

## Памяти Александра Сергеевича Долгого

9 июля с. г. на 75-м году ушёл из жизни ведущий редактор журнала "Радио" Александр Сергеевич Долгий.

Трудовая деятельность Александра Сергеевича началась после окончания Московского авиационного института им. Серго Орджоникидзе.

За время обучения в МАИ он неоднократно участвовал в различных соревнованиях по КВ-радиосвязи и "охоте на лис", был награждён почётными грамотами и дипломами, писал статьи для журнала "Радио". Первая его статья — "Автоматический телеграфный ключ на транзисторах" была опубликована на страницах нашего журнала в апрельском номере 1968 г.

В 1969 г. Александр Сергеевич был принят на работу в Московский НИИ приборостроения на должность инженера. Затем он работал в научно-исследовательских институтах, являлся автором и соавтором нескольких изобретений, три из которых были внедрены в производство. В это же время он был внештатным редактором журнала "Радио", что позволило ему приобрести опыт подготовки статей для публикации в журнале.



В апреле 2001 г. Александр Сергеевич перешёл на работу в редакцию журнала "Радио" на должность старшего редактора. Имя Александра Сергеевича Долгого хорошо известно читателям нашего журнала. Его статьи в различных рубриках журнала неизменно вызвали интерес у радиолюбителей. Читатели, разрабатывающие уст-

ройства с применением микроконтроллеров, наверняка помнят в начале 2000-х годов цикл статей "Разработка и отладка устройств на МК". Начинающие радиолюбители благодарили Александра Сергеевича за цикл статей "Программаторы и программирование микроконтроллеров". Многие статьи А. С. Долгого актуальны и сегодня. В этом номере мы вновь публикуем некоторые из них.

Александр Сергеевич был очень эрудированным человеком, настоящим профессионалом в области радиоэлектроники. Его отличали глубокие знания, ответственность, исполнительность, исключительная добросовестность, что в немалой степени способствовало повышению редакторского уровня подготовки журнала. Последние годы Александр Сергеевич был ведущим редактором, можно без преувеличения сказать, что журнал держался в большей степени на нём.

Мы навсегда сохраним светлую память об Александре Сергеевиче — талантливом, одарённом, ответственном человеке. Выражаем искренние соболезнования его родным и близким.

**Редакция**

# АВТОМАТИЧЕСКИЙ ТЕЛЕГРАФНЫЙ КЛЮЧ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Большинство автоматических ключей, применяемых радиолюбителями, построены по простейшим схемам на электронных лампах и реле. Такие ключи, как правило, неустойчивы в работе и требуют тщательной регулировки для получения правильных соотношений между длительностями точек, тире и пауз. В описываемом ключе применены элементы импульсной техники и логические схемы. Это

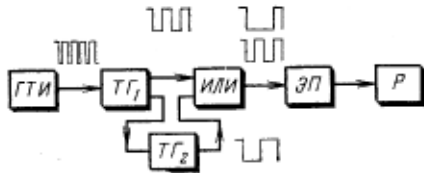


Рис. 1

позволило избавиться от указанных недостатков и построить надежный в работе ключ, в котором стандартные соотношения между длительностями точек, тире и пауз между ними выдерживаются автоматически без каких-либо регулировок.

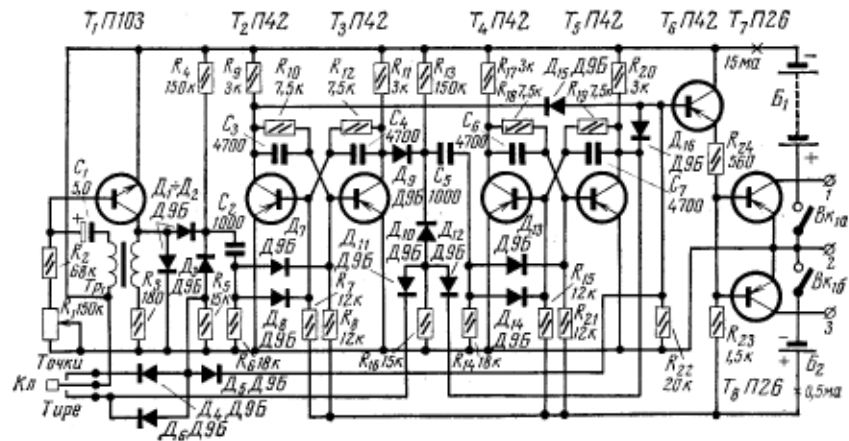
На рис. 1 показана упрощенная блок-схема ключа. Импульсы, вырабатываемые генератором тактовых импульсов ГТИ, при передаче точек запускают триггер ТГ<sub>1</sub>, работающий в режиме счетного входа. Состояние ТГ<sub>1</sub> изменяется с приходом каждого тактового импульса. Длительность точек и пауз получается одинаковой и равной периоду повторения тактовых импульсов.

При передаче тире в работу вступает триггер ТГ<sub>2</sub>, который также имеет счетный вход и запускается импульсами с выхода ТГ<sub>1</sub>. Напряжение на его выходе имеет ту же форму, что и у ТГ<sub>1</sub>, но вдвое меньшую частоту. Сигналы с выходов ТГ<sub>1</sub> и ТГ<sub>2</sub> логически складываются схемой «ИЛИ». Длительность тире при этом автоматически получается равной длительности трех точек. С выхода схемы «ИЛИ» снимается напряжение, которое через эмиттерный повторитель ЭП управляет электронным реле Р. На рис. 1 приведены также графики, показывающие форму напряжений в различных точках схемы.

Принципиальная схема ключа помещена на рис. 2. ГТИ собран на транзисторе Т<sub>1</sub> по схеме блокинг-генератора. Переменным резистором R<sub>1</sub> регулируют частоту повторения генерируемых импульсов, а следовательно, и скорость передачи. Тактовый генератор работает непрерывно. Импульсы с коллектора Т<sub>1</sub> подаются на вход первого триггера (Т<sub>2</sub> — Т<sub>3</sub>) через клапан, состоящий из диодов Д<sub>2</sub> — Д<sub>3</sub> и резистора R<sub>1</sub>. Для открытия клапана необходимо подать на анод диода Д<sub>3</sub> разрешающее напряжение, которое поступает через один из диодов Д<sub>4</sub> — Д<sub>6</sub>. Из этих диодов два подключены к контактам манипулятора КЛ. Таким образом при замыкании одного из контактов манипулятора клапан открывается. Передача знака начинается с приходом первого после нажатия тактового импульса. Задержка начала передачи не превышает длительности точки и при скорости выше 30—40 знаков в минуту практически незаметна. Если отпустить манипулятор до окончания передачи знака, клапан остается открытым напряжением, поступающим через диод Д<sub>5</sub>, и знак будет окончен правильно.

Для соединения входа ТГ<sub>2</sub> с выходом ТГ<sub>1</sub> при передаче тире служит клапан Д<sub>6</sub>Д<sub>10</sub>Р<sub>13</sub>. Напряжение разрешения на этот клапан подается через схему на диодах Д<sub>11</sub> — Д<sub>12</sub>.

Рис. 2



Один из этих диодов подключен к контакту «тире» манипулятора, назначение другого аналогично назначению Д<sub>5</sub>.

На диодах Д<sub>15</sub> — Д<sub>16</sub> собрана схема «ИЛИ», назначение которой было пояснено выше. Напряжение с ее выхода через эмиттерный повторитель (Т<sub>8</sub>) управляет электронным реле на транзисторах Т<sub>7</sub> — Т<sub>8</sub>. Реле позволяет коммутировать две цепи постоянного тока отрицательной полярности относительно общего провода или одну цепь переменного тока. Коммутируемые цепи подключаются в первом случае к клеммам 1—2 и 3—2, во втором — к клеммам 1—3. Если достаточно коммутировать одну цепь постоянного тока, то электронное реле может быть выполнено на одном транзисторе.

Транзисторы электронного реле работают в ключевом режиме. Это позволяет коммутировать токи до 30 мА при падении напряжения на реле не более 1 в. Максимальное коммутируемое напряжение определяется допустимым коллекторным напряжением транзисторов и для примененных транзисторов П26 составляет 100 в.

Ключ питается от двух источников: батареи «Крона» и элемента «316», которых хватает примерно на 10 ч непрерывной работы. Можно также предусмотреть возможность питания ключа от аппаратуры, совместно с которой он работает.

Ключ собран в металлическом



корпусе размерами 125×70×45 мм. В том же корпусе размещены источники питания и манипулятор. В ключе применены малогабаритные детали — резисторы типа МЛТ-0,25, конденсаторы МБМ и КТМ. Переменный резистор  $R_1$  — типа СП, конденсатор  $C_1$  — электролитический типа ЭМ. В схеме устойчиво работают транзисторы с  $V$  выше 30. Возможны следующие замены транзисторов, указанных на схеме:  $T_1$  — П8 — П11, П101 — П102;  $T_2$  —  $T_3$  — П13 — П16, П39 — П42;  $T_4$  —  $T_5$  — П25, П20, П21, П13 — П16, П39 — П42, при соответствующем снижении максимального коммутируемого напряжения. Диоды могут быть применены любые точечные серий Д2, Д9.

Блокинг-трансформатор  $Tr_1$  должен обеспечивать получение им-

пульса не короче нескольких сотен микросекунд. Хорошо подойдет согласующий трансформатор, предназначенный для транзисторных приемников. Самодельный трансформатор может быть намотан на стальном или ферритовом сердечнике небольшого сечения. Каждая его обмотка должна иметь около 500 витков провода ПЭ 0,1 — 0,15.

Ключ, собранный из исправных деталей, обычно не требует налаживания и начинает работать сразу. В противном случае нужно прежде всего убедиться в нормальной работе блокинг-генератора, попробовать поменять местами концы одной из обмоток трансформатора. Если блокинг-генератор работает, то нужно проверить и подобрать детали в цепях запуска триггеров ( $C_2R_6$  и  $C_5R_{13}$ ). Налаживание ключа зна-

чительно облегчается при использовании электронного осциллографа, имеющего усилитель постоянного тока и трубку с длительным послесвечением, например С1-19.

При указанных на схеме номиналах скорость передачи регулируется примерно от 50 до 200 знаков в минуту. Максимальную скорость можно изменить подбором сопротивления  $R_2$ , а минимальную — суммы сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$ . Если эта сумма для желаемой минимальной скорости получается больше, чем 400—500 ком, необходимо увеличить емкость конденсатора  $C_1$ .

Ключ использовался на радиостанциях UA3KBD и UA3KPD и показал хорошие результаты и высокую надежность в работе.

А. ДОЛГИЙ (exUT5DE)

"Радио", 2005, № 4, с. 63

## Цифровой индикатор положения антенны с сельсином

Александр ДОЛГИЙ, г. Москва

*Многие доступные радиолюбителям приводы азимутального вращения направленных антенн снабжены электромеханическими датчиками углового положения вала — сельсинами. К сожалению, воспользоваться такими датчиками бывает затруднительно не столько из-за отсутствия индикаторной части устройства, сколько по причине сложности изготовления источника питания сельсинов, требующегося для их работы при включении по классической схеме. К тому же пара из сельсина-датчика и сельсина-индикатора не дает возможности получить отсчет угла в цифровой форме, что при сегодняшней популярности компьютерных систем управления (в том числе положением антенны) можно считать существенным недостатком.*

Ниже будет описано простое устройство, подключаемое к сельсину-датчику, вместе с которым оно образует преобразователь угол—код. Несколько раз в секунду устройство передает последовательным кодом трехзначное десятичное число в интервале 0...359, соответствующее угловому положению вала сельсина в градусах. Началом отсчета (0°) может быть выбрано любое направление. Чтобы задать или изменить его, механически перемещать статор или ротор сельсина не требуется. Достаточно однократно замкнуть цепь установки нуля в момент, когда вал находится в нужном положении, например, когда антенна направлена точно на север.

С расположенным на рабочем месте оператора приемником-индикатором угла или компьютером преобразователя, находящийся у поворотного устройства антенны, соединяют четырехпроводным кабелем длиной до нескольких десятков метров. Подходит, например, стандартный кабель UTP для сетей Ethernet. В нем используют две из четырех обычно имеющихся витые пары проводов. По одной из них преобразователь передает информацию. По второй паре поступает постоянное напряжение 8...15 В для питания преобразователя

(потребляемый ток приблизительно 35 мА). Отдельный источник питания сельсина не требуется.

Прежде чем рассматривать схемы преобразователя угол—код и индикатора, вспомним, как устроена электрическая машина, именуемая сельсином. Классическая конструкция имеет статор с трехфазной обмоткой, соединенной "звездой" или "треугольником", и ротор с однофазной обмоткой.

Если в обмотке ротора сельсина течет переменный ток, созданное им магнитное поле наводит в каждой обмотке статора переменное напряжение, амплитуда которого пропорциональна косинусу угла  $\alpha$  между осями роторной и соответствующей статорной обмоток:

$$U_1 = kU_0 \cos(\alpha);$$

$$U_2 = kU_0 \cos(\alpha + 120^\circ);$$

$$U_3 = kU_0 \cos(\alpha - 120^\circ),$$

где  $U_0$  — напряжение на обмотке ротора;  $U_1$ — $U_3$  — значения напряжения на обмотках статора;  $k$  — "коэффициент трансформации" сельсина.

Обратное преобразование этих значений в угол поворота в электромеханичес-

ких системах выполняет сельсин-индикатор или сельсин-приемник, конструктивно не отличающийся от сельсина-датчика.

Во многих случаях физически повторять вращение вала сельсина-датчика не требуется, достаточно лишь знать его текущее положение, преобразовав аналоговые значения  $U_1$ — $U_3$  в цифровые. С необходимыми для получения значения угла  $\alpha$  вычислениями справится любой микроконтроллер.

Недостаток этого способа — в необходимости применения преобразователей напряжения—код, имеющихся далеко не в каждом микроконтроллере. И нужно их как минимум два: один преобразует в "цифру" значение  $U_1$ , второй — разность  $U_2$ — $U_3$ , причем оба должны брать отсчет синхронно.

Существует, однако, способ измерения угла поворота вала сельсина, при котором преобразователи напряжения—код не требуются. Если подать на статор сельсина трехфазное напряжение, начальная фаза напряжения, снимаемого с ротора, будет равна углу его поворота относительно оси той из обмоток статора, фаза напряжения, приложенного к которой, принята за нулевую. Разность фаз легко определить, измерив интервал времени между пересечениями нуля в одну и ту же сторону напряжением на статорной и роторной обмотках.

Для работы в описанном режиме выпускают специальные электрические машины — вращающиеся трансформаторы. Но ничто не мешает применить и сельсин. Тем более, что пригодны для этого любые из них (в том числе бесконтактные): датчики, индикаторы, приемники и даже так называемые сельсины-трансформаторы, имеющие трехфазные обмотки как на статоре, так и на роторе.

Схема преобразователя угол—код, использующего этот принцип, приведена на рис. 1. Трехфазное переменное напряжение, подаваемое на статор сельсина BC1 (выводы 1—3), формирует микроконтроллер DD1. Период этого напряжения выбран равным 360×8=2880 мкс (частота 347 Гц), что позволяет легко переводить в градусы результат измерения интервала вре-

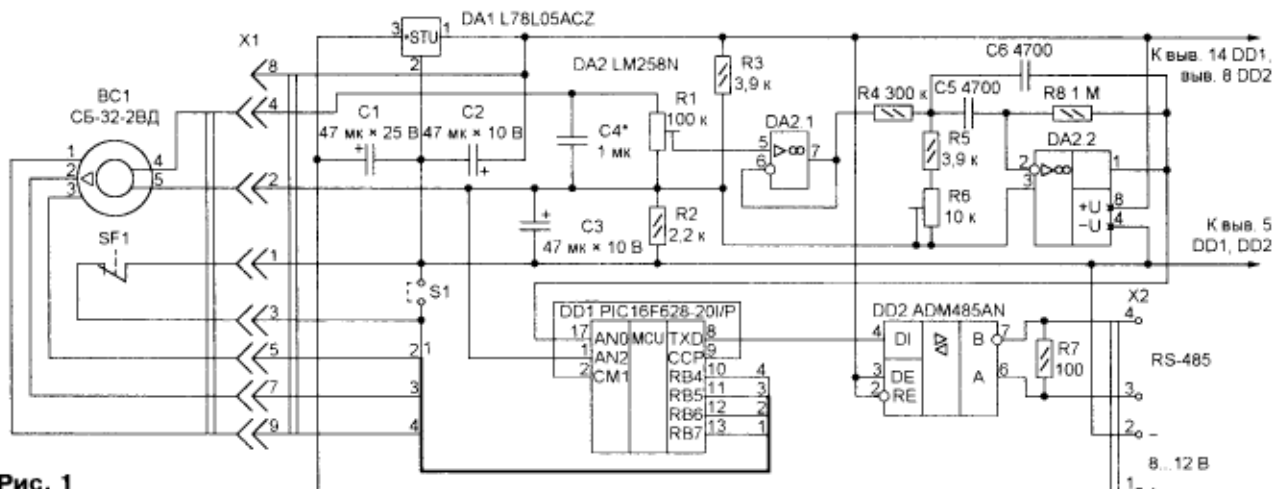


Рис. 1

мени, выраженный в микросекундах. Микроконтроллер DD1 необходимо запрограммировать в соответствии с табл. 1.

Размах напряжения, подаваемого на сельсин, значительно меньше номинального и не превышает 5 В. Поэтому в качестве BC1 можно применять сельсины, предназначенные для работы на частоте не только 400, но и 50 Гц.

Индуктивность роторной обмотки сельсина (выв. 4, 5) образует с конденсатором C4 колебательный контур, настроенный на частоту питающего напряжения. Это необходимо для выделения первой гармоники наводимого на ротор напряжения сложной формы — резуль-

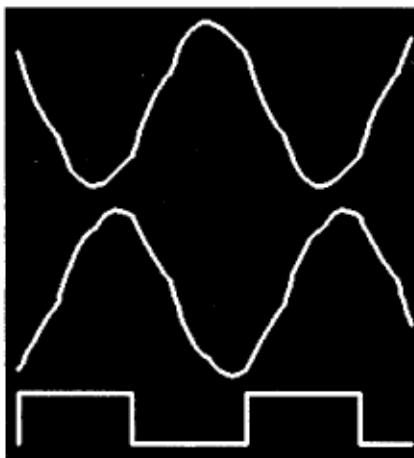


Рис. 2

Таблица 1

```

:0200000400000FA
:020000003328A3
:080008006400A0000308A00028
:10001000081D1B280B1100001230810781082208DC
:100020002A208600A20B1828F018E010630A2001C
:10003000A10F1828A0140C1D26280C11A01C26287B
:100040001308A3001608A4002014A010208830092
:100050002C0809008207403450341034303420346
:100060006034403450348601980198178316980103
:100070001811330990098168101073085008F30B0
:10008000860831206309F09000110140630A200F3
:1000900005309700A00183160C15831208178816E1
:1000A0008B17201C51282308A5002408A600201027
:1000B000861F5C2820157128201D712820116400DE
:1000C000260883169A0005309800E520201C662830
:1000D00020106400250883169A0004309800E52058
:1000E0005128C030A5070318A60AF430A60705302A
:1000F000DF20A7000430DF20A502031CA603270889
:10010000A6020430A800A61F8D784030A50703188A
:10011000A60A0B30A607A8083280310A60C031809
:10012000A50AA50C0310A60C0318A50AA50C03101C
:10013000A60C0318A50AA50C0310A60C0318A50C03101C
:100140000C127908303E99000000001EA5280C1744
:100150002A08303E99000000001EA5280C12780817
:10016000303E99000000001E1B3280C12003099008F
:100170005128A01A01A9019C30A5070318A60A0C7
:10018000FF30A607A90A03188C286430A507031886
:10019000A60A0030A607A903F630A5070318A60A89
:1001A000FF30A607A90A03188C286430A5070318A6
:1001B000A60A0030A607A903F630A5070318A60A89
:1001C00098001C141A088312080083161C15881330
:1001D00055309800AA3098009C148B171C11831272
:0801E0008C1FFC288C130800AD
:02400E00553F1C
:044208000000000002
:00000001FF
    
```

тата питания статора импульсным, а не синусоидальным напряжением.

На рис. 2 показаны осциллограммы напряжения на конденсаторе C4, снятые цифровым осциллографом при двух положениях ротора сельсина. Там же имеется осциллограмма напряжения на одной из статорных обмоток (прямоугольные импульсы).

Даже после фильтрата контуром искажения остаются заметными. Чтобы устранить их полностью, в устройство введен еще один полосовой фильтр на ОУ DA2.2. Его настраивают на частоту 347 Гц подстроечным резистором R6. Размах напряжения на выходе фильтра (вывод 1 DA2) устанавливают близким к максимальному для примененного ОУ, приблизительно 3,5 В, с помощью подстроечного резистора R1. С указанным типом сельсина нужный размах достигается при среднем положении движка резистора. Если при замене сельсина снимаемое с его ротора напряжение окажется недостаточным, можно немного изменить схему, превратив повторитель напряжения на ОУ DA2.1 в усилитель.

Напряжение с выхода фильтра поступает на вход встроенного в микропроцессор DD1 компаратора (выв. 17), на его второй вход (выв. 1) подано образцовое напряжение, соответствующее "нулю" синусоиды. Выход компара-

тора (выв. 2) соединен с выводом 9, выполняющим в данном случае функцию управляющего входа блока таймера TMR1 микроконтроллера. Этот таймер начинает счет тактовых импульсов в начале каждого периода формируемого микроконтроллером трехфазного напряжения. В момент нарастающего перепада напряжения на управляющем входе происходит "захват" показаний таймера — результат счета переписывается в специально предназначенный для этого регистр. Остается разделить содержимое этого регистра на восемь и преобразовать в десятичный формат.

Затем универсальный асинхронный приемопередатчик (UART) микроконтроллера формирует на своем выходе TXD (выв. 8) в последовательном формате ASCII-коды трех десятичных цифр измеренного значения угла, заканчивая передачу символом конца строки (код

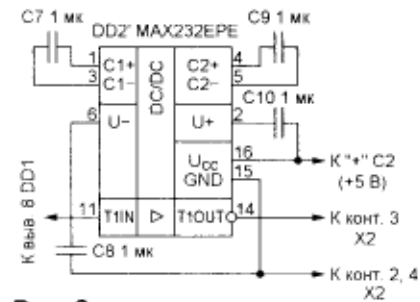


Рис. 3

0DH). Передача идет со скоростью 1200 Бод с одним стоповым битом. Бит четности отсутствует. Процесс измерения и передачи результата повторяется с периодом 123 мс (приблизительно восемь раз в секунду).

Учитывая, что расстояние между преобразователем, обычно установленным у привода вращения антенны, и индикатором на рабочем месте оператора может быть весьма значительным, для передачи информации между ними используется интерфейс RS-485, логически не отличающийся от известного RS-232, но с другими уровнями сигналов и согласованной витой парой проводов в качестве линии связи. Интерфейсу RS-485



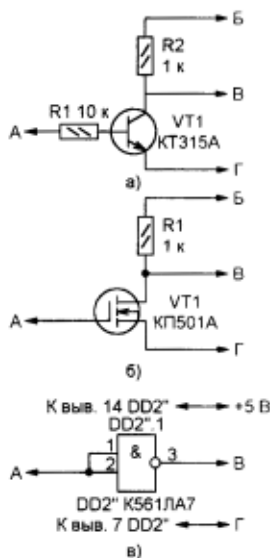


Рис. 4

присуща повышенная помехоустойчивость, что немаловажно для устройства, находящегося вблизи антенны мощного радиопередатчика.

Адаптер этого интерфейса — микросхема ADM485 (DD2) — дуплексная, но при высоком логическом уровне на

выв. 2 и 3 она передает сигналы только от микроконтроллера в линию связи. Сопротивление резистора R7 равно волновому сопротивлению этой линии. Если ее длина невелика и уровень помех не высок, согласующий резистор можно не устанавливать, что значительно снизит потребляемый преобразователем ток.

Если по какой-либо причине использовать интерфейс RS-485 невозможно или нежелательно, не составляет труда перейти на обычный RS-232, заменив адаптер ADM485 одним из передающих каналов микросхемы MAX232. Эту микросхему или ее аналог (их много) включают по схеме, приведенной на рис. 3. При расстоянии между преобразователем и приемником информации (например, разъемом COM-порта компьютера) 1...2 м можно вообще отказаться от специализированного адаптера, заменив его простейшим инвертором на биполярном или полевом транзисторе (рис. 4, а, б) или инвертором — элементом микросхемы (рис. 4, в).

Цепь А во всех случаях соединяют с выв. 8 микроконтроллера DD1, цепь Г — с минусовым проводом источника питания (конт. 2 колодки X2). Цепь В — выход данных. Цепь Б узел на микросхемах (см. рис. 3 и 4, в) соединяют с положительным выводом конденсатора C2 (см. рис. 1) или с другим источником напряжения 5 В. Аналогичную цепь транзи-

сторных инверторов (см. рис. 4, а, б) соединяют с конт. 1 колодки X2 или с одним из контактов разъема COM-порта компьютера, принимающего информацию, на котором программно установлен высокий уровень напряжения. Можно питать инвертор и напряжением 5 В, однако сопротивление резистора в цепи коллектора (стока) транзистора в этом случае рекомендуется уменьшить вдвое.

Микросхема DA1 — стабилизатор напряжения питания микросхем преобразователя.

О назначении контактов SF1 следует рассказать подробнее. Обычная работа преобразователя происходит одинаково как при замкнутых, так и при разомкнутых контактах. Они показаны нормально замкнутыми только по соображениям помехоустойчивости. Но в момент замыкания контактов микроконтроллер запоминает текущее угловое положение ротора сельсина и в дальнейшем считает его нулевым.

Таким образом, установив на антенне контактный (или другой, например, магнитный или оптический с выходом "на замыкание") датчик направления точно на север, можно не заботиться о юстировке сельсина. Периодическая корректировка показаний помогает избавиться от систематической погрешности измерения угла при больших колебаниях температуры в месте установки преобразователя.

Если преобразователь находится в отапливаемом помещении, где температура постоянна, или ширина диаграммы направленности антенны превышает 10° (а именно таково большинство радиолюбительских антенн), температурной погрешностью можно пренебречь. В этом случае контакты SF1 исключают, оставив их цепь разомкнутой, а юстировку выполняют однократно, установив перемычку S1 в момент, когда антенна "смотрит" на север.

Заметим, что направление отсчета угла (по часовой стрелке или против нее) легко изменить,

поменяв местами любые два из трех выводов статорной обмотки сельсина. Перемена мест выводов ротора приводит к изменению показаний на 180°, если, конечно, не была проведена повторная юстировка. Этим можно воспользоваться, когда на одном вращающемся основании установлены две антенны, направленные в противоположные стороны.

Печатная плата преобразователя изображена на рис. 5. Подстроечные резисторы R1 и R6 — СП3-19а или аналогичные. Для конденсатора C4 на плате предусмотрены два посадочных места, обозначенных как C4' и C4". Это позво-

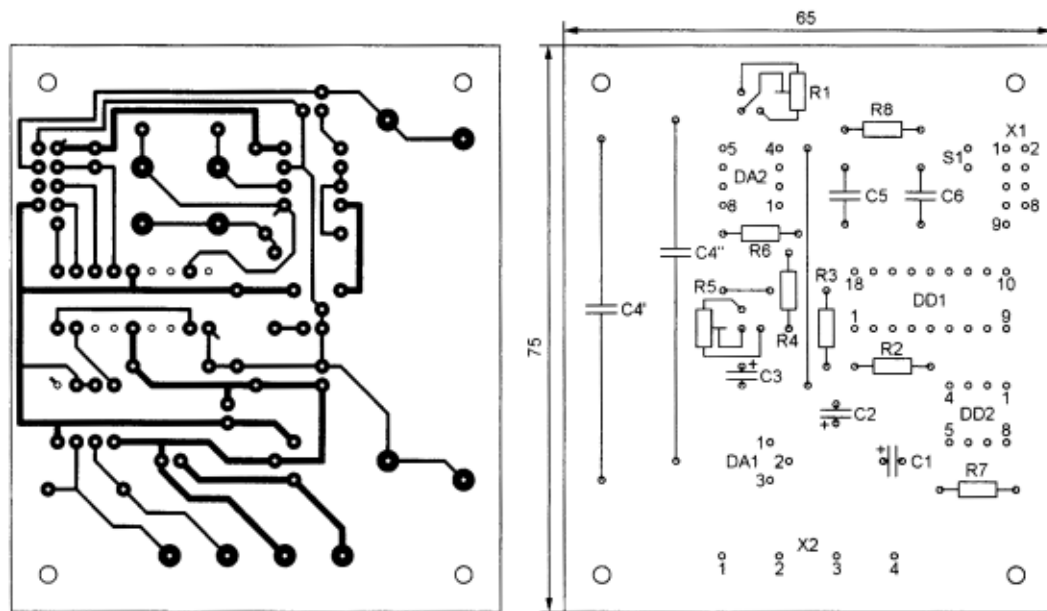


Рис. 5

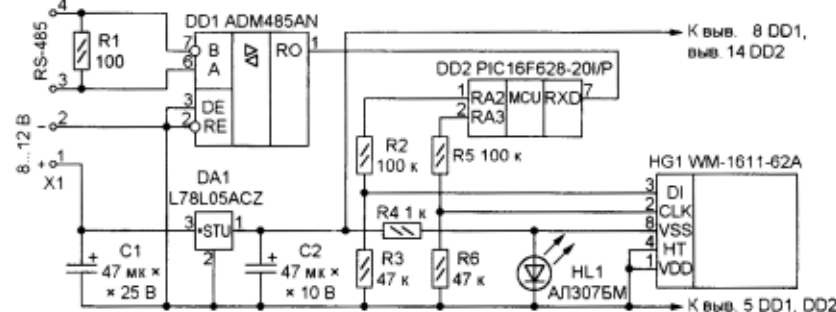


Рис. 6

Таблица 2

```

:020000040000GA
:020000001328C3
:08000800A7000308A80024086A
:10001000A3002508A4002608A5001A08A6002808A1
:10002000830027080900850107309F009801981771
:1000300083160F3086009801181133309900F33081
:10004000850098168317181683168C1683170817C8
:100050008817851505150D30260603102828A601C7
:100060007220051172202830A10085117220000035
:1000700085150000000A10B352805152308452033
:10008000240845202508452029280F3903190A305E
:10009000A200A210402805154E280511722085118C
:1000A0007220851522105628051557280511722026
:1000B000851172208515A21C5F2805156028051181
:1000C0007220851172208515221C68280515692863
:1000D000051172208511722085150090000000006
:1000E00000008000000000000000000000000008
:0A00F000000000000000000000000000000000FE
:02400E00503F21
:00000001FF
    
```

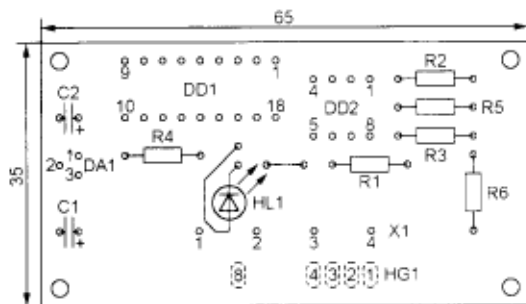
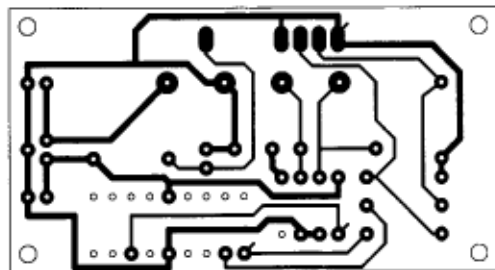


Рис. 7



Рис. 8

ляет подобрать нужную для настройки роторной обмотки сельсина в резонанс емкость этого конденсатора, составив его из двух. Предпочтительный тип конденсатора С4 — К77-1, однако можно использовать и другие пленочные, обращая внимание, в первую очередь, на их термостабильность. Конденсаторы С5 и С6 — керамические КМ56 (ТКЕ М1500) или другие аналогичные.

Разъем Х1 — вилка PLD-10R, с которой стыкуется кабельная розетка IDC-10F. Контактная колодка Х2 —Х977В-04 или другая с шагом контактов 7,62 мм.

Микросхемы указанных на схеме рис. 1 типов имеют так называемый "industrial" интервал рабочей температуры. Они работоспособны при температуре до  $-40^{\circ}\text{C}$ . Если не предполагается использовать преобразователь при отрицательной температуре, их можно заменить более дешевыми "commercial" аналогами, например, установить LM358N вместо LM258N, ADM485JN — вместо ADM485AN.

Для приема и отображения передаваемой описанным выше преобразователем информации служит модуль, схема которого приведена на рис. 6. Контакты колодки Х1 соединяют кабелем с одноименными контактами колодки Х2 преобразователя. Провода, идущие к контактам 3 и 4, должны быть обязательно свиты между собой, а к контактам 1 и 2 — желательно свиты. Напряжение питания (8...12 В) можно подать на контакты 1 и 2 любой из колодок.

Для повышения помехоустойчивости оденьте на кабель вблизи мест его подключения к колодкам по одному или несколько ферритовых колец. Марка феррита и типоразмеры колец не имеют особого значения, однако диаметр отверстия в них должен быть лишь незначительно больше внешнего диаметра кабеля.

Заметим, что интерфейс RS-485 — многоточечный. Он рассчитан на подключение к одной линии связи нескольких (до 256) абонентов. Соединительный кабель ведут от одного абонента к другому, обходя их поочередно, а согласующий резистор (R1 на схеме рис. 6) устанавливают только у физически последнего.

Информационный сигнал, поступивший на выв. 6 и 7 микросхемы DD1, она преобразует к уровням, приемлемым для микроконтроллера DD2. Он работает по программе, приведенной в табл. 2, ре-

рашены друг к другу). Выводы платы ЖКИ соединены с соответствующими контактными площадками платы приемника отрезками гибкого изолированного провода.

Если выход преобразователя угол—код выполнен по стандарту RS-232, необходимо и в приемнике заменить адаптер интерфейса RS-485 адаптером RS-232. Его можно выполнить по схеме, аналогичной приведенной на рис. 4, подав входной сигнал на выв. 8 или 13 микросхемы MAX232, а выв. 9 или 12, соединив с выв. 7 микроконтроллера приемника-индикатора. При длине кабеля до 5 м и в отсутствие помех можно обойтись вообще без адаптеров, соединив выв. 8 микроконтроллера преобразователя непосредственно с выв. 7 микроконтроллера приемника.

Если преобразователь угол—код выполнен по исходной схеме (с интерфейсом RS-485) и нужно передать значение угла в компьютер, можно воспользоваться любым из рассмотренных ранее адаптеров, схемы которых изображены на рис. 3 и 4. Выход адаптера (цепь В) соединяют с цепью RXD (конт. 2 разъема COM-порта DB-9), а к общему проводу (цепь Г) подключают цепь SG (конт. 5 разъема DB-9). Вход адаптера (цепь А) соединяют с выв. 1 микросхемы DD1 (см. рис. 6). Временное подключение, например, для налаживания преобразователя, можно выполнить еще проще. Достаточно соединить конт. 2 и 5 разъема COM-порта DB-9 соответственно с конт. 4 и 2 колодки Х2 (см. рис. 2).

Для приема и отображения значения угла на экране компьютера разработана программа Azimuth. Подав сигнал преобразователя на разъем COM-порта компьютера и запустив программу, увидим на экране окно, показанное на рис. 8, а, с текущим значением угла. Если информация от преобразователя угол—код не поступает, окно программы приобретает вид, показанный на рис. 8, б. По умолчанию программа работает с портом COM1 и отображает полученное значение без всяких преобразований.

Программа AZIMUTH и программы для микроконтроллеров доступны на сайте журнала "Радио" по адресу <ftp://ftp.radio.ru/pub/2005/04/selsyn.zip>.

Чтобы изменить настройки, необходимо поместить в одну папку с исполняемым файлом программы текстовый файл настройки Azimuth.ini. Его содержание может быть таким, как показано в табл. 3

Таблица 3

```

[Settings]
Port=COM1
baud=1200
zero=0
Signed=NO
    
```

Параметр Port может принимать значения COM1...COMn, где n — любая десятичная цифра. Если порта с указанным номером в компьютере нет или он занят, при запуске программы на экране появится сообщение с просьбой выбрать другой порт.

Параметр Zero — угловая поправка (целое число градусов). Она может быть положительной или отрицательной и автоматически суммируется с принятым значением. Результат приводится к интервалу, заданному параметром Signed. Если Signed=YES, значение на экране будет в интервале  $-179...+180^{\circ}$ , в противном случае —  $0...359^{\circ}$ .

