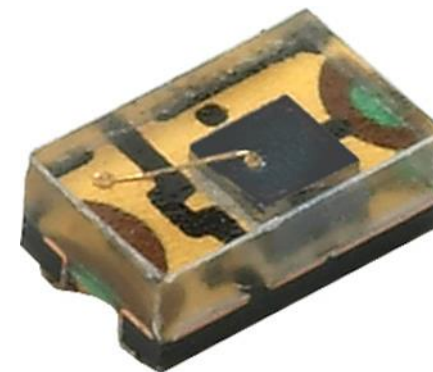
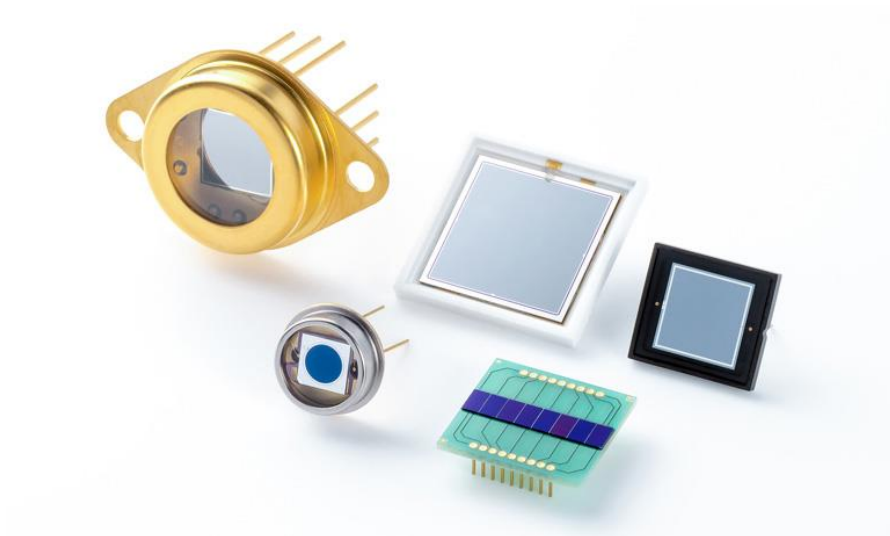




Фотодиоди

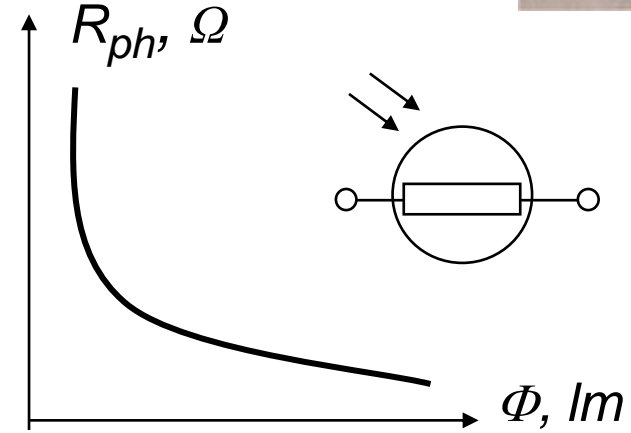
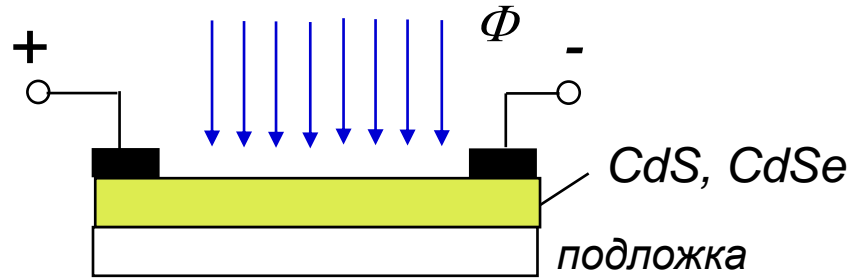


Електронни прибори, които преобразуват лъчистата енергия в електрическа се наричат фотодетектори.

Действието им се основава на генериране на двойка токоносители под въздействие на светлинно лъчение с подходяща дължина на вълната.

Видове – фоторезистори, фотодиоди, фототранзистори, фототиристори

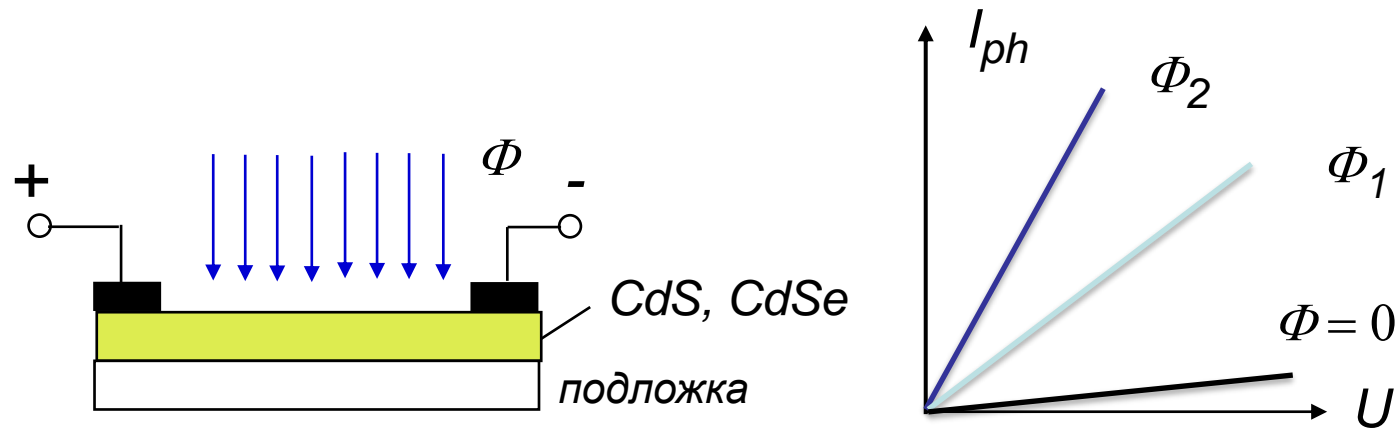
Фоторезистор



Фоторезисторите са полупроводникови елементи, чието съпротивление намалява при увеличаване на осветеността върху повърхността му.

Типично приложение – светломер

Фоторезистор – волт амперна характеристика

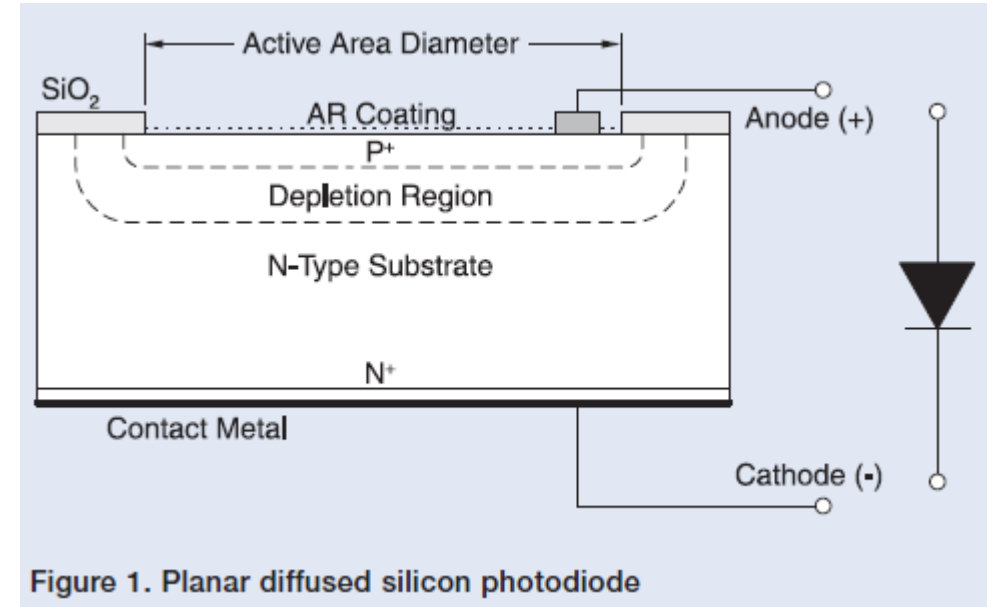
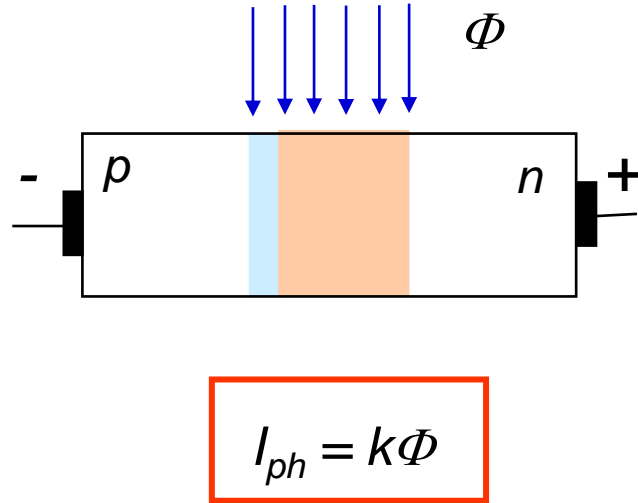


Фоторезисторът има линейна волтамперна характеристика.

$$I_{ph} = k\Phi U$$

k – специфична интегрална чувствителност, mA/V.ln

Фотодиод

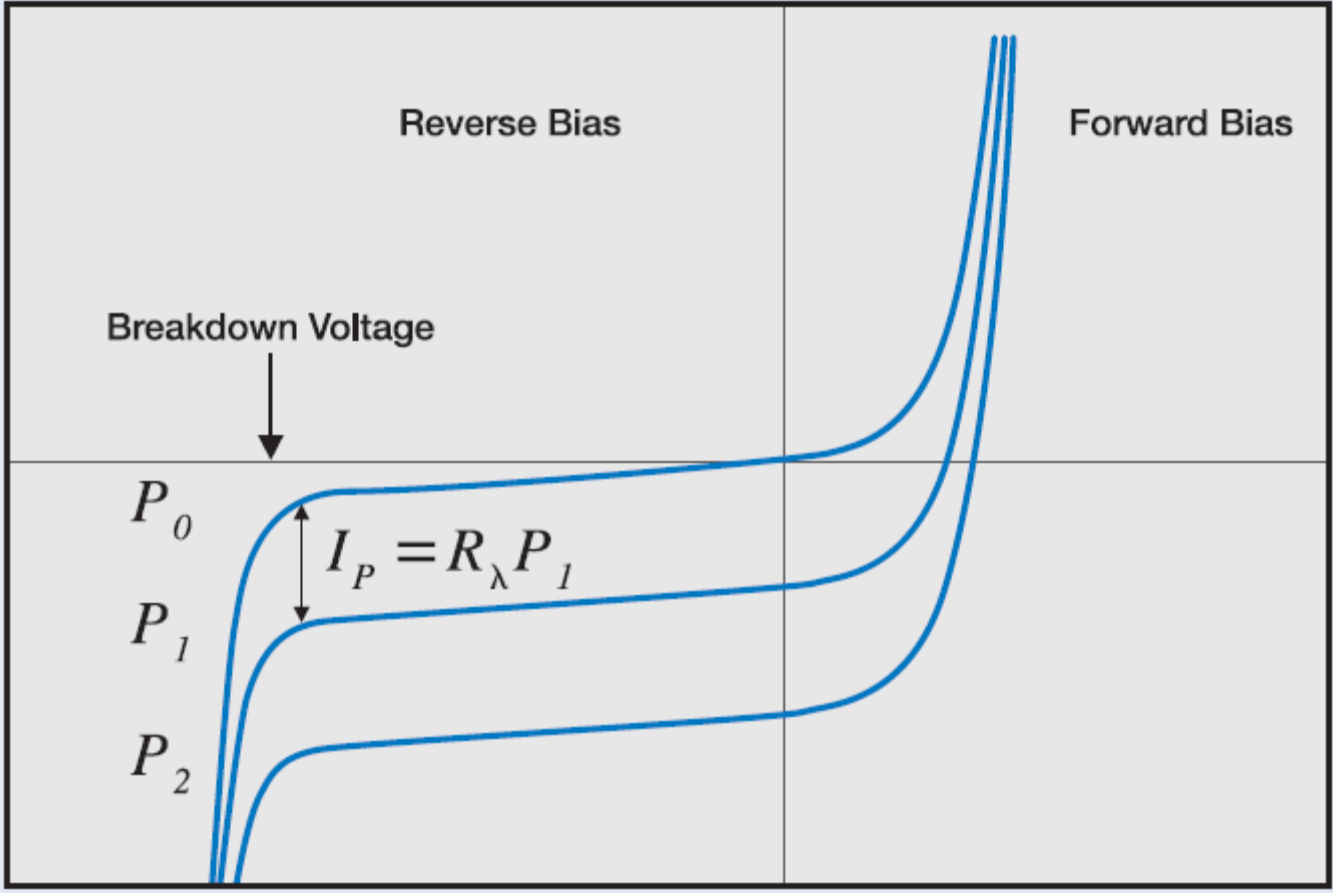


Принципът на действие на фотодиода се основава на увеличаване на обратния ток на pn прехода при осветяването му.

Допълнителната енергия от облъчването довежда до разкъсване на ковалентни връзки, при което се генерират електрони и дупки, които увеличават обратния ток.

Големината на тока зависи от количеството на токоносителите, но не и от приложеното напрежение.

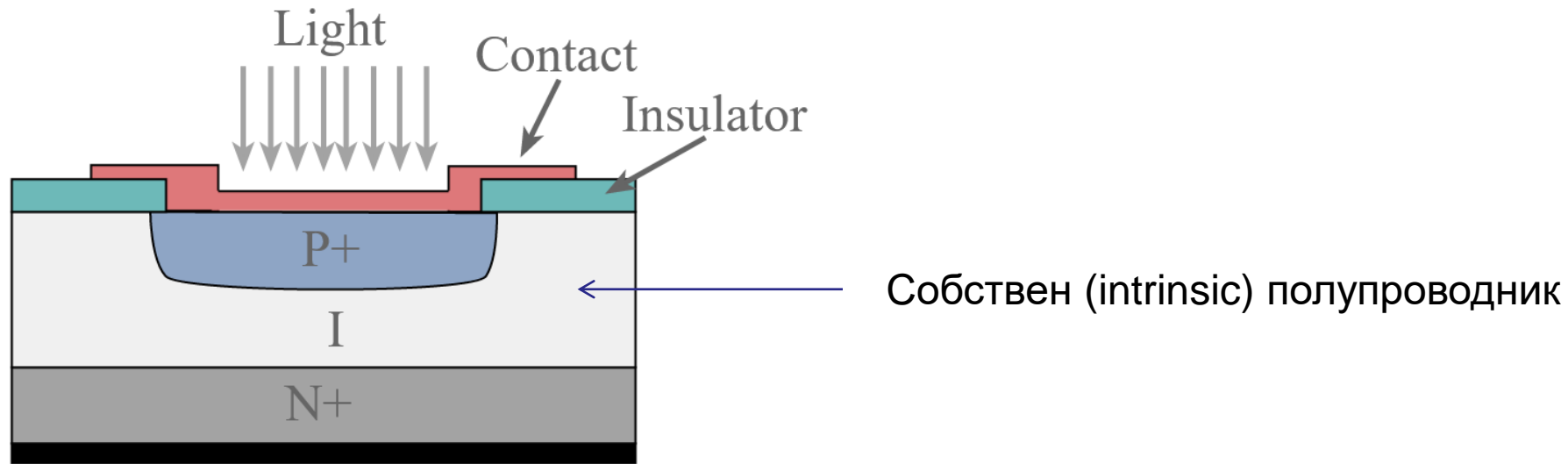
Фотодиод – вольт амперна характеристика



Photoconductive mode

Photovoltaic mode

PIN Фотодиод



Едно от ключовите изисквания за фотодиод е подходяща зона за събиране на светлината. В стандартния PN преход тази зона е малка, но може да се увеличи с помощта на PIN диод. Добавянето на собствен полупроводник увеличава обема на PN прехода и създава значително по-голяма област за събиране на светлина, което прави PIN фотодиода по-ефективен.

Лавинни фотодиоди (avalanche photodiodes) – PIN фотодиод, който работи в област на лавинен пробив ($U_r=100-200V$). Имат висока ефективност, но и висок собствен шум.

Фотодиоден режим / photoconductive mode

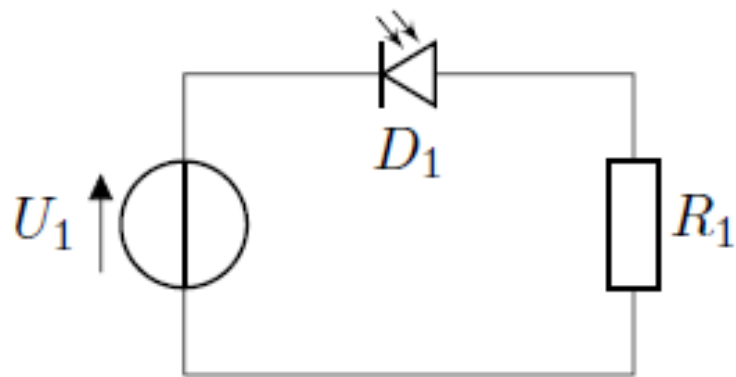
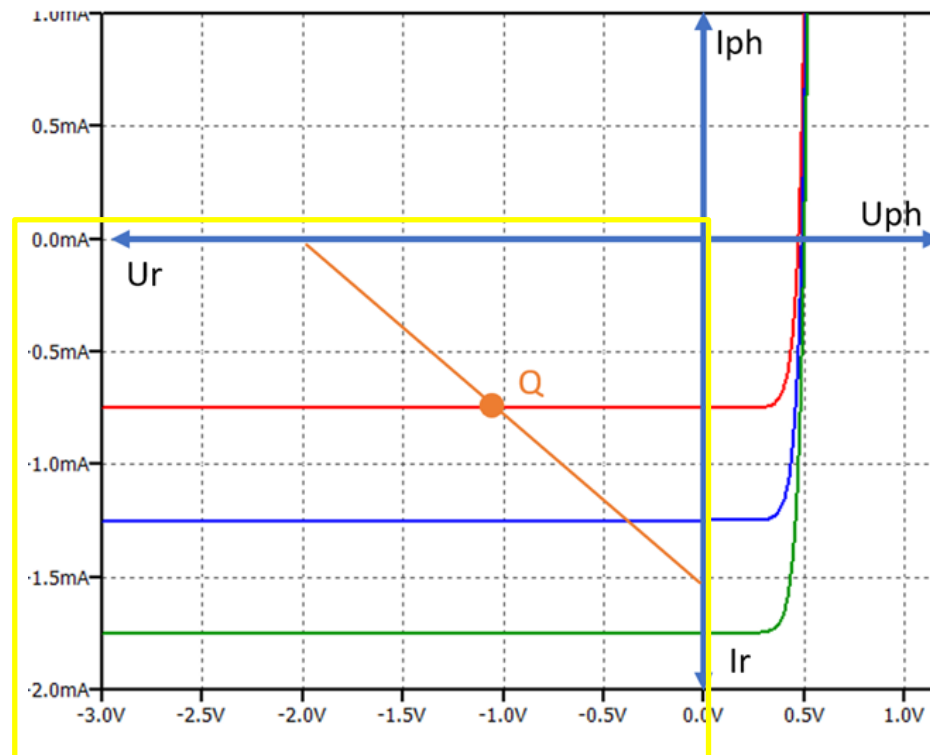


Схема на свързване

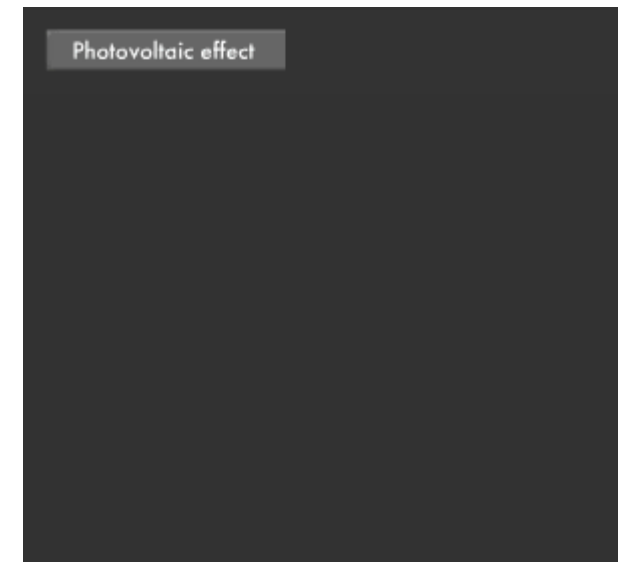
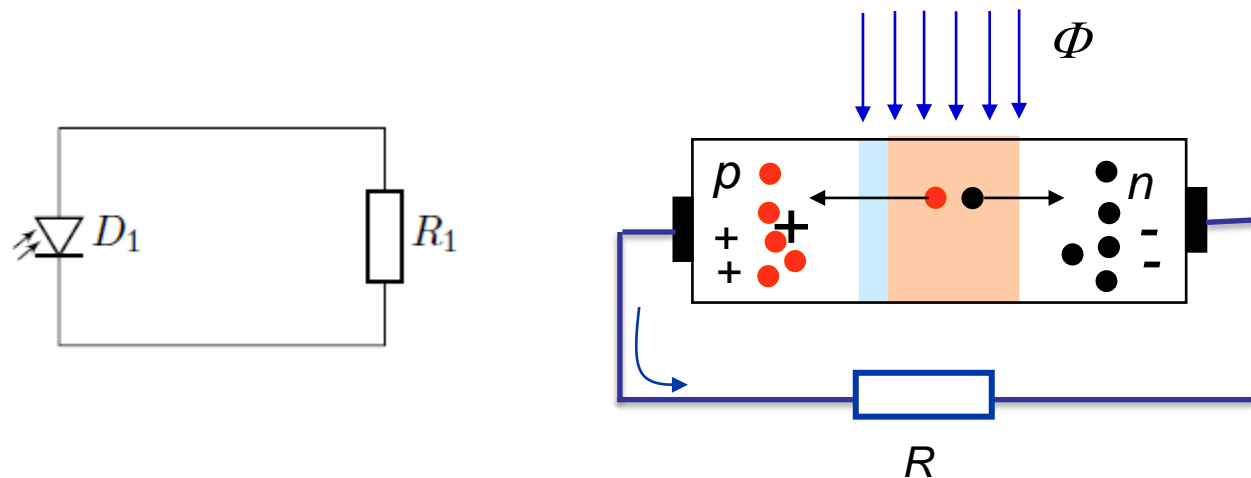


VA характеристика на фотодиод във фотодиоден режим

Фототокът е значително по-голям от топлинния ток на прехода, поради което при облъчване даже при напрежение нула през диода тече ток.

