



Практическа електроника

Част седма

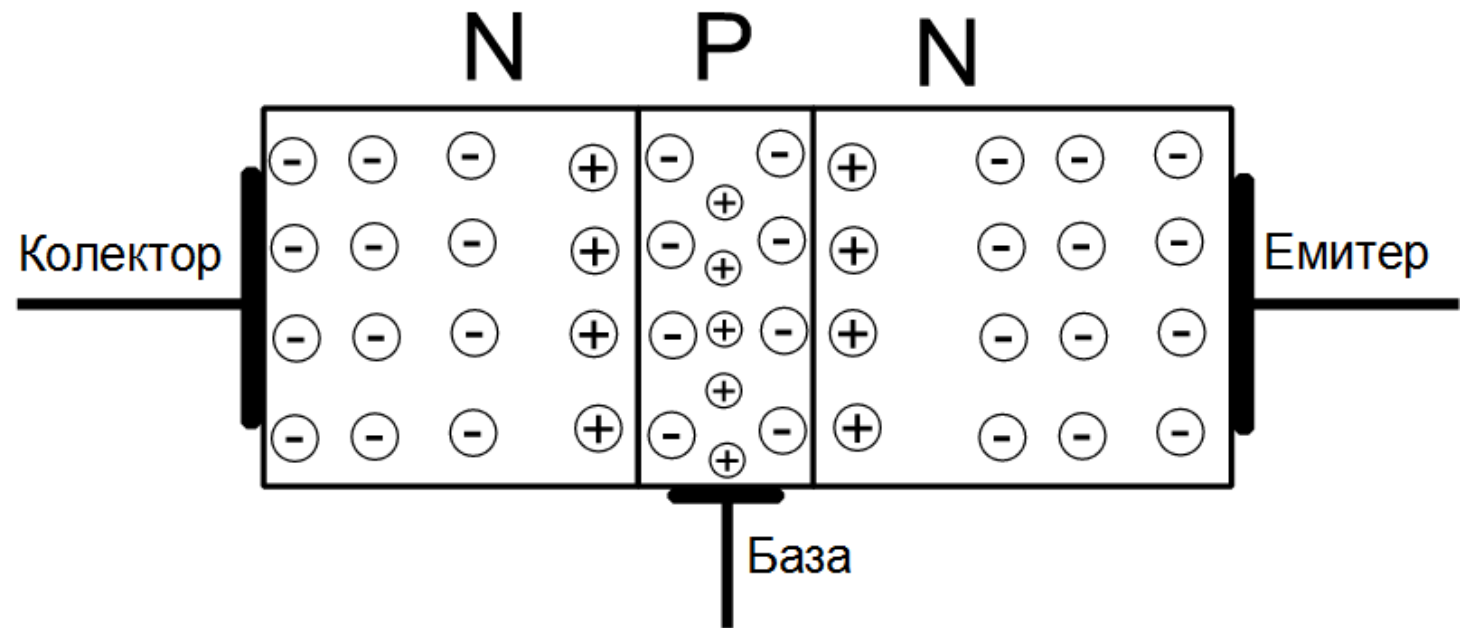
**Биполярни транзистори.
Полеви транзистори.**

инж. Б. Чакъров – гр. Лом – 11.3.2018 г.

1. Биполярни транзистори.

Биполярните транзистори са полупроводникови прибори с два p-n прехода, които имат свойството да усилват електрически сигнали. Математиката на свойствата им също е много сложна, затова ще упростя максимално обясненията – вижте схемата:

Това е n-p-n биполярен транзистор. Има два p-n прехода. Единият му извод се нарича колектор, вторият – емитер, свързани към n-кристалите. Между тях има много тънка (няколко микрона) p-област, наречена база.

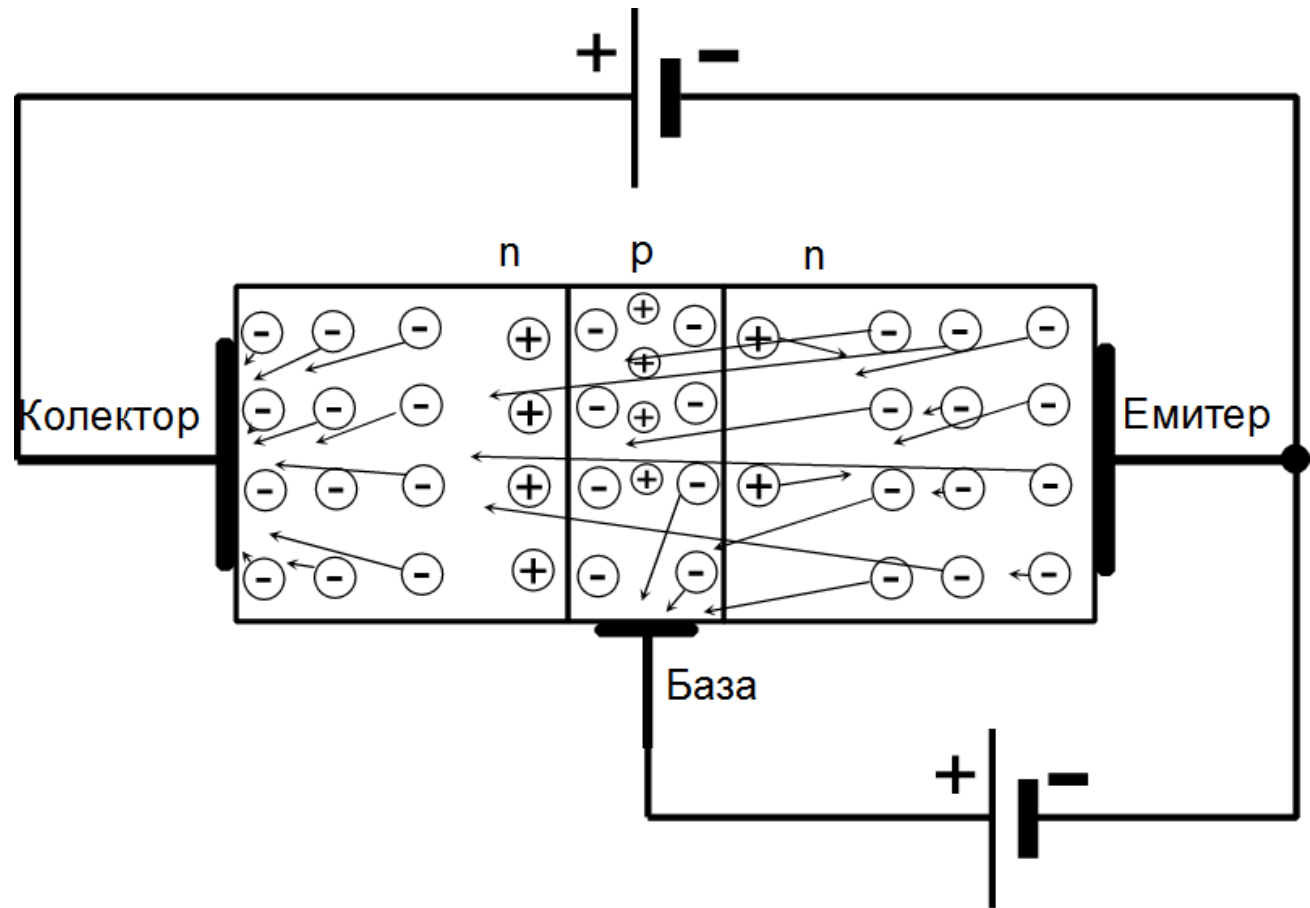


Как работи?

Вижте следващата схема:

Основният захранващ източник – горе, поляризира колекторния преход в обратна посока и ток не може да протече. При подаване на напрежение между емитера и базата в права посока, емитерният преход се поляризира в права посока и протича слаб „базов“ ток.

