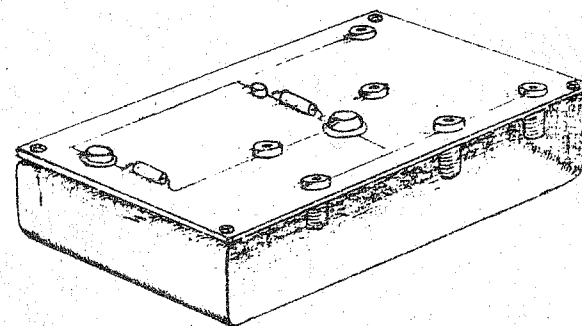


1 руб.

А.А. Ахаян, Т.Р. Берлина

# ЭЛЕКТРОНИКА

ЛАБОРАТОРНЫЕ МАКЕТЫ



ЛЕНИНГРАД-1991

---

Министерство образования РСФСР  
Российский ордена Трудового Красного Знамени  
государственный педагогический университет  
имени А.И.Герцена

Малое государственное научно-производственное  
предприятие "Внедрение"

---

А.А.Ахалин, Т.Р.Берлина

Э Л Е К Т Р О Н И К А

Лабораторные макеты

Ленинград 1991

Печатается по решению РИСа РГПУ им. А.И.Герцена.

Методическая разработка содержит описание комплекта лабораторных макетов электронных устройств, предлагаемых для проведения спецпрактикума "Электроника" в курсе физики в X - XI классах средней школы.

Рецензенты: канд.ф.-м.наук, ст.н.с. А.А.Петров /ЛЭТИ им. Ульянова-Ленина/ ;  
канд.ф.-м.наук, доц. Р.Х.Калимуллин /РГПУ им. А.И.Герцена/ ;  
канд.ф.-м.наук, доц. В.П.Мерзляков /РГПУ им. А.И.Герцена/ ;  
канд.ф.-м.наук, доц. А.Ф.Панарин /РГПУ им. А.И.Герцена/.

© Российский ордена Трудового  
Красного Знамени государственный  
педагогический университет /РГПУ/  
им. А.И.Герцена, 1991.

Настоящая брошюра содержит описание комплекта лабораторных макетов простейших электронных устройств, предназначенного для проведения спецпрактикума по электронике в курсе физики в средних учебных заведениях.

Спецпрактикум знакомит с распространенными линейными и нелинейными элементами электронных схем (резистором, фоторезистором, полупроводниковым диодом, светодиодом, транзистором), а также с принципами построения на базе транзистора электронных схем трех основных направлений: управляющих, усиливающих, генерирующих.

Содержание спецпрактикума включено составной частью в лекционный курс "Радиоэлектроника" для студентов физического и индустриально-педагогического факультетов РГПУ.

Партия комплектов "Электроника" прошла апробацию в ряде ленинградских школ (№ 4, 23, 187, 205, 210, 211, 292, 305, 470, 491). Малое предприятие "Внедрение" при РГПУ освоило выпуск комплектов и с 1990 года осуществляет их поставку по заказам средних и высших учебных заведений.

В комплект входят следующие макеты:

1. Резисторы и диоды.
2. Транзистор как управляемое сопротивление.
3. Фотоэлектронный ключ.
4. Инерционный электронный ключ (реле времени).
5. Мультивибратор со светодиодной индикацией.
6. Усилительный каскад.
7. Генератор электрических синусоидальных колебаний.

Первый из перечисленных макетов позволяет исследовать вольтамперные характеристики линейных (резистор, фоторезистор) и нелинейных (диод, светодиод) элементов.

Второй макет знакомит со свойствами последовательной цепи, состоящей из транзистора и постоянного сопротивления. Работа с этим макетом убеждает в том, что транзистор можно представить в качестве управляемого сопротивления.

В третьем и четвертом макетах это свойство транзистора используется для построения и анализа работы простейших управляющих схем, имеющих практическое значение - фотоэлектронного ключа и инерционного электронного ключа (реле времени).

Пятый макет позволяет убедиться в том, что два ключа, охваченные взаимной обратной связью, приобретают новое качество - начинают бесконечно долго работать попеременно. Так происходит знакомство с принципом получения периодических электрических импульсов.

Конструкция шестого макета ориентирована на детальный разбор принципа усиления синусоидальных электрических колебаний цепью транзистор-постоянное сопротивление, уже знакомой по предыдущим макетам. Макет позволяет проводить измерения основных характеристик усилительного каскада.

Седьмой макет - транзисторный генератор синусоидальных электрических колебаний - позволяет убедиться в том, что генерация колебаний может быть получена путем введения обратной связи в усилительный каскад, знакомый по шестому макету.

Макеты рассчитаны на питание от стабилизированного источника постоянного напряжения 9 В. Допускается применение источников с напряжением от 5 до 13 В. При использовании в качестве источника питания нестабилизированных выпрямителей В-24 или В4-12 выходные клеммы выпрямителя следует шунтировать электролитическим конденсатором емкостью 100-200 мкФ с пробивным напряжением не менее 50 В.

Для проведения спецпрактикума требуется следующее дополнительное оборудование: при работе

- с макетом 1 - миллиамперметр с пределом 5 мА,  
вольтметр с пределом 4 В;
- с макетом 2 - вольтметр с пределом 0,5 В,  
вольтметр с пределом 10 В;
- с макетом 3 - вольтметр с пределом 0,5 В,  
вольтметр с пределом 10 В,  
несколько бумажных дисков диаметром 1 см различной степени прозрачности;

- с макетом 4 - вольтметр с пределом 0,5 В,  
вольтметр с пределом 10 В,  
секундомер;
- с макетом 5 - вольтметр с пределом 10 В /2 шт./,  
секундомер;
- с макетами 6,7 - вольтметр с пределом 0,5 В,  
вольтметр с пределом 10 В,  
вольтметр переменного тока с пределом 10 В,  
осциллограф С1-72 или его аналог,  
генератор ГЗ-36 или его аналог.

Примечание: в комплект "Электроника", помимо лабораторных макетов, входит перечисленное выше дополнительное оборудование, за исключением источника питания, осциллографа С1-72, генератора ГЗ-36 и секундомера.

Лабораторные задания к спецпрактикуму содержатся в кн.:  
Ахаян А.А., Берлина Т.Р. Электроника. Спецпрактикум. Л., 1991.

Макет I  
РЕЗИСТОРЫ И ДИОДЫ

Принципиальная схема макета приведена на рис.1. Макет позволяет проводить измерение зависимости тока от напряжения  $J = f(U)$  (вольтамперной характеристики) линейных элементов (резистора, фоторезистора) и нелинейных элементов (полупроводникового диода, светодиода). Напряжение питания  $U_n = 9 В$  подается на гнезда Г8 (-), Г9 (+). Напряжение  $U$  на элементе измеряется вольтметром, подключенным к гнездам Г6, Г7. Ток через элемент измеряется миллиамперметром, установленным между гнездом Г5 и одним из гнезд Г1, Г2, Г3, Г4.

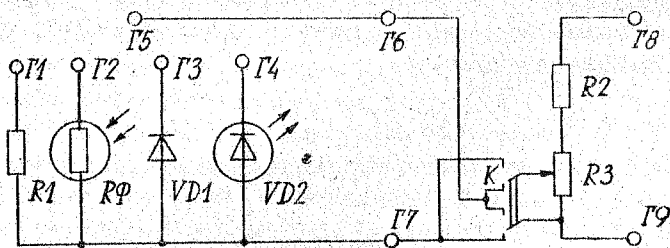


Рис.1. Принципиальная схема макета "Резисторы и диоды"

Радиодетали

- VD1 - диод 2Д-40I;
- VD2 - светодиод АЛ-307;
- RΦ - фоторезистор СФ-2;
- R1 - резистор МЛТ-0,25, 620 Ом;
- R2 - резистор МЛТ-0,25, 430 Ом;
- R3 - переменное сопротивление СП-04, 150 Ом;
- K - тумблер ТВ2-1.

Переменное сопротивление R3 позволяет управлять величиной, а тумблер K - полярностью напряжения  $U$ , приложенного к исследуемому элементу.

Экспериментально измеряемые зависимости:

- зависимость  $J = f(U)$  для резистора (см. рис.2). В соответствии с законом Ома вольтамперная характеристика (ВАХ) резистора представляет собой прямую линию;
- зависимость  $J = f(U)$  для фоторезистора (см. рис.2). ВАХ фоторезистора так же, как и обычного резистора, линейна. С ростом освещенности фоторезистора его сопротивление уменьшается. Поэтому характеристики, измеренные при различных уровнях освещенности, имеют различный наклон;
- зависимость  $J = f(U)$  для полупроводникового диода (см. рис.3). ВАХ диода имеет вид, существенно отличный от линейного. Приложение к диоду напряжения, смещающего p-n-переход в прямом направлении вызывает протекание тока. С увеличением величины приложенного напряжения ток экспоненциально возрастает. Приложение напряжения противоположной полярности вызывает обратный ток очень малой ( $\ll I_{mA}$ ) величины;
- зависимость  $J = f(U)$  для полупроводникового светодиода (см. рис.3). ВАХ светодиода по виду подобна ВАХ обычного диода. Протекание тока через p-n-переход в светодиоде сопровождается рекомбинационным излучением, что позволяет использовать светодиод в качестве индикатора тока.

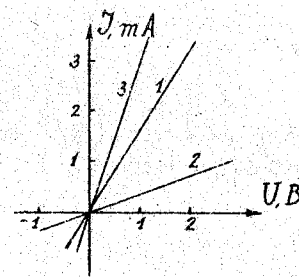


Рис. 2. Примерный вид зависимости  $J = f(U)$   
1 - резистор; 2 - фоторезистор СФ-2, рассеянный дневной свет;  
3 - то же, дополнительное освещение светом настольной лампы.