Редактор — С. Некрасов, графика — А. Долгий



# Использование вывода 5 таймера NE555

А. ДОЛГИЙ, г. Москва

Всем известен и широко применяется в радиолюбительских конструкциях таймер NE555 и его аналоги, например, отечественный КР1006ВИ1. В

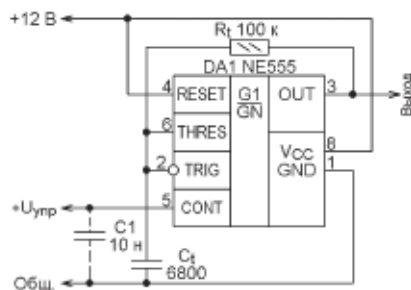


Рис. 1

сопротивление времязадающих элементов, а лишь подавая внешнее напряжение на вывод 5 таймера, сдвигая тем самым пороги срабатывания компараторов. О такой возможности написано в справочных данных таймера, но никаких зависимостей или рекомендаций на эту тему там не приведено. Чтобы восполнить этот пробел, были проведены эксперименты, с результатами которых хочу ознакомить читателей.

На таймере NE555 был собран генератор непрерывных колебаний по схеме, изображённой на рис. 1. Если вывод 5 таймера никуда не подключён, коэффициент заполнения генерируемых импульсов (отношение длительности импульсов  $T_1$  к периоду их следования  $T$ ) равен 0,5, а частота их следования

$$F_0 = \frac{0,72}{R_1 C_1}$$

При указанных на схеме номиналах элементов  $F_0 = 1$  кГц.

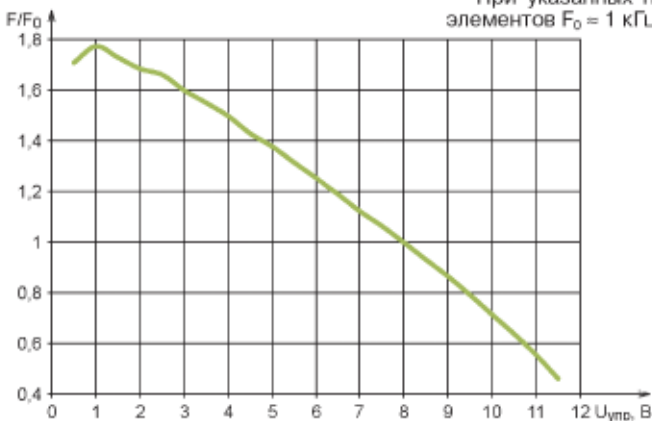


Рис. 2

подавляющем большинстве случаев вывод 5 таймера NE555 оставляют свободным или соединяют с общим проводом через блокировочный конденсатор, что в условиях отсутствия помех по питанию не очень нужно. В зарубежных описаниях таймера этот вывод называют по-разному — Cont, Control, Control Voltage, а в отечественных — "Контроль делителя", хотя уместнее было бы перевести слово control как "управление".

Внутри таймера NE555 вывод 5 соединён с точкой соединения "верхнего" и "среднего" резисторов делителя напряжения питания, формирующего пороги срабатывания компараторов и задающего таким образом пределы изменения напряжения на времязадающем конденсаторе. Поэтому, когда вывод 5 оставлен свободным, напряжение на нём — 2/3 напряжения питания. Точка соединения "среднего" и "нижнего" резисторов, где напряжение равно 1/3 напряжения питания, внешнего вывода не имеет. Исходя именно из таких порогов, в справочниках приведены формулы расчёта длительности импульсов и частоты их следования на выходе генератора, собранного на таймере.

Однако длительностью и частотой можно управлять, не изменяя ёмкость и

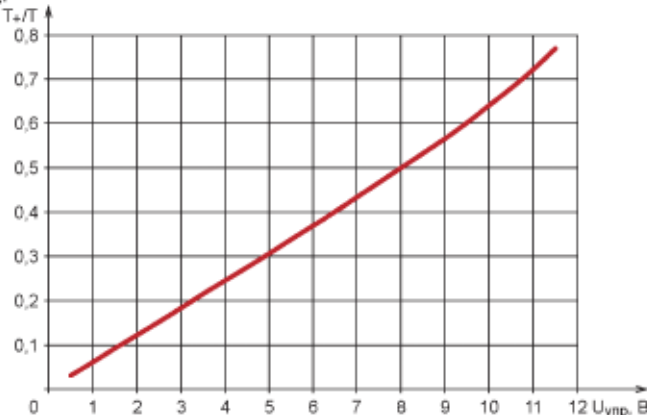
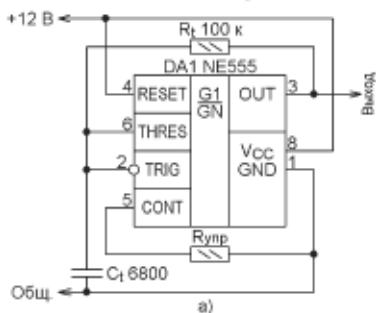
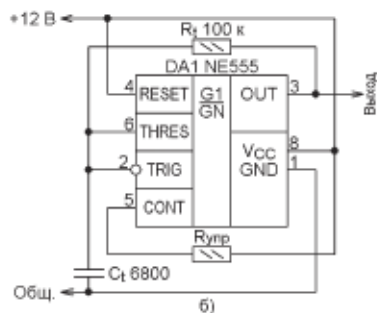


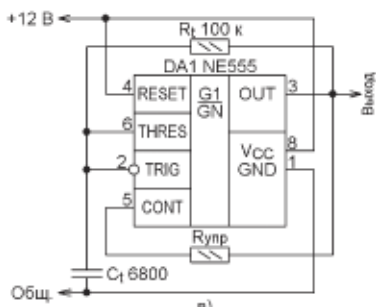
Рис. 3



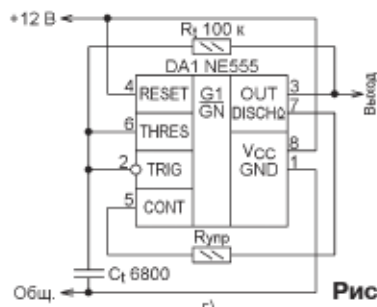
а)



б)



в)



г)

Рис. 4

Внешнее напряжение, поданное на вывод 5, влияет на оба порога. Причём

верхний порог становится равным этому напряжению, а нижний — его половине. Если подать на вывод 5 напряжение  $U_{упр}$ , равное 8 В (2/3 от 12 В), частота и коэффициент заполнения останутся прежними. Но при других значениях  $U_{упр}$  они изменяются, как показано на рис. 2 (частота) и рис. 3 (коэффициент заполнения). Причём частота, увеличиваясь в 3,7 раза при изменении  $U_{упр}$  от 11,5 до 1 В, с дальнейшим его уменьшением резко падает. Коэффициент заполнения растёт с 0,06 ( $U_{упр} = 1$  В) до 0,77 ( $U_{упр} = 11,5$  В) практически линейно.

Другой способ управления состоит в подключении к выводу 5 резистора  $R_{упр}$ , второй вывод которого соединён с одним из других выводов таймера. Варианты его подключения показаны на рис. 4, а зависимости частоты и коэффициента заполнения от  $U_{упр}$  — соответственно на рис. 5 и рис. 6. Буквы у кривых на этих рисунках совпадают с теми, которыми обозначены варианты подключения резистора на рис. 4.

