

На главную <http://ivativ.narod.ru/index.html>

# Характериограф для транзисторов

Как уже рассказывалось в одноименной статье «осциллографического» цикла в «Радио», 1988, № 11, 12, характериограф — незаменимая приставка к осциллографу серии ОМЛ (или к другому, имеющему открытые входы усилителей вертикального и горизонтального отклонения луча), позволяющая наблюдать выходные характеристики транзисторов, сравнивать

ки — характериографа, предназначенной для проверки маломощных транзисторов обеих структур. Причем выводы транзистора структуры п-р-п включают только в гнезда XS1 — XS3, а транзистора структуры р-п-р — в гнезда XS4 — XS6.

Фиксированные токи базы исследуемых транзисторов получают благодаря включению в цепь базы «весовых»

(т. е. кратных какому-то значению — «весу») резисторов R13 (R), R12 (2R), R11 (4R) с помощью электронных ключей VT5, VT4 и VT3 соответственно. В свою очередь электронные ключи управляются сигналами с выходов счетчика DD1, поэтому в зависимости от состояния счетчика получаются восемь значений тока базы: 0, 1<sub>б</sub>, 21<sub>б</sub>, ... 71<sub>б</sub>.

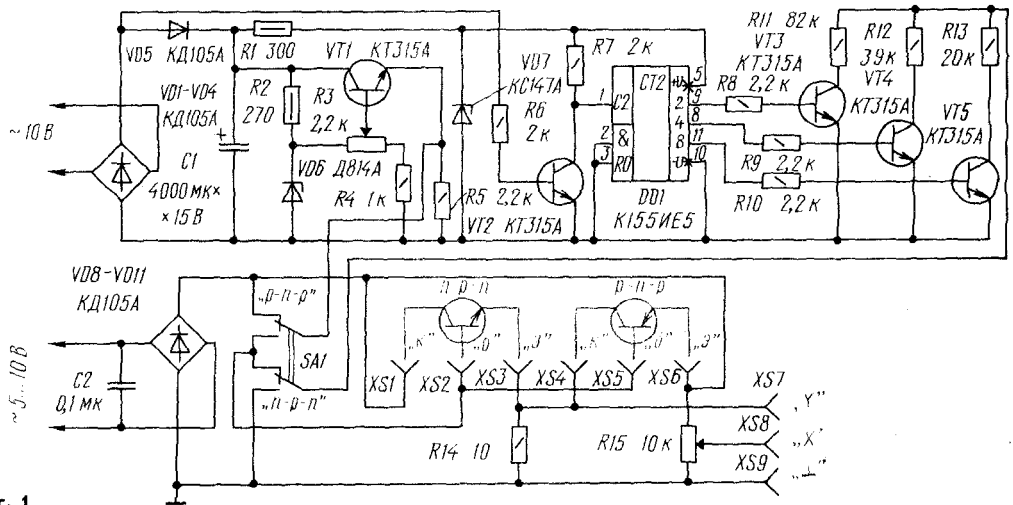


Рис. 1

по ним проверяемые приборы и отбирать нужные для конструкции. И если описываемый в упомянутой статье характериограф позволял наблюдать четыре зависимости тока коллектора от напряжения коллектор-эмиттер при фиксированных токах базы, с помощью предлагаемых ниже приставок можно наблюдать восемь таких характеристик.

На рис. 1 приведена схема первого варианта пристав-

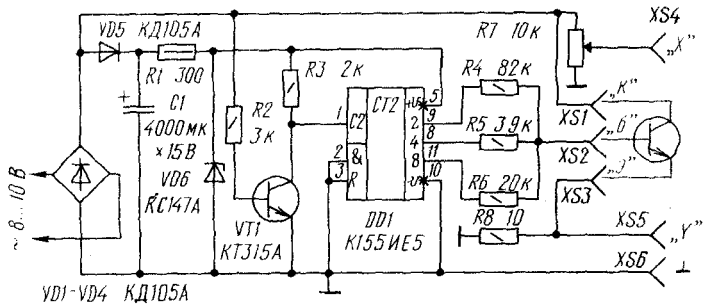


Рис. 2

Счетчик переключается импульсами, следующими с частотой 100 Гц — они поступают на вход С2 счетчика с коллектора транзистора VT2. Сигнал на базу этого транзистора в виде пульсирующего напряжения частотой 100 Гц подается с диода VD5.

