

Разработка цифрового устройства на примере электронных часов

Расов Д.Д.
ГПОУ «СЦБТ»

Разработка схемы счетчика интервалов времени

Теперь можно приступить к разработке принципиальной схемы счетчика интервалов времени. Как мы уже выяснили при разработке структурной схемы часов, в состав этого счетчика входит точно такой же делитель на 60, как и в генераторе минутных импульсов, поэтому для счетчика минут можно воспользоваться уже разработанной принципиальной схемой, приведенной на рис. 10.10.

Отличие в применении схемы счетчика заключается только в том, что на этот раз нам потребуются все выходы счетчиков. Логические потенциалы с выходов счетчиков мы будем подавать на вход семисегментных дешифраторов блока индикации для отображения внутреннего состояния счетчика минут на светодиодных индикаторах.

Последний счетчик, который нам потребуется для реализации блока счетчика интервалов времени, — это счетчик часов с коэффициентом счета 24. Этот счетчик было бы удобно реализовать на микросхеме десятичного счетчика, однако сдвоенных микросхем асинхронных десятичных счетчиков не производится, поэтому реализуем счетчик часов на той же микросхеме, что и остальные блоки часов — микросхеме SN74HC393PW.

Сложность при разработке схемы счетчика часов заключается в том, что коэффициент его счета не кратен десяти, поэтому сигнал обратной связи необходимо заводить на обе части микросхемы одновременно. Можно было бы реализовать этот счетчик в двоичном виде, но тогда возникнут сложности с отображением содержимого этого счетчика на семисегментных индикаторах.

Для того чтобы реализовать на первом 4-разрядном счетчике десятичный счетчик и одновременно получить возможность сброса всего счетчика часов в начале суток, используем в цепи обратной связи дополнительный логический элемент "2ИЛИ". Сигнал сброса на выходе этого элемента появится либо в случае достижения счетчиком D1.1 числа 10, либо при достижении всем счетчиком часов значения 24.

Полная принципиальная схема счетчика часовых импульсов, реализованная на микросхеме SN74HC393PW, приведена на рис. 10.11.

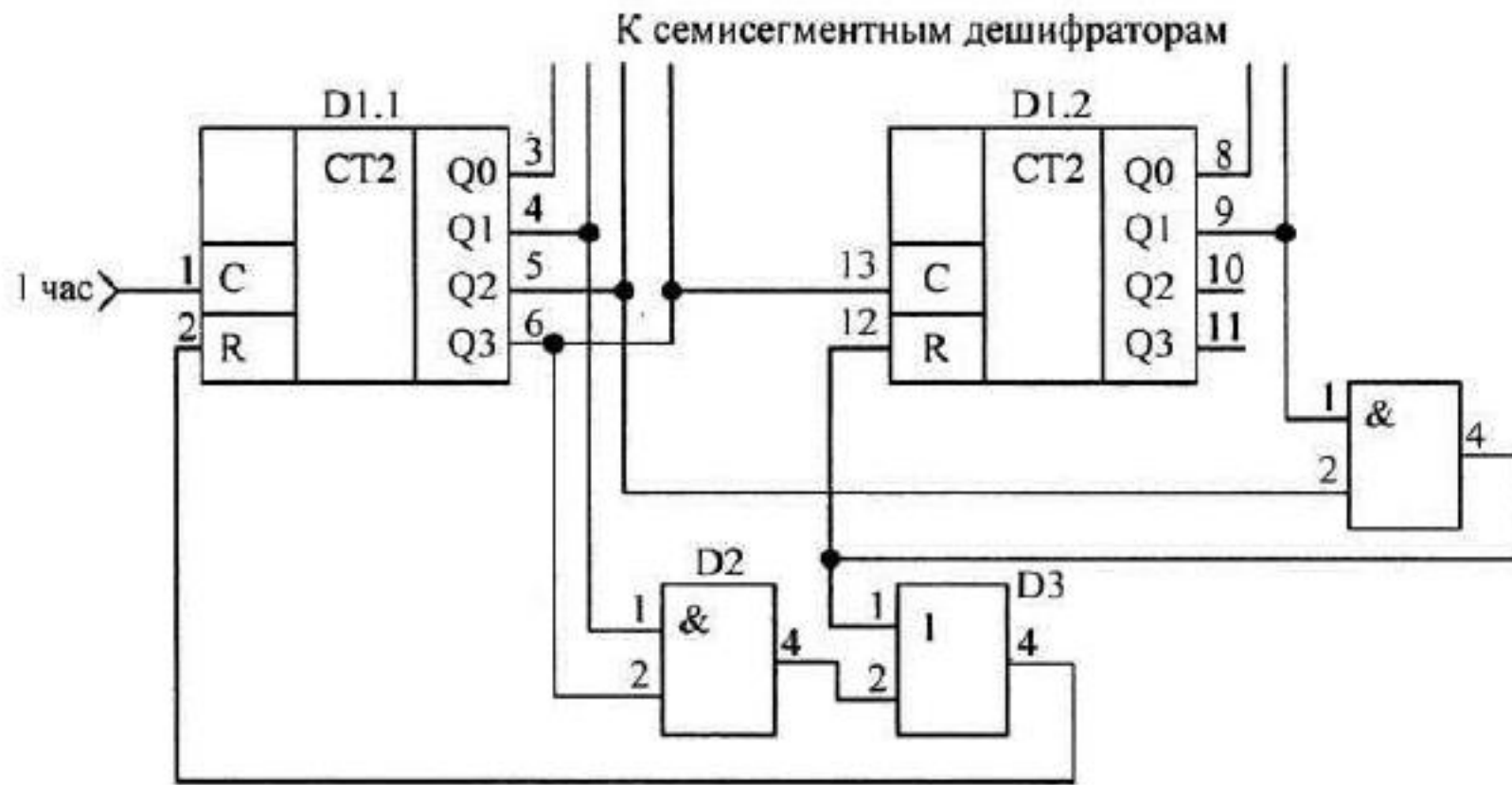


Рис. 10.11. Схема счетчика часовых импульсов

В качестве логического элемента "2ИЛИ" используем микросхему малой логики, подобную уже использованной микросхеме "2И". Это микросхема SN74LVC1G32DRLR. Цифра 32 в названии микросхемы и обозначает логический элемент "2ИЛИ". Размеры корпуса этой микросхемы не превышают $1,6 \times 1,6$ мм. В результате, несмотря на несколько более сложную по сравнению с применением двух десятичных счетчиков принципиальную электрическую схему, площадь, занимаемая счетчиком часов, значительно уменьшается.

Применение обратной связи с выводов Q1 и Q3 первой микросхемы превращает ее в десятичный счетчик. Для реализации счетчика по модулю 24 мы используем обратную связь с вывода Q1 старшего разряда счетчика (двойка) и вывода Q2 младшего разряда счетчика часов (четверка). Иначе говоря, микросхемы D1.1 и D2 образуют десятичный счетчик, а микросхемы D1.1, D1.2 и D4 реализуют счетчик по модулю 24. Микросхема D3 объединяет сигналы обратной связи десятичного счетчика и счетчика часов для первой микросхемы делителя часов D1.1.

Таким образом, мы реализовали основную часть схемы часов. Схема уже умеет измерять время, но, как уже обсуждалось при разработке структурной схемы, этого недостаточно. Требуется уметь отображать полученную информацию о текущем времени. Перейдем к разработке блока индикации часов.

Разработка принципиальной схемы блока индикации

При разработке блока счета интервалов времени мы построили схему так, чтобы блок индикации можно было бы выполнить из набора семисегментных дешифраторов и индикаторов. Конечно, как и в случае с часами, можно найти готовый блок индикации со встроенным контроллером, но как это уже говорилось ранее — мы не ищем легких путей. В разрабатываемых часах мы построим блок индикации на отдельных микросхемах.

Сначала давайте выберем микросхему семисегментного дешифратора. При разработке структурной схемы мы определили, что для индикации внутреннего состояния счетчиков будем использовать светодиодные индикаторы. Поэтому попробуем найти микросхему дешифратора, способную работать на светодиодный индикатор. В результате поиска находим достаточно старые, но выпускающиеся до настоящего времени микросхемы — SN74LS247D. Выбор иностранной микросхемы обусловлен исключительно размерами ее корпуса.

В Советском Союзе выпускались микросхемы К555ИД18 — полный аналог этой микросхемы за исключением корпуса. Корпус в два раза больше (как у микросхемы SN74LS247N). Эти микросхемы до сих пор можно найти в продаже. Однако с точки зрения корпуса, да и с точки зрения надежности лучше поставить другую отечественную микросхему — 514ИД2. Ее можно считать аналогом микросхемы SN54LS247W, выполняющей подобную функцию.

