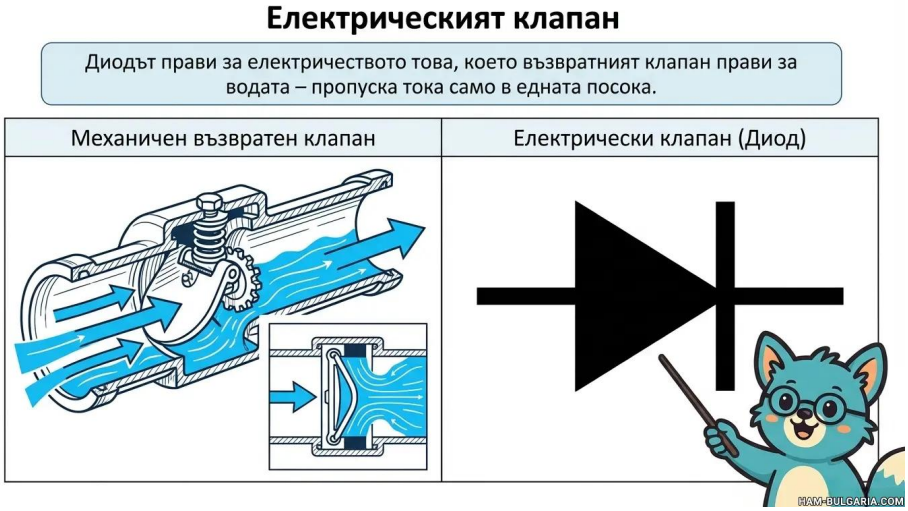
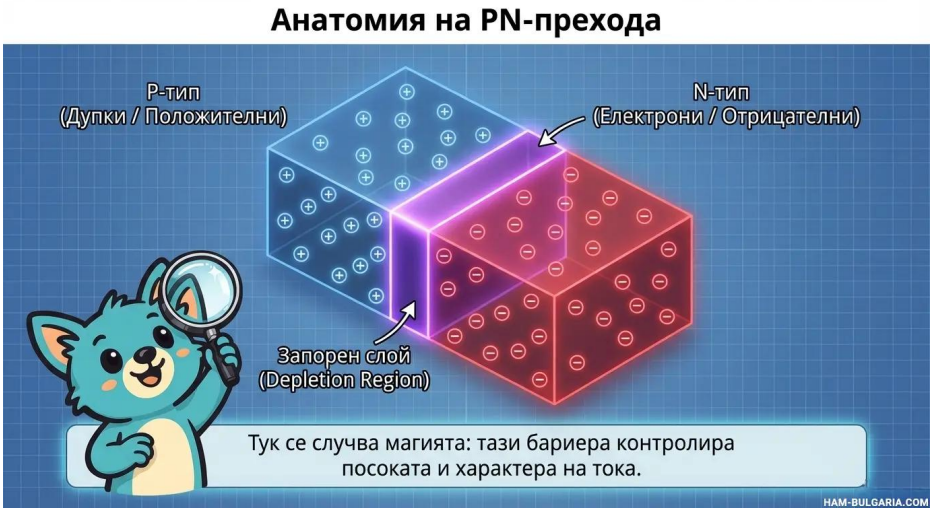
Основни видове диоди и техните приложения в електрониката

Въведение: Какво е диод и защо изобщо ни трябва



Диодът е един от най-старите, най-простите и най-важните електронни компоненти. По функция е близък до „електрически клапан“ - пропуска ток само в едната посока и блокира в другата. Това го прави фундаментален елемент във всяка електроника: от зарядни и усилватели до радиоприемници и високочестотни смесители.

От какво е направен диодът



Диодът е изграден от два слоя полупроводник - един **тип P** и един **тип N**.

- **P-слоят** има „дупки“ - положителни носители на заряд.
- **N-слоят** има излишък от електрони.

Когато ги съединиш, се образува **PN-преход** - тънък слой, където се създава електрическа бариера (нарича се „**запорен слой**“ или **depletion region**). В него се случва магията: токът може да върви само в една посока, а при обратна - се спира.