На диодах VD1 — VD5 собран выпрямитель для питания базовой цепи исследуемого транзистора и микросхемы DD1. Напряжение на микросхему подается с параметрического стабилизатора, выполненного на резисторе R1 и стабилитроне VD7 и подключенного к выпрямителю. Еще один параметрический стабилизатор, выполненный на резисторе R2 и стабилитроне VD6, применен для получения напряжения, питающего базовую цепь проверяемого транзистора, иначе говоря, напряжения, определяющего тока через резисторы R11—R13. Чтобы эти токи можно было изменять в зависимости от коэффициента передачи исследуемого транзистора, в стабилизатор введен регулирующий транзистор VT1, на базу которого напряжение с параметрического стабилизатора поступает через переменный резистор R3. При изменении положения движка этого резистора изменяется напряжение на резисторе нагрузки R5, а значит, изменяются «порции» тока в базовой цепи исследуемого транзистора при открывании ключей на транзисторах VT3—VT5. Для ограничения тока в базовых цепях транзисторов ключей установлены резисторы R8—R10.

На диодах VD8—VD11 собран еще один выпрямитель, но без конденсатора фильтра на выходе. Поэтому с него снимается пульсирующее напряжение частотой 100 Гц, используемое для питания цепи коллектор — эмиттер исследуемого транзистора. Напряжение с резистора R14, пропорциональное току коллектора транзистора структуры p-n-p или току эмиттера транзистора структуры n-p-n, подается на вертикальный вход осциллографа. Поскольку в схеме включения транзистора ОЭ (общий эмиттер) ток коллектора

незначительно отличается от тока эмиттера, оказалось возможным включить резистор R14 в цепь эмиттера исследуемого транзистора структуры p-n-p. При таком построении измерительной цепи смещение луча осциллографа от нулевого положения происходит вправо и вверх, т. е. характеристики получаются удобными для наблюдения.

Направление тока в цепи базы в зависимости от структуры исследуемого транзистора изменяют переключателем SA1.

Переменные напряжения на выпрямителе можно подавать только с разных обмоток трансформатора. Причем обмотка, с которой снимается напряжение на диоды VD1—VD4, должна иметь возможно малую емкостную связь с сетевой обмоткой, иначе могут появиться наводки на изображении с частотой сети. Наиболее просто уменьшить эту связь применением П-образного магнитопровода для трансформатора и размещением обмоток на разных сердечниках магнитопровода. Помехи более высоких частот, способные проникнуть из сети, фильтруются конденсатором С2.

Если предполагается проверять только транзисторы структуры p-n-p, можно собрать более простую приставку-характериограф по схеме, приведенной на рис. 2. В этом случае к трансформатору, с которого снимается переменное напряжение 10 В, каких-либо особых требований не предъявляется.

«Весовые» резисторы (R11—R13 на рис. 1 и R4—R6 на рис. 2) выбирают в зависимости от требуемых токов базы. Для исследования транзисторов малой мощности автором выбран «вес», равный 20 кОм. При исследовании более мощных транзисторов он может быть иным. Но в любом варианте соотношение сопротивлений резисторов R13, R12 и R11 (R6, R5 и R4 для рис. 2) должно оставаться равным 1:2:4.

