



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Биполярлық транзисторлар

*PhD докторы ЭТжҒТ кафедрасының
қауымдастырылған профессоры
Хабай Анар
Email: a.khabay@satbayev.university*

Алматы қаласы, 2025 ж.

Дәріс №13. Биполярлық транзисторлар

Дәрістің мақсаты:

Биполярлық транзисторлардың құрылымын және түрлерін (n-p-n, p-n-p) меңгерту;

Транзистордың жұмыс принципін және негізгі токтарының байланысын түсіндіру;

Транзистордың жұмыс режимдерін (сызықтық, қанығу, кесу, кері) талдау;
ОБ, ОЭ, ОК қосылу схемаларының ерекшеліктерін көрсету;

Кіру және шығу вольт-амперлік сипаттамаларын қарастыру;

Транзистордың алмастыру (эквивалентті) схемаларын және h-параметрлерін түсіндіру;

Күшейткіш каскадтардың жұмысын түсіндіру және қолдану салаларын көрсету.

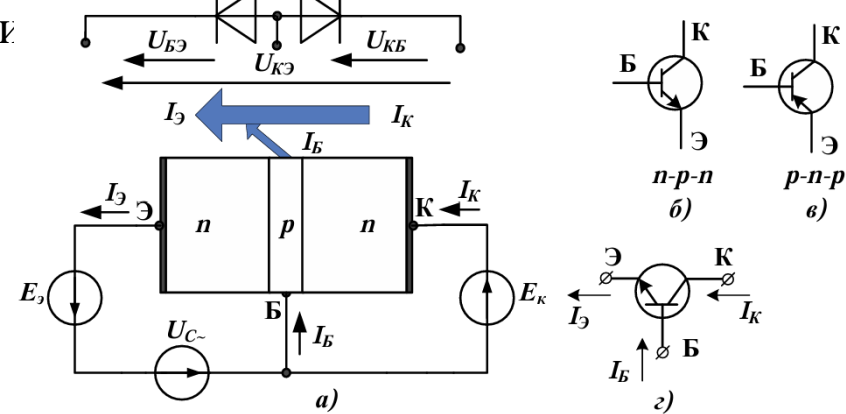
ҚҰРЫЛЫМ ЖӘНЕ ТОК БАЙЛАНЫСЫ

Құрылымы:

- Транзистор үш қабаттан тұрады: Эмиттер (Э), База (Б) және Коллектор (К).
- Түрлері: n-p-n (негізгі өткізгіштік электрондарға байланысты) және p-n-p (негізгі өткізгіштік кемтіктерге байланысты).
- Базалық қабат өте жұқа (басқа қабаттардан шамамен 50 есе аз) және легирленуі аз болады. Бұл базадан коллекторға заряд тасымалдаушылардың өтуін жеңілдетеді.

Жұмыс принципі:

- Сызықтық режимдегі жұмыс үшін база-эмиттер өткелі тура бағытта (тура ығысу) ашылады.
- Эмиттерден базаға енгізілген бос электрондардың үлкен бөлігі коллекторға тартылып, коллектор тогын (I_K) құрайды.
- База тогы (I_B) – бұл базада жоғалатын электрондардың аз ғана бөлігі.
- Транзистордың токтары арасындағы байланыс $K_I = I_K / I_B$ болады: $I_K = I_B K_I$



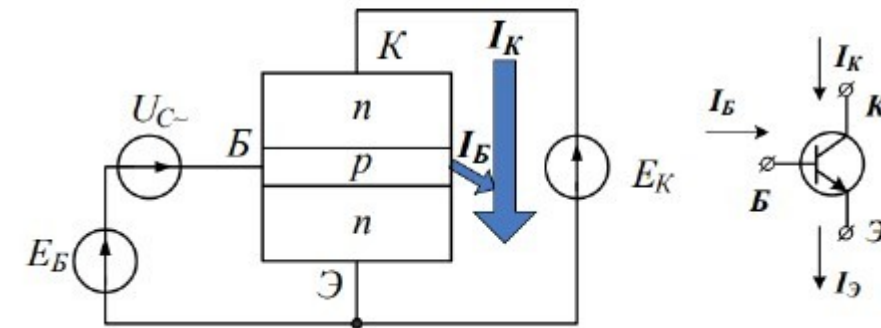
ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІ ЖӘНЕ СХЕМАЛАР