Има и диоди, които са варианти на основната идея (варирано легиране, различни материали, добавени слоеве), но базовата концепция винаги е: контрол върху посоката и характера на тока.

Предназначението на диода

Основната работа на всеки диод е да контролира тока. Но в зависимост от структурата и материала това контролиране се използва по много различни начини.

Основните роли на диода са:

- **Изправяне** - превръщане на AC в DC.
- **Защита** - спиране на обратни напрежения, ограничаване на транзиенти, защита на транзистори и интегрални схеми.
- **Стабилизация** - поддържане на определено напрежение (ценеров диод).

- **Сигнали и информация** - превключване, детекция, смесване (RF диоди, точкови диоди, PIN диоди).
- **Светлина** - или излъчване (LED), или приемане (фотодиод).
- **Капацитивно управление** - варикап (вариктор).

Някои основни видове диоди и техните приложения

Съществуват много разновидности на диодите, като всяка е оптимизирана за специфична задача – бързо превключване, стабилизиране на напрежение, работа със светлина, високочестотни сигнали или управление на капацитет. Макар всички да използват един и същ PN-преход като основна физика, различните материали, структури и методи на легиране им дават коренно различни свойства. Това позволява на отделните типове диоди да служат като детектори, изправители, стабилизатори, оптоелементи, RF-ключове или елементи за настройка в радиотехника и електроника.

1. Обикновен диод – „ЕДНОПОСОЧНА ВРАТА“

Какво представлява

Обикновеният диод е стандартният PN-преход, без специални добавки, без екзотични материали. Това е най-чистата форма на идеята „пропускай ток в едната посока, блокирай в другата“.

Какво прави обикновения диод

- Пропуска ток, когато е в права посока (анод → катод).
- Блокира ток, когато напрежението е обърнато.
- Има определено напрежение на отпад (forward voltage) – около 0.6–0.7 V при силиций.

Защо е създаден обикновения диод

За да реши фундаментален проблем в електрониката: еднопосочно управление на ток.
Без такъв компонент няма как да изправяш напрежение, да разделяш сигнали или да предпазваш елементи от обратна полярност. Този диод е буквално „майката“ на всички останали видове.

За какво се използва обикновения диод

В общата електроника:

- Защита от обратна полярност.
- Изправителни схеми - превръщане на **AC** в **DC**.
- Логически схеми с диоди (Diode-logic).
- Превключвания, ограничаване на ток и др.

В радиотехниката
Тук обикновеният диод също си има своите роли, макар и не толкова специализирани като Шотки, PIN или точковите диоди. Най-често се използва за:

- Изправяне в захранващите части на приемници и предаватели.
- Защита на входните RF етапи от силни сигнали или статични разряди.
- Ограничители (clippers) в нискочестотни части.
- Превключване ниски честоти или управляващи сигнали.

Когато е подходящ обикновения диод

- Когато не ти трябва ултра-бързо превключване.
- Когато работиш с нормални честоти (нискочестотни или силови).
- Когато стабилността и здравината са важни.

```
Пример:
Класическите 1N4001–1N4007 - масови, евтини, надеждни диоди, които можеш да видиш в почти всяко захранване или базова схема.
```

2. Шотки – когато скоростта е по-важна от напрежението

Какво представлява Шотки

Шотки диодът използва напълно различна структура от обикновения **PN**-преход. Вместо **P** и **N** полупроводник, той има контакт между:

- **метал** (алуминий, платина, молибден)
- **n-тип полупроводник**

Това се нарича „метал-полупроводников преход“ (Schottky barrier).
Точно тази бариера дава изключително бързо превключване и ниско напрежение на отпад.

Какво прави

Основните му свойства са:

- Много нисък **forward-drop** - около 0.15–0.3 V (спрямо 0.7 V при силициев диод).
- Ултра-бързо превключване - почти няма „задържан заряд“, което прави реакцията мигновена.
- Добро поведение при високи честоти.

```
Това го прави идеален за схеми, където всяка милисекунда (или наносекунда) има значение.
```

Защо е създаден

Нуждата е възникнала основно в два контекста:

1. **Високочестотни приложения** - обикновените PN диоди имат заряд, който се натрупва и

освобождава бавно при превключване. Това бави схемите.
2. **Захранвания** - по-ниското напрежение на отпад = по-малко загуби = по-висока ефективност.