Фотодиодът се характеризира с **най-голямо бързодействие** от всички фотоприемници ($10^{-9} - 10^{-11}$ s).

Фотогенераторен режим / photovoltaic mode



Фотодиодите могат да бъдат използвани като преобразуватели на светлинна енергия в електрическа. Този режим на работа се нарича **фотогенераторен режим** – без външен източник на напрежение.

При облъчване се генерират двойки токоносители. Полето на PN прехода ги разделя и те се натрупват в двата края на полупроводника, създавайки фото електродвижещо напрежение. При затваряне на веригата през нея протича ток.

Фотогенераторен режим / photovoltaic mode

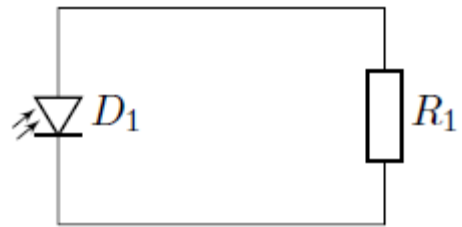
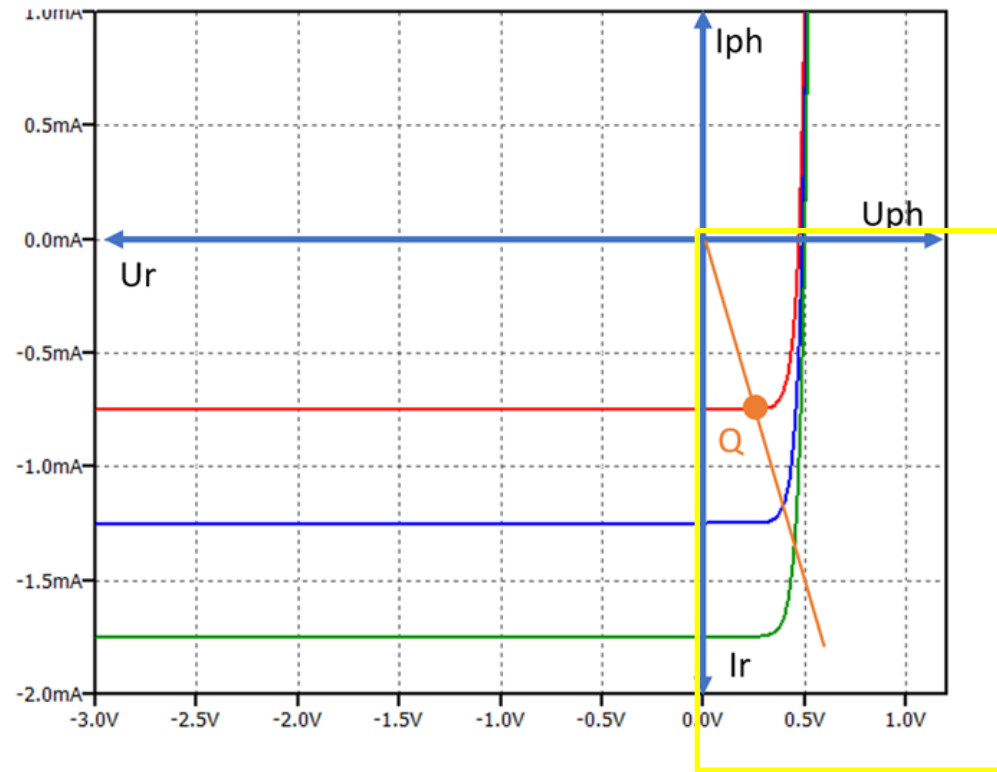


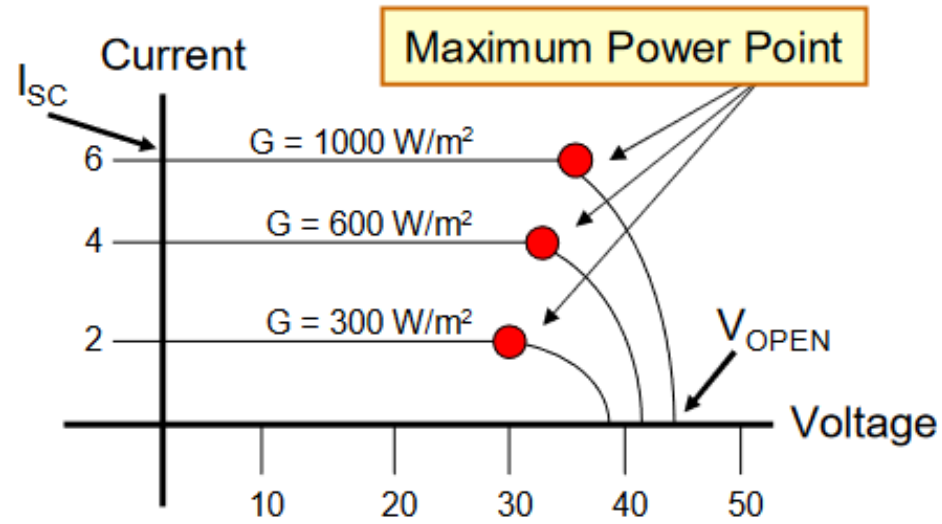
Схема на свързване



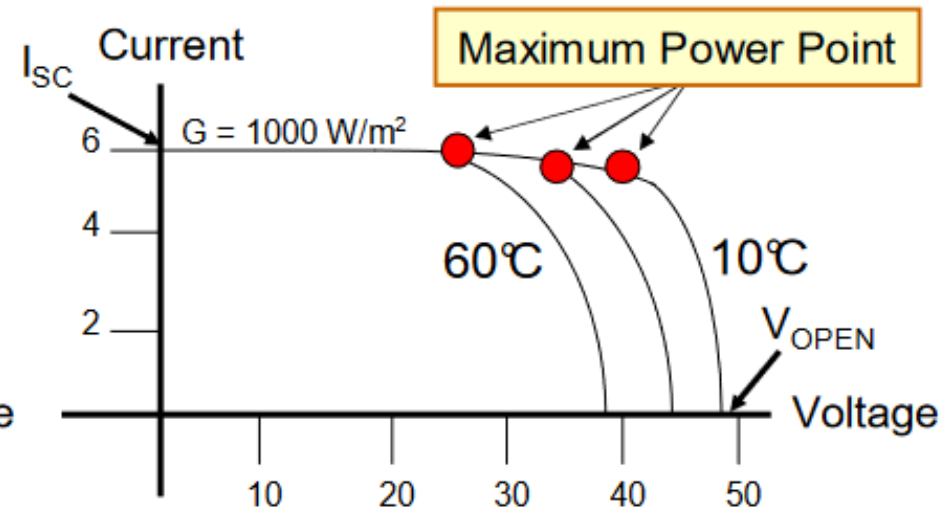
VA характеристика на фотодиода във фотогенераторен режим

Фотоволтаичните модули се изграждат от свързването на множество индивидуални слънчеви клетки, за да се достигнат необходимите нива на напрежение и ток. Те директно преобразуват слънчевата светлина в електричество като ефективността при преобразуването е 20% - 50%.

Solar cell's output continually varies with LIGHT and TEMP



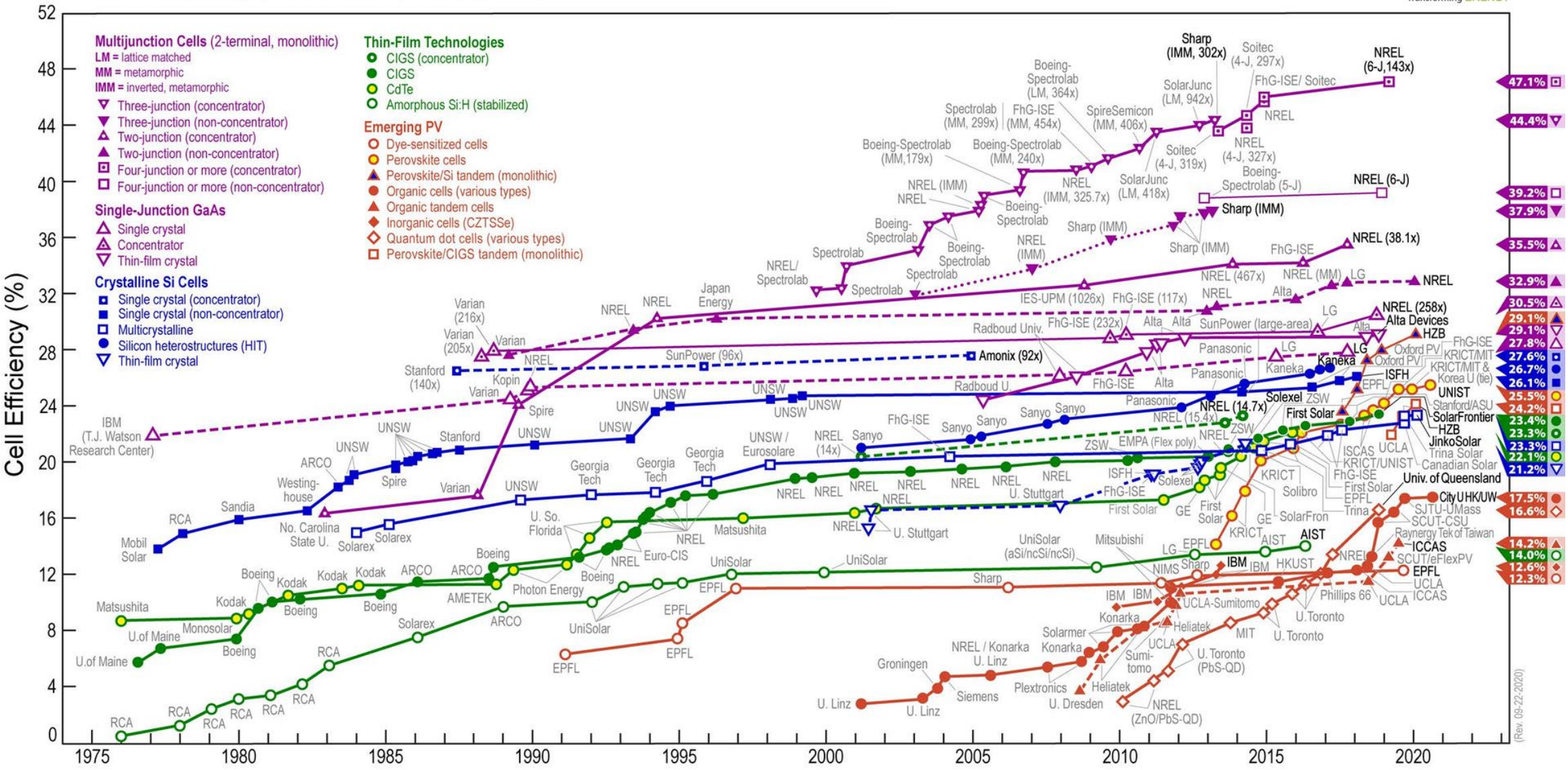
I-V versus Illumination (36 cell string)