Жұмыс режимдері: Транзистордың жұмыс режимі оның екі р-п өткеліне (Эмиттер және Коллектор ауысуларына) қолданылатын кернеулердің полярлығына байланысты:

1. Сызықтық (күшейту) режим: Эмиттер ауысуы – тура, Коллектор ауысуы – кері ығысады. Бұл режимде транзистор күшейткіш ретінде жұмыс істейді.
2. Қанығу режимі: Екі ауысу да тура бағытта ауысады.
3. Кесу режимі: Екі ауысу да кері бағытта ауысады.
4. Кері режим: Коллектор ауысуы – тура, Эмиттер ауысуы – кері ауысады.

Қосылу схемалары: Транзисторды тізбекке қосудың үш негізгі схемасы бар, олардың айырмашылығы – кіріс және шығыс тізбектері үшін ортақ (жалпы) электродтың таңдалуында:

- Жалпы база (ОБ).
- Жалпы эмиттер (ОЭ): Күшейткіш каскадтарда ең жиі қолда
- Жалпы коллектор (ОК).



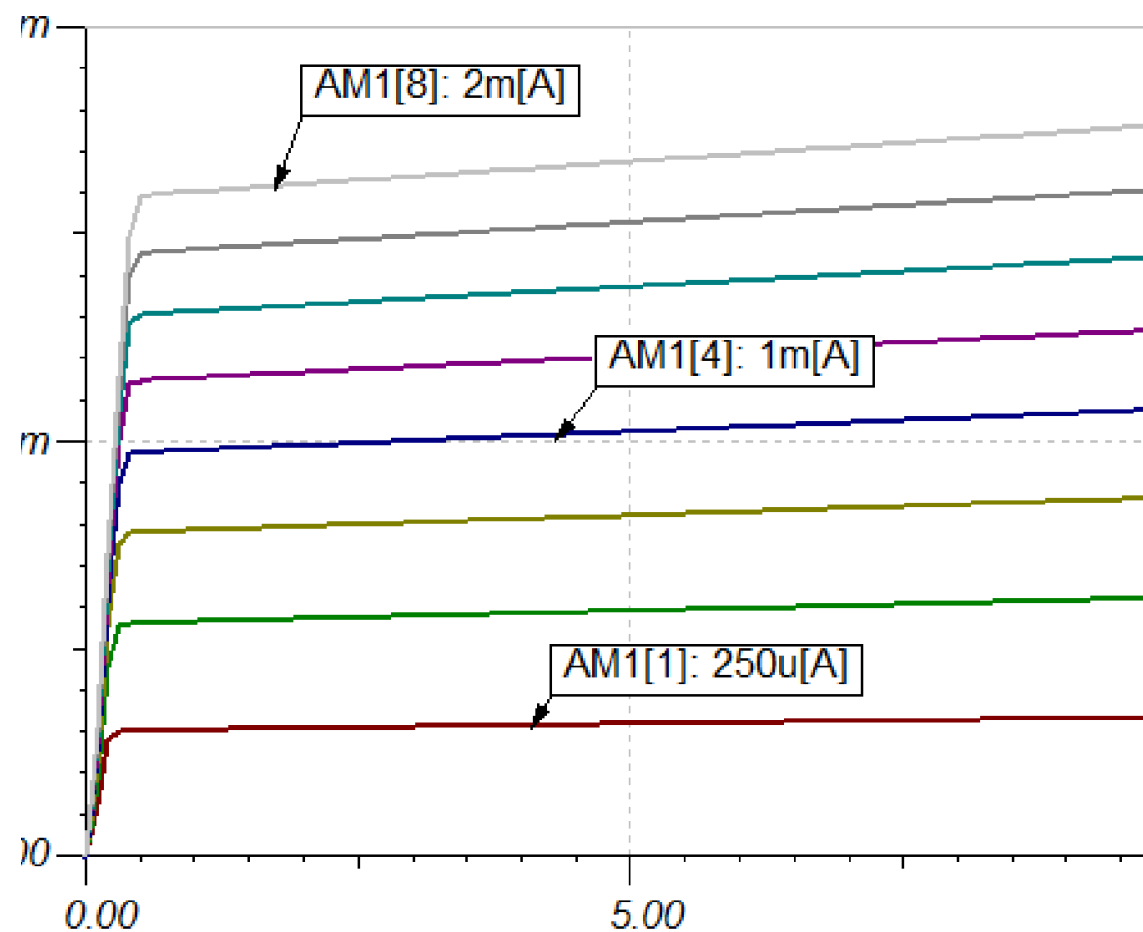
СИПАТТАМАЛАР ЖӘНЕ ЖҰМЫС НҮКТЕСІ

Ортақ Эмиттер схемасының сипаттамалары:

- Кіріс ВАС: База тогының (ІБ) база-эмиттер кернеуіне (UБЭ) тәуелділігін көрсетеді. Бұл сипаттамадан шектік кернеудің шамамен 0,5–0,7 В аралығында екені байқалады.
- Шығыс ВАС: Коллектор тогының (ІК) коллектор-эмиттер кернеуіне (UКЭ) тәуелділігін көрсетеді, база тогы тұрақты болғанда.

Тыныштық режимі (Статикалық режим):