Една уговорка, която ще трябва да приемете на доверие: За неосновните токоносители за определения тип полупроводник потенциалните бариери все едно не съществуват – не спират тяхното движение. Това означава, че за базата, която е полупроводник тип „р“ и основните токоносители са дупки, електроните се явяват неосновни токоносители. Това означава, че за „инжектираните“ от емитера в базата електрони колекторната преграда, въпреки, че е поляризирана в обратна посока и би трябвало да е „запушена“ на практика не е преграда и не ги спира, защото те се явяват неосновни токоносители за базата. На практика малкият ток (от порядъка на микроампери) във веригата емитер-база, „отпушва“ транзистора и управлява много по-големия ток емитер-колектор. На това се дължат усилвателните свойства на транзистора.



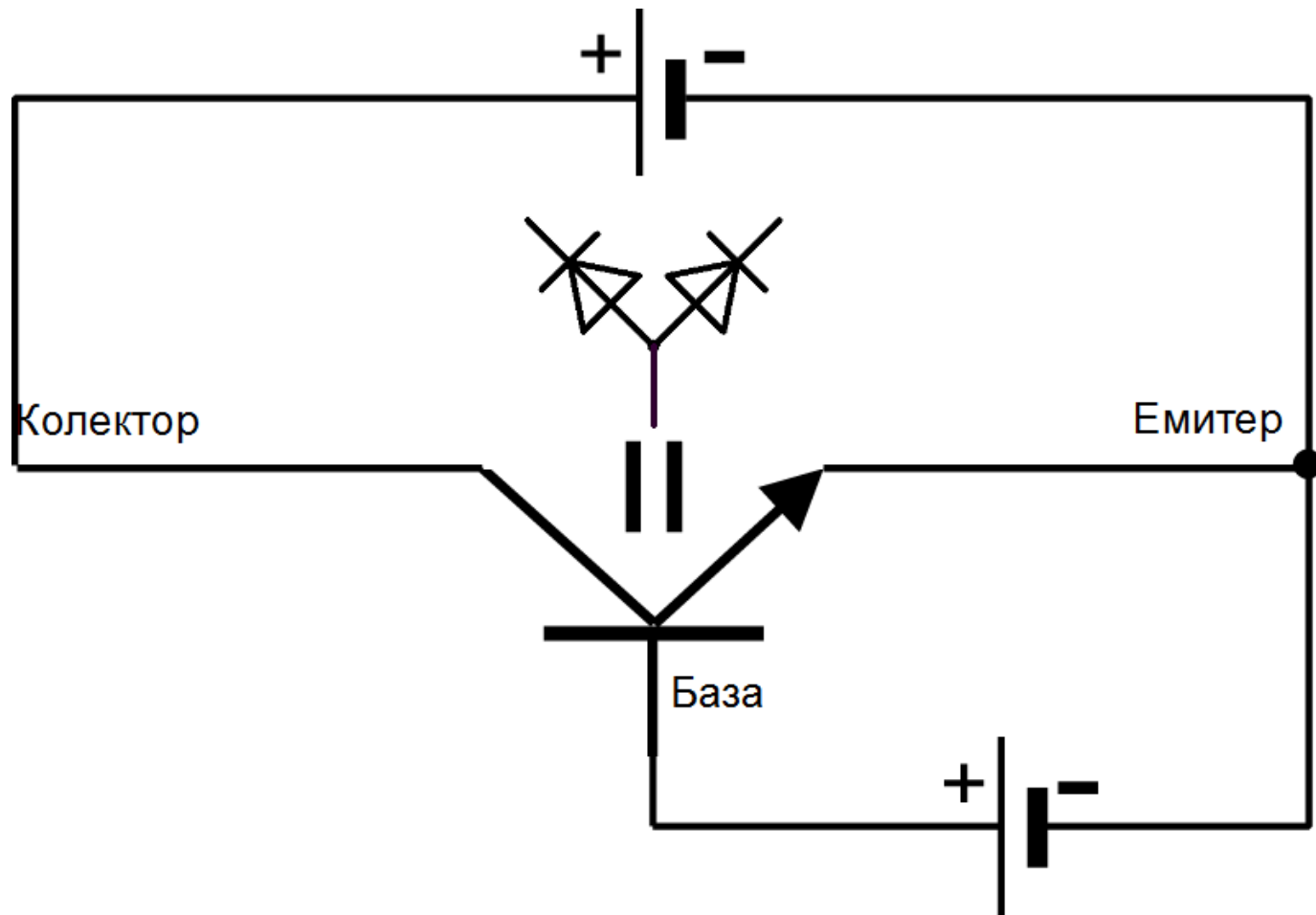
Условният знак на n-p-n биполярен транзистор е даден на тази схема. Базата се представя от линия, от която към емитера има стрелка, а към колектора – друга линия.