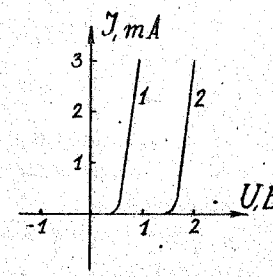


Рис. 3. Примерный вид зависимости  $J = f(U)$   
1 - кремниевый диод 2Д-40I;  
2 - арсенидгаллиевый светодиод АЛ-307.

ТРАНЗИСТОР КАК УПРАВЛЯЕМОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Принципиальная схема макета приведена на рис. 4. Схема собрана на германиевом транзисторе малой мощности структуры р-п-р типа МП-39. Напряжение питания  $U_{\pi} = 9$  В подается на гнезда Г5 (-), Г6 (+). Индикация прохождения тока по открытому транзистору осуществляется излучением светодиода типа АЛ-102, установленного в коллекторной цепи транзистора.

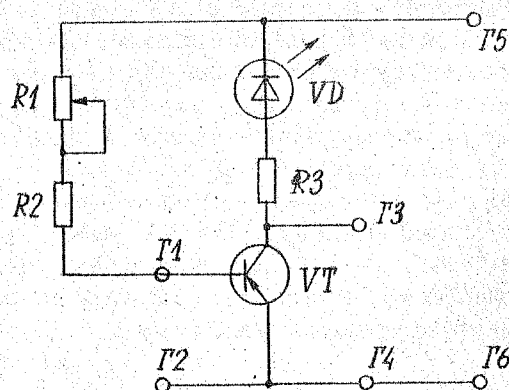


Рис. 4. Принципиальная схема макета "Транзистор как управляемое сопротивление"

Радиодетали:

- VT - транзистор МП-39;
- VD - светодиод АЛ-102;
- R1 - переменное сопротивление СП-04, 680 кОм;
- R2 - резистор МЛТ-0,25, 6,2 кОм;
- R3 - резистор МЛТ-0,25, 1,0 кОм.

Переменное сопротивление  $R1$ , управляя током базы, обеспечивает изменение напряжения на базе транзистора  $U_{БЭ}$ , в пределах от 0 до 0,25 В. При этом коллекторный ток  $J_{К}$  изменяется от 0 до максимального значения, определяемого величиной напряжения питания  $U_{\pi}$  и сопротивлением нагрузки  $R3$ , а напряжение на коллекторе транзистора  $U_{КЭ}$  изменяется от значений, близких к напряжению питания схемы  $U_{\pi}$  (при закрытом транзисторе), до значений, близких к нулю (при полностью открытом транзисторе). Протекание тока по открытому транзистору сопровождается излучением светодиода.

Экспериментально измеряемые величины:

- напряжение на базе  $U_{БЭ}$  (гнезда Г1, Г2);
- напряжение на коллекторе  $U_{КЭ}$  (гнезда Г3, Г4).

Экспериментально измеряемая зависимость:

- зависимость  $U_{КЭ} = f(U_{БЭ})$  (см.рис. 5).

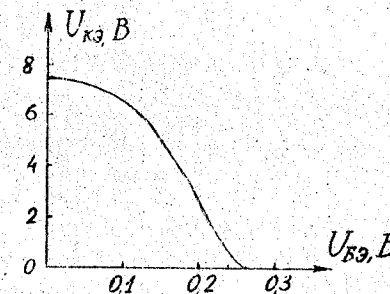


Рис. 5. Примерный вид зависимости  $U_{КЭ} = f(U_{БЭ})$  при  $U_{\pi} = 9$  В.

Макет 3  
ФОТОЭЛЕКТРОННЫЙ КЛЮЧ

Принципиальная схема макета приведена на рис. 6. Фотоэлектронный ключ собран на основе германиевого транзистора малой мощности структуры р-п-р типа МП-39. Напряжение питания  $U_n = 9$  В подается на гнезда Г5 (-), Г6 (+). В роли фоточувствительного элемента выступает фоторезистор СФ-2. Индикатором работы ключа служит светодиод типа АЛ-102, установленный в коллекторной цепи транзистора.

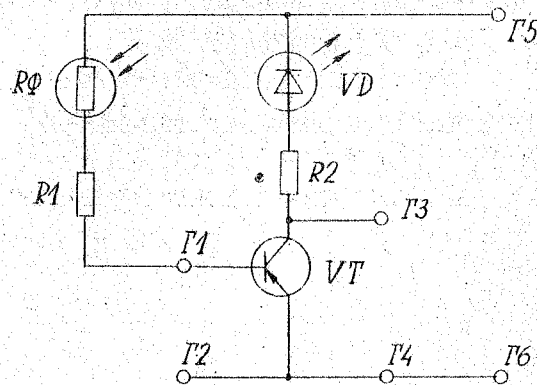


Рис. 6. Принципиальная схема макета "Фотоэлектронный ключ"

Радиодетали:

- VT - транзистор МП-39;
- VD - светодиод АЛ-102;
- RΦ - фоторезистор СФ-2;
- R1 - резистор МЛТ-0,25, 6,2 кОм;
- R2 - резистор МЛТ-0,25, 1,0 кОм.