- Транзистордың дұрыс жұмыс істеуі үшін оның жүктемелік сызығын шығыс сипаттамаларына жүргізу арқылы жұмыс нүктесі (А нүктесі) таңдалады.
- Кіші сигналды күшейту үшін А нүктесі жүктемелік сызықтың ортасында таңдалады (сызықтық режим).
- Транзистордың жұмыс режимінің аймағы максималды рұқсат етілген токтармен (ІКМАХ), кернеулермен (UКМАХ) және қуаттың таралуымен (РКМАХ) шектеледі.



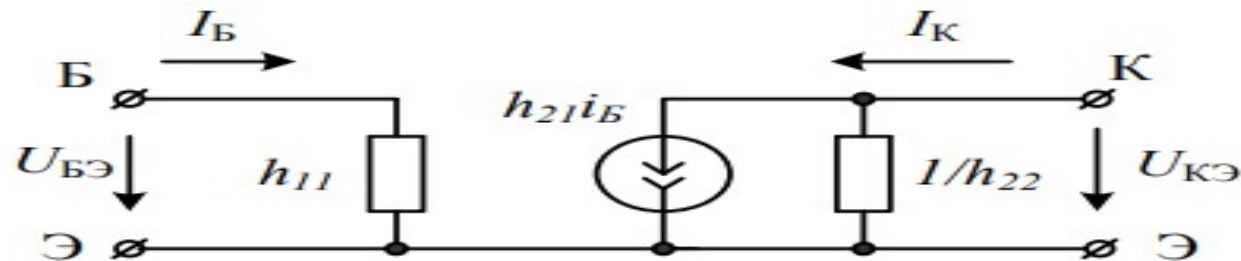
АЛМАСТЫРУ СХЕМАЛАРЫ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ

Кіші сигналды модельдеу:

- Кіші сигналды күшейтудің сызықтық режимінде (А класы) транзисторды Н-параметрлері бойынша төртполюс жүйесінің теңдеулерімен сипаттауға болады.
- Бұл алмастыру схемасында транзистор база тогымен басқарылатын ток көзі ретінде қарастырылады. h_{21} параметрі транзистордың күшеюін анықтайды (β коэффициентіне ұқсас).

Жоғары жиіліктердегі модельдер:

- Тұрақты токта және төмен жиіліктердегі модельдерге (2.9-сурет) қосымша, жоғары жиіліктерде транзистордың инерциясы ескеріледі.
- Алмастыру схемасына база мен коллектор арасындағы C_K және база мен эмиттер арасындағы C_E сыйымдылықтары қосылады.
- Джаколеттоның алмастыру схемасы және SPICE модельдері транзистордың қасиеттерін ең дәл әрі жан-жақты көрсетеді.



КҮШЕЙТКІШ КЛАСТАРЫ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ САЛАЛАРЫ

Күшейткіш кластары:

- А класы: Сызықтық режимде жұмыс істейді. Қуатты күшейткіштер үшін энергетикалық тиімсіз, себебі тұрақты токтың компоненті үлкен.
- В класы: Ірі сигналдар үшін қолданылады, сигналдың жарты толқынын кеседі. Әдетте екі тактілі күшейткіштерде пайдаланылады.
- АВ класы: А класы мен В класының аралық режимі. Кішкентай амплитудалы сигналдардың сызықтық бұрмалануын азайту үшін қолданылады.

Қолдану Салалары:

- Электр сигналдарының күшейткіштері, генераторлары және түрлендіргіштері.
- Транзисторлар жиіліктеріне қарай төмен (3 МГц дейін), орташа, жоғары және ультра жоғары жиілікті болып бөлінеді.
- Қуатына қарай: төмен (300 мВт-қа дейін), орташа (1,5 Вт-қа дейін) және үлкен қуатты болады.

Қорытынды

- ✓ Биполярлық транзисторлар – екі жартылай өткізгіш өткелінен құралған, электроникадағы сигналдарды басқарудың және күшейтудің негізгі элементтері. Олардың жұмысы екі түрлі заряд тасымалдаушының (электрондар мен кемтіктердің) әрекетіне негізделген, сондықтан оларды "биполярлық" деп атайды. Транзистордың негізгі міндеті – база тогын басқару арқылы коллектор тогын басқару, осылайша қуатты немесе кернеуді күшейту. Олардың жұмыс режимдері (сызықтық, қанығу, кесу) база мен коллекторлық ауысуларға берілетін кернеу полярлығына байланысты. Тізбекті талдауды жеңілдету үшін транзисторды база тогымен басқарылатын ток көзі ретінде қарастыруға мүмкіндік беретін алмастыру схемалары, соның ішінде жоғары жиіліктерде сыйымдылықтарды ескеретін дәл модельдер қолданылады. Ең тиімді күшейту көбінесе ортақ эмиттер схемасы арқылы жүзеге асырылады.

Қайталау сұрақтары

1-бөлім. Негізгі түсініктер

1. Биполярлық транзистор дегеніміз не? Оның қандай екі негізгі түрі бар?
2. Эмиттер, база және коллектордың атқаратын қызметін түсіндіріңіз.
3. Неліктен транзистор «биполярлық» деп аталады?
4. Базаның қалыңдығы мен легирлену деңгейі неге аз етіп жасалады?
5. Эмиттер тогы, коллектор тогы және база тогы арасындағы байланыс теңдеуін жазыңыз.

2-бөлім. Қосылу схемалары және жұмыс режимдері

6. Жалпы база, жалпы эмиттер және жалпы коллектор схемаларының айырмашылығы неде?
7. Транзистордың сызықтық, қанығу, кесу және кері режимдерін түсіндіріңіз.
8. Коллектор тогы базалық токқа қалай тәуелді? (β коэффициенті).
9. Ортақ эмиттер схемасындағы кіріс және шығыс сипаттамалары қалай анықталады?
10. Тыныштық режим (жұмыс нүктесі) дегеніміз не және ол қалай таңдалады?

3-бөлім. Эквивалентті схемалар және параметрлер

11. Транзистордың h -параметрлерін атаңыз және олардың физикалық мәнін түсіндіріңіз.
12. Неліктен кіші сигнал режимінде транзистор басқарылатын ток көзі ретінде қарастырылады?
13. Жоғары жиіліктерде транзистордың қосымша сыйымдылықтары қандай рөл атқарады?
14. Джаколетто моделі мен SPICE модельдерінің артықшылықтары қандай?
15. Транзистор күшейткішінің А, В және АВ кластағы жұмыс режимдерінің айырмашылығын атаңыз.

4-бөлім. Қолдану салалары

16. Биполярлық транзисторлар қандай негізгі салаларда қолданылады?
17. Төмен, орташа және жоғары жиілікті транзисторлардың айырмашылықтарын атаңыз.
18. Қуатына қарай транзисторлар қалай жіктеледі?
19. Неліктен күшейткіш каскадтарда көбінесе ортақ эмиттер схемасы қолданылады?
20. Электрондық құрылғыларда транзисторларды қолданудың негізгі артықшылықтарын түсіндіріңіз.

Назарларыңызға рақмет!