток. Има много други видове комбинации източник-сензор, като LED-фотодиод, LED-LASER, двойки лампа-фоторезистор, отразяващи и прорезни оптрони. Прости домашно направени оптосъединители могат да бъдат конструирани чрез използване на отделни компоненти. Светодиод и фототранзистор се поставят в твърда пластмасова тръба или се затварят в термосвиваема тръба, както е показано. Предимството на този домашно направен оптрон е, че тръбите могат да бъдат нарязани на желана дължина и дори да се огънат около ъглите. Очевидно е, че тръбите с отразяваща вътрешност биха били по-ефективни от тъмните черни тръби.

Как е направен оптрона?

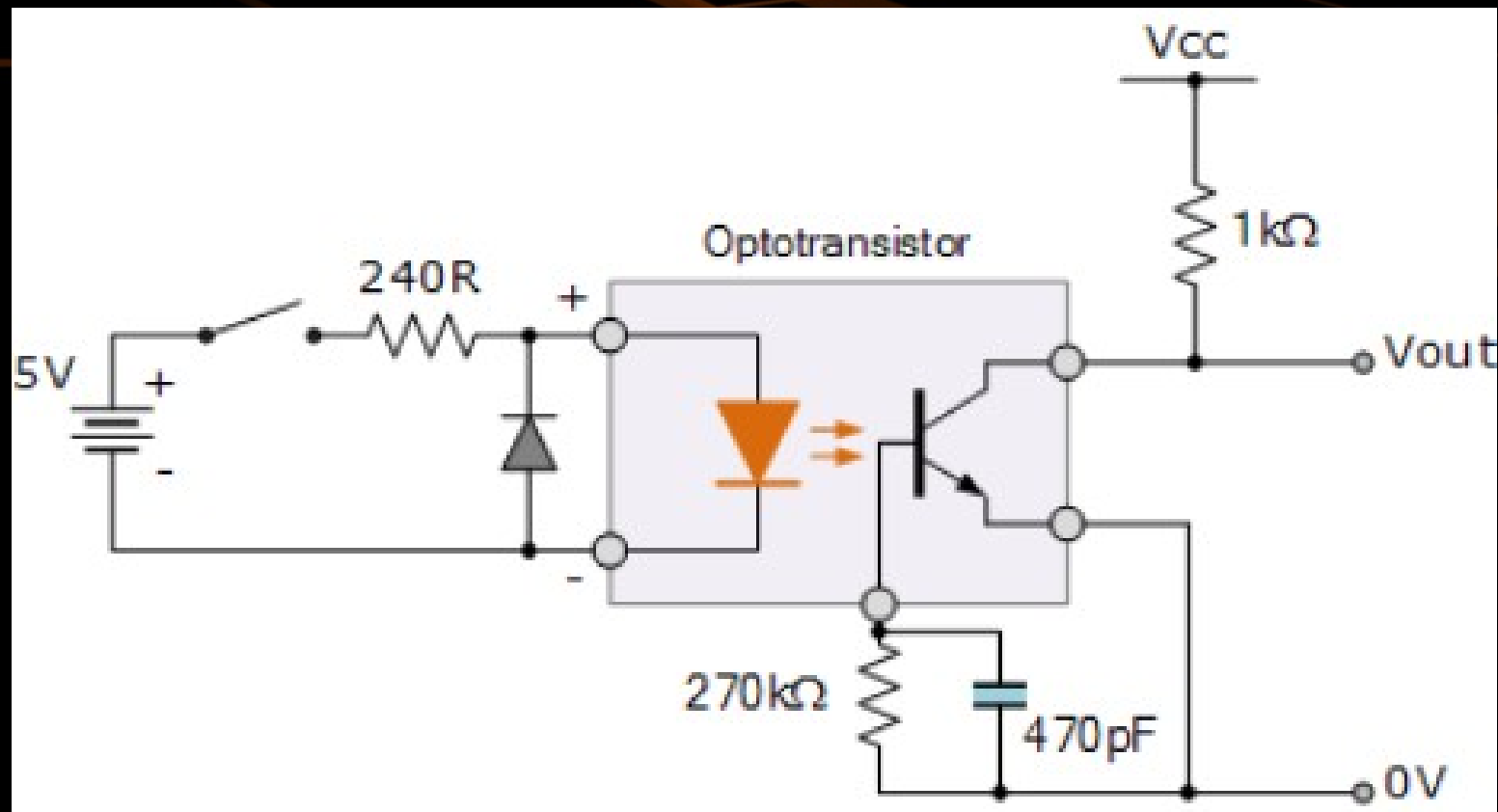


Приложения за оптрони

Оптроните и оптоизолаторите могат да се използват самостоятелно или за превключване на набор от други по-големи електронни устройства като транзистори и триаки, осигуряващи необходимата електрическа изолация между управляващ сигнал с по-ниско напрежение, например такъв от Arduino или микроконтролер, и много по-висок изходен сигнал за напрежение или мрежов ток. Обичайните приложения за оптосъединители включват превключване на вход/изход на микропроцесор, управление на DC и AC захранване, компютърни комуникации, изолиране на сигнала и регулиране на захранването, които страдат от токови заземителни контури и т.н.

