

журнал для професіоналів та аматорів

Радіосхема

НОВИНИ ГАЛУЗІ



СХЕМОТЕХНІКА

№5 / 2010

вересень-жовтень

МІКРОСХЕМИ І КОМПОНЕНТИ

- Прецизіонний генератор пилообразного сигналу на одній ІС
- Автомат світових ефектів на світодіодах без мікроконтроллера
- Компараторна схема з регульованим гистерезисом
- Світодіодні схеми з напруженням живлення до 1,5 В
- Анемометр
- Усилитель звукової частоти D класа
- Прибор для перевірки ІК передатчика дистанційного управління
- Тестер стабілітронів
- Універсальний тестер логіческих елементів
- Прецизіонний преобразувач напруження в частоту
- Сигнализатор пропадання мережі 220 В
- Обнаружувач пошкоджень конвеєрної ленти
- Преобразувач напруження 12/220 В для електродвигуна
- Індикатор нагріву паяльника
- Схема джерела симетричного напруження
- Електронний поворотний переключач

R30

111111

Триває передплата на 2011 рік!

ЗМІСТ

НОВИНИ ГАЛУЗІ

Програмуючі TBU пристрої від Bourns 2

МІКРОСХЕМИ І КОМПОНЕНТИ

MAX9000 - высокоскоростная интегральная схема
с компаратором и усилителем 3

СХЕМОТЕХНІКА

Прецизіонний генератор пилообразного сигналу на одній ІС	3
Радиоприемник для систем індикації аварії і обнаружения	5
Входний каскад ІК приемника для удаленного управления	6
Автомат световых эффектов на светодиодах без микроконтроллера . .	7
Компараторная схема с регулируемым гистерезисом	10
Светодиодные схемы с напряжением питания до 1,5 В	12
Анемометр	14
Усилитель звуковой частоты D класса	15
Прибор для проверки ИК передатчика дистанционного управления .	18
Тестер стабилитронов	18
Универсальный тестер логических элементов	20
Прецизіонный преобразователь напряження в частоту	22
Сигнализатор пропадания сети 220 В	23
Обнаружитель повреждений конвейерной ленты	26
Преобразователь напряжения 12/220 В для электродвигателя	28
Індикатор нагрева паяльника	30
Схема источника симметричного напряжения	31
Електронний поворотний переключатель	32

РАДІОСХЕМА

№5 вересень-жовтень 2010

Виходить один раз на два місяці

Науково-популярний журнал
Зареєстрований Міністерством
Юстиції України
сер. KB, № 13831-2805PR, 22.04.2008 р.

Адреса для листів:
ФОП Поночовий (ж-л РАДІОСХЕМА)
а/с 111, м. Київ, 03067
тел. (0-44) 458-34-67, e-mail: radioschema@ukr.net

Матеріали для публікації приймаються в рукописному, друкованому та електронному вигляді.

Розповсюдження за передплатою в усіх
відділеннях зв'язку України, індекс 91710.

Редакційна колегія:

М.П. Горейко, Л.І. Єременко, О.Н. Партала
І.О. Пасічник, Ю. Садіков, Є.Л. Яковлев

Підписано до друку 18.10.2010 р.

Дата виходу в світ 25.10.2010 р.

Формат 60x84/8. Ум. друк. арк. 7,4

Облік. вид. арк. 9,35. Індекс 91710.

Тираж 1300 прим.

Ціна договірна.

Видавець ФОП Поночовий
e-mail: radioschema@ukr.net

Віддруковано з комп'ютерного набору в друкарні
ЗАТ «ОПТИМА» м.Київ, вул. Гетьмана, 15

При передруку посилання на ж-л «Радіосхема» обов'язкове. За достовірність реклами та іншої друкованої інформації несуть відповідальність рекламодавці та автори. Думка редакції не завжди співпадає з думкою авторів.

© Редакція «Радіосхема», 2010

Програмуючі TBU пристрой від Bourns

Компанія Bourns розробила нову серію високошвидкісних захисних TBU пристрой - TBU-CX, створених за MOSFET технологією. Вони відрізняються низькою ємністю, двонаправленістю і мