

ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ

Блок-схема электронных часов представлена на рис. 7.1, полная электрическая схема устройства показана на рис. 7.2.

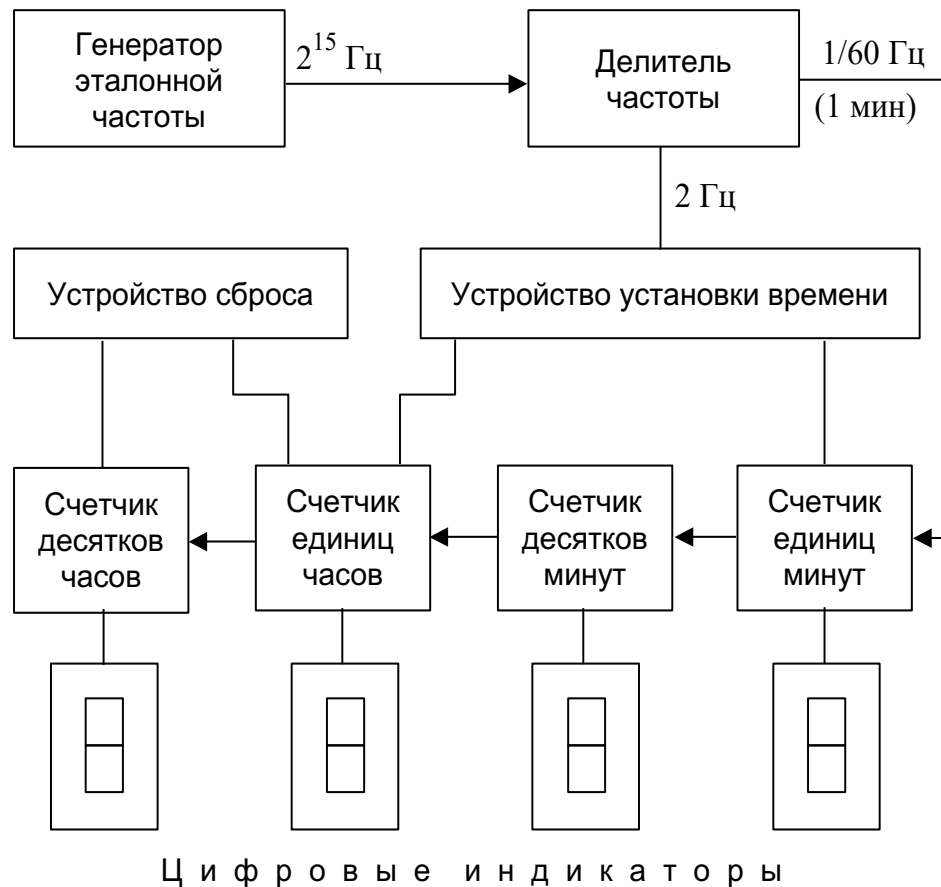


Рис. 7.1

Рассмотрим назначение каждого блока на рис. 7.1 и техническую реализацию этих блоков на принципиальной электрической схеме на рис. 7.2.

Генератор эталонной частоты. Этот узел определяет один из основных параметров любых часов – точность хода. Даже самые простые механические бытовые часы должны иметь суточную погрешность меньше одной минуты. Поскольку в сутках 1440 минут, это означает, что речь идет о приборе с точностью 0,07%. Например, стрелочные электроизмерительные приборы (вольтметр, амперметр) высокого класса имеют погрешность 0,5%. Электронные часы имеют погрешность хода за сутки около 1 с, т. е. относительная погрешность около 0,001%. Такая точность достигается за счет применения в генераторе в качестве эталона частоты кварцевого резонатора.