Шотки диодът решава и двата проблема чрез простичка промяна на структурата.

Къде се използва диода тип Шотки

В обща електроника:

- **В импулсни захранвания** - най-честата употреба.
- **В DC-DC преобразуватели** - заради ниските загуби.
- **В бързи цифрови схеми** - например ограничители и защити.

В радиотехниката:

- **В детектори за RF сигнали** - особено при високи честоти.
- **В смесители (mixer stages)** - защото могат да работят до много GHz.
- **В честотни измерители и детектори** за малки нива на RF амплитуда.
- **В бързи превключватели и ограничители на RF входове.**

Пример от реалния свят:

В един SDR приемник почти винаги има Шотки диод в смесителя или на входа, точно защото реагира светкавично и не внася големи загуби.

Кога е подходящ

Кога НЕ е подходящ

• При много високи обратни напрежения (повечето Шотки не обичат големи волтове).
• При много високи температури - имат повече утечка.

3. Ценеров диод – когато искаш контролирано пробиване

Какво представлява Ценеровият диод

Ценеровият диод е специално проектиран PN-преход, който работи в обратна посока, но за разлика от нормалните диоди, той не е повреден при пробив.
Вместо това, при определено напрежение (наречено „ценерово напрежение“) диодът започва да провежда, но го поддържа почти постоянно - дори ако токът се променя.

Т.е.:
• При + посока → работи като обикновен диод.
• При - посока → блокира… докато не достигнеш точното пробивно напрежение.
След това напрежението остава почти фиксирано.

Какво прави Ценеровият диод

Основната му функция е:
Поддържа стабилно напрежение върху себе си, независимо от промени в тока.

Точно за това е идеален за:

- стабилизатори,
- опорни напрежения,
- защити от пренапрежение.

Защо е създаден Ценеровият диод

Преди интегралните стабилизатори (като 7805 и компанията), ценеровите диоди са били основният начин да имаш стабилно, предвидимо напрежение.
Инженерите са имали нужда от нещо, което да поддържа 5 V, 9 V, 12 V или друго конкретно ниво - независимо от колебанията в товара или захранването.
Ценеровият диод прави точно това чрез контролирано пробиване.

Къде се използва

В общата електроника:
• проста стабилизация на напрежение (шунтов стабилизатори),
• опорни напрежения за аналогова електроника,
• защити в захранвания,
• ограничаване на напрежение (voltage clamping).

В радиотехниката:
• **В стабилизацията на локални осцилатори** – за да стои честотата стабилна.
• **В RF предусилватели** – като защита от силни сигнали.
• **В смесители** – за ограничаване на амплитудата при силни RF нива.
• **В тюнерни секции** – за опорни напрежения на варикапи.

Колебанията в захранването могат да изместят честоти, да развалят настройката на филтри или да вкарат шум. **Ценеровите диоди са лесен начин да „заключиш“ напрежение там, където трябва.**