**В. ИНОЗЕМЦЕВ**

г. Брянск

Б. ИГОШЕВ, М. ГАЛАГУЗОВА, Д. КОМСКИЙ



НА КНИЖНОМ ПОЛКЕ

## Знакомство с вычислительной техникой

В список популярной литературы по вычислительной технике можно занести брошюру\*, выпущенную в прошлом году издательством «Молодая Гвардия». В ней популярно, с интересными экскурсами в историю авторы рассказывают о создании вычислительных машин разных поколений, об их отличиях и возможностях.

Рассказывая о «кирпичиках» вычислительной техники, авторы предлагают читателю самостоятельно их скопировать из недорогих и доступных деталей. А уже из «кирпичиков» предлагается «сложить» несколько законченных конструкций игровых автоматов.

Отдельная глава посвящена знакомству с устройством и работой микрокалькулятора. В ней же приведены описания несложных приставок, превращающих микрокалькулятор в секундомер, таймер, шахматные часы, игровой автомат.

Простой язык, обилие описаний конструкций, список литературы к каждой главе и словарь по вычислительной технике в конце брошюры, а также с выдумкой выполненные красочные иллюстрации Е. Шабельника позволяют надеяться, что пособие окажет помощь начинающим радиолюбителям, желающим познать «азы» вычислительной техники.

г. Зеленоград

**В. МАСЛАЕВ**

\* Б. Игошев, М. Галагузова, Д. Комский. ЭВТ: знакомимся, делаем, играем. — М.: Молодая Гвардия, 1989.

ИНОЗЕМЦЕВ В. ХАРАКТЕРИОГРАФ ДЛЯ ТРАНЗИСТОРОВ. — РАДИО, 1990, № 12, с. 78, 79.

Причины раздвоения выходных характеристик.

Как сказано в статье, для питания цепи коллектор—эмиттер исследуемого транзистора используется пульсирующее напряжение, представляющее собой полуволны синусоидального напряжения, следующие с частотой 100 Гц. Несовпадение выходных характеристик транзистора (раздвоение линий) при увеличении и уменьшении этого напряжения может быть вызвано следующими причинами:

— неодинаковыми сдвигами фаз между входным и выходным напряжениями каналов X и Y (например, закрытый для постоянной составляющей вход Y);

— уменьшением тока базы транзистора в течение 0,01 с из-за разрядки конденсатора фильтра C1 (мала его емкость; здесь и далее позиционные обозначения элементов даны по схеме прибора, изображенной на рис.1 в статье);

— дополнительным током базы исследуемого транзистора, возникающим вследствие паразитной (активной и реактивной) связи между обмотками трансформатора питания: сетевой и той, с которой снимается напряжение на выпрямительный мост VD1 — VD4;

— нагревом транзистора из-за слишком больших токов коллектора;

— воздействием переменного магнитного поля трансформатора питания на электронно-лучевую трубку (ЭЛТ) осциллографа.

Является ли раздвоение выходных характеристик следствием неисправности осциллографа ОМЛ, можно проверить, подав одновременно на входы X и Y переменное напряжение около 2 В (чувствительность входа Y — 0,5 В/дел., развертка выключена). На экране ЭЛТ должна наблюдаться прямая линия, наклоненная к оси X под углом примерно 45°. Если эта линия раздвоена, использовать осциллограф для наблюдения выходных характеристик нежелательно.

Обусловлено ли раздвоение характеристик недостаточной емкостью конденсатора C1, можно проверить подключением параллельно ему заведомо исправного конденсатора примерно такой же емкости.

Обнаружить дополнительный ток базы исследуемого транзистора, протекающий

из первичной обмотки трансформатора во вторичную, можно одновременным отключением обоих проводов, идущих к выпрямительному мосту VD1 — VD4. На экране ЭЛТ в этом случае останется (на некоторое время) одна из восьми характеристик. Если причина — дополнительный ток базы, раздвоение должно исчезнуть.