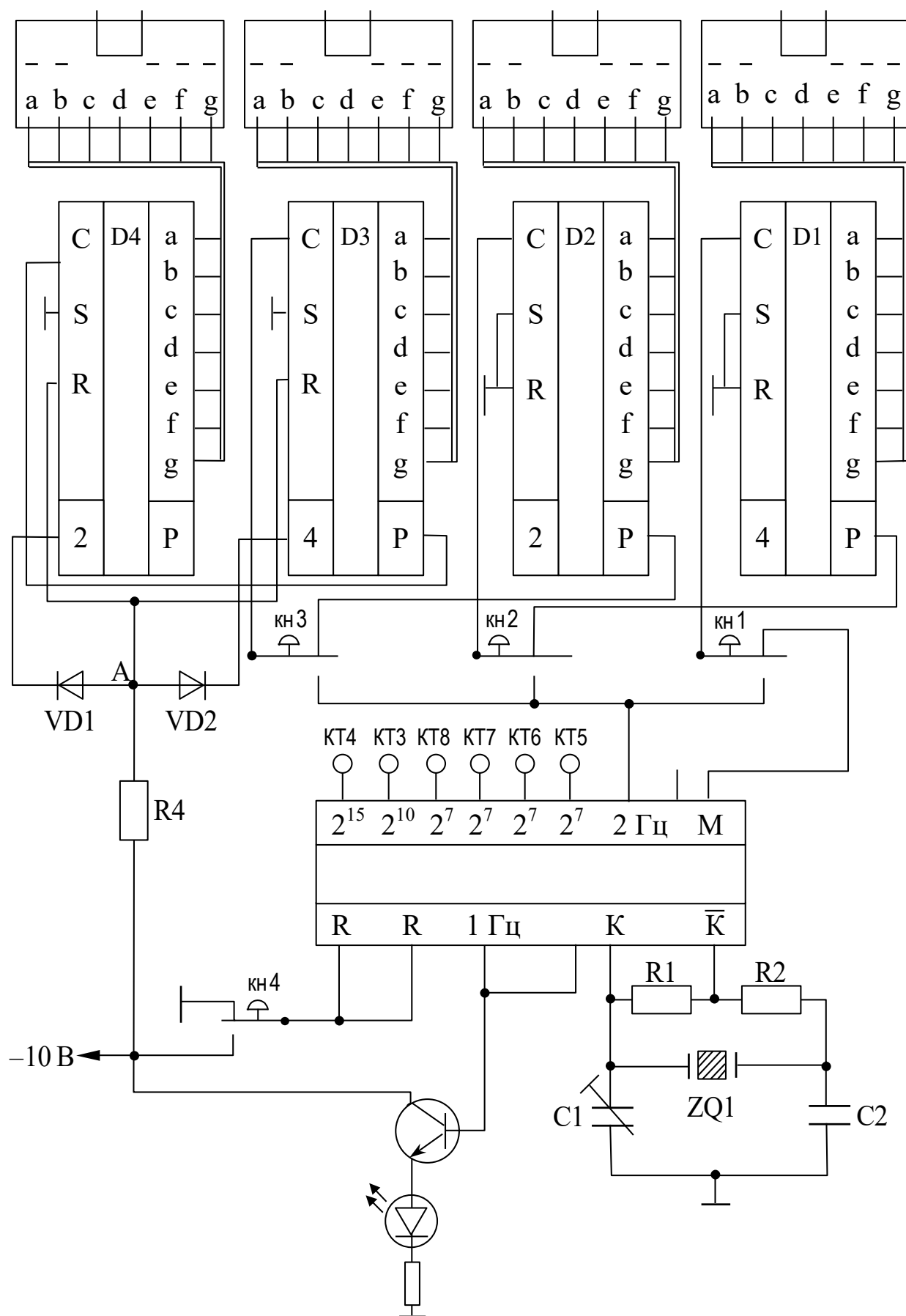


Рис. 7.2

Кварцевый резонатор – это вырезанный специальным образом кристалл кварца, снабженный электродами и помещенный в герметичный корпус для защиты от влаги и других внешних воздействий. Сочетание пьезоэлектричества и высокой механической добротности кварца позволяет вкуче с активными электронными элементами создать генератор с высокой стабильностью частоты. Значение этой частоты зависит от геометрических размеров кристалла. Общепринятым значением частоты часового кварцевого резонатора является 32768 Гц, при этом резонатор помещается в цилиндрическом корпусе диаметром 2 мм и длиной 5 мм. В изучаемом макете часов применен кварцевый резонатор более старого образца с большими размерами.

Конструктивно кварцевый генератор содержит следующие элементы принципиальной схемы (см. рис. 2): кристалл кварца ZQ1, резисторы R1 и R2, конденсаторы C1, C2 и несколько полевых транзисторов в корпусе микросхемы D5 (K176IE12).