Пример

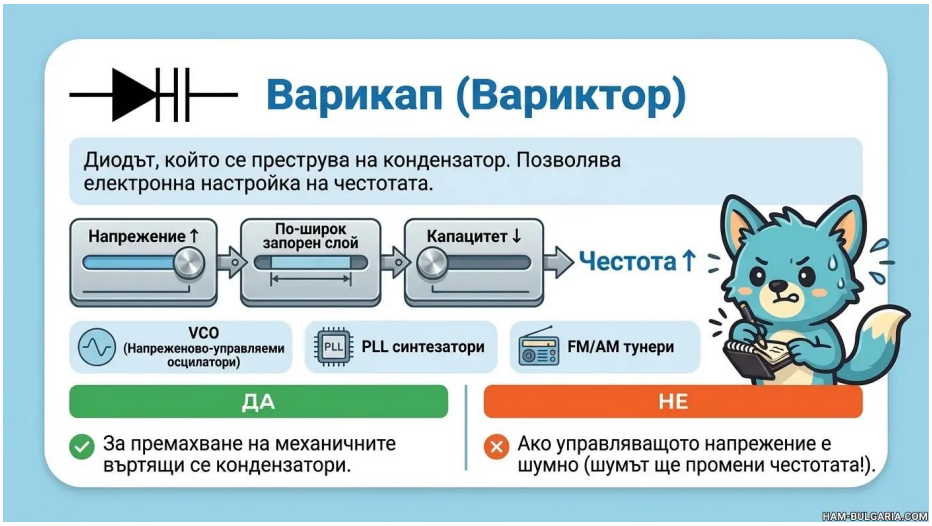
Искаш да осигуриш стабилни 9 V за чувствителен RF модул. Слагаш ценер 9.1 V + резистор последователно → получаваш проста, евтина стабилизация.

Кога е подходящ Ценеровият диод

Кога НЕ е подходящ Ценеровият диод

• За големи товари → не може да доставя големи токове.
• Когато ти трябва много чисто и нискошумно опорно напрежение (там се ползват прецизни референтни източници).
• Когато е нужна висока ефективност (ценер със сериен резистор винаги разсейва топлина).

4. Варикап (вариктор) – диод, който се държи като кондензатор



Какво представлява Варикап диода

Варикапът е специално конструиран PN-преход, чиято капацитивност (C) зависи от обратното напрежение, което подаваш към него.
Колкото по-голямо обратно напрежение, толкова по-дебел става запорният слой → капацитетът намалява.
Колкото по-малко напрежение → слоят се стеснява → капацитетът расте.

Това поведение е почти линейно или поне предвидимо, и именно това го прави идеален за честотни вериги.

Най-важната идея на Варикап диода:
Варикап = напрежение → капацитет
което означава:
напрежение→ честота (защото честотата зависи от LC контура)

Какво прави Варикап диода

- Променя своя капацитет в зависимост от подаденото обратно напрежение.
- Работи винаги в обратен режим (не го използваш като диод).
- Позволява електронно управление на честоти, филтри, осцилатори.

Това е ключът при електронно настроими схеми.

Защо е създаден Варикап диода

Преди варикапите, настройката на честота се правеше чрез:

• въртящ се кондензатор,
• варидралови линии,

• механични решения с оси, плочи, бобини…

И инженерите са искали електронна настройка - бърза, точна, без механика.
Варикапът решава това: променяш едно напрежение → променяш капацитета → настройваш честотата електронно.

Къде се използва Варикап диода

В радиотехниката:

- Входни и междинночестотни филтри - за електронно пренастройване.
- Локални осцилатори - VCO (Voltage Controlled Oscillators).
- PLL схеми - задължителен елемент в синтезаторите.
- Честотомери и генератори.
- Тунинг на резонансни схеми в приемници и предаватели.

Пример:
Всеки FM радио приемник с електронно сканиране (т.е. почти всички след 90-те) използва варикапи за настройка на осцилатора и входния филтър. Натискаш бутон → променя се напрежението от PLL → варикапът сменя капацитета → цялата честота прескача.

В общата електроника:
• Като контролируеми капацитети в генератори, филтри, смесители.
• В прецизни измервателни устройства.