Макет знакомит с практическим использованием транзистора как управляемого сопротивления в схеме фотоэлектронного ключа.

В темноте сопротивление фоторезистора составляет несколько сотен килоом, ток в цепи базы и напряжение на базе транзистора  $U_{БЭ}$  близки к нулю, транзистор закрыт, и светодиод не излучает. При попадании рассеянного дневного света на входное окно фоторезистора его сопротивление уменьшается до значений, при которых в цепи базы появляется ток, напряжение на базе возрастает до значений  $U_{БЭ} = 0,20 \pm 0,25$  В. Транзистор открывается, и светодиод начинает излучать.

Напряжение на коллекторе  $U_{КЭ}$  изменяется от значений, близких к напряжению питания  $U_n$  (при закрытом транзисторе), до значений, близких к нулю (при полностью открытом транзисторе).

Экспериментально измеряемые величины:

- напряжение на базе  $U_{БЭ}$  (гнезда Г1, Г2);
- напряжение на коллекторе  $U_{КЭ}$  (гнезда Г3, Г4).

Экспериментально измеряемые зависимости:

- зависимость  $U_{БЭ}$  от освещенности фоторезистора в виде таблицы (см. таблицу);
- зависимость  $U_{КЭ}$  от освещенности фоторезистора в виде таблицы (см. таблицу);
- зависимость  $U_{КЭ} = f(U_{БЭ})$  (по результатам таблицы).

Таблица. Примерные значения  $U_{БЭ}$  и  $U_{КЭ}$  при различных уровнях освещенности фоторезистора.  $U_n = 9$  В

№ опыта	Условия опыта	$U_{БЭ}$ , В	$U_{КЭ}$ , В
1	Полное затемнение входного окна фоторезистора	0,05	8
2	Окно закрыто плотной бумагой	0,15	6
3	Окно закрыто тонкой бумагой	0,22	1
4	Окно открыто	0,25	0

Макет 4  
ИНЕРЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ КЛЮЧ (РЕЛЕ ВРЕМЕНИ)

Принципиальная схема макета приведена на рис. 7. Электронный ключ собран на основе германиевого транзистора малой мощности структуры р-п-р типа МП-39. Напряжение питания  $U_n = 9В$  подается на гнезда Г5 (-), Г6 (+). Индикация работы ключа осуществляется излучением светодиода типа АЛ-102, установленного в коллекторной цепи транзистора.

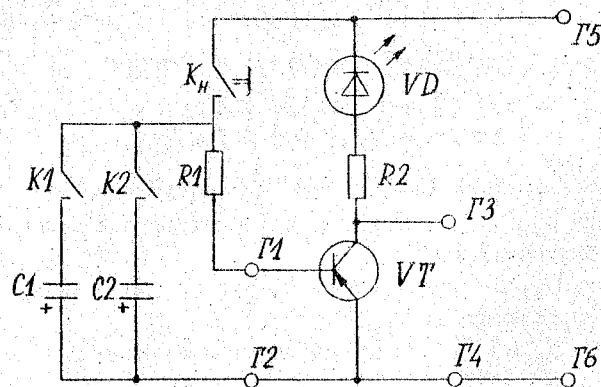


Рис. 7. Принципиальная схема макета "Инерционный электронный ключ (реле времени)"

Радиодетали:

- VT - транзистор МП-39;
- VD - светодиод АЛ-102;
- Кн - микрокнопка ПМ2-18;
- К1, К2 - тумблер ТВ2-1;
- R1 - резистор МЛТ-0,25, 30 кОм;
- R2 - резистор МЛТ-0,25, 1,0 кОм;
- C1 - конденсатор К52-1, 25 мкФ;
- C2 - конденсатор К52-1, 150 мкФ.

Макет знакомит с практическим использованием транзистора как управляемого сопротивления в схеме электронного ключа с реле времени. При разомкнутой кнопке Кн напряжение на базе транзистора  $U_{бэ}$  близко к нулю, транзистор закрыт, светодиод не излучает, напряжение на коллекторе транзистора  $U_{кэ}$  близко по величине к напряжению питания  $U_n$ .

Замыкание кнопки Кн приводит к возрастанию напряжения на базе до значений  $U_{бэ} = 0,2 + 0,25 В$ , достаточных для отпирания транзистора. Светодиод начинает излучать, а напряжение на коллекторе транзистора  $U_{кэ}$  уменьшается до значений, близких к нулю.