Еквивалентен модел на n-p-n транзистор са два диода, свързани с анодите си, където е базата.

Можем ли да включим така два диода и да получим транзистор?
Огговорът е твърдо не.

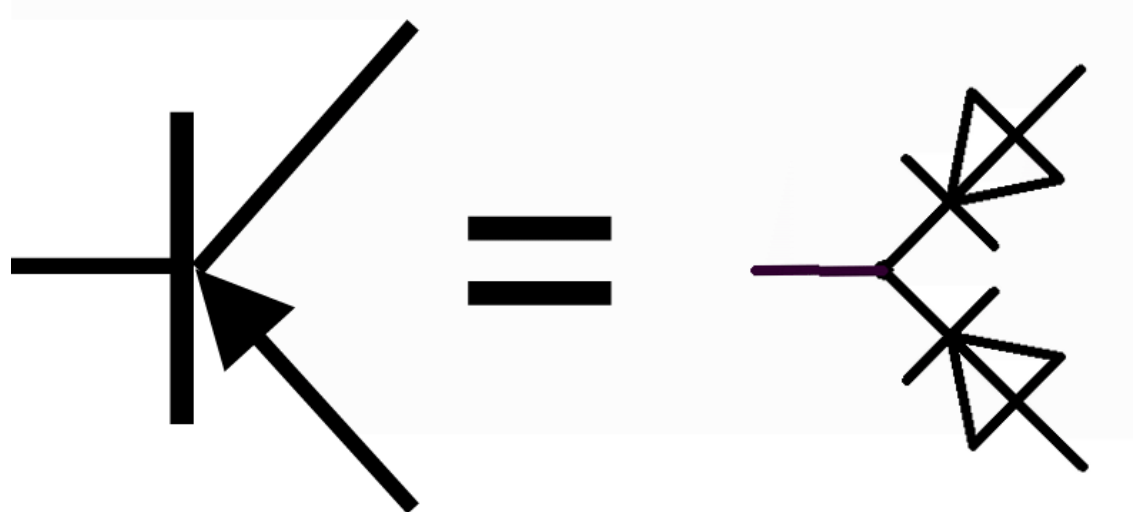
За да работят като транзистор p-n преходите трябва да са много близо един до друг – базата да е много тънка, за да може емитерният ток да влияе на колекторния.

Еквивалентната схема може да ви послужи, например за да знаете как да проверите изправността на транзистор с обикновен омметър или с мултиметър, който има функция за проверка на p-n преходи.

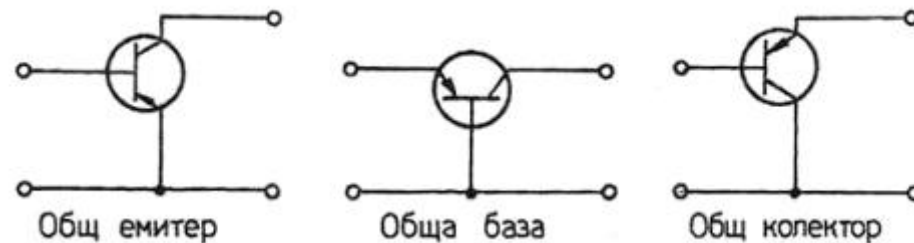


На тази схема е показан условният знак на другия тип биполярни транзистори p-n-p.

Отново емитерът е представен със стрелка, а посоката и показва, че базата трябва да бъде поляризирана с отрицателно напрежение спрямо емитера за да се отпусни транзисторът. Този тип транзистори се използват по същия начин като другите, но с обратни хранващи напрежения – на колектора се подава минус, а не плюс.



Биполярните транзистори могат да се включват в три основни вида схеми – вижте фигурата – в зависимост от това къде се подава входният сигнал и къде се включва товарът. Всяка от тези схеми има усилвателни свойства, но всяка се различава по параметри от другите.



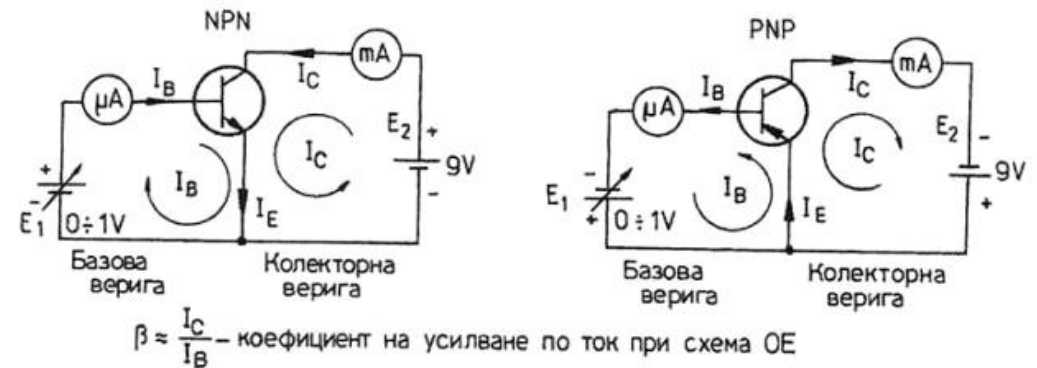
- **Общ емитер:** най-често ползваната схема. Тя усилва и по напрежение и по ток и има средно големи входно и изходно съпротивления. Сигналът се подава между емитера и базата, а товарът се включва между колектора и емитера.
- **Обща база:** Схемата усилва по напрежение, но не и по ток. Входното и съпротивление е ниско, а изходното – високо. Тази схема има най-добри честотни характеристики (може да работи на най-

високите честоти, възможни за конкретния вид транзистор). Входният сигнал се подава между емитера и базата, а товарът се включва между колектора и базата.

- Общ колектор: Схемата усилва само по ток, но не и по напрежение. Входното и съпротивление е високо, а изходното – ниско.

И трите схеми усилват по мощност. Всяка от тях се ползва за конкретни и специфични цели, които ще разгледаме по-нататък.

При всички случаи един от най-важните параметри на транзистора е неговото усилване по ток при схема ОЕ. Вижте схемите долу:



Коефициентът на усилване по ток „ β ” (Бета) показва колко пъти колекторният ток се изменя при изменение на базовия ток. Повечето съвременни цифрови мултиметри имат цокъл за биполярни транзистори и режим на измерване на

този коефициент. Може да го срещнете и под наименованието h_{21} , но означава същото. За да измерите биполярен транзистор с такъв мултиметър трябва да включите уреда на съответния обхват (позиция h_{21} на превключвателя), и да включите транзистора правилно в цокъла (правилно значи да знаете предварително какъв тип е транзисторът p-n-p или n-p-n, и да знаете кои са изводите му – ЕКБ, КБЕ или БЕК).

Ако всичко е наред, на дисплея ще излезе стойността на Бета – може да бъде от порядъка на 30-40 до над 1000.

Колкото по-голяма е цифрата, толкова повече усилва транзисторът.

Освен коефициентът на усилване по ток за схема ОЕ има още няколко много важни параметъра и характеристики на биполярните транзистори, които можете да намерите в справочници или datasheets, и които непременно трябва да имате предвид, когато решите да използвате транзистор във ваша схема.

1. Тип на материала на транзистора – германий или силиций.
2. Вид на проводимостта p-n-p или n-p-n.
3. Максимално допустимо напрежение колектор-емитер – това е максималното захранващо напрежение, което може да издържи транзисторът. Не бива да избирате транзистор, който издържа напрежение 9 V в схема, захранвана с 12 V.
4. Максимално-допустима мощност, разсейвана от колектора. Дава се при максимална температура за германиевите транзистори 70 градуса по Целзий, а за силициевите до 130 градуса. Маломощните транзистори разсейват мощност до около 0,5 вата. Средномощните и мощните транзистори разсейват мощности от порядъка на 3 до 150 вата и повече. По тази причина обикновено тези транзистори имат конструкция, която позволява да бъдат монтирани (завинтени) към охлаждащи радиатори. Ако бъдат натоварени с мощности близки до максималните си без да са монтирани на радиатори почти сигурно ще изгорят.
5. Максимално-допустим колекторен ток – също не бива да се превишава.
6. Гранична честота на коефициента на усилване Алфа при включване в схема ОБ. Честотата при която Алфа намалява с 30% спрямо стойността си при ниски честоти.
7. Гранична честота на коефициента на усилване Бета – при ОЕ. Честота, при която Бета намалява с 30% спрямо стойността си при ниски честоти.
8. Транзитна честота – при която Бета става равен на единица – т.е. при тази честота транзисторът спира да усилва по ток.

Последните три точки са много важни, ако избирате транзистор за радиоприемни или радиопредавателни устройства.

2. Полеви транзистори.

Биполярните транзистори са революционно изобретение, благодарение на което електрониката се превръща от стационарна или в най-добрия случай преносима, в джобна. Преди 1950 година никой не си е представял, че електронно устройство, като радиоприемник или дори телевизор може да се носи в джоб. Транзисторите постигат тази „фантастична” мечта. Въпреки очевидните си предимства: ниска консумация, ниски захранващи напрежения, компактност, биполярните транзистори имат и недостатъци. Основният е свързан с това, че те се управляват с токове. Щом имаме токове и напрежения в управляващата верига – това означава мощност. Т.е. източникът на сигнала трябва все пак да има някаква, макар и минимална мощност.

Полевите транзистори от своя страна могат да се управляват само с напрежение. Токовете, протичащи във входната им верига са с порядъци по-малки от базовите токове на биполярните транзистори. Това означава, и че те имат в порядъци по-големи входни съпротивления. Ако входното съпротивление на биполярно транзисторно усилвателно стъпало е от порядъка на 1 – 3 килоома, то входното съпротивление на подобно стъпало с полеви транзистор може да достигне до 10 или повече мегаома. Полевите транзистори са само силициеви и са основни в повечето интегрални схеми.

Основно полевите транзистори се делят на 3 вида:

- Полеви транзистор с p-n преход;
- Полеви транзистор (MOS – метал – окис – полупроводник) с изолиран управляващ електрод със собствен канал;
- Полеви транзистор (MOS) с изолиран управляващ електрод с индуциран канал;

Ще разгледаме начина на действие на всеки един от тях.