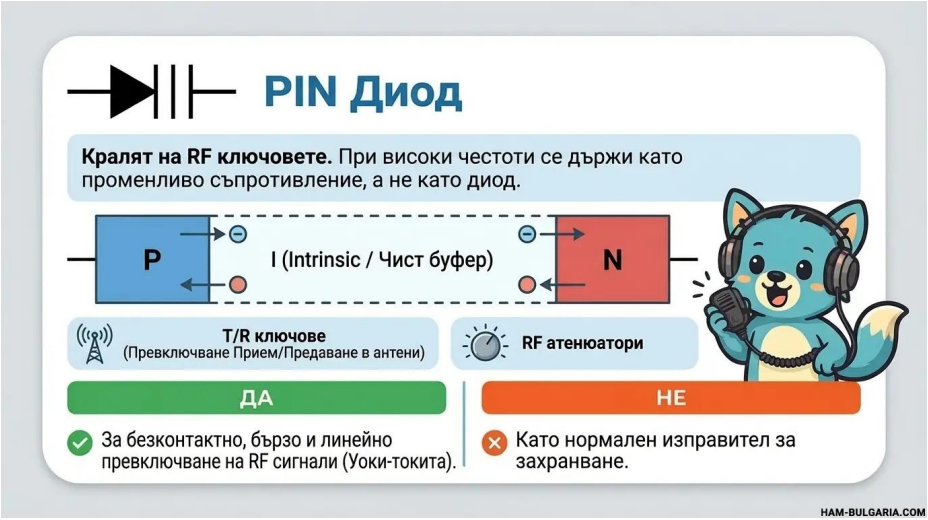
Минуси
• Не може да поеме големи токове (работи само в обратен режим).
• Капацитетът не е абсолютно линеен - изисква компенсации в прецизни уреди.
• Чувствителен към шум в управляващото напрежение (защото шум → промяна на честотата).

Кога е подходящ
• Всяка схема, която трябва да се настройва електронно.
• FM/AM/CB/PMR/SW приемници и предаватели.

• VCO, PLL, синтезатори.
• Честотни филтри с електронно управление.

Кога НЕ е подходящ
• Когато ти трябва физически кондензатор с голям капацитет.
• Когато имаш шумно управляващо напрежение.

5. PIN диод – RF ключ, не “диод” в класическия смисъл



Това е един от най-интересните диоди, защото при него не използваме PN-прехода като диод, а неговата структура като променливо съпротивление за високочестотни сигнали.
По-скоро е „RF резистор с управляема проводимост“, отколкото класически диод.
Точно затова PIN диодът е кралят на RF ключовете, атенюаторите и превключвателите на антени.

Какво представлява

PIN диодът има три слоя:

- **P-слой**
- **I-слой** (intrinsic – почти чист, нелегиран полупроводник)
- **N-слой**

Този I-слой е ключът към магията.
Той създава голяма област, в която носителите се разпределят и съхраняват. Това дава съвсем различно поведение спрямо нормален PN диод.

Как работи

Тук идва забавната част.

В нискочестотния свят **PIN диодът** се държи точно като обикновен диод.
Но в **RF-света** (MHz–GHz), поведението му е друго:

При подаване на прав ток:

- I-слоят се „пълни“ с носители
- диодът става много проводим
- RF сигналът минава с малка загуба

→ играе ролята на нискоомно съпротивление

2. Когато няма ток през него (или има обратен):

- I-слоят се „изпразва“
- става много непроводим
- RF сигналът е блокиран

→ играе ролята на високоомно съпротивление

Това го прави идеален RF превключвател, а не диод за изправяне.

Защо е създаден PIN диода

Инженерите се нуждаеха от:
• бързи,
• линейни,
• нискошумови,
• широколентови RF ключове,
• без механика,
• без контактни съпротивления.

PIN диодът решава проблема чрез елегантна физика:
правиш съпротивление, което можеш да управляваш с ток, а не с механичен контакт.

Къде се използва PIN диода

В радиотехниката:

- RF ключове (switching)
- Превключватели на антени (T/R switch – прием/предаване)
- Атенюатори с променливо затихване
- RF модули, които превключват различни филтри
- Лимитери за мощност
- Смукателни схеми и автоматични регулатори на усилване (AGC)

В общата електроника е по-рядък, защото е специализиран.

Пример от реалния свят

Във всеки уоки-токи, SDR предавател или радиоапаратура има PIN диод, който:
• при излъчване свързва предавателя към антената,
• при приемане изолира антенния вход на приемника от голямата мощност.