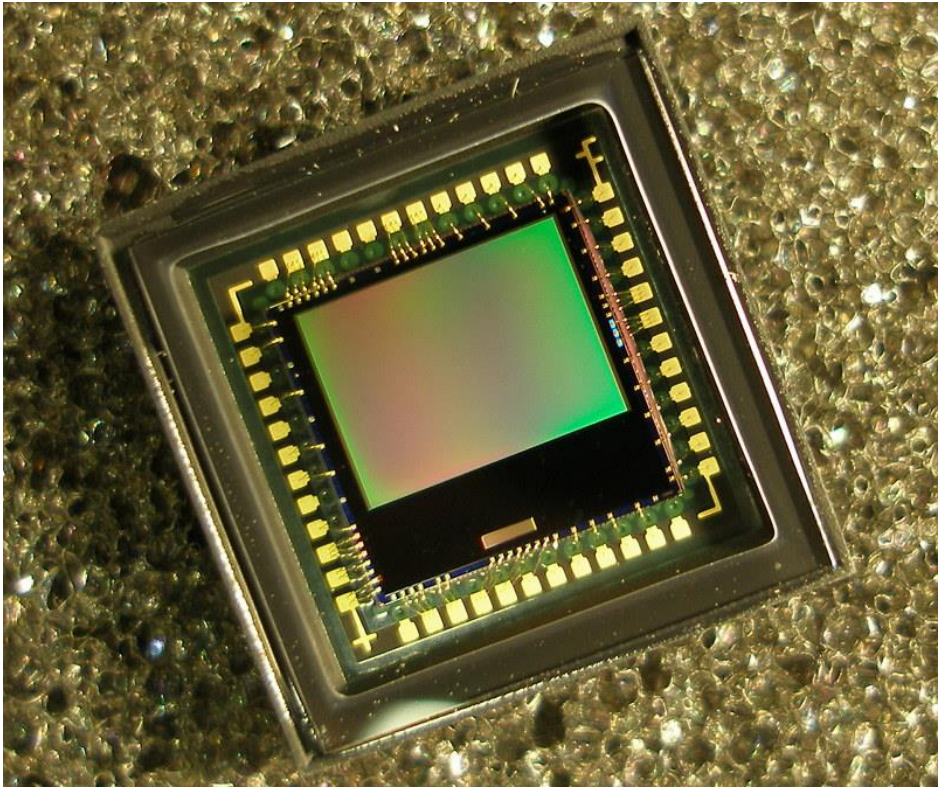
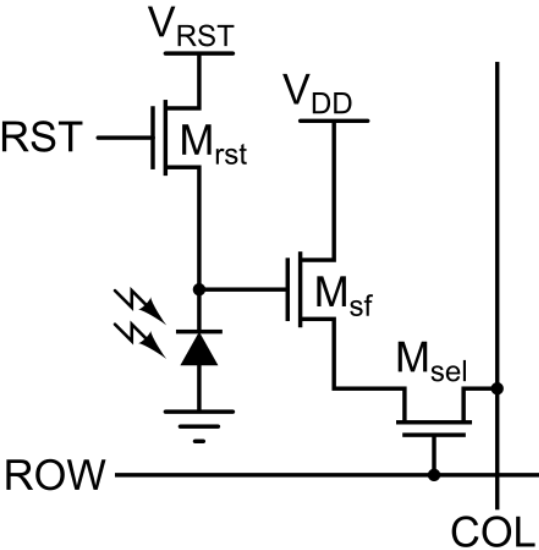
I-V versus Temp (36 cell string)



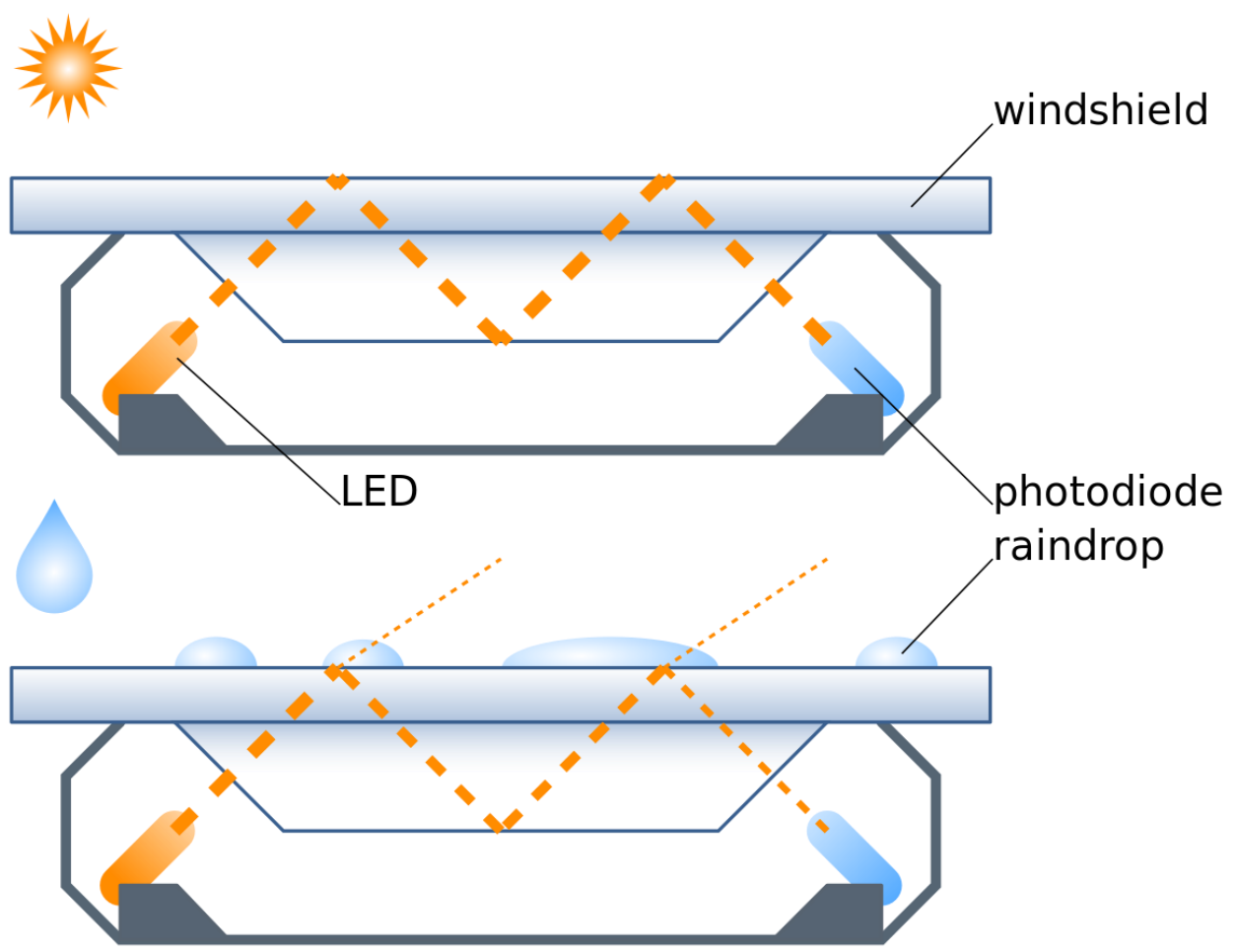
Best Research-Cell Efficiencies



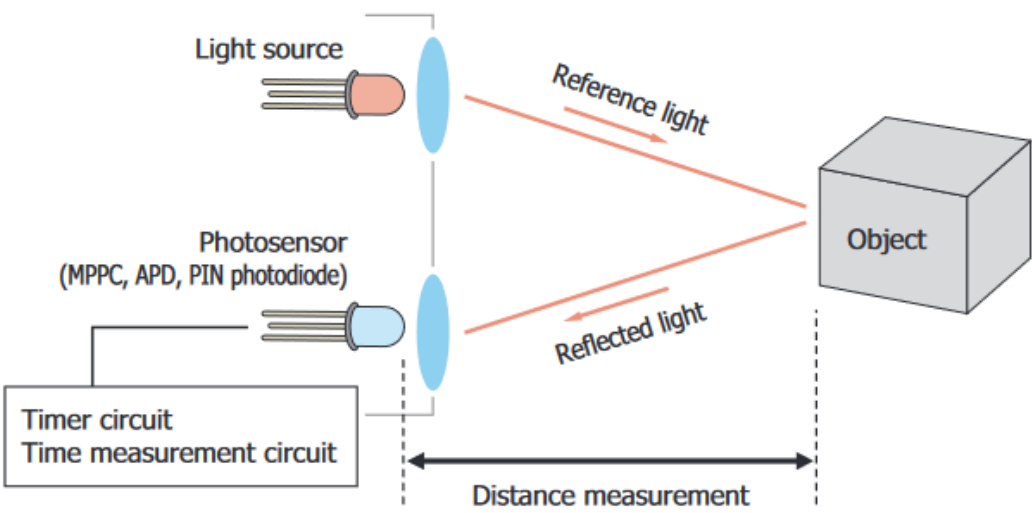
CMOS сензори



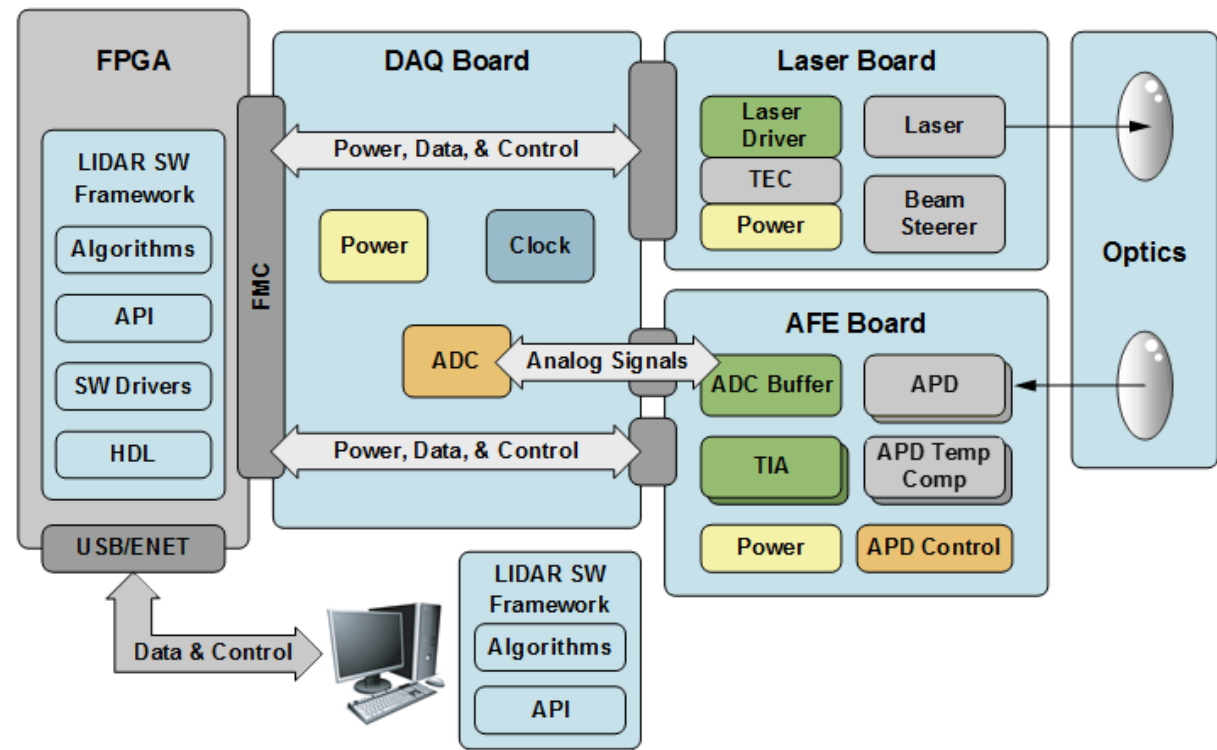
Приложения на фотодиоди – сензор за дъжд



