

8.2. Приборы специального назначения

§ 11.1. Схема типового электронного блока

Проверка типового электронного блока и измерение его основных показателей является одной из завершающих работ практикума. Она проводится, когда уже приобретен практический опыт по использованию комбинированных приборов, электронных вольтметров и осциллографов для измерений в простых электронных схемах. Основная цель этой работы — научиться производить проверку работоспособности (прохождение сигнала) многокаскадного электронного устройства измерением напряжений, а также наблюдением их формы на входе и выходе его отдельных каскадов. Это электронное устройство должно состоять из нескольких каскадов различного функционального назначения; может быть разработано большое количество схем таких блоков и устройств. Схема устройства должна удовлетворять следующим основным требованиям: 1) состоять из типовых каскадов, широко применяемых в радиотехнических и радиоэлектронных устройствах различного назначения (усилительные и импульсные устройства, изучаемые учащимися радиоэлектронных специальностей); 2) нежелательно применение в схеме типового блока элементов со сложной технологией изготовления (трансформаторы, контуры и т.д.), что затрудняет изготовление макетов в условиях учебной лаборатории; 3) принцип действия схемы блока должен быть доступен пониманию учащихся, так как практикум проводится до того, как подробно изучены все специальные предметы.

Примером схемы, удовлетворяющей перечисленным требованиям, является блок для преобразования напряжения синусоидальной формы в сигналы прямоугольной формы отрицательной полярности и регулируемой длительности:

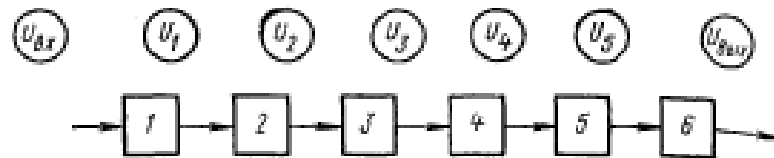


Рис. 11.1. Структурная схема преобразователя

Исследуемый блок (преобразователь) выполнен на транзисторах и предназначен для формирования прямоугольных импульсов отрицательной полярности с переменной длительностью в пределах от 15 до 50 мкс и амплитудой 7–10 В. Этот преобразователь состоит из: резистивного усилительного каскада; триггера с эмиттерной связью (триггер Шмитта); дифференцирующей цепи; ограничителя; ждущего мультивибратора и эмиттерного повторителя. Структурная схема преобразователя приведена на рис. 11.1,

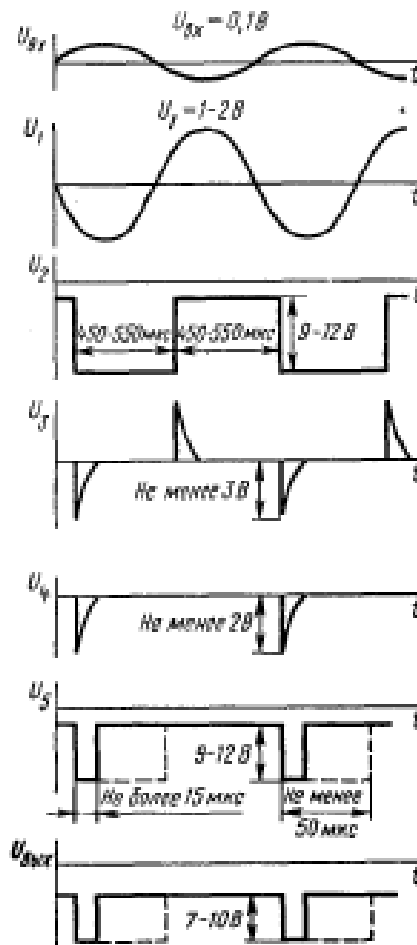


Рис. 11.2. Диаграммы входных и выходных напряжений отдельных каскадов преобразователя

и диаграммы напряжений на входе и выходе его отдельных каскадов — на рис. 11.2. Если при проверке преобразователя оказывается, что форма и значение выходных напряжений отдельных каскадов (включая выходной) соответствуют форме и значению соответствующих напряжений на диаграмме, то очевидно, что преобразователь работоспособен, а режим его работы и основные параметры соответствуют заданным значениям.