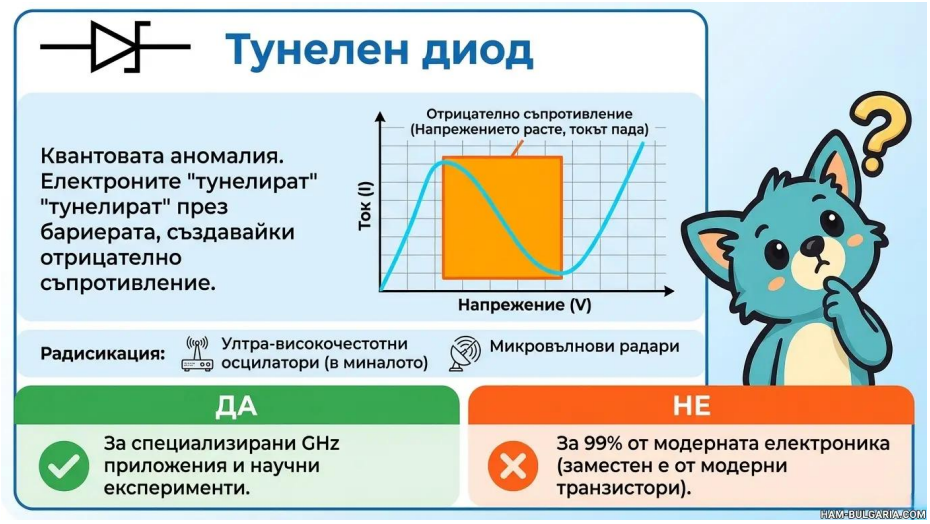
Това е най-критичният елемент в T/R комутатора.

Минуси
• Не е подходящ за банална диодна употреба.
• Не е идеален за високи мощности, ако не е специализиран.
• Иска постоянен управляващ ток (не само напрежение).
• Има специфични параметри и не може да бъде „заместител“ на друг диод.

Кога е подходящ
• За RF превключване.
• За атенюатори и регулируеми загуби.
• Когато искаш добра линейност при сигнална обработка.
• В антени, филтри и предавателни модули.

Кога НЕ е подходящ
• Като изправител.
• Като защитен диод (за това има Шотки).
• В нискочестотни схеми, където поведението му е безсмислено.

6. Тунелен диод – странен, защото работи по квантов принцип



Тунелният диод е компонент, чието поведение не се описва от класическата физика, а от квантово тунелиране – явление, при което електроните „минават“ през потенциална бариера, вместо да я преодоляват по нормален начин.

Как е направен Тунелният диод

Тунелният диод има много силно легиран PN преход.
Заради голямата концентрация на примеси, преходната област става много тънка, а енергийните нива от двете страни се припокриват.
Точно това припокриване позволява тунелиране.

Как се държи Тунелният диод

Най-важното при него е V-A характеристиката. Тя включва:

- нормална област на нарастване на тока;
- след това - област, в която токът намалява при увеличаване на напрежението (отрицателно диференциално съпротивление);
- и накрая пак нормално поведение.

Тази средна област е уникалната и полезна част.

Област на отрицателно съпротивление значи:

- ако напрежението се покачи, токът пада;
- ако напрежението спадне, токът се повишава.

Това поведение се използва в осцилатори и ултра-бързи схеми.

За какво служи Тунелният диод

Поради екстремно високата скорост на реакция, тунелните диоди се използват в:

- високочестотни осцилатори;
- смесители;
- импулсни генератори;
- нискошумови усилватели (по-стари конструкции).

В днешно време приложението им е доста ограничено, защото съвременните транзистори и интегрални схеми покриват нуждите им в 90% от случаите.

Минуси
• капризна характеристика;
• ниски работни напрежения и токове;
• трудни за намиране;
• не са универсални.

Кога има смисъл да се използва
• когато търсиш високочестотен осцилатор;
• при научни/специализирани приложения;
• в стари радари и радиоапаратури (ретрофит или ремонт).

Кога НЕ е подходящ
• почти навсякъде в модерната електроника;
• силови или логически схеми;
• като обикновен диод.