Схема работает безинерционно, если конденсаторы С1 и С2 отключены (тумблеры К1 и К2 разомкнуты). Подключение конденсаторов С1 или С2 преобразует схему в инерционный ключ (реле времени). В этом случае при размыкании кнопки Кн напряжение на базе транзистора уменьшается до нуля за время  $\tau$  полного разряда конденсатора через сопротивление R1 и р-п-переход база-эмиттер транзистора. При этом, в течение некоторого времени  $\tau^* < \tau$  транзистор продолжает оставаться открытым, и светодиод продолжает излучать. Время послесвечения составляет:  $\tau_1^* = 1 + 2 с$  для С1 и  $\tau_2^* = 5 + 15 с$  для С2.

Экспериментально измеряемые величины:

- напряжение на базе  $U_{бэ}$  (гнезда Г1, Г2);
- напряжение на коллекторе  $U_{кэ}$  (гнезда Г3, Г4);
- время полного разряда конденсаторов  $\tau_1 = 5R1C1$ ,  $\tau_2 = 5R1C2$ ;
- время послесвечения светодиода  $\tau_1^*$ ,  $\tau_2^*$ .



Макет 5  
 МУЛЬТИВИБРАТОР СО СВЕТОДИОДНОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

Принципиальная схема макета приведена на рис. 8. Мульти-  
 вибратор собран по схеме сочетания двух электронных ключей на  
 германиевых транзисторах малой мощности структуры р-п-р типа  
 МП-39. Напряжение питания  $U_n = 9^{\circ}В$  подается на гнезда Г7 (-),  
 Г8 (+). Индикацией работы мультивибратора является поперемен-  
 ное излучение светодиодов типа АЛ-307, установленных в коллек-  
 торных цепях транзисторов.

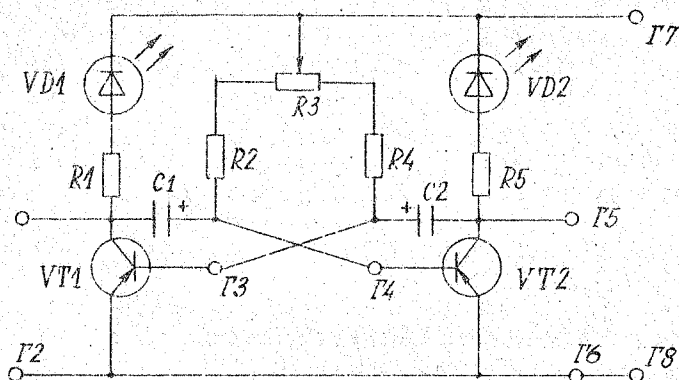


Рис. 8. Принципиальная схема макета "Мультивибратор со  
 светодиодной индикацией"

Радиодетали:

- VT1, VT2 - транзистор МП-39;
- VD1, VD2 - светодиод АЛ-307;
- R1, R5 - резистор МЛТ-0,25, 1,0 кОм;
- R2, R4 - резистор МЛТ-0,25, 8,2 кОм;
- R3 - переменное сопротивление СП-04, 47 кОм;
- C1, C2 - конденсатор К52-1, 150 мкФ.

Макет позволяет убедиться в том, что два электронных  
 ключа (левый - на транзисторе VT1, правый - на транзисторе  
 VT2), связанные обратной связью посредством конденсаторов C1  
 (коллектор VT1 - база VT2) и C2 (коллектор VT2 - база VT1),

образуют простейший генератор прямоугольных колебаний - мультвибратор. Период колебаний схемы  $T$  составляет  $5 \pm 10$  секунд. В среднем положении движка переменного сопротивления R3 время работы первого  $\tau_{p1}$  и второго  $\tau_{p2}$  транзисторов одинаково и составляет  $\tau_{p1} = \tau_{p2} = T/2$  (симметричный мультивибратор). В крайних положениях движка соотношение  $\tau_{p1} : \tau_{p2}$  составляет  $1 \pm 5$  или  $5 \pm 1$  (несимметричный мультивибратор). При этом величина  $T = \tau_{p1} + \tau_{p2}$  остается постоянной.

Напряжение на коллекторе открытого транзистора близко к нулю, на коллекторе закрытого - к напряжению питания  $U_n$ .

Экспериментально изменяемые величины:

- напряжение на коллекторе VT1:  $U_{кз1}$  (гнезда Г1, Г2);
- напряжение на коллекторе VT2:  $U_{кз2}$  (гнезда Г5, Г6);
- напряжение на базе VT1:  $U_{бз1}$  (гнезда Г2, Г3);
- напряжение на базе VT2:  $U_{бз2}$  (гнезда Г4, Г6);
- время работы левого транзистора  $\tau_{p1}$ ;
- время работы правого транзистора  $\tau_{p2}$ .