Делитель частоты. Этот блок расположен в корпусе микросхемы D5 и состоит из двух частей – первая часть состоит из пятнадцати включенных последовательно счетных триггеров и делит получаемую по внутренним связям частоту генератора в $2^{15} = 32768$ раз и выдает частоту 1 Гц, т.е. секундные импульсы. Некоторые промежуточные частоты, получаемые в процессе деления, также выведены наружу, они обозначены в правом поле прямоугольника, изображающего микросхему D5. Эти частоты могут быть использованы для выполнения определенных функций, об этом будет сказано ниже. Частота 1 Гц внешним соединением подается на счетный вход второй части делителя, которая имеет коэффициент деления 60, после чего получается частота 1/60 Гц, т.е. минутные импульсы. Обе части делителя имеют входы обнуления R, которые соединены вместе и выведены на кнопку кн 4.

Счетчик единиц минут. Выполнен на микросхеме D1. Тип микросхемы K176IE4. В этой микросхеме в одном корпусе находятся десятичный счетчик и дешифратор. Дешифратор преобразует результаты счета в десятичный семисегментный код. Микросхема K176IE4 имеет три входа – C, R и S. Вход C – счетный, на него от делителя частоты через кнопку 1 поступают минутные импульсы, срабатывание происходит по спаду (заднему фронту) минутного импульса. Вход R – вход обнуления, при подаче на него уровня логической единицы счетчик переходит в нулевое состояние, на индикаторе при этом высвечивается цифра нуль. В данном варианте часов этот вход заземлен и в работе не используется. Вход S служит для инвертирования сигналов выходов, управляющих работой семисегментных индикаторов, если на этом входе логический нуль, то цифра на выходе дешифратора представлена высокими

уровнями, подаваемыми на нужные сегменты индикатора. Если же на входе S логическая единица, то цифра на выходах дешифратора представляется низкими потенциалами. Это позволяет расширить применения микросхемы, так как есть светодиодные индикаторы, у которых общим электродом является анод, и для того чтобы высветить нужные сегменты, на них должен быть подан низкий потенциал. Вход S очень удобен и при использовании жидкокристаллических индикаторов, которые должны питаться переменным напряжением. Теперь рассмотрим выходы микросхемы K176IE4. Выходы, обозначенные буквами

a, b, c, d, e, f, g, подсоединяются к соответствующим сегментам индикатора. Выход Р выдает сигнал переноса, т.е. в моменты, когда счетчик из состояния «9» переходит в состояние «0», что происходит через каждые десять минут, на этом выходе появляется падающий фронт, который через кнопку кн2 подается на счетный вход старшего разряда – счетчика десятков минут и увеличивает его показания на единицу. На выходе микросхемы, обозначенном цифрой «4», появляется уровень логической единицы, если в счетчике содержится число «4». В микросхеме D1 этот выход не используется.

Счетчик десятков минут. Реализован на микросхеме D2, ее тип K176IE3. Эта микросхема аналогична микросхеме K176IE4, отличие заключается в том, что K176IE3 является шестеричным счетчиком, что связано с исторически сложившимся способом счета времени. Сигнал переноса на выходе Р появляется через каждые шесть входных импульсов при переходе счетчика из состояния «5» в состояние «0». Второе отличие заключается в том, что нет выхода «4», а есть выход «2», на котором появляется высокий потенциал, если в счетчике содержится число «2». Данный выход в этом разряде также не используется.

Счетчик единиц часов и счетчик десятков часов. Эти элементы собраны на микросхемах D3 (K176IE4) и D4 (K176IE3) соответственно. Отличием работы этих двух разрядов от разрядов минут является то, что в силу опять же исторических причин их показания после 23 ч должны быть сброшены в 00 ч.

Устройство сброса. Посредством использования выходов «4» и «2» и логической схемы «2И», собранной на диодах VD1, VD2 и резисторе R4, счетчик единиц и десятков часов в 24 ч 00 м сбрасываются в 00 ч 00 м. Функционирует эта часть схемы следующим образом. Входы обнуления R микросхем D3 и D4 объединены в общую точку «А» и на эту точку подан высокий потенциал от источника питания через резистор R4. К этой же точке «А» анодами подключены диоды VD1 и VD2, катоды которых соединены с выходами «2» и «4» микросхем D4 и D3

соответственно. Это означает, что пока на выходах «2» и «4» или на любом из них низкий потенциал нуля, высокого потенциала на входах R микросхем D4 и D3 быть не может, и они будут работать в нормальном счетном режиме. И только тогда, когда на обоих выходах «2» и «4» появятся высокие потенциалы, а это случится, если в микросхемах D3 и D4 будет записано число 24, высокий же потенциал возникнет в точке «А» и обнулит обе эти микросхемы через несколько микросекунд. На практике показания часов 23 ч 59 м после следующего минутного импульса сменятся не на 24 ч 00 м, а сразу сменятся показаниями 00 ч 00 м.

Устройство установки времени. Этот блок предназначен для быстрой установки правильного текущего времени, это необходимо делать после случайного сбоя или после выключения часов. В устройство установки времени входят кнопки кн1, кн2 и кн3, подключающие соответствующие разряды к частоте 2 Гц, и кнопка кн4, обнуляющая счетчики генератора эталонной частоты и позволяющая начать от нуля отсчет новой минуты. Процедура установки правильного времени производится следующим образом: незадолго до сигналов точного времени это время устанавливается на индикаторах при помощи кнопок кн1, кн2, кн3, затем нажимается кнопка кн4 и удерживается до момента последнего шестого сигнала. В этот момент кнопка отпускается и начинается правильный ход времени.

Цифровые индикаторы. Вывод информации о текущем времени осуществляется посредством вакуумных люминесцентных индикаторов типа ИВ-6 (индикаторы вакуумные, шестой заводской номер разработки). В баллоне индикатора имеется нить накала и семь анодов-полосок, покрытых люминофором. Если к аноду приложено положительное напряжение, то летящие к нему электроны от нити накала будут ударяться о люминофор и вызывать его свечение. Подавая напряжение на соответствующие аноды, можно получить стилизованное изображение любой из десяти цифр. На рис. 7.3 показано расположение анодов в семисегментных индикаторах и их принято обозначать латинскими буквами.

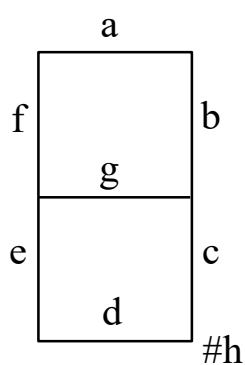


Рис. 7.3

В некоторых типах индикаторов, в том числе и в ИВ-6, есть восьмой анод, который справа внизу обозначает десятичную точку, ему присвоена латинская буква h. В баллоне индикатора есть еще один электрод — управляющая сетка, расположенная между нитью накала и анодами, как и в радиолампе. Подавая на сетку небольшой отрицательный или нулевой

потенциал, можно погасить индикацию даже при наличии анодного напряжения. Это используется в схемах с динамической индикацией.

Практические задания

1. С помощью осциллографа измерить и записать параметры сигналов на всех контрольных точках макета.
2. Пронаблюдать сдвинутые по фазе сигналы частотой 128 Гц на КТ5, КТ6, КТ7 и КТ8 (см. лабораторный макет). При этом использовать внешнюю синхронизацию осциллографа от сигнала на КТ5. Эти сигналы используются при динамической индикации.
3. Частотомером измерить частоту на кт4. Рассчитать, на сколько секунд в сутки изменится ход часов при отклонении частоты кварцевого генератора, выведенного на кт4, на 1 Гц.
4. Измерить ток, потребляемый часами при отключенной индикации. Для этого убрать перемычку П1 (см. лабораторный макет) и вместо нее включить миллиамперметр. Рассчитать емкость конденсатора в блоке питания, необходимую для того, чтобы часы правильно шли при пропадании напряжения в сети в течение одной минуты. Считать, что напряжение на конденсаторе падает линейно, а микросхемы работоспособны при уменьшении напряжения до 6 В. Рабочее напряжение питания микросхем измерить вольтметром.
5. Измерить напряжение и ток накала индикаторов ИВ-6.

Контрольные вопросы

1. Каким минимальным изменением в схеме можно превратить данные часы в секундомер?
2. Как изменится работа часов, если отсоединить диод VD1?