Приложения на фотодиоди – LIDAR

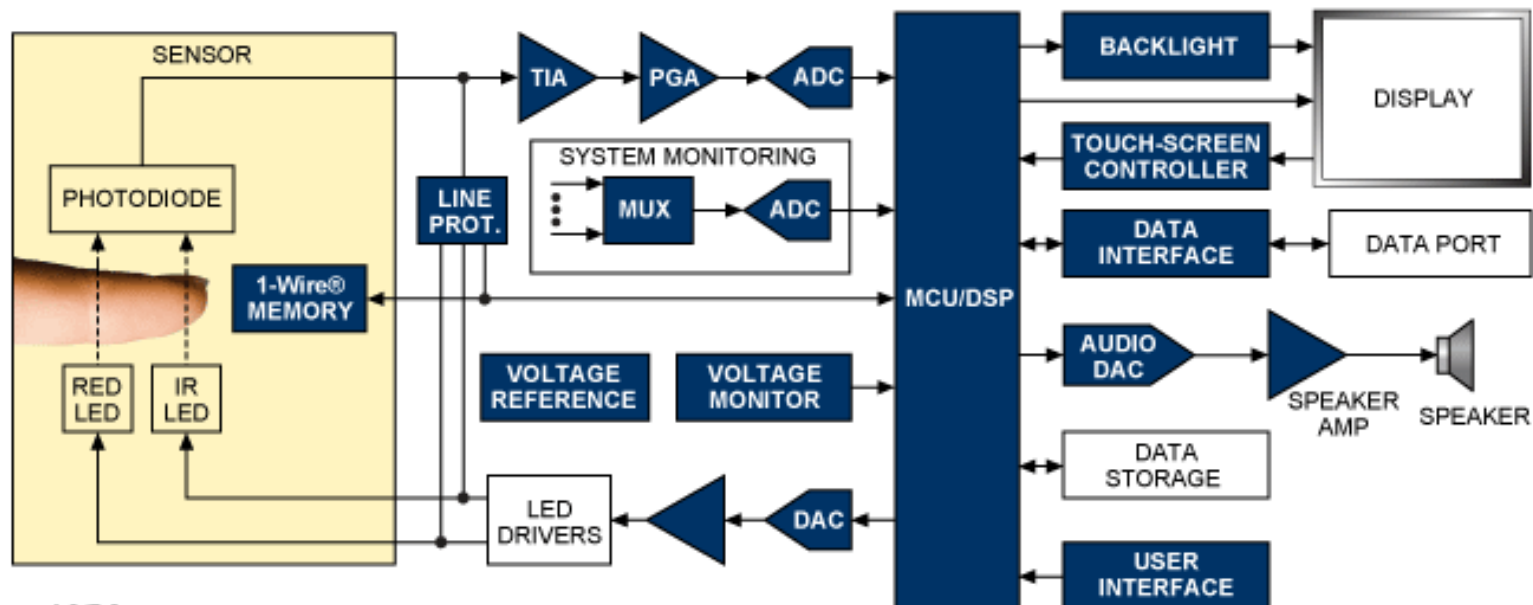


TOF – Time of Flight



LIDAR - Light Detection and Ranging

Pulse Oximeter



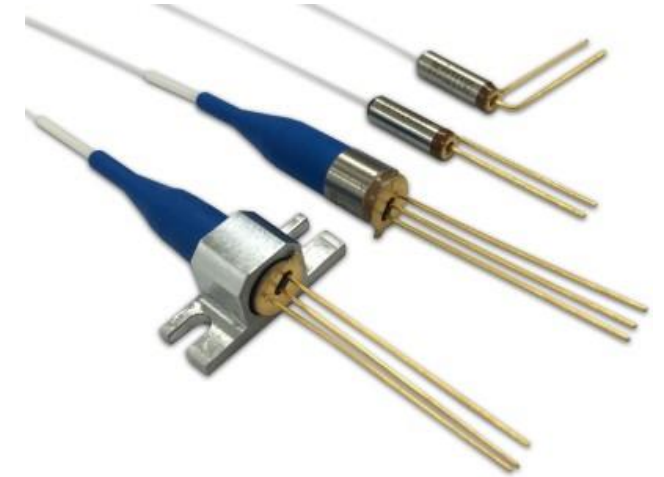
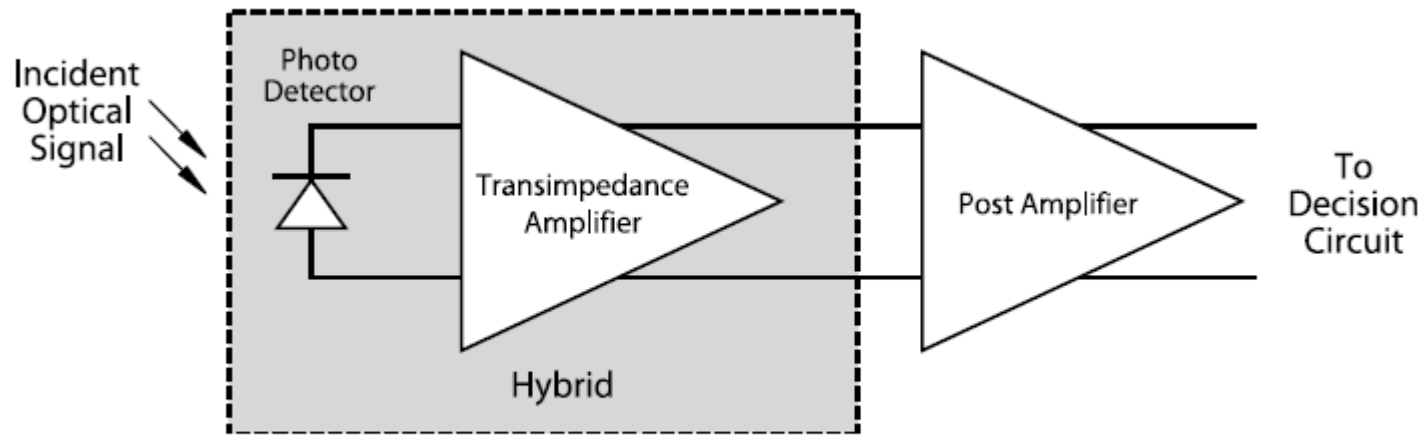
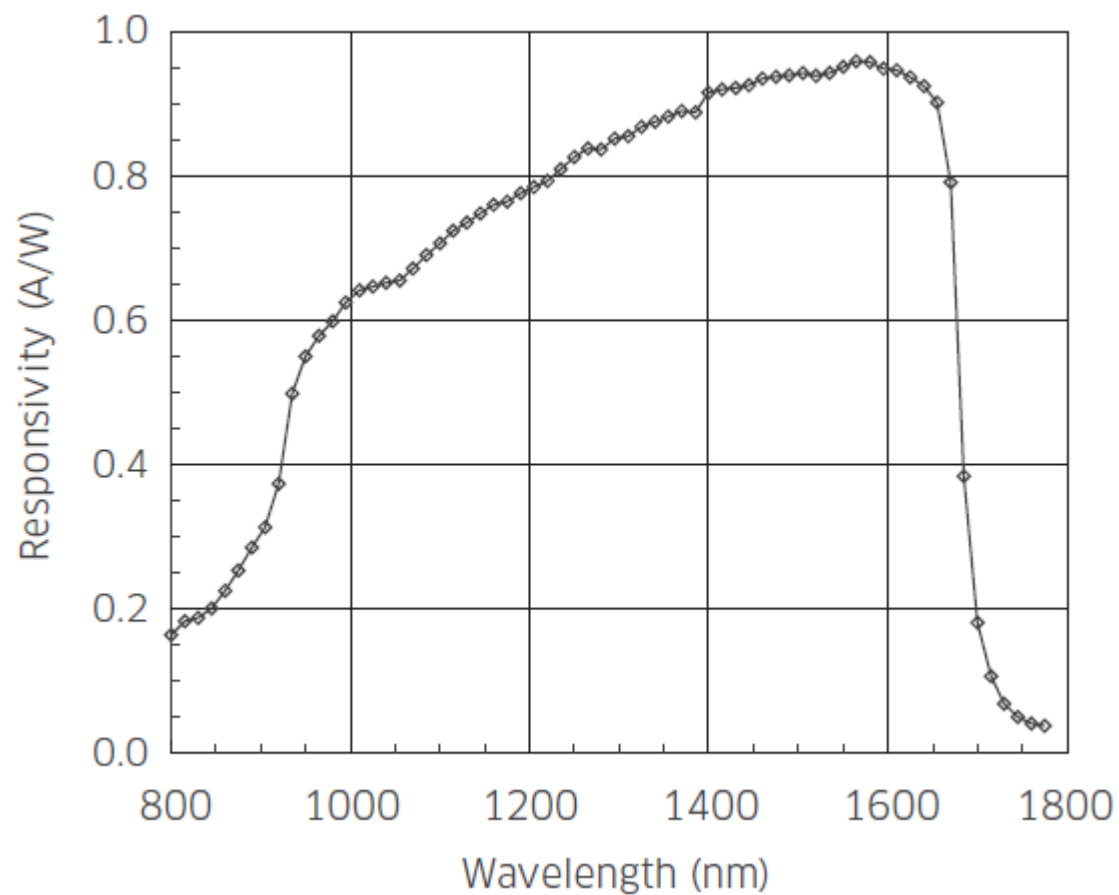
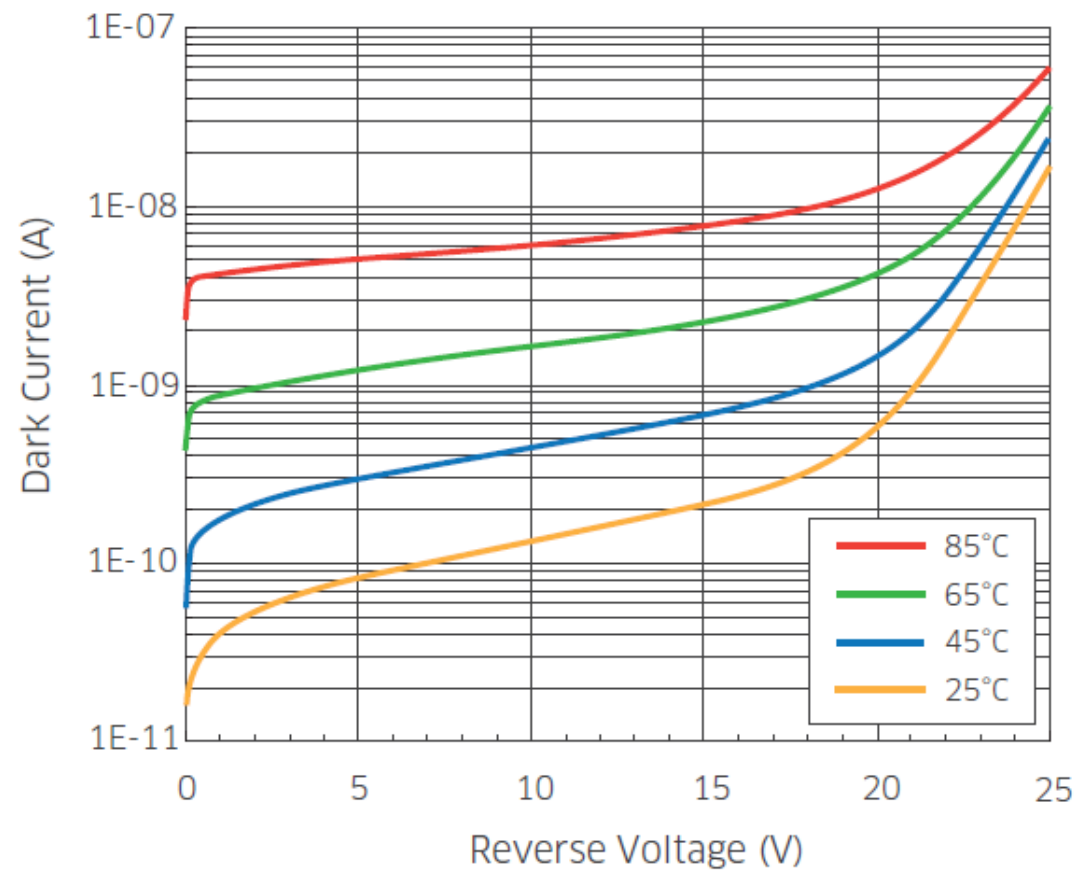