7. ГЕРМАНИЕВ ДИОД - старото класическо оръжие на радиолюбителя

Германиевият диод е един от най-старите полупроводникови диоди, но и до днес си има запазено място в радиолюбителските схеми. Най-голямата му сила е ниското напрежение на отпушване – около **0.2–0.3 V**, което го прави изключително чувствителен при детекция на слаби сигнали.

Как е направен Германиевият диод

Германиевият диод използва **PN преход от германий**, а не от силиций.
Това води до няколко характерни особености:

- по-ниска енергийна бариера → по-ниско напрежение на отпушване;
- по-високи токове на утечка в сравнение със силициевите диоди;
- по-голяма чувствителност при малки сигнали.

Материалът германий е по-„мек“ като полупроводник, което му дава предимства в аналогови и високочувствителни приложения, но го прави по-нестабилен при високи температури.

Как се държи Германиевият диод

Най-важните характеристики, които го отличават:

- **Отпушва се при ~0.2–0.3 V** – много по-ниско от силициевите 0.6–0.7 V.
- **По-висок обратен ток на утечка** – това е слабост, но в радиодетектори не е критично.
- **По-малка линейност при големи токове**, но отлична чувствителност при малки.

Точно заради ниското отпушване германиевите диоди са легендарни в детекторните приемници – там всеки миливолт е важен.

За какво служи Германиевият диод

Въпреки че е „ретро“ компонент, германиевият диод продължава да се използва в:

- **AM детектори** – класически кристални приемници;
- **RF детектори** – за измерване на малки високочестотни сигнали;

- **Аудио схеми** – особено в китарни ефекти (fuzz), където мекото изкривяване е търсено;
- **Слаботокови измервателни схеми**, където ниското отпушване е критично.

• много ниско напрежение на отпушване (0.2–0.3 V);
• изключително чувствителен при малки сигнали;
• идеален за детектори и измерване на слаби RF нива;
• меко, „музикално“ изкривяване (ценено в аудио ефекти);
• работи добре в нисковолтови и пасивни схеми.

Минуси

• висок обратен ток на утечка;
• по-лоша температурна стабилност от силициевите диоди;
• по-малка надеждност при високи температури;
• по-рядко се намират качествени нови екземпляри;
• не са подходящи за силови или високотокови приложения.

Кога има смисъл да се използва

• в AM детектори и кристални приемници;
• при измерване на малки RF сигнали;
• в аудио ефекти (fuzz, overdrive), където се търси мек клипинг;
• в нисковолтови аналогови схеми;
• при реставрация на стари радиоапаратури.

Кога НЕ е подходящ

• в силови схеми или при големи токове;
• при високи температури или тежки условия;
• когато е нужна ниска утечка и стабилност (там силиций или Шотки са по-добри);
• в модерни цифрови и логически схеми;
• като универсален диод за „всичко“.

В модерната електроника е почти изместен от силициевите и Шотки диодите, но в радиолюбителския свят германият си остава класика – особено моделите **1N34A**, **OA90**, **OA95**.

8. LED и фотодиод – две страни на една и съща идея

Тези два елемента са близки по природа, но работят в противоположни посоки. За радиолюбители и начинаещи е важно да се разбере именно това:

- **LED: електричество → светлина**
- **Фотодиод: светлина → електричество**

LED – когато токът трябва да стане светлина

LED (light-emitting diode) е диод, проектиран така, че когато през PN-прехода протича ток в права посока, част от енергията се излъчва като фотони (светлина). Това явление се нарича електролуминисценция.

Как работи LED диода(същността):

- електрон преминава от зона с висока енергия към по-ниска;
- излишната енергия се отделя като фотон;
- цветът зависи от енергийния „скок“ → различни материали = различни цветове.

Особености:

- LED работи само в права посока;
- напрежението му на отпушване зависи от цвета (от ~1.8 V до ~3.3+ V);
- токът трябва да е ограничен - LED не са създадени да „си ограничават“ тока сами.

Къде се използва LED диода (радио контекст):

• индикации по панели и апарати;
• оптрони (LED вътре);
• в някои оптични предаватели (IR LED).