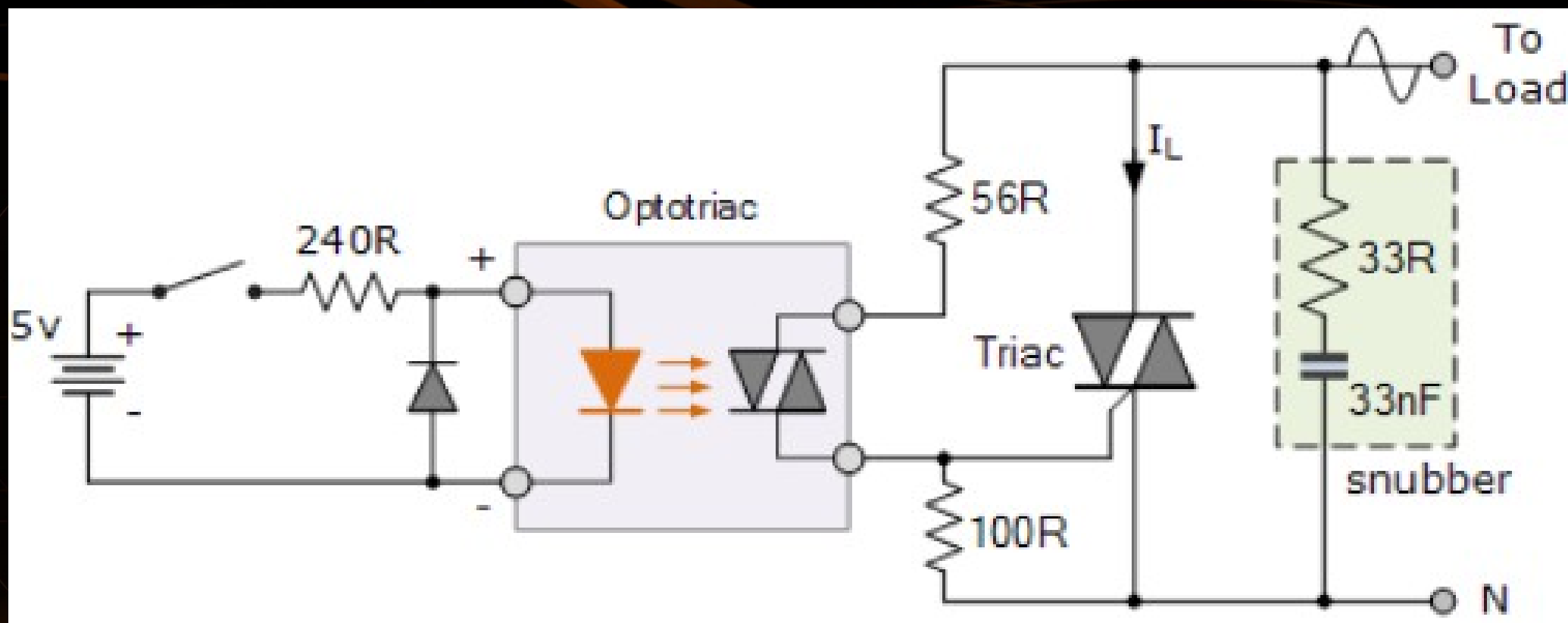
Електрическият сигнал, който се предава, може да бъде или аналогов (линеен), или цифрови (импулси). В това приложение оптронът се използва за откриване на работата на превключвателя или друг тип цифров входен сигнал. Това е полезно, ако разпознатият превключвател или сигнал е в среда с електрически шум. Изходът може да се използва за управление на външна верига, светлина или като вход към компютър или микропроцесор.

Оптотранзисторен превключвател за постоянен ток



Тук, в този пример, външно свързаният резистор $270\text{ k}\Omega$ се използва за контролиране на чувствителността на базовата област на фототранзисторите. Стойността на резистора може да бъде избрана така, че да отговаря на избраното фотосъединително устройство и необходимата чувствителност на превключване. Кондензаторът спира всякакви нежелани пикове или преходни процеси от фалшиво задействане на основата на опто-транзисторите. Освен откриване на DC сигнали и данни, оптотриак изолаторите също са налични, които позволяват да се контролира оборудване, захранвано с променлив ток, и мрежови лампи. Опто-свързаните триаки като МОС 3020 имат номинално напрежение от около 400 волта, което ги прави идеални за директно свързване към мрежата и максимален ток от около 100 mA. За товари с по-висока мощност, оптичният триак може да се използва за осигуряване на импулса на вратата към друг по-голям триак чрез резистор за ограничаване на тока, както е показано.