Проанализируем возможности микросхемы SN74LS247D. В результате этого анализа определяем, что на выходе этой микросхемы используется схема с открытым коллектором, допускающая подачу напряжения на выводы подключения светодиодных сегментов до 15 В. Втекающий ток этих выводов может достигать 24 мА. Приведенные параметры показывают, что микросхема SN74LS247D идеально подходит для использования совместно со светодиодным индикатором.

Так как схема подключения всех сегментов одинакова, то можно ограничиться расчетом элементов для одного сегмента. Номиналы элементов для остальных сегментов будут полностью идентичными. Рассчитаем схему подключения одного сегмента светодиодного индикатора к микросхеме семи-сегментного дешифратора SN74LS247D. Эквивалентная схема подключения одного сегмента светодиодного индикатора к выходному каскаду микросхемы SN74LS247D приведена на рис. 10.12.

Граница
микросхемы

К внутренним
элементам

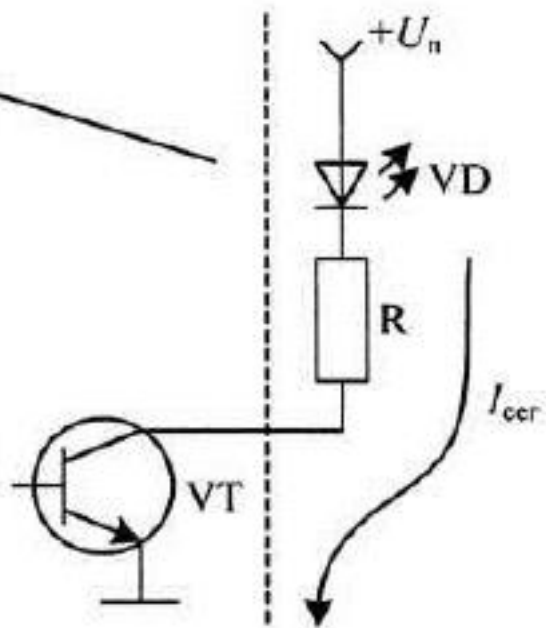


Рис. 10.12. Схема подключения одного сегмента светодиодного индикатора к выходному каскаду микросхемы SN74LS247D

Сначала определим напряжение питания блока индикации. Для этого необходимо знать параметры светодиодного индикатора, поэтому выберем светодиодный индикатор. Пусть в схеме будет использоваться суперъяркий светодиодный индикатор поверхностного монтажа с красным цветом свечения ACSA56-41SRWA-F01. Этот индикатор производится фирмой Kingbright.

Падение напряжения на этом индикаторе может составлять от 1,7 до 2,5 В. При пятивольтовом питании схемы, падение напряжения на балластном сопротивлении R можно определить по следующей формуле:

$$U_{R\max} = U_{\Pi\max} - U_{VD\min} = 5,25 \text{ В} - 1,7 \text{ В} = 3,55 \text{ В}$$

$$U_{R\min} = U_{\Pi\min} - U_{VD\max} = 4,75 \text{ В} - 2,5 \text{ В} = 2,25 \text{ В}$$

По закону Ома разброс падения напряжения на балластном сопротивлении будет определять разброс тока через светодиодные индикаторы. Это в конечном итоге даст разброс яркости свечения сегментов. В нашем случае разброс падения напряжения на балластном резисторе составил 1,6 раза, что вполне приемлемо для бытового прибора, поэтому оставим напряжение питания блока индикации равным пяти вольтам.

Зададимся током через сегмент светодиодного индикатора. Пусть этот ток будет равен 5 мА. Тогда сопротивление балластного резистора будет равно:

$$R = \frac{U_{п} - U_{vd}}{I_{vd}} = \frac{5В - 1,7В}{5 мА} = 650 \text{ Ом}$$

Выбираем ближайшее значение из десятипроцентного ряда резисторов — 670 Ом.

Теперь составим принципиальную схему подключения светодиодного индикатора ACSA56-41SRWA-F01 к микросхеме семисегментного дешифратора SN74LS247D. Она приведена на рис. 10.13.