Экспериментально измеряемые зависимости:

- зависимость напряжения на коллекторе транзистора VT1 от времени  $U_{кз1} = f(t)$ , (см. рис. 9а);
- зависимость напряжения на коллекторе транзистора VT2 от времени  $U_{кз2} = f(t)$ , (см. рис. 9б).

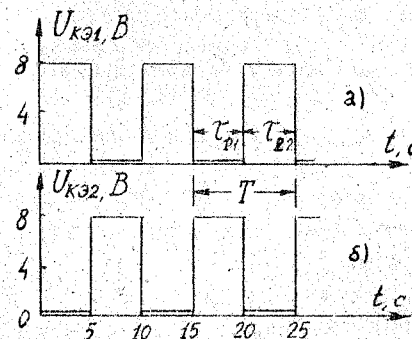


Рис. 9. Примерный вид временной  
 динамики напряжения на  
 коллекторе левого  $U_{кз1} =$   
 $f(t)$  и правого  $U_{кз2} =$   
 $f(t)$  транзисторов  
 симметричного мульти-  
 вибратора.  $T = 10$  с.  
 $U_n = 9$  В.

Макет 6  
УСИЛИТЕЛЬНЫЙ КАСКАД

Принципиальная схема макета приведена на рис. 10. Усилительный каскад собран на основе германиевого транзистора малой мощности структуры р-п-р типа МП-39. Напряжение питания  $U_n = 9$  В подается на гнезда Г9 (-), Г10 (+). Входной сигнал  $U_{вх}$  в виде напряжения звуковой частоты, синусоидальной формы, амплитудой не более 0,2 В подается на гнезда Г1, Г2. Усиленный сигнал  $U_{вых}$  снимается с гнезд Г7, Г8 на вход осциллографа, либо вольтметра переменного тока.

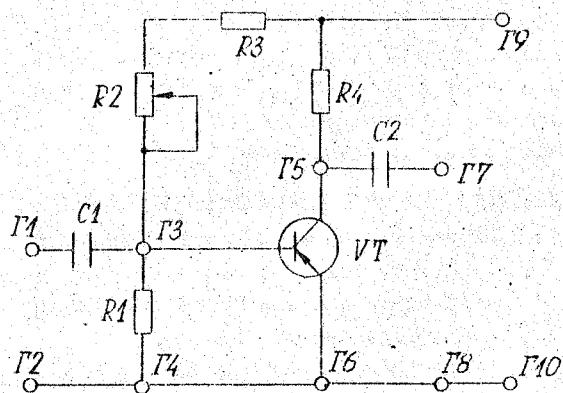


Рис. 10. Принципиальная схема макета "Усилительный каскад"

Радиодетали:

- VT - транзистор МП-39;
- R1 - резистор МЛТ-0,25, 1,2 кОм;
- R2 - переменное сопротивление СШ-04, 100 кОм;
- R3 - резистор МЛТ-0,25, 6,2 кОм;
- R4 - резистор МЛТ-0,25, 1,8 кОм;
- C1, C2 - конденсатор КДС 0,047 мкФ.

Макет позволяет убедиться в том, что последовательная цепь, состоящая из транзистора VT и постоянного сопротивления R4 (рис. 10), может быть использована для усиления электрических колебаний синусоидальной формы.

Регулировка переменного сопротивления R2 позволяет изменять напряжение покоя базы транзистора  $U_{бэ}$  в пределах от 0 до 0,2В. При этом состояние транзистора изменяется от полностью закрытого (коллекторный ток  $J_k$  отсутствует) до полностью открытого ( $J_k$  максимален и определяется величиной напряжения питания  $U_n$  и сопротивлением нагрузки R4:  $J_k = U_n / R4$ ); напряжение коллектора  $U_{кэ}$  изменяется от значений  $U_{кэ} \approx U_n$  до  $U_{кэ} \approx 0$ .

При подаче на вход усилителя (гнезда Г1, Г2) сигнала  $U_{вх}$  синусоидальной формы звуковой частоты от генератора типа ГЗ-36 (или его аналога) на выходе усилителя (гнезда Г7, Г8) возникает сигнал  $U_{вых}$ , величина которого зависит от состояния транзистора. Регулировка R2 позволяет изменять коэффициент усиления каскада по напряжению  $K = U_{вых} / U_{вх}$  в широких пределах. Максимальное значение  $K = 20 + 40$  достигается в средней части диапазона изменений R2, когда  $U_{бэ} = 0,17 + 0,20$  В, и состояние транзистора - полуоткрытое.

Каскад усиливает колебания в полосе частот  $\nu$  от 0,5 кГц до 150 кГц.

Экспериментально измеряемые величины:

- напряжение покоя базы  $U_{бэ}$  (гнезда Г3, Г4);
- напряжение покоя коллектора  $U_{кэ}$  (гнезда Г5, Г6);
- выходное напряжение  $U_{вых}$  (гнезда Г7, Г8).

Экспериментально измеряемые зависимости:

- зависимость  $U_{кэ} = f(U_{бэ})$ , (см. рис.11);
- зависимость  $K = f(U_{бэ})$ , (см. рис.12);
- амплитудная характеристика  $U_{вых} = f(U_{вх})$ , (см. рис.13);
- амплитудно-частотная характеристика  $K = f(\nu)$ , (см. рис.14).

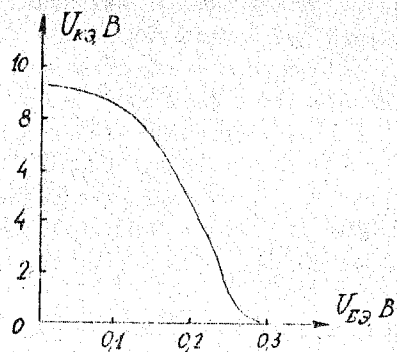


Рис. 11. Примерный вид зависимости  $U_{кз} = f(U_{вз})$  для макета "Усилительный каскад";  $U_n = 9$  В.

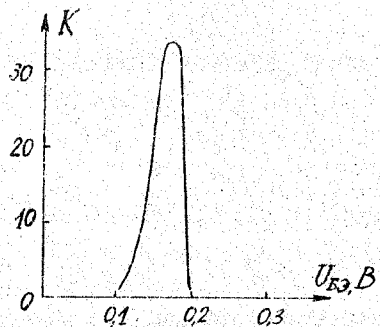


Рис. 12. Примерный вид зависимости  $K = f(U_{вз})$ ;  $U_n = 9$  В;  $\nu = 2$  кГц;  $U_{вх} = 0,1$  В.

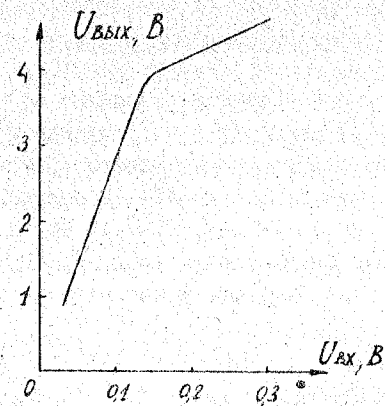


Рис. 13. Примерный вид амплитудной характеристики усилительного каскада  $U_{вых} = f(U_{вх})$ ;  $U_n = 9$  В;  $\nu = 2$  кГц.

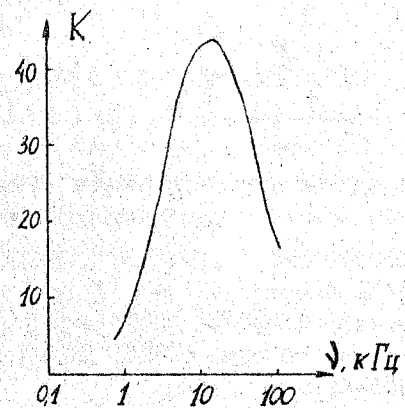


Рис. 14. Примерный вид амплитудно-частотной характеристики усилительного каскада  $K = f(\nu)$ ;  $U_n = 9$  В;  $U_{вх} = 0,1$  В.

### Макет 7

#### ГЕНЕРАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИНУСОИДАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Принципиальная схема макета приведена на рис. 15. Макет представляет собой RC-генератор с трехзвенной цепью обратной связи, собранный на основе германиевого транзистора малой мощности структуры р-п-р типа МП-41А. Напряжение питания  $U_n = 9$  В подается на гнезда Г7 (-), Г8 (+). Сигнал генерации  $U_r$  синусоидальной формы снимается с гнезд Г5, Г6 и подается на вход осциллографа, либо вольтметра переменного тока.

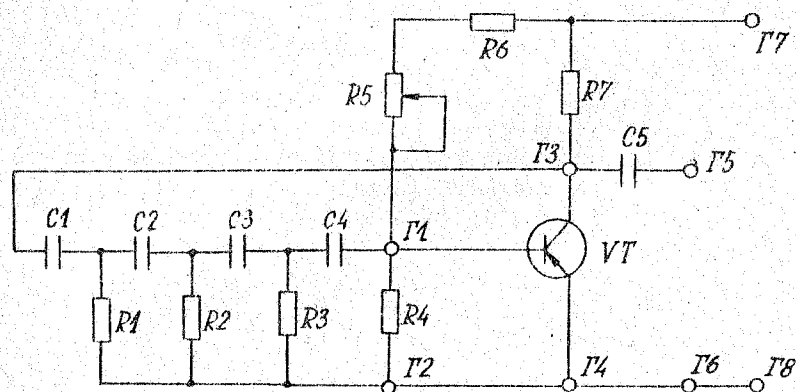


Рис. 15. Принципиальная схема макета "Генератор электрических синусоидальных колебаний"

#### Радиодетали:

- VT - транзистор МП-41А;
- R1 + R4 - резистор МЛТ-0,25, 2,7 кОм;
- R5 - переменное сопротивление СП-04, 68 кОм;
- R6 - резистор МЛТ-0,25, 10 кОм;
- R7 - резистор МЛТ-0,25, 1,0 кОм;
- C1 + C5 - конденсатор КДС 0,047 мкФ.