Приложения на триак



Този тип конфигурация на оптрона формира основата на много просто приложение на твърдото реле, което може да се използва за управление на всякакви товари, захранвани от променлив ток, като лампи и двигатели. Освен това за разлика от тиристора (SCR), триакът е способен да провежда и в двете половини на мрежовия променливотоков цикъл с откриване на преминаване през нулата, което позволява на товара да получава пълна мощност без силните пускови токове при превключване на индуктивни товари. Опторонът може да се използва както с постоянен ток, така и с променлив ток, като оптроните, използващи SCR (тиристор) или триак като устройство за детектиране на снимки, са предназначени основно за приложения за управление на променлив ток.

Фототранзистор

Фототранзисторът е полупроводниково устройство, което може да усеща нивата на светлина и да променя тока, протичащ между емитер и колектор според нивото на светлината, което получава. Фототранзисторите и фотодиодите могат да се използват за отчитане на светлина, но фототранзисторът е по-чувствителен с оглед на печалбата, осигурена от факта, че е биполярен транзистор. Това прави фототранзисторите по-подходящи в редица приложения. Въпреки че всички биполярни транзистори сами по себе си са чувствителни към светлина, поради което повечето транзистори са капсуловани в метални или пластмасови кутии, фототранзисторите са специализирана форма на биполярни транзистори, които са оптимизирани за неговата светлочувствителност, което прави тези електронни компоненти идеални за много приложения за наблюдение на светлина.



Типичен фототранзистор Обърнете внимание на лещата в горната част и факта, че има само два проводника, тъй като основата често остава отворена верига и не е осигурена външна връзка.

Идеята за фототранзистора е известна от много години. Уилям Шокли за първи път е предложил идеята през 1951 г., малко след като обикновеният биполярен транзистор е открит. Две години след това фототранзисторът е демонстриран. От първото им представяне и използване, фототранзисторите са били използвани в различни схеми и приложения и тяхното развитие продължава оттогава. Фототранзисторите са широко разпространени и лесно могат да бъдат получени доста евтино от дистрибутори на електронни компоненти - с оглед на употребата им в много електронни схеми и приложения, те са налични като част от стандартния инвентар на полупроводниковите устройства

Работа на фототранзистора

Фототранзисторът използва основната концепция за биполярен транзистор като основа на своята работа. Всъщност фототранзистор може да бъде направен чрез излагане на полупроводника на обикновен транзистор на светлина. Много ранни фото транзистори са направени, като не се покрива пластмасовата капсула на биполярния транзистор с черна боя. Фототранзисторът работи, защото светлината, попадаща върху полупроводника, освобождава електрони/дупки и предизвиква протичане на ток в базовата област. Фототранзисторите работят в техния активен режим, въпреки че основната връзка обикновено се оставя отворена верига или е изключена, тъй като често не е необходима.