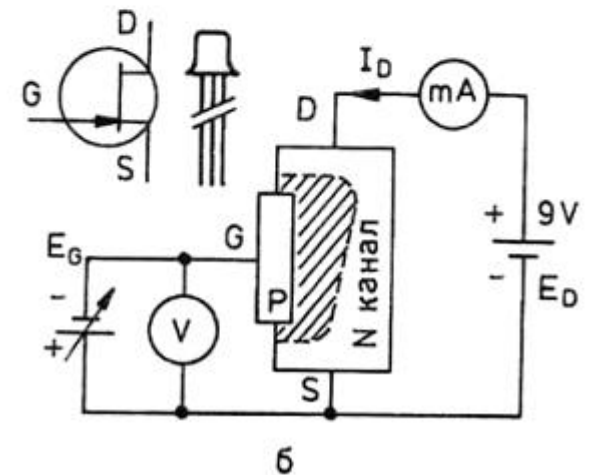
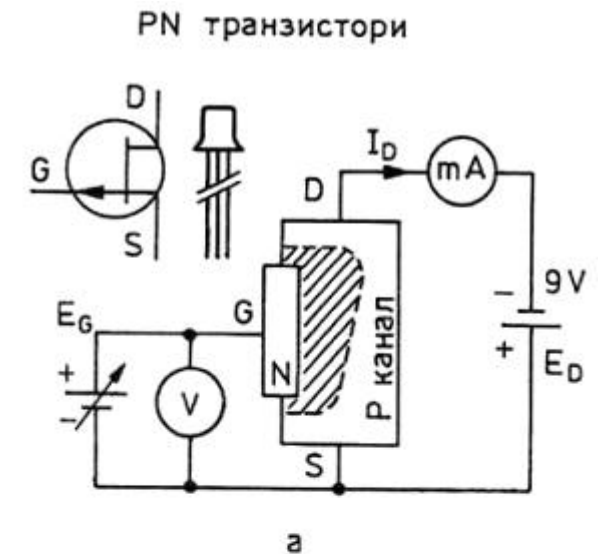
2.1. Полеви транзистори с p-n преход.

Във всички полеви транзистори принципът на действие е с електрическо поле да се управлява проводимостта на т.нар. „канал” където се движат само основни токоносители. Това означава, че управляваните токове не преминават през p-n преходи, а се движат само в еднородна среда.

Полевите транзистори с p-n преход могат да бъдат с N – канал или P – канал и работят с обратна поляризация на p-n прехода. Вижте схема а):

Представен е полеви (или PN) транзистор с P-канал. Изводът му, свързан към + на захранването се нарича „Сорс”. Изводът към минус се нарича „Дрейн” – там обикновено се включва и товарът. Управляващият електрод се нарича „Гейт” и му се подава напрежение, положително спрямо сорса. При това положение ток през гейта не протича, но ако си спомните урока за p-n прехода – се увеличава потенциалната бариера, която в тази схема е представена с щриховка. Колкото по-голямо е обратното напрежение на p-n прехода на транзистора, толкова по-голяма е тази бариера и толкова повече възпрепятства движението на основните токоносители (в случая дупки) от сорса към дрейна. По този начин входното напрежение управлява изходния ток на прибора.

На фигура б) имаме схема на полеви транзистор с N-канал. Процесите в него са същите, но се управляват основните токоносители електрони в n-канала и захранващите напрежения са обратни



2.1. Полеви транзистори MOS със собствен и с индуциран канал.

На първата фигура схематично е представено устройството на MOS полеви транзистор със собствен канал. Гейтът е свързан към металния електрод. Между него и полупроводниковия кристал има много тънък слой изолатор от силициев диоксид. Собственият канал е изграден от един от двата типа полупроводник (n или p). При подаване на напрежение към гейта неговото електрическо поле предизвиква обогатяване или обедняване на токоносителите в канала, което означава и съответна промяна в протичащия ток между сорса и дрейна.

Втората схема представлява MOS транзистор с индуциран канал. Конструктивно той няма обособен канал между сорса и дрейна. Каналът се появява при подаване на управляващо напрежение на гейта. Зоната, очертана с прекъсната линия се обогатява със съответните токоносители, което позволява протичането на ток в управляваната верига между сорса и дрейна.

Въпреки че MOS транзисторите се произвеждат и като дискретни елементи, най-широко приложение намират в интегралната схемотехника, поради технологията си на изработване върху повърхността на силициев монокристал използвайки технологии като вакуумно изпарение и отлагане и ецване.

В следващия урок ще разгледаме най-често използваните схеми на включване на транзисторите, т.е. ще започнем да „четем“ електронни схеми.

Източник и препоръчвана литература: Шишков А., Първи стъпки в радиоелектрониката.