Минуси
• не издържат на пренапрежение;
• нуждаят се от токово ограничение;
• не са подходящи за силна осветеност, ако са стандартни.

Фотодиод – когато светлината става ток

Фотодиодът е диод, специално оптимизиран така, че светлината да създава ток или напрежение. Работи обикновено в обратна посока.
Ключовото явление тук е фотогенерация на носители - светлината създава електрони и дупки, които увеличават тока.

Как работи Фотодиода (същността):

• светлина попада върху PN-прехода;
• генерират се носители;
• в обратен режим напрежението „изсмуква“ носителите и дава ток пропорционален на светлината.

Има два режима:

1. Фототоков режим (обратно напрежение) – по-бърз, линеен, нисък шум.
2. Фотоволтаичен режим (без напрежение) – работи като мини соларна клетка.

Къде се използва Фотодиода (радио контекст):

• дистанционни управления (IR приемници);
• оптрони (фотодиод вътре);
• светлинни сензори;
• оптични комуникации;
• тъмномерни схеми в приемници, аларми и др.

Минуси
• дават малък ток → нужни са усилватели;
• чувствителни към шум и паразити.

Сравнение на **LED** и **Фотодиод**

• LED: ток → светлина
• Фотодиод: светлина → ток

• LED: работи в права посока
• Фотодиод: най-често в обратна посока

• LED: източник
• Фотодиод: сензор

• LED: мощност от електричеството
• Фотодиод: мощност от светлината

Заключение: какво всъщност трябва да запомни един радиолюбител за диодите

Матрица за избор (The Master Cheat Sheet)

Диод	Главна Функция	Ключов Параметър	Топ Радио Приложение
Обикновен	Изправяне	0.7V пад	Захранващи блокове
Шотки	Бързина	0.2V пад	RF Смесители
Ценер	Стабилизация	Ценерово напр.	Опорно напрежение
Варикап	Капацитет	Напрежение->Капацитет	VCO / PLL настройка
PIN	RF Съпротивление	I-слой	T/R Антенни ключове
Тунелен	Осцилация	Отрицателно съпр.	Микровълнови схеми (стари)
Германиев	Детекция	0.2V пад / Утечка	AM Кристални приемници
LED / Фото	Оптика	Светлина <-> Ток	Индикатори / Сензори

HAM-BULGARIA.COM

Диодите са едни от най-старите и най-фундаментални полупроводникови елементи, но разнообразието им е голямо, защото всеки тип е оптимизиран за много различна задача. Важно е да не ги мислиш като „едно и също с различни имена“. Те се различават по структура, физика, поведение и предназначение.

Основната идея е проста:
Повечето диоди използват PN-преход, а някои (като Шотки) използват различен тип бариера. Но

във всички случаи се използва конкретно физично свойство - изправяне, пробив, капацитет, съпротивление или светлинна емисия - според задачата в схемата.

- **Обикновените диоди** - за изправяне и базови задачи.
- **Шотки** - за бързина и нисък пад.
- **Ценер** - за стабилизация и опорни напрежения.
- **Варикап** - PN-преход, ползван като капацитет за настройване.
- **PIN** - управлявано съпротивление за RF превключване.
- **Тунелен** - използва квантово тунелиране и отрицателно съпротивление.
- **LED** - превръща ток в светлина.
- **Фотодиод** - превръща светлина в ток.

Ако човек си подреди това в главата, започва да разбира защо схемите изглеждат така, както изглеждат. Почваш да виждаш функцията, а не просто „още един символ на чертежа“.

Диодите са отличен вход към по-дълбоки теми - полупроводникова физика, честотни филтри, стабилизация, RF ключове, оптика, шумове. И колкото повече ги изучаваш, толкова по-ясно става колко логично е всичко.

Документ, създаден от **ham-bulgaria.com** · Пълната статия е достъпна на ham-bulgaria.com/tutorials

Забележка: Поради автоматичното генериране на този PDF, част от математическите формули може да не бъдат визуализирани напълно коректно. За най-добро изживяване, препоръчваме да разгледате статията директно в сайта.