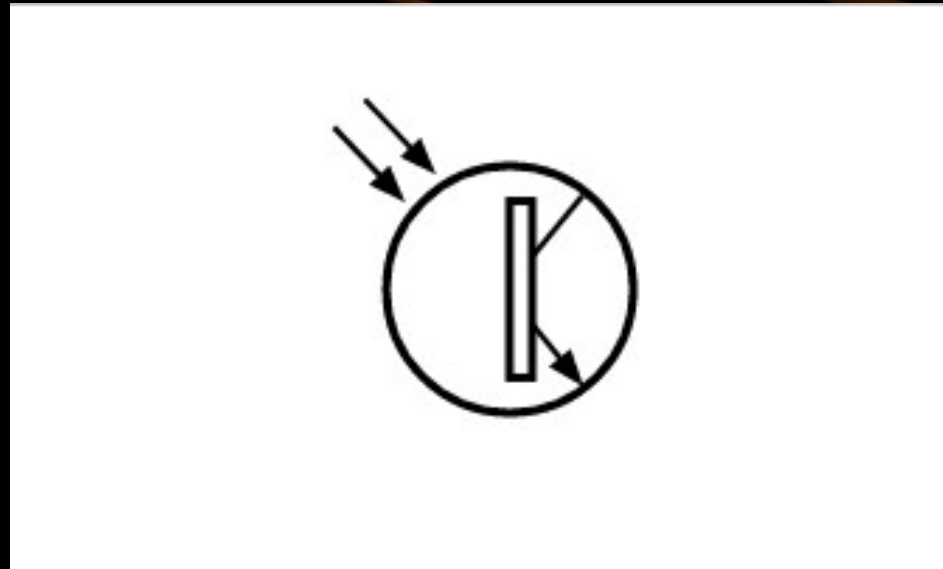


Типичен малък инфрачервен фототранзистор

Производителността на фототранзистора може да бъде по-добра от тази на фотодиода за някои приложения с оглед на неговото усилване. Като грубо ръководство, когато фотодиодът може да позволи протичане на ток от около $1\text{ }\mu\text{A}$ при типични стабилни условия, фототранзисторът може да позволи протичане на ток от $100\text{ }\mu\text{A}$. Това са много груби приближения, но показват порядъка на големината на различните стойности и сравнения. Един от недостатъците на фототранзистора е, че е особено бавен и неговата високочестотна характеристика е много лоша. Фотодиодите са много по-бързи електронни компоненти и се използват там, където скоростта е от съществено значение, въпреки по-ниската им чувствителност.

Символ на фототранзисторна верига

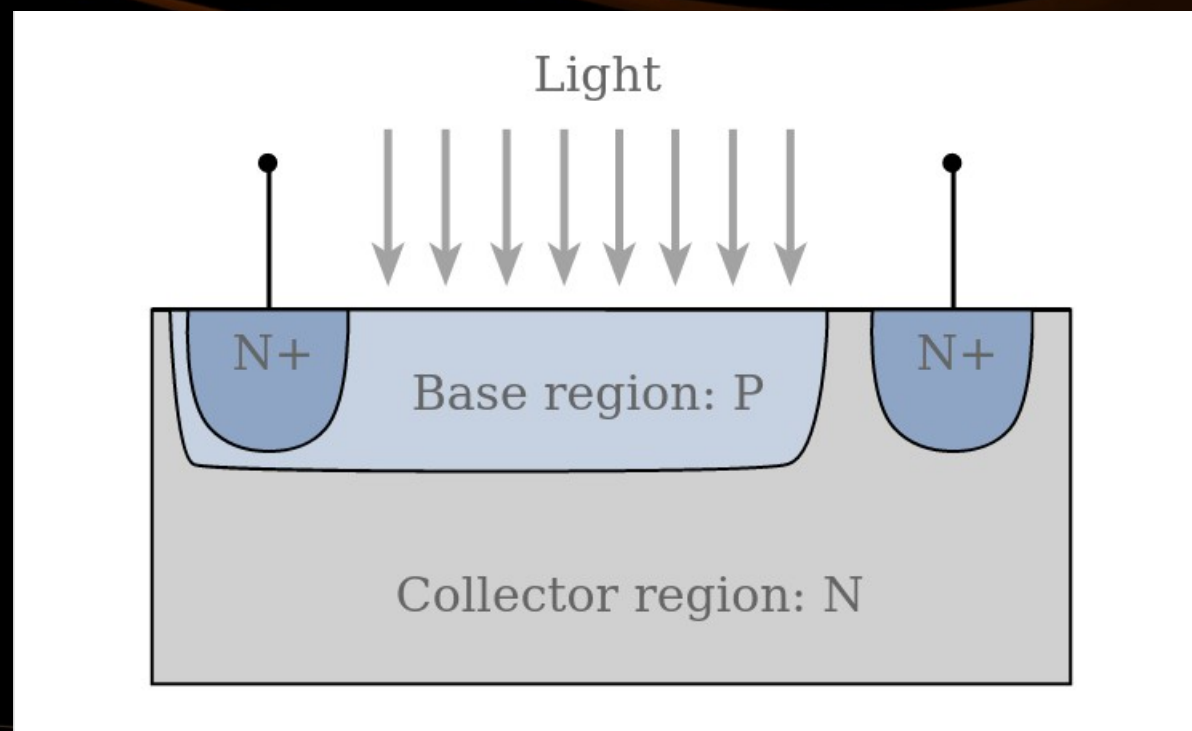
Символът на фототранзистора се състои от основния символ на биполярен транзистор с две стрелки, сочещи към базата на биполярния транзистор.



Символ на фототранзисторна верига (за устройство, базирано на NPN транзистор)

Фототранзисторна структура

Въпреки че обикновените биполярни транзистори проявяват фоточувствителни ефекти, ако са изложени на светлина, структурата на фототранзистора е специално оптимизирана за фото приложения. Фототранзисторът има много по-големи базови и колекторни площи, отколкото биха се използвали за нормален транзистор.



Приложения на фототранзистор

Фактът, че фототранзисторите са лесни за използване и работят добре, в рамките на техните ограничения, означава, че тези полупроводникови устройства се използват в голямо разнообразие от дизайни на електронни схеми. Често веригите и приложенията са там, където светлинният лъч се прекъсва, но понякога те могат да се използват за откриване на нивото на светлината.