Как видим, при соединении резистора  $R_{упр}$  с общим проводом и уменьше-

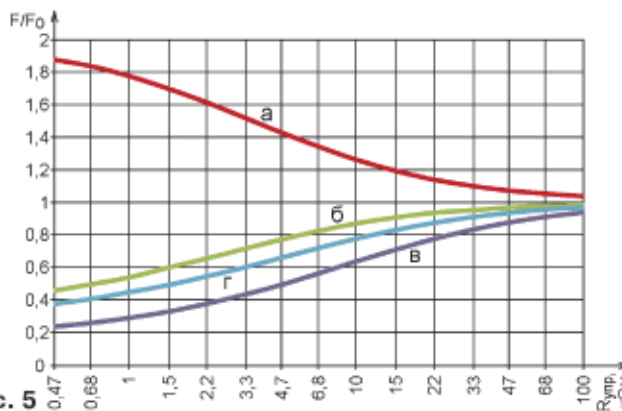


Рис. 5

нии его сопротивления от 100 кОм до 470 Ом частота растёт в 1,7 раза, а коэффициент заполнения падает в восемь раз. Если соединить резистор с плюсовой линией питания, при изменении его сопротивления в тех же пределах частота уменьшается в 2,2 раза, а коэффициент заполнения растёт в 1,5 раза. Наибольшее изменение частоты — в четыре раза достигнуто при соединении резистора  $R_{упр}$  с выходом OUT (выводом 3) таймера. При этом коэффициент заполнения импульсов практически не изменяется, оставаясь приблизительно равным 0,5. Если подключить резистор  $R_{упр}$  к выводу с открытым коллектором DISCH (выводу 7), кривые зависимости изменения частоты и коэффициента заполнения от сопротивления резистора  $R_{упр}$  занимают промежуточные поло-

жения между кривыми при его соединении с плюсом питания и с выходом OUT. Полученные результаты можно распространить и на КМОП-версии таймера — микросхемы LMC555, TS555, ICM7555, КР1441ВВ1. Но следует иметь в виду, что пороговые напряжения в них заданы с помощью делителей напряжения из резисторов сопротивлением 100 кОм, а не 5 кОм, как в таймерах NE555. Поэтому для них значения сопротивления резистора  $R_{упр}$ , указанные на рис. 5 и 6, нужно увеличить в 20 раз. ■

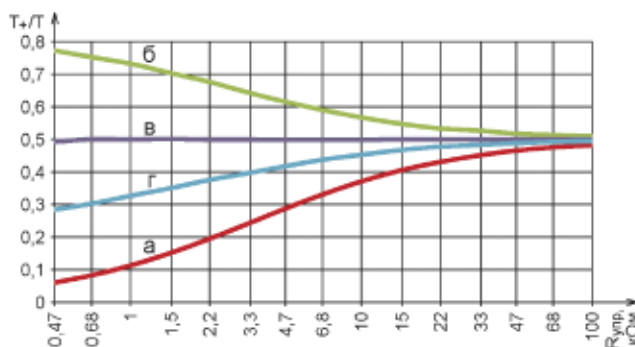


Рис. 6

"Радио", 2009, № 3, с. 22, 23

## О настройке тактового RC-генератора, встроенного в МК PIC12F629 и PIC12F675

А. ДОЛГИЙ, г. Москва

**Налаживая один из приборов на микроконтроллере (МК) PIC12F675, работающем от встроенного тактового RC-генератора, автор неожиданно для себя обнаружил, что длительность формируемых генератором интервалов времени существенно отличается от требуемых значений. И это несмотря на то, что в программе МК были предусмотрены все рекомендуемые изготовителем операции по точной установке частоты генератора с использованием хранящейся в памяти МК заводской калибровочной константы. Этот казус заставил заняться исследованием характеристик генератора. О результатах проделанной работы рассказывается в статье.**

Для начала напомним, что установка частоты встроенного RC-генератора в восьмывыводных МК PIC12F629 и PIC12F675 (последний отличается лишь наличием встроенного АЦП) производится записью соответствующей константы в регистр OSCCAL, находящийся по адресу 90H. Это восьмизрядный регистр, но два его младших двоичных разряда не используются, в них всегда нули. Таким образом, значение настроечной константы может находиться в интервале 0—252 (0—0FCH), изменяясь шагами по четыре единицы.

При включении питания МК или после подачи на него сигнала начальной установки регистр OSCCAL получает значение 128 (80H), что соответствует середине интервала перестройки генератора, однако никаких конкретных значений его частоты при такой настройке в документации на МК не приведено. Отсутствует в ней и зависимость частоты RC-генератора от записанного в упомянутый регистр значения. Сказано лишь, что отклонение калиброванного значения частоты от рав-

ного 4 МГц номинала при различных значениях напряжения питания не превышает  $\pm 1$ ,  $\pm 2$  или  $\pm 5$  % в зависимости от рабочего интервала температуры.

Для того чтобы пользователь мог установить номинальную частоту с указанной точностью, в последнюю (адрес 3FFH) ячейку памяти программ МК рассматриваемых типов на заводе-изготовителе заносят своеобразную подпрограмму из единственной команды

RETLW K, где K — число, которое необходимо записать в регистр OSCCAL данного экземпляра для настройки его генератора на номинальную частоту. Подпрограмма возвращает это число в регистре W. Чтобы воспользоваться им, в программу обычно включают следующий фрагмент:

```
BSF STATUS, RP0
CALL 3FFH
MOVWF OSCCAL
BCF STATUS, RP0
```

К сожалению, некоторые радиолюбители, не зная о находящейся в программной памяти МК команде с настроечной константой, по неосторожности стирают ее при записи в память новой программы. Это может привести к "зацикливанию" МК. Если в программе имеется команда CALL 3FFH, то, выполняя ее, он не найдет по указанному адресу команды возврата из подпрограммы, затем прибавит к счетчику команд единицу и в результате выполнения счетчика перейдет от последней ячейки памяти к ее начальной (нулевой). Выполнение программы начнется заново, как после включения питания. Цикл от нулевой ячейки до команды CALL 3FFH станет повторяться бесконечно, а команды, находящиеся за его пределами, не будут выполнены никогда. Чтобы избежать этого, достаточно по адресу 3FFH вместо случайно стертой команды RETLW с любым значением операнда, например 80H. Шестнадцатиричный код такой команды — 3480H. Это приведет к некоторому отклонению тактовой частоты МК от номинальной, но в остальном работоспособность программы будет восстановлена.

Все сказанное выше относится и к настройке внутренних тактовых RC-генераторов 14-выводных МК PIC16F630 и PIC16F676.

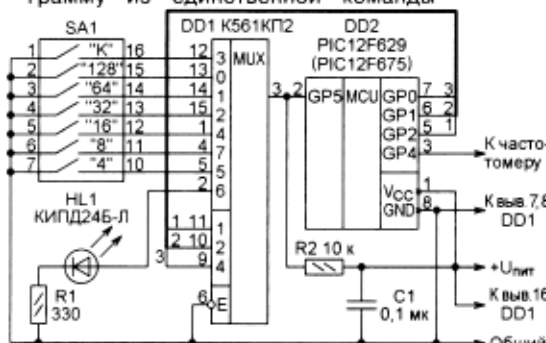


Рис. 1



```

:100000001528FF3FFF3FFF3F0230031383120B0041
:10001000FF300A00D0B00281028D0A0B0D280A2838
:100020004A300A00D0A0122808000030031A013007
:1000300003138312D1005108013A031D2428FF2322
:10004000A100FF30A0002728A001FF30A10064001C
:10005000073099008316951620308500A201A30170
:1000600005308312850004200030851A0130D1004C
:100070005108003A031D3028231507308500042050
:100080000030851A0130D1005108003A031D49287B
:10009000A3150130850004200030851A0130D100FD
:1000A0005108003A031D52823160230850004200C
:1000B0000030851A0130D1005108003A031D612833
:1000C000A3160430850004200030851A0130D100C9
:1000D0005108003A031D60282317850104200030C4
:1000E000851A0130D1005108003A031D7828A31762
:1000F0000630850004200030851A0130D1005108F7
:10010000003AFF30031D00300002008D00503194D
:100110008D28210883169000952803138316230841
:1001200010060319952823089000033083128500D8
:1001300023082106031D9E28A209A0282008A2004A
:1001400022080319A62823308500A828033085003B
:10015000831685120130A40024080A3C031C62818
:1001600064001A30D080FF30DA00080888288B2854
:10017000DA0888288528E730DA000A088D28000022
:1001800024080A3A0319C628A40AAC2885162F2881
:10019000C828FF3FFF3FFF3FFF3FFF3FFF3FFF3FB0
:02400E00D3F94
:00000001FF

```

код, при котором вывод 2 микросхемы DD1 соединен с выводом 3 (коммутирующие элементы этой микросхемы — двунаправленные). Вывод 2 DD2 временно перепрограммируется в режим выхода. Светодиод будет включен, если константа в памяти МК есть, и выключен, если она отсутствует. Про совпадении константы в памяти со значением, заданным переключателем SA1, светодиод мигает.

Описанное устройство было смонтировано на макетной плате (рис. 2), однако можно собрать его и на печатной, изготовленной в соответствии с рис. 3 (она рассчитана на применение резисторов МЛТ и керамического конденсатора для поверхностного монтажа типоразмера 1206).

Теперь о результатах измерений. Зависимости частоты встроенного тактового RC-генератора для нескольких экземпляров МК

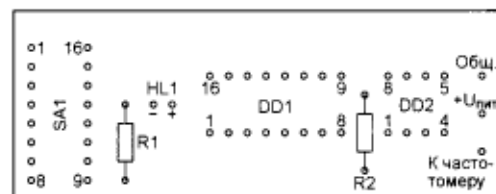
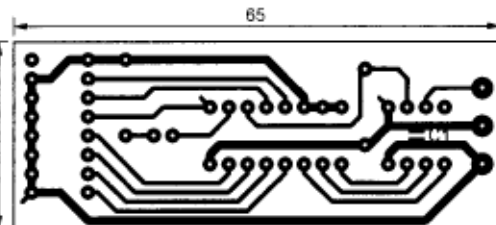


Рис. 3

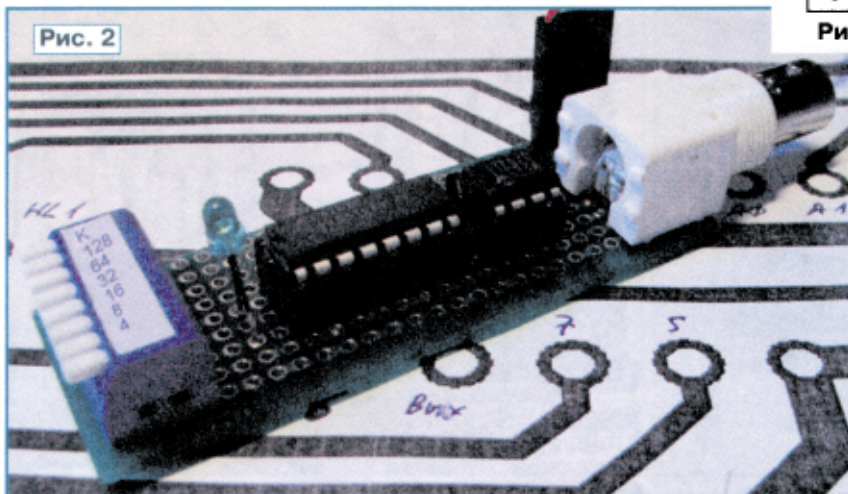


Рис. 2

Для исследования характеристик встроенного RC-генератора МК было изготовлено устройство, схема которого показана на рис. 1. При необходимости оно поможет и определить правильное значение константы, записываемой в регистр OSCCAL.

Частоту встроенного RC-генератора измеряют частотомером, подключив его к выводу 3 МК DD2 и общему проводу. Следует, однако, иметь в виду, что частота импульсов на этом выводе и, следовательно, показания прибора в четыре раза ниже фактической тактовой частоты.

Работая по программе, коды которой приведены в таблице, МК DD2 с помощью селектора-мультиплектора DD1 периодически определяет состояние контактных групп DIP-переключателя SA1, формирует соответствующий код и записывает его в регистр OSCCAL. "Вес" каждой пары контактов переключателя указан на схеме рядом с ней. Значение константы равно сумме "весов" замкнутых контактов. При замкнутых контактах "К" в регистр записывается константа из ячейки 3FFH памяти МК, если она там имеется.

Светодиод HL1 сигнализирует о наличии калибровочной константы в памяти МК. Для этого в промежутках между циклами считывания состояния переключателя SA1 на выводах 5—7 DD2 устанавливается

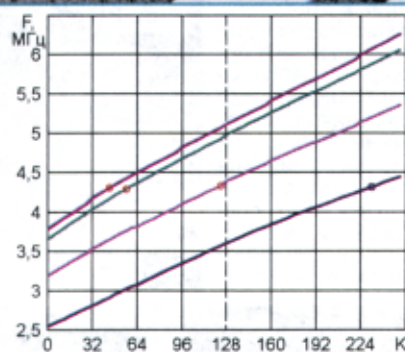


Рис. 4

PIC12F675 представлены на рис. 4. Наибольшими окружностями на них отмечены точки, соответствующие "заводским" значениям калибровочной константы. К удивлению, при нормальной комнатной температуре (около +25 °С) соответствующая им частота оказалась, хотя и одинаковой, но на 7...8 % выше номинальной 4 МГц (приблизительно 4,3 МГц). Причину такого несоответствия установить, к сожалению, пока не удалось, хотя именно для подтверждения этого факта были исследованы МК, выпущенные в разные годы (2002—2008) и приобретенные в разных торговых фирмах.

Частота измерялась различными частотомерами, в том числе и радиоприемником DEGEN DE1103 с цифровым отсчетом частоты настройки. Измерения с помощью последнего показали,

что спектр сигнала генератора очень "грязный", чистого тона биений в режиме SSB не было. Вокруг мощной основной составляющей спектра прослушивалось множество более слабых боковых, следующих с интервалами в несколько десятков килогерц.

Диапазон перестройки частоты тактового генератора оказался довольно широким (коэффициент перекрытия по частоте — 1,6...1,8), а ее среднее значение (при K=128) лежит в пределах 3,6...5,2 МГц. При каждом изменении константы на четыре единицы частота изменяется в среднем на 32 кГц, что немногим менее 1 % номинала. Однако в отдельных точках из-за погрешности, присущей преобразователю код—частота

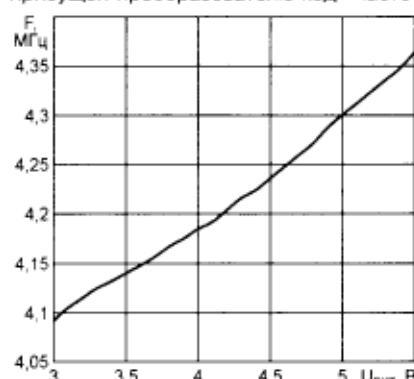


Рис. 5

МК, шаг перестройки может достигать значений, вдвое больших или меньших среднего.

Основная серия измерений выполнена при напряжении питания 5,1 В. Но была исследована и зависимость частоты от напряжения питания, показанная на рис. 5. При напряжении менее 3 В колебания срывались. Отмечено также влияние нагрузки выходов МК на частоту. Например, включение и выключение светодиода HL1 приводило к изменению тактовой частоты почти на 20 кГц.

Редактор — В. Фролов, графика и фото — автора