Figure 2.1. Optical Receiver. Functional Block Diagram.

Една от най-критичните части в оптичната комуникационна система е приемникът на оптичен сигнал. Оптичният приемник определя производителността на цялата система, тъй като в тази точка сигналът е най-слаб.

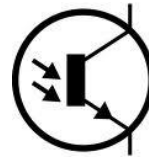
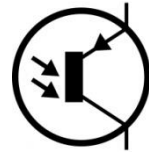
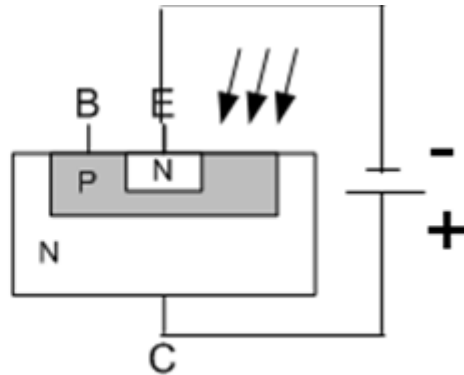
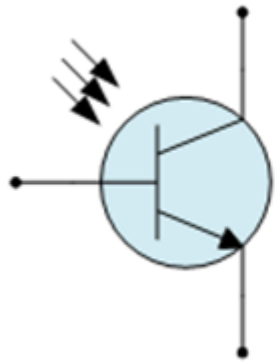


Спектрална характеристика



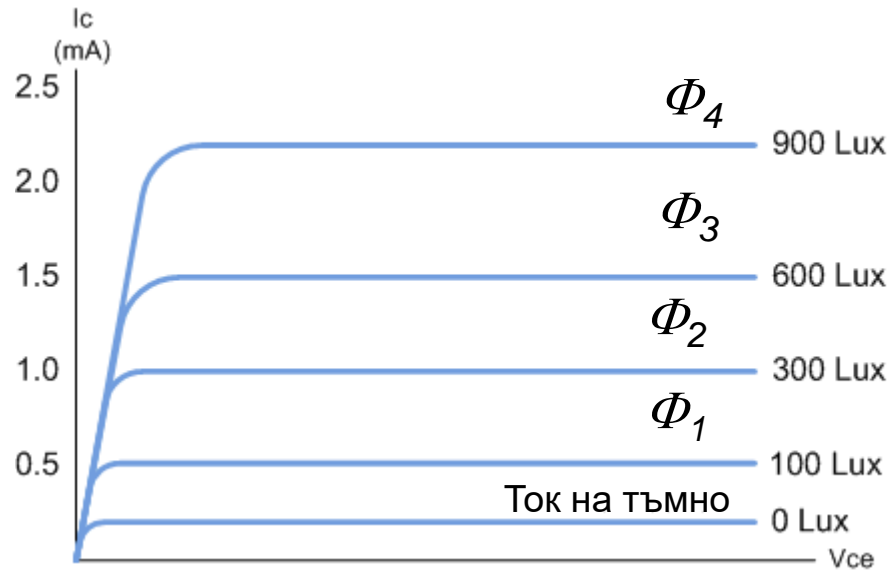
Волт-амперна характеристика

Фототранзистор



Фототранзисторът има отворена база, която се облъчва. Генерираните токоносителни в прехода преминават в колектора и формират колекторния ток. Неговата големина зависи от интензитета на светлинния поток.

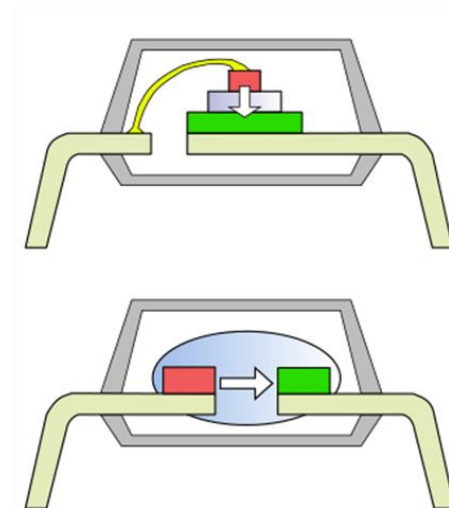
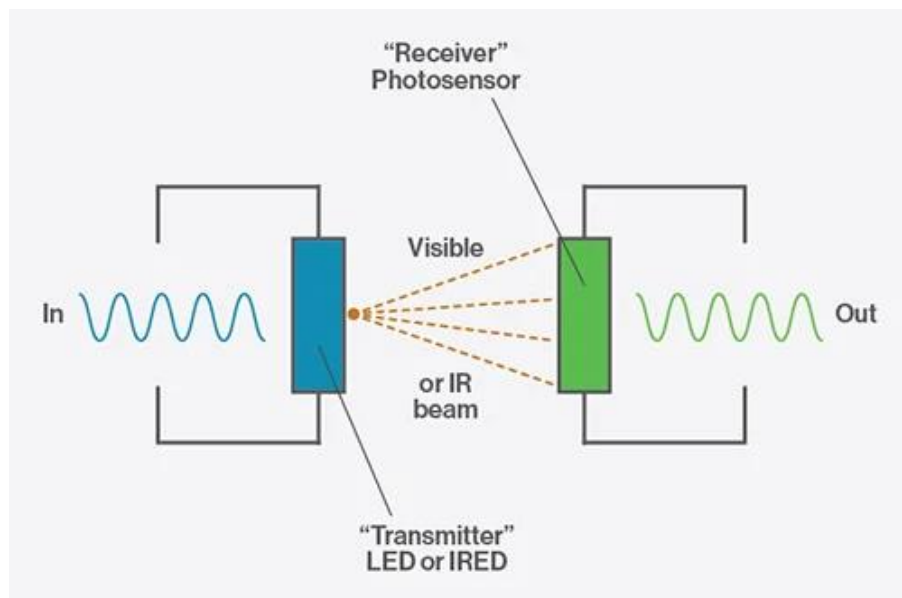
Фототранзистор – волт амперна характеристика



$$I_C = (\beta + 1)(I_{ph} + I_{CBO}) \approx (\beta + 1)I_{ph}$$

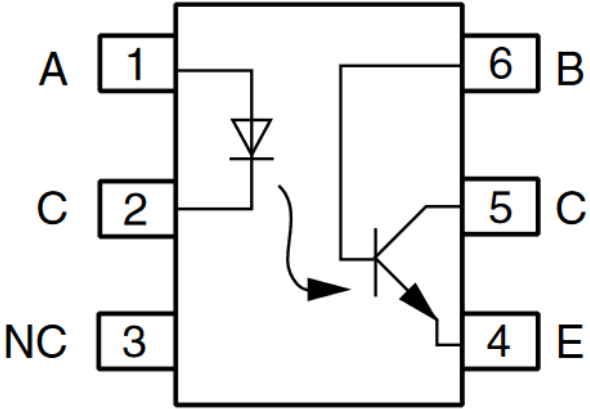
Волтамперната характеристика на фототранзистора е като изходната характеристика на транзистор в схема ОЕ с тази разлика, че тук фототранзисторът се управлява от светлинен поток, а не от базовия ток.

Интегралната чувствителност на фототранзистора е $(1+\beta)$ пъти по-голяма от тази на фотодиода.

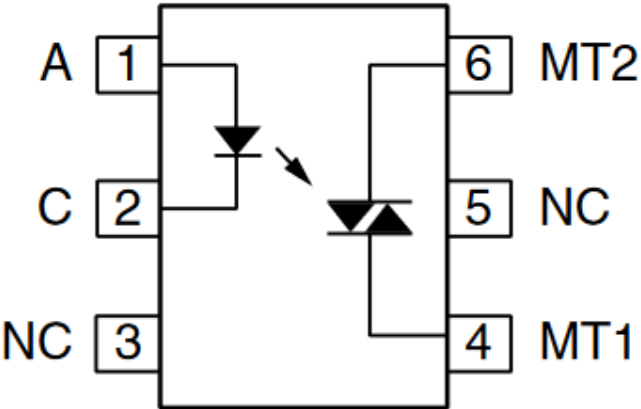


Оптроните са полупроводникови елементи, които обхващат в една конструкция източник на светлина и фотоприемник.

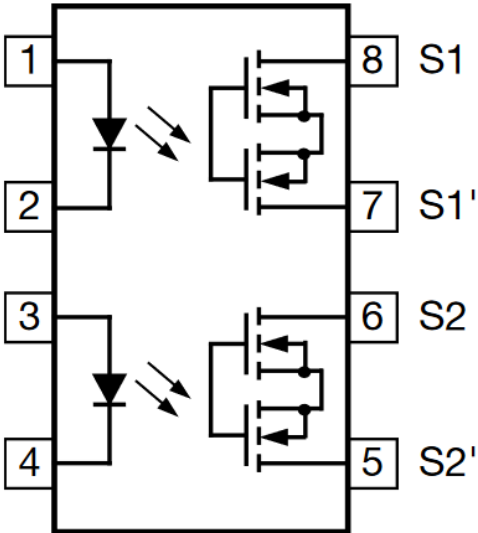
- **Излъчвател** – инфрачервен светодиод (преобразува ел. сигнал в светлинен)
- **Оптична среда** – въздушна междина, световод (предава светлинния сигнал)
- **Фотоприемник** – фотодиод, фототранзистор, фототиристор (преобразува обратно светлинния сигнал в електрически)



Phototransistor Output



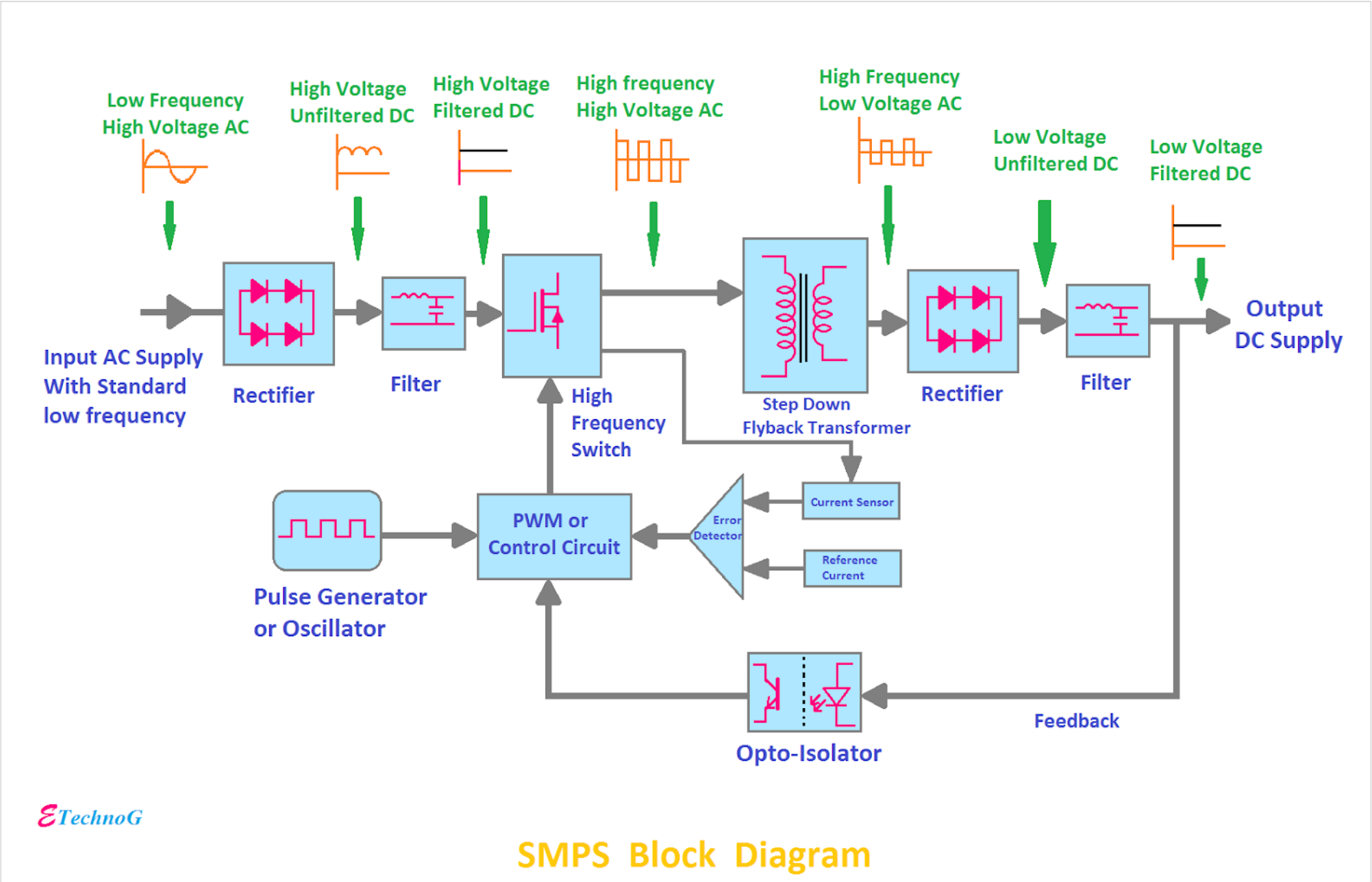
Phototriac Output

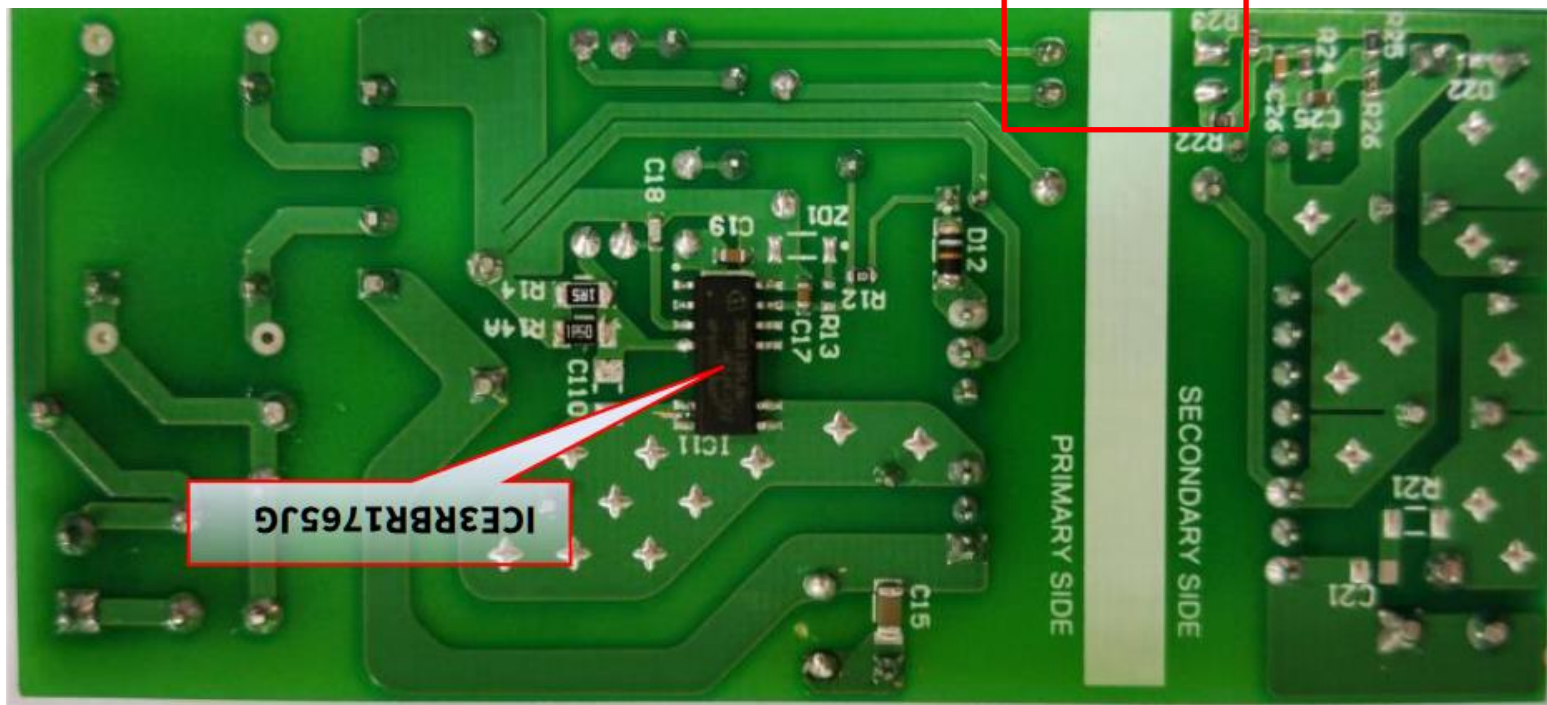


Solid-State Relay

- Възможност за галванично разделяне на електрически вериги ($>5000V$)
 - Еднопосочност на потока информация и липса на обратно въздействие на фотоприемника върху източника на излъчване
 - Широка лента на пропускане в честотен обхват (от 0 до $10^{13} - 10^{14}$ Hz)
-
- Telecom
 - Industrial controls
 - Battery powered equipment
 - Office machines
 - Programmable controllers

Switched Mode Power Supply (SMPS)





Оптрони – приложения - solid state relays

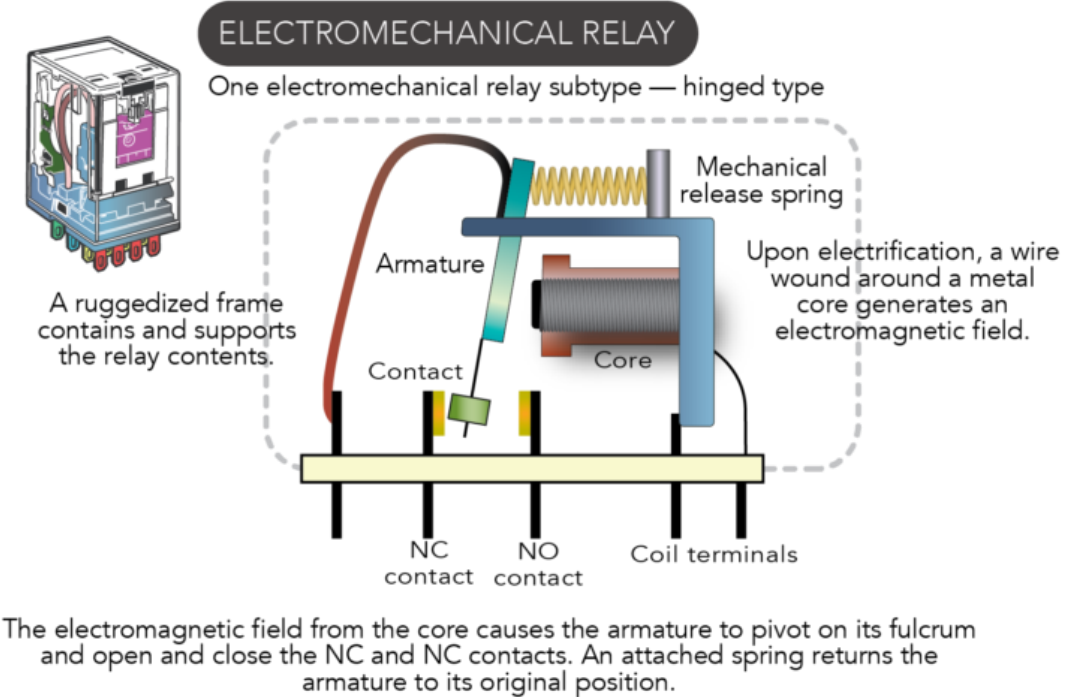


Предимства на SSR

- Висока скорост на превключване
- В променливо-токови вериги изключват когато токът е нула (zero-current turn off) – избягва се образуването на ел. дъга
- Висока надеждност
- Управлява се с слаб ток (по-сравнение с електро-механичните релета)
- Не представлява индуктивен товар за управляващата верига
- Безшумна работа