- Енкодери, при които се върти въртящ се диск със светли и тъмни ивици - това дава скорост и посока или въртене.
- Четци на карти.
- Системи за сигурност
- Инфрачервени детектори.
- Управление на осветлението.
- Оптосъединители
- Системи за броене - светлинен или инфрачервен лъч се прекъсва за всеки преброен артикул.
- Управление на осветлението.

Разбира се, има много други приложения, където се използват тези електронни компоненти.

Предимства на фототранзистора

Имат относително високо усилване и следователно са относително чувствителни. Тези електронни компоненти са сравнително евтини, тъй като всъщност са транзистор, който е отворен за светлина. Те могат да бъдат включени в интегрална схема.

Недостатъци на фототранзистора

Тези устройства не могат да се справят с високите напрежения на други полупроводникови устройства като фототиристори и триаци. В приложения, където са изложени на преходни пикове на напрежението и пренапрежения, те са отворени за повреда. Не толкова бърз, колкото други чувствителни към светлина електронни компоненти като фотодиоди.

Фотодиод

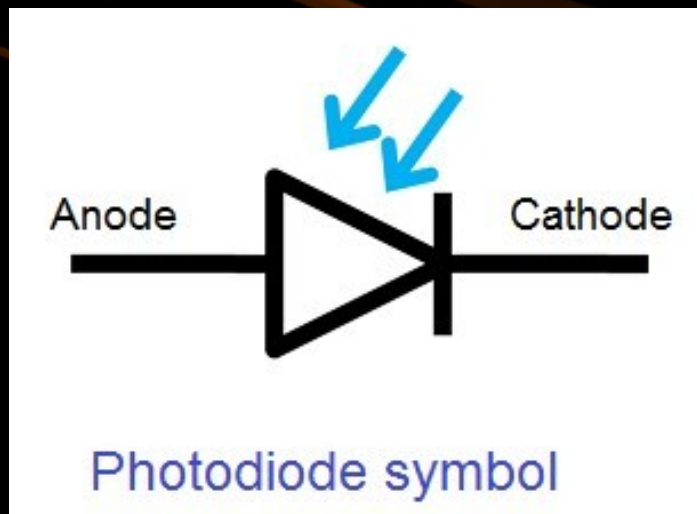
Фотодиодът е полупроводниково устройство с P-N преход, което преобразува фотони (или светлина) в електрически ток. Слой P има наличие от дупки (положителни), а слой N има наличие от електрони (отрицателни). Фотодиодите могат да бъдат произведени от различни материали, включително, но не само, силиций, германий и индиево-галиев арсенид. Всеки материал използва различни свойства за икономически ползи, повишена чувствителност, диапазон.

Това е форма на светлинен сензор, който преобразува светлинната енергия в електрическа (напрежение или ток). Фотодиодът е вид полупроводящо устройство с PN преход. Между p (положителен) и n (отрицателен) слоеве има вътрешен слой. Фотодиодът приема светлинна енергия като вход за генериране на електрически ток. Нарича се още фотодетектор, фотосензор или светлинен детектор. Фотодиодът работи в състояние на обратно отклонение, т.е. p – страната на фотодиода е свързана с отрицателния извод на батерията (или захранването), а n – страната към положителния извод на батерията.

Вътрешно фотодиодът има оптични филтри, вградени в леща и повърхност. Когато повърхността на фотодиода се увеличи, това води до по-малко време за реакция. Малко фотодиоди ще изглеждат като светодиоди (LED). Има два терминала, както е показано по-долу. По-малкият извод действа като катод, а по-дългият извод действа като анод.