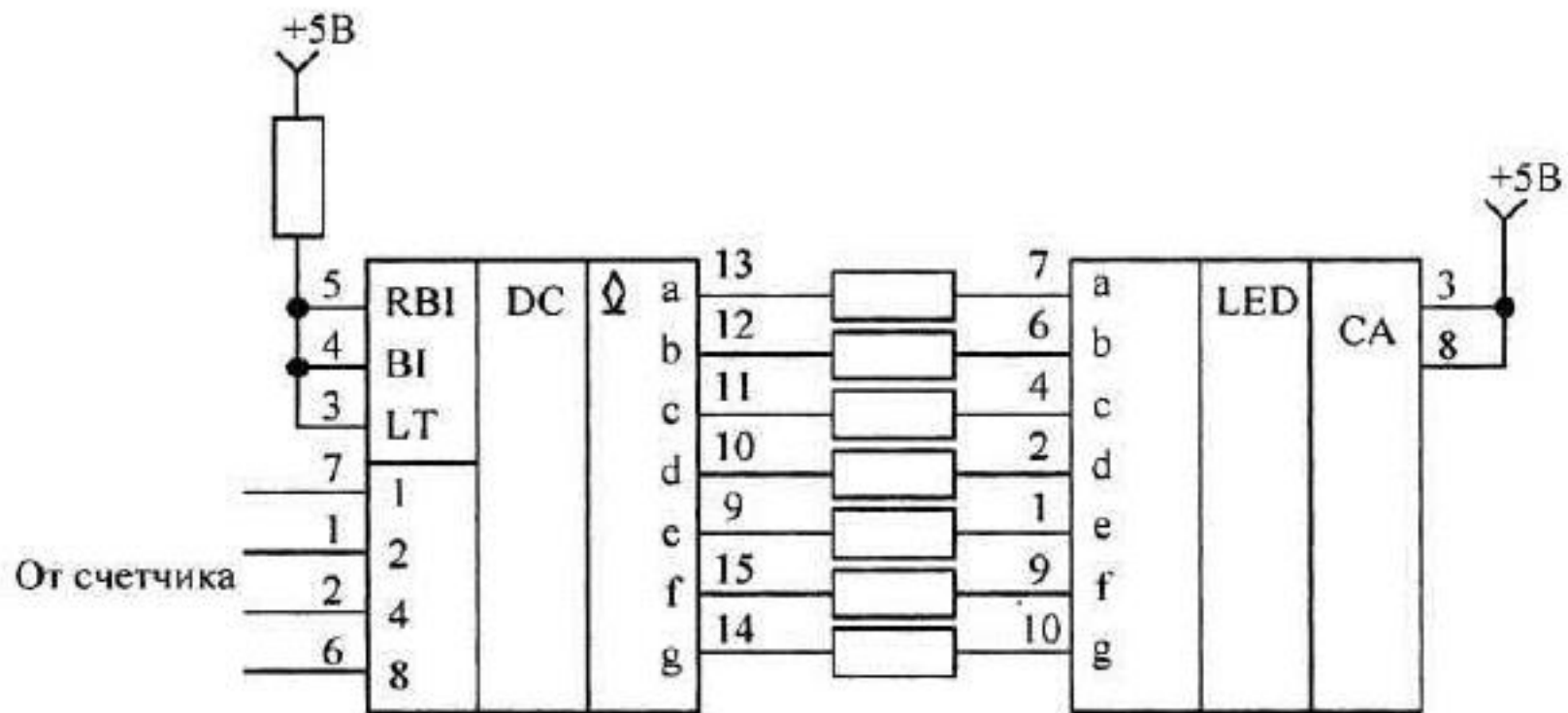


Рис. 10.13. Схема подключения светодиодного индикатора ACSA56-41SRWA-F01 к микросхеме семисегментного дешифратора SN74LS247D

В приведенной на рис. 10.13 схеме выход каждого сегмента дешифратора подключается к соответствующему сегменту индикатора через токоограничивающий резистор.

Кроме информационных входов "1" "2" "4" "8" в микросхеме дешифратора SN74LS247D имеются управляющие входы. Вход \overline{VI} позволяет гасить индикатор. Вход \overline{LT} позволяет проверять исправность сегментов индикатора, зажигая сразу все сегменты. Вход \overline{RBI} позволяет гасить незначащие нули в отображаемом числе.

Мы не будем пользоваться всеми возможностями, предоставляемыми микросхемой, поэтому соединим перечисленные управляющие входы с высоким потенциалом. Так как вход \overline{VI} может одновременно служить выходом, то высокий потенциал подадим через резистор $R1$.

Схема подключения индикатора для всех четырех отображаемых разрядов не отличается, поэтому полную схему блока индикации приводить не будем.