Макет позволяет убедиться в том, что усилительный каскад на транзисторе (знакомый по макету 6) может быть преобразован в генератор электрических колебаний. Для этого в усилительный каскад вводится цепь обратной связи на элементах: R1, C1, R2, C2, R3, C3. По этой цепи сигнал с коллектора транзистора (гнездо Г3) возвращается на базу (гнездо Г1) с необходимым сдвигом по фазе. Генерация колебаний возникает, если усиление каскада достаточно велико для компенсации ослабления колебаний при их прохождении по цепи обратной связи.

Величина коэффициента усиления каскада управляется регулировкой R5, которая обеспечивает изменение напряжения покоя базы  $U_{бэ}$  в пределах от 0 до 0,25 В. Состояние транзистора при этом изменяется от полностью закрытого до полностью открытого, а напряжение покоя коллектора меняется соответственно от  $U_{кэ} \approx U_n$  до  $U_{кэ} \approx 0$ . В средней части диапазона изменений R5, когда  $U_{бэ} = 0,17 + 0,20$  В коэффициент усиления достигает значений, достаточных для компенсации потерь сигнала при прохождении по цепи обратной связи и возникает генерация колебаний синусоидальной формы. Частота колебаний  $\nu$  определяется номиналами элементов C1...C3, R1...R3 и находится в пределах  $\nu = 0,4 + 2,0$  кГц.

#### Экспериментально измеряемые величины:

- напряжение покоя базы  $U_{бэ}$  (гнезда Г1, Г2);
- напряжение покоя коллектора  $U_{кэ}$  (гнезда Г3, Г4);
- напряжение генерации  $U_r$  (гнезда Г5, Г6);
- частота генерации  $\nu$ .

#### Экспериментально измеряемые зависимости:

- зависимость  $U_{кэ} = f(U_{бэ})$ , (см. рис.16);
- зависимость  $U_r = f(U_{бэ})$ , (см. рис.17).

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Макет 1. Резисторы и диоды . . . . .	6
Макет 2. Транзистор как управляемое сопротивление . . . . .	8
Макет 3. Фотоэлектронный ключ . . . . .	10
Макет 4. Инерционный электронный ключ (реле времени) . . . . .	12
Макет 5. Мультивибратор со светодиодной индикацией . . . . .	14
Макет 6. Усилительный каскад . . . . .	16
Макет 7. Генератор электрических синусоидальных колебаний . . . . .	20

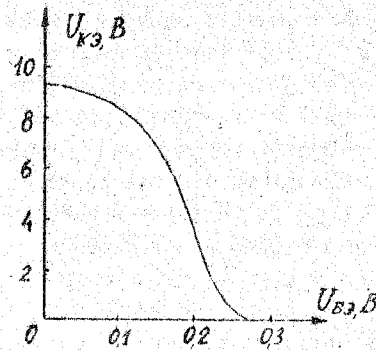


Рис. 16. Примерный вид зависимости  $U_{кз} = f(U_{Бэ})$  для макета "Генератор электрических синусоидальных колебаний";  $U_n = 9$  В.

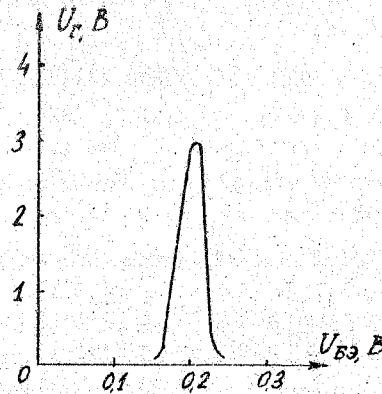


Рис. 17. Примерный вид зависимости  $U_r = f(U_{Бэ})$ ;  $U_n = 9$  В.

Андрей Андреевич Ахаян  
Татьяна Робертовна Берлина

ЭЛЕКТРОНИКА  
Лабораторные макеты

Редактор Г.Н.Петрова

---

Подписано к печати 11.04.91. Формат 60 x 84<sup>I</sup>/16.  
Объем: 1,5 уч.-изд.л. ; 1,5 усл. печ. л. Тираж 1000 экз.  
Бумага писчая. Печать офсетная. Заказ 59. Цена 1 руб.

Российский ордена Трудового Красного Знамени государственный педагогический университет имени А.И.Герцена. 191186, Ленинград, наб. р. Мойки, 48.

---

РГП им.А.И.Герцена, 191186, Ленинград, наб.р. Мойки,48.