В характеристикографе, описанном в статье, напряжения на диодные мосты VD1 — VD4 и VD8 — VD11 подаются с разных трансформаторов, причем тот из них, который питает первый из названных мостов, выполнен на П-образном магнитопроводе, а его обмотки размещены на разных (противоположных) кернах.

При наблюдении выходных характеристик транзистора чувствительность усилителя вертикального отклонения луча осциллографа должна быть равна 0,01 В/дел. (в крайнем случае — 0,02 В/дел.), а необходимый размер осциллограммы по оси Y должен обеспечиваться соответствующим выбором «весовых» резисторов. В статье указаны их сопротивления для исследования транзисторов с малыми значениями коэффициента передачи тока  $h_{21э}$ .

О выборе некоторых элементов прибора.

Сопротивление резистора R14 выбирают из следующих соображений. Поскольку вместе с каналом Y осциллографа он образует прибор для измерения тока, а такое устройство должно иметь малое внутреннее сопротивление, возможно меньшим должно быть и сопротивление резистора R14.

Как видно из схемы характеристикографа, на вход X осциллографа подается напряжение, складывающееся из падения напряжения на резисторе R14 и напряжения на участке коллектор—эмиттер исследуемого транзистора. Первое из этих слагаемых должно быть значительно меньше второго, поэтому чувствительность канала вертикального отклонения луча осциллографа и должна быть возможно большей. При чувствительности 0,01 В/дел. сопротивлению резистора R14 = 10 Ом соответствует чувствительность по току 1 мА/дел., сопротивлению 5 Ом — 2 мА/дел., сопротивлениям 2, 1; 0,5 и 0,2 Ом — соответственно 5, 10, 20 и 50 мА/дел.

Для транзисторов с допустимой мощностью рассеяния коллектора 150 мВт максимальный ток коллектора не должен превышать 10,5 мА. При восьми выходных характеристиках на каждую из семи ступеней изменения коллекторного тока приходится 1,5 мА. Изменение тока базы  $\Delta I_B$  на одну ступень зависит от коэффициента передачи тока  $h_{21э}$ ; при его значении, равном 10,  $\Delta I_B = 150$  мкА, при 20, 50 и 100 — соответственно 75, 30 и 15 мкА.

Сопротивления «весовых» резисторов зависят от падения напряжения на резисторе R5. Наибольшее сопротивление определяют по формуле:  $R_{11} \approx (U_{R5} - 0,6 I_{21}) / \Delta I_B$ . При  $U_{R5} = 6,6$  В и  $h_{21э} = 20$  ( $\Delta I_B = 75$  мкА) сопротивление резистора R11 =  $(6,6 - 0,6) / 7,5 \cdot 10^{-6} = 80\ 000$  Ом; при том же  $U_{R5}$  и  $h_{21э} = 100$  оно возрастает примерно до 400 000 Ом.



НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

# НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ ОТВЕЧАЮТ АВТОРЫ СТАТЕЙ И КОНСУЛЬТАНТЫ

ИНОЗЕМЦЕВ В. ХАРАКТЕРИОГРАФ ДЛ Я ТРАНЗИСТОРОВ. — РАДИО, 1990, № 12, с. 78, 79.

## Упрощенный вариант прибора.

Как известно, у КМОП-микросхем напряжение высокого уровня практически равно напряжению питания, а низкого — близко к 0. Это позволило разработать простой характернограф, схема которого приведена на рис.2.

Прибор выполнен всего на двух микросхемах серии К561. Одна из них (DD1) использована в формирователе импульсов, другая (DD2) выполняет те же функции, что и счетчики в устройствах, описанных в статье. Стабилитрон VD7 и резисторы R1, R2 образуют параметрический стабилизатор напряжения питания микросхем, причем при проверке транзисторов структуры p-n-p (переключатель SA1 — в положении, показанном на схеме) работает стабилизатор R1VD7, а структуры p-n-p (переключатель — в другом положении) — R2VD7.

Сопротивление «весового» резистора R ориентировочно определяют по формуле:  $R = 0,5(U_{\text{пит}} - 1) / \Delta I_B$ , где  $U_{\text{пит}}$  — напряжение питания микросхемы DD2 (напряжение на стабилитроне VD7), 1 — примерное значение (в вольтах) падения напряжения на одном из диодов VD8 — VD13 и эмиттерном переходе исследуемого транзистора,  $\Delta I_B$  — наименьшая ступенька изменения тока его базы.

Как надо изменить сопротивление весовых резисторов в зависимости от статического коэффициента передачи тока  $h_{219}$  исследуемого транзистора, видно из следующего ряда: при  $h_{219} = 10$  сопротивление  $R = 22$  кОм, при  $h_{219} = 20$  оно равно 43 кОм, при значениях  $h_{219}$ , равных 50, 100 и 200, — соответственно 110, 220 и 430 кОм. Из этого следует, что для наблюдения характеристик транзисторов с разными значениями коэффициента  $h_{219}$  в приборе необходимо предусмотреть переключатель «весовых» резисторов.

Сопротивление образцового резистора  $R_{\text{обр}}$  рассчитывают по формуле:  $R_{\text{обр}} = nS_m / I_{\text{обр}}$ , где  $n$  — размах изображения в делениях по оси Y;  $S_m$  — максимальная чувствительность усилителя вертикального от-

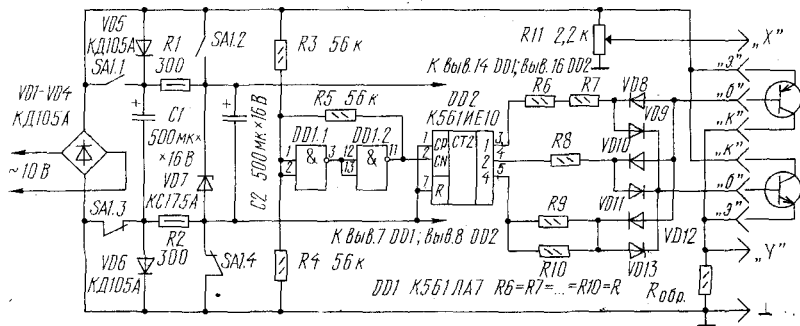


Рис. 2

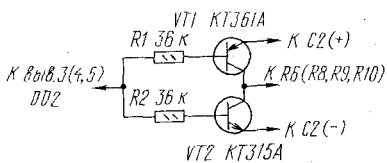


Рис. 3

клонения луча (у ОМЛ-3М — 0,01 В/дел.);  $I_{обр}$  — ток, протекающий через резистор  $R_{обр}$  (ток коллектора транзистора структуры р-р-р или ток эмиттера транзистора п-р-п). Для примера определим  $R_{обр}$  для мало-мощных транзисторов при чувствительности осциллографа, равной 0,01 В/дел.

При рассеиваемой на коллекторе такого транзистора мощности 150 мВт и амплитуде пульсирующего напряжения коллектор—эмиттер  $U_m = 15 \text{ В}$  ( $U_m = \sqrt{2} \bar{U}$ ) ток коллектора должен быть около 10 мА. Для получения размаха изображения по оси Y, равного пяти делениям,  $R_{обр} = 5 \times 0,01 / 0,01 = 5 \text{ Ом}$ . При чувствительности 0,02 В/дел. (у некоторых экземпляров осциллографа работа с чувствительностью 0,01 В/дел. затруднена из-за размытости линии развертки, обусловленной высокочастотными наводками) сопротивление резистора  $R_{обр} = 10 \text{ Ом}$ .

Если предполагается использовать устройство для исследования более мощных транзисторов, выходы счетчика DD2 необходимо «умощнить», включив между его выходами 1, 2, 4 и соответствующими «весовыми» резисторами эмиттерные повторители, выполненные по схеме на рис. 3.

*не эмиттерные повторители.*