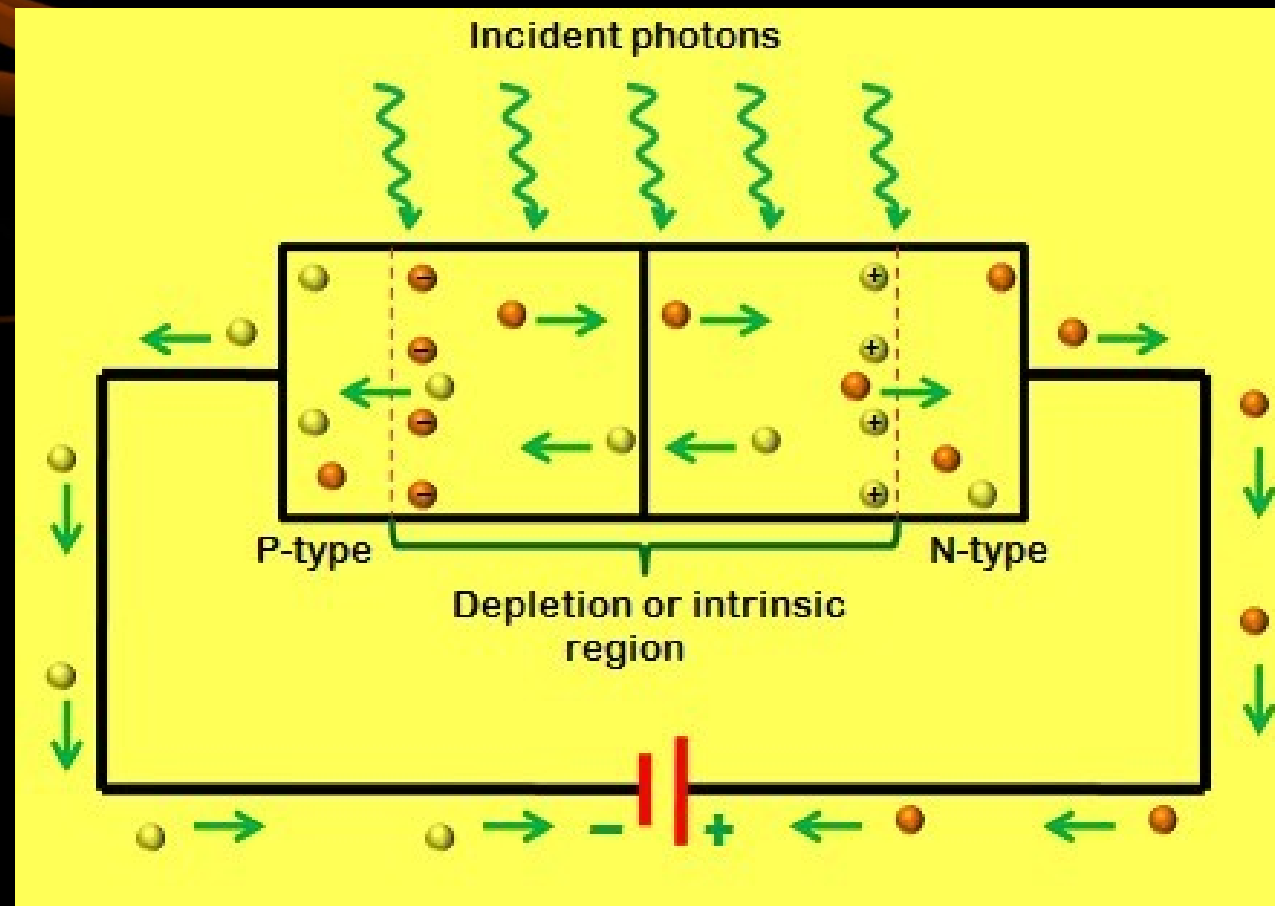


Символът на фотодиода е подобен на този на светодиода, но стрелките сочат навътре, а не навън в светодиода. Следното изображение показва символа на фотодиод.



Работа на фотодиод

Обикновено, когато се направи светлина, за да освети PN прехода, ковалентните връзки се йонизират. Това генерира двойки дупки и електрони. Фототоковете се получават поради генериране на двойки електрон-дупка. Двойките електронни дупки се образуват, когато фотони с енергия над 1,1 eV ударят диода. Когато фотонът навлезе в зоната на изчерпване на диода, той удря атома с висока енергия. Това води до освобождаване на електрон от структурата на атома. След освобождаването на електрони се получават свободни електрони и дупка.



Режими на работа на фотодиода

Фотодиодът работи в три различни режима.

Те са:

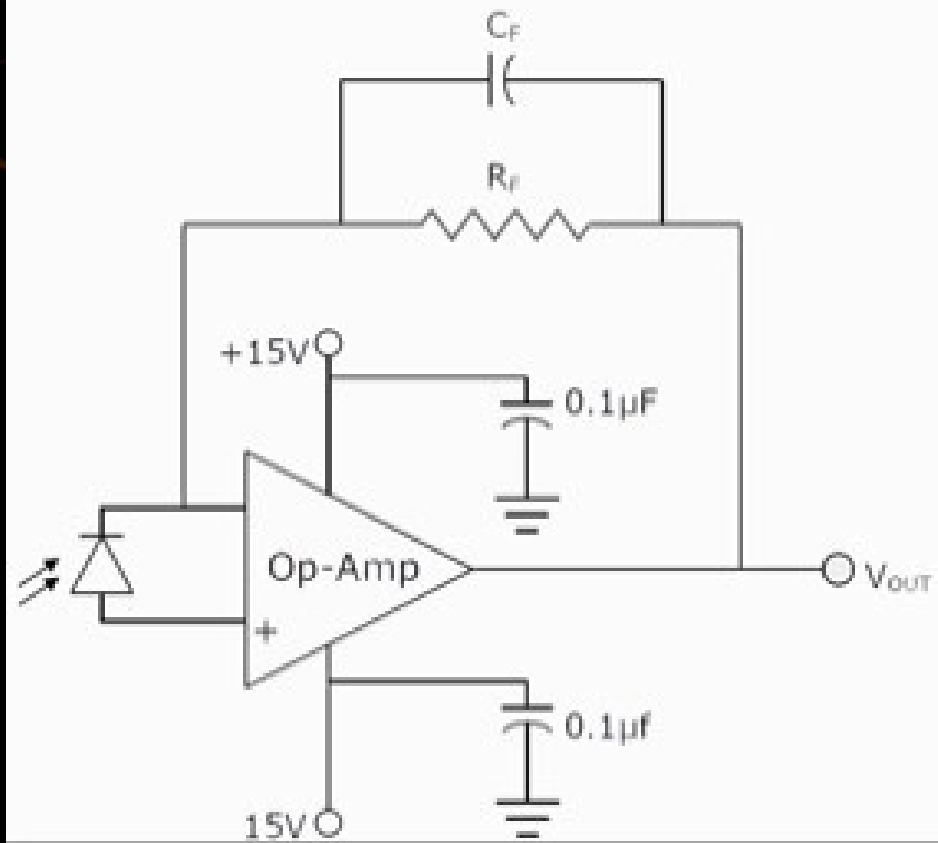
- Фотоволтаичен режим
- Фотопроводим режим
- Режим на лавинен диод