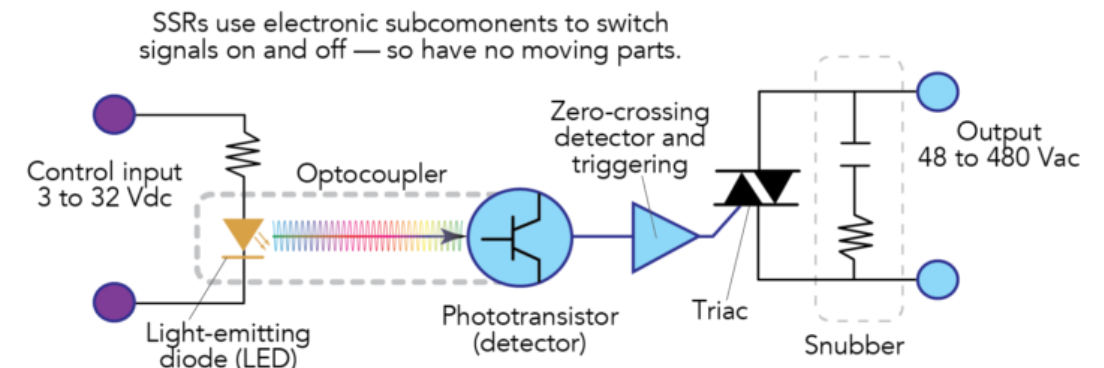
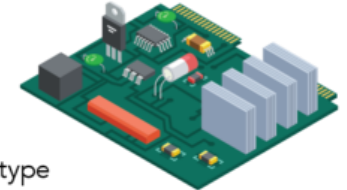
Недостатъци на SSR

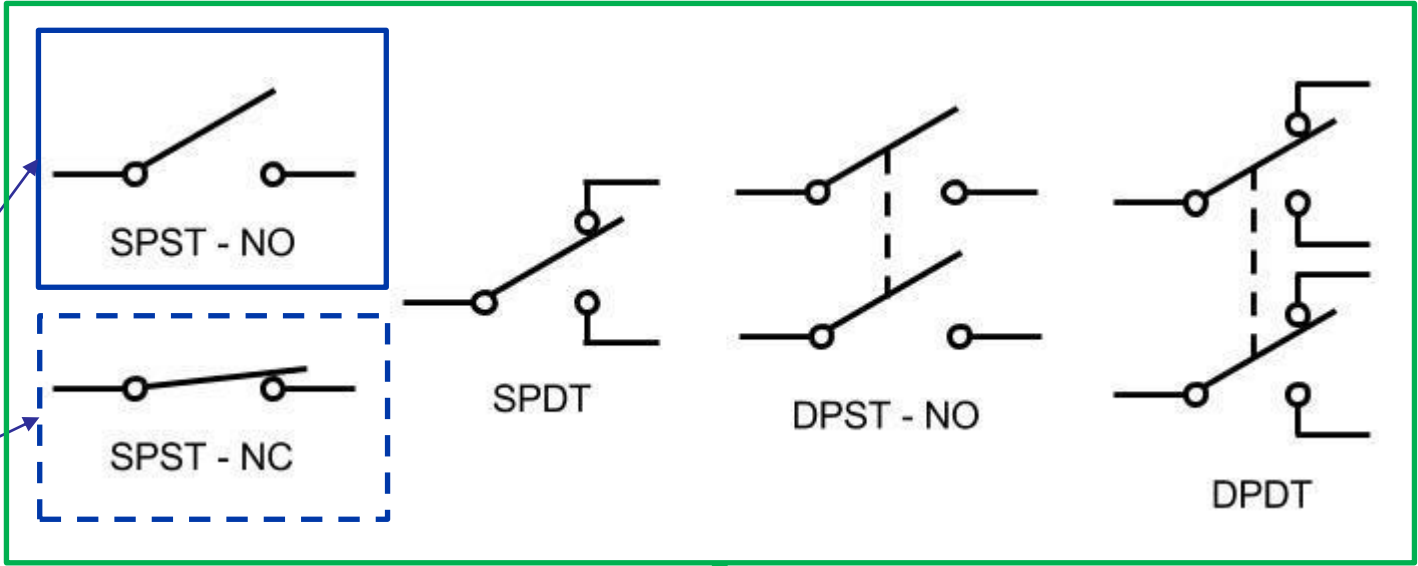
- Висока цена
- Болшинството SSR предлагат само NC или NO контакти
- Отделят повече топлина от EMR
- Относително високо R_{on}



SOLID-STATE RELAY (SSR)

One SSR subtype — photocoupler type





SSR



EMR

SP and DP refer to single pole and double pole, ST and DT refer to single throw and double throw.

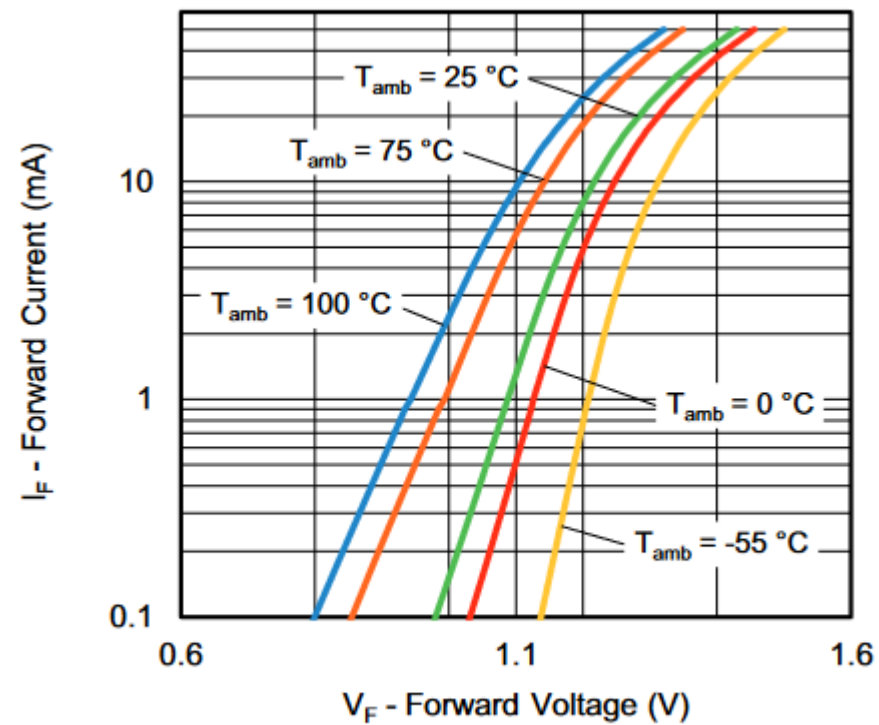
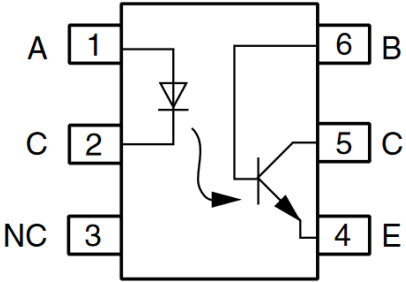


Fig. 5 - Forward Current vs. Forward Voltage

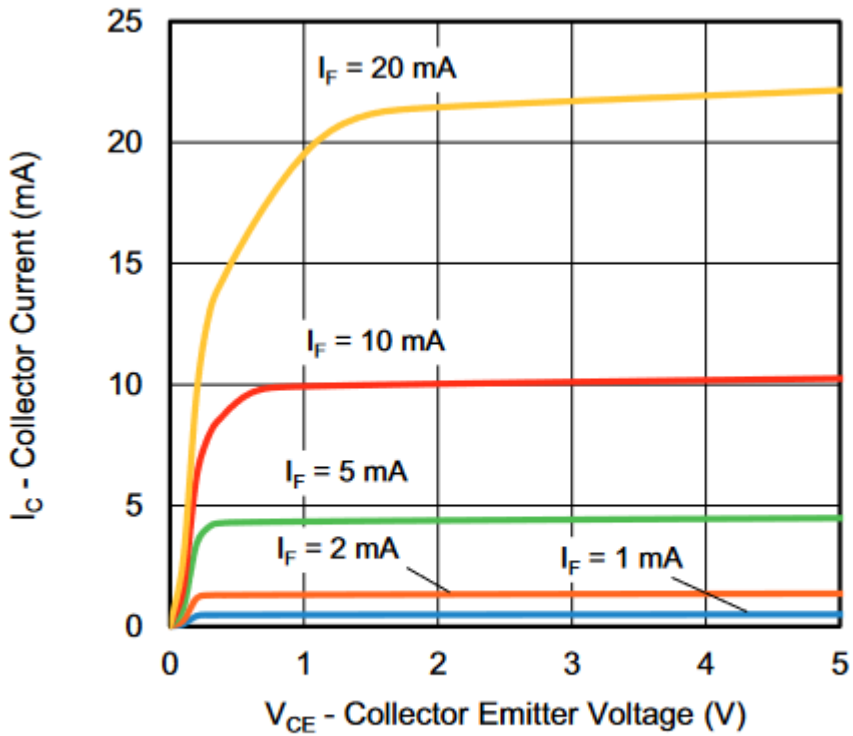


Fig. 6 - Collector Current vs. Collector Emitter Voltage (non-saturated)

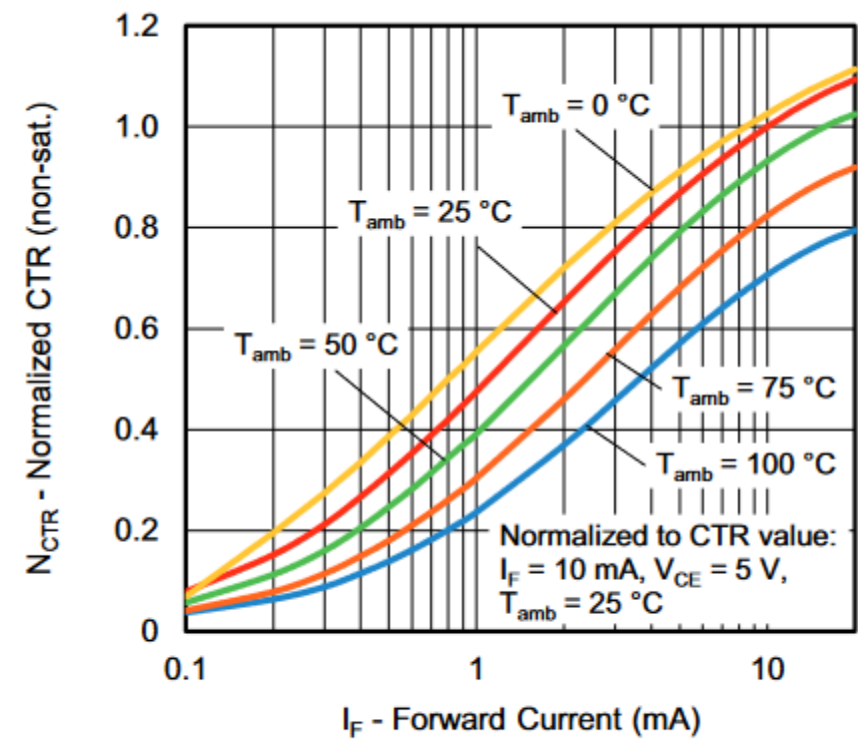


Fig. 11 - Normalized CTR vs. Forward Current (non-saturated)

CTR – current transfer ratio