Принципиальная схема преобразователя приведена на рис. 11.3. Для удобства изучения схемы, а также присоединения приборов для измерений и наблюдений формы кривой напряжения или сигнала каждый каскад имеет отдельные клеммы для входа и вы

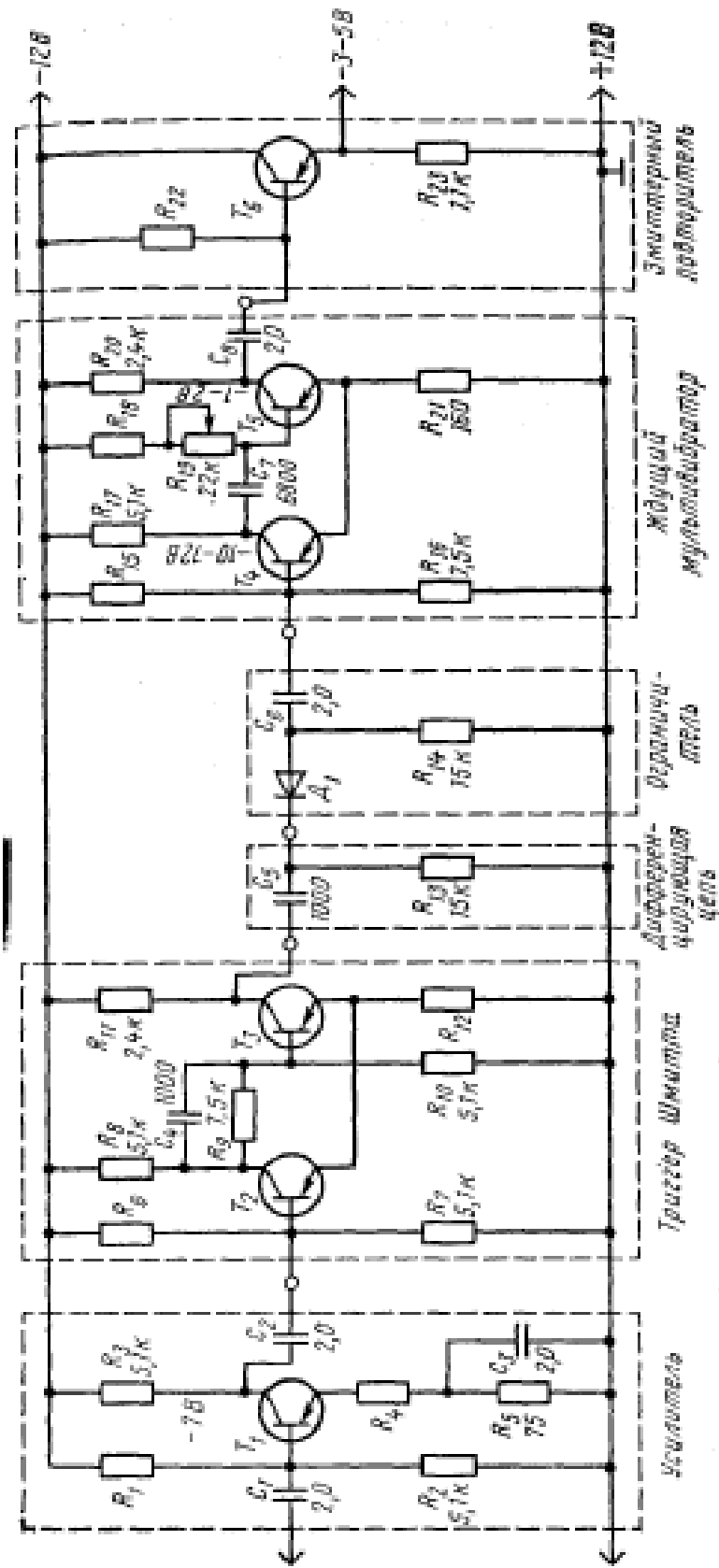


Рис. 11.3. Принципиальная схема преобразователя

хода. Клеммы выхода одного каскада соединяются с клеммами входа следующего специальными перемычками, которые при необходимости могут легко отсоединяться.

Схему выполняют на печатной плате и размещают в кожухе. На передней панели кожуха выводятся клеммы входа и выхода блока, а также отдельных каскадов, что значительно облегчает и ускоряет проверку и измерение его основных показателей.