Нека разгледаме накратко тези режими.

Фотоволтаичен режим

Това иначе се нарича режим на нулево отклонение. Когато фотодиодът работи в приложения с ниска честота и приложения с ултра-ниво на светлина, този режим е за предпочитане. Когато фотодиодът бъде облъчен от светкавица, се произвежда напрежение. Произведеното напрежение ще има много малък динамичен диапазон и има нелинейна характеристика. Когато фотодиодът е конфигуриран с OP-AMP в този режим, ще има много по-малко вариации с температурата.

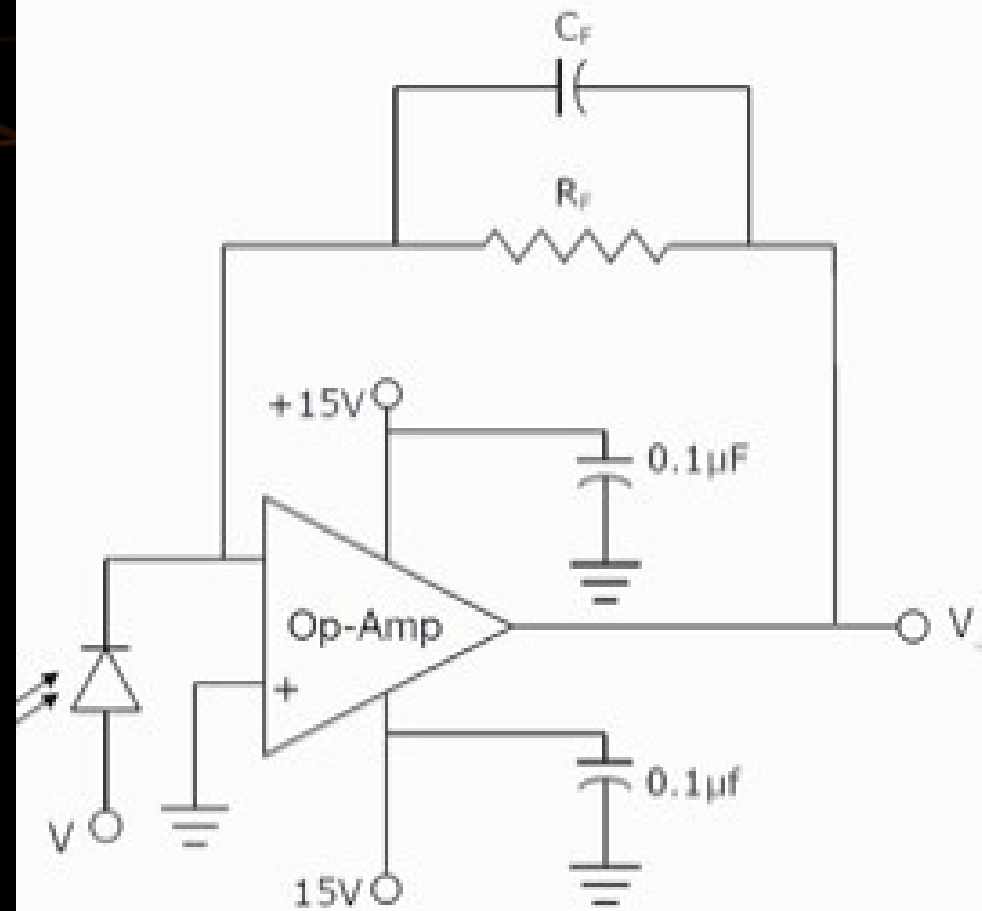
Photovoltaic Mode



Фотопроводим режим

В този режим фотодиодът ще действа в обратно предубедено състояние. Катодът ще бъде положителен, а анодът ще бъде отрицателен. Когато обратното напрежение се увеличи, ширината на изчерпвания слой също се увеличава. Поради това времето за реакция и капацитетът на прехода ще бъдат намалени. Сравнително този режим на работа е бърз и произвежда електронен шум.

Photoconductive Mode

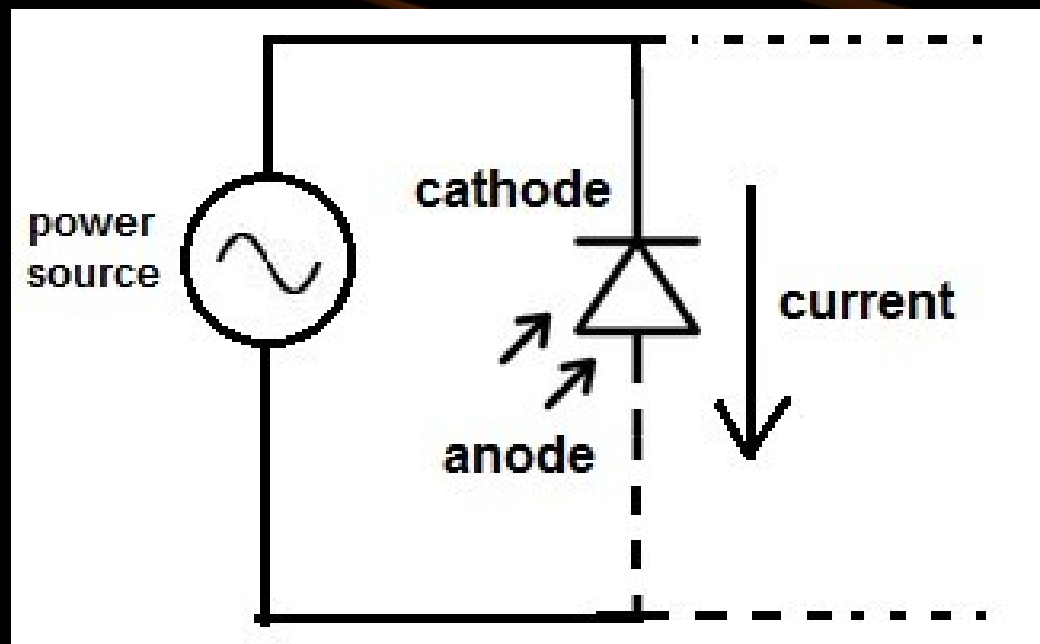


Режим на лавинен диод

В този режим лавинният диод работи при условия на високо обратно отклонение. Позволява умножаване на лавинен пробив към всяка фотопроизведена двойка електрон-дупка. Следователно, това създава вътрешно усилване във фотодиода. Вътрешното усилване увеличава реакцията на устройството.

Свързване на фотодиод във външна верига

Фотодиодът работи във верига с обратно отклонение. Анодът е свързан към земята на веригата, а катодът към положително захранващо напрежение на веригата. Когато е осветен от светлина, токът протича от катода към анода.



Когато фотодиодите се използват с външни вериги, те се свързват към източник на захранване във веригата. Количеството ток, произведено от фотодиода, е много малко. Тази стойност на тока няма да е достатъчна за захранване на електронно устройство. Така че, когато са свързани към външен източник на захранване, той доставя повече ток към веригата т.е. батерията се използва като източник на енергия.

Приложения на фотодиод

- Фотодиодите се използват в много прости ежедневни приложения. Причината за тяхното използване е линейната реакция на фотодиода към светлинно осветление. Когато върху сензора падне повече светлина, той произвежда голямо количество ток. Увеличението на тока ще бъде показано на галванометър, свързан към веригата.
- Фотодиодите помагат да се осигури електрическа изолация с помощта на оптрони. Когато две изолирани вериги са осветени от светлина, оптроните се използват за оптично свързване на веригата. Но веригите ще бъдат електрически изолирани. В сравнение с конвенционалните устройства, оптроните са бързи.

- Фотодиодите се използват и в електрониката за безопасност като детектори за пожар и дим. Използва се и в телевизионни устройства. Когато се използват във фотоапарати, те действат като фото сензори. Използва се в сцинтилаторни устройства със зарядна връзка, фотопроводници и фотоумножителни тръби.
- Фотодиодите също се използват широко в множество медицински приложения като инструменти за анализ на проби, детектори за компютърна томография и също се използват в монитори за газове в кръвта.

Вградени системи



Въпроси?