Рассмотрим работу и назначение элементов принципиальной схемы. Первый каскад является резистивным усилителем и предназначен для усиления входного сигнала. Он выполнен по схеме ОЭ на транзисторе типа МП39—МП41 с эмиттерной стабилизацией режима по постоянному току, обеспечиваемой резистором R_3 (а также R_4) в цепи эмиттера. Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель напряжения для получения напряжения смещения на базе. Сопротивление резистора R_1 составляет примерно 20—25 кОм и подбирается при регулировке схемы для обеспечения заданного смещения на базе транзистора (порядка 0,15 В). Резистор R_4 в цепи эмиттера не блокируется конденсатором, поэтому на нем ток эмиттера образует переменное падение напряжения. Оно поступает на вход транзистора в противофазе входному сигналу, т.е. в схеме усилителя образуется последовательная отрицательная обратная связь, влияющая на все основные параметры усилителя, включая коэффициент усиления. Сопротивление резистора R_4 составляет несколько десятков ом и подбирается при регулировке для получения заданного коэффициента усиления (порядка 5—10) и режима работы.

На вход усилителя подводится напряжение $U_{вх}$ синусоидальной формы с частотой 1 кГц и амплитудой 0,1—0,2 В, а на его выходе получается напряжение U_1 такой же формы и частоты с амплитудой порядка 1—2 В, как это показано на графиках (см. рис. 11.2). При этом напряжение на выходе U_1 противоположно по фазе напряжению на входе $U_{вх}$, что является свойством усилительного каскада с общим эмиттером.

Вторым каскадом преобразователя является несимметричный триггер с эмиттерной связью (триггер Шмитта), выполненный на транзисторах МП41 или МП42 и являющийся импульсным устройством, работающим в ключевом режиме. Режим, при котором транзистор очень быстро, т.е. скачком, переходит от закрытого состояния (режим отсечки токов) к открытому (режим насыщения) и, наоборот, от насыщенного состояния к закрытому называется **к л ю ч е в ы м**. При закрытом состоянии транзистора его кол-

дкторный ток минимален и определяется обратным током коллекторного перехода ($I_{кб0}$). При этом напряжение на коллекторе транзистора $U_{кз} = E_{к} - I_{кб0}R_{к}$, т.е. несколько меньше напряжения источника питания $E_{к}$. При открытом состоянии транзистора (режим насыщения) коллекторный ток максимален и определяется внешним источником питания, а напряжение на коллекторе минимально и для германиевых транзисторов составляет несколько десятых долей вольта.

Триггер имеет два устойчивых состояния равновесия, при которых один транзистор закрыт, а другой — открыт. Переход из одного устойчивого состояния в другое осуществляется входным напряжением, поступающим на базу первого транзистора (T_2). Триггер Шмитта широко применяется для формирования напряжения прямоугольной формы из напряжения синусоидальной или другой произвольной формы. В зависимости от напряжения смещения на базе T_2 триггер может срабатывать как от однополярных, так и от двухполярных сигналов. При однополярном входном сигнале длительность выходного сигнала зависит от длительности входного и в основном определяется временем его изменения между порогом срабатывания и порогом отпускания триггера. Таким образом, выбор значения напряжения смещения существенно влияет на режим работы триггера. Обычно в исходном состоянии транзистор T_2 закрыт, а T_3 открыт и через него проходит ток насыщения, образующий на резисторе R_{12} постоянное напряжение, *положительный потенциал которого поступает на базу транзистора T_2* . Кроме того, в цепь базы T_2 включен делитель напряжения, состоящий из резисторов R_6 и R_7 . От источника $E_{к}$ через этот делитель протекает ток делителя $I_{дел}$, образующий на R_7 постоянное падение напряжения с отрицательным потенциалом на базе T_2 . Таким образом, значение напряжения смещения на базе T_2 в исходном состоянии триггера определяется разностью постоянных напряжений, образуемых на R_{12} и R_7 , и устанавливается при регулировке схемы подбором значений резисторов R_6 и R_{12} .

Выходное напряжение U_2 триггера снимается с коллектора транзистора T_3 и имеет прямоугольную форму (см. рис. 11.2). Оно подводится к дифференцирующей цепи, состоящей из конденсатора C_2 и резистора R_{13} , преобразующей прямоугольное входное напряжение в остроконечные разнополярные импульсы малой длительности. Постоянную времени этой цепи $\tau = C_2R_{13}$ выбирают значительно меньше (в 10—20 раз) длительности входного им-

пульса. При этом заряд конденсатора C_5 происходит очень быстро, и, следовательно, продолжительность действия скачка напряжения (остроконечного импульса) на резисторе R_{12} мала. Для управления работой последующего каскада необходимы только отрицательные импульсы. Поэтому в схему блока введен ограничитель, выполненный на полупроводниковом диоде D_1 типа Д18 или однотипном импульсном диоде. Когда на вход ограничителя, т.е. к катоду диода, подводится положительный импульс, он будет запирает диод. Так как обратный ток диода очень мал, то напряжение на выходе ограничителя (на резисторе R_{14}) практически равно нулю и, следовательно, положительный импульс ограничивается. Когда на вход ограничителя подводится отрицательный импульс, то диод отпирается и на резисторе R_{14} он выделяется почти полностью (U_4 , см. рис. 11.2). Этот отрицательный импульс используется для управления работой следующего каскада — ждущего мультивибратора с эмиттерной связью, выполненного на транзисторах T_4 и T_5 типа МП41 или МП42.

Ж д у щ и й м у л ь т и в и б р а т о р — это импульсное устройство, работающее в ключевом режиме и имеющее одно устойчивое состояние равновесия и одно неустойчивое. Перевод схемы из устойчивого состояния в неустойчивое происходит под воздействием внешнего запускающего импульса. В неустойчивом положении схема находится в течение некоторого времени в зависимости от ее параметров, а затем скачком возвращается в первоначальное устойчивое состояние, при котором обычно первый транзистор T_4 закрыт, а второй T_5 — открыт. Ждущий мультивибратор позволяет формировать более широкие прямоугольные импульсы из узких запускающих импульсов. В типовом электронном блоке ждущий мультивибратор предназначен для получения прямоугольных импульсов с регулируемой длительностью.

В схеме ждущего мультивибратора на базу первого транзистора T_4 поступают два разнополярных постоянных напряжения — с резистора R_{16} делителя напряжения и с резистора R_{21} , включенного в цепь эмиттера T_5 . При регулировке схемы сопротивление резистора R_{15} выбирают так, чтобы результирующее напряжение на базе транзистора T_4 было положительным и находилось в заданных пределах. При этом в исходном состоянии T_4 закрыт, а T_5 открыт, так как на его базу от источника E_n через резисторы R_{18} и R_{19} поступает отрицательный потенциал. Конденсатор C_7 в исходном состоянии заряжается током, проходя

щим по цепи $+E_{\text{к}}, R_{21}$, переход эмиттер — база транзистора T_5 , $C_7, R_{17} - E_{\text{к}}$.

После подачи на вход ждущего мультивибратора отрицательного запускающего импульса транзистор T_4 открывается, а транзистор T_5 закрывается. Конденсатор C_7 перезаряжается по цепи: $+E_{\text{к}}, R_{21}, T_4, C_7, R_{17}, R_{18} - E_{\text{к}}$. Ток перезаряда конденсатора C_7 образует на резисторах R_{17}, R_{18} напряжения, при этом на базе транзистора T_5 создается положительная полярность, что удерживает его в закрытом состоянии. Когда разряд конденсатора C_7 заканчивается, смещение на базе транзистора T_5 становится равным нулю, и он открывается. После этого транзистор T_4 закрывается, и схема возвращается в исходное состояние. Длительность прямоугольного импульса U_5 (см. рис. 11.2), формируемого на коллекторе T_5 , $t_{\text{имп}} \cong 0,7 \times C_7 R_{\Sigma} = 0,7 C_7 (R_{17} + R_{18})$. Изменением значения сопротивления резистора R_{17} можно регулировать длительность выходного импульса в заданных пределах. С выхода ждущего мультивибратора прямоугольный импульс поступает на вход эмиттерного повторителя, выполненного на транзисторе T_6 типа МП40 или МП41 и являющегося выходным каскадом электронного блока.

Эмиттерный повторитель имеет большое входное и малое выходное сопротивления и поэтому часто используется в качестве согласующего элемента. Резистор R_{23} служит для установления начального смещения на базе и его значение подбирается при регулировке. Выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ снимается с резистора R_{23} в цепи эмиттера. Форма этого напряжения совпадает с формой входного напряжения (см. рис. 11.2). Амплитуда выходного напряжения близка к амплитуде входного, так как коэффициент передачи напряжения эмиттерного повторителя примерно 0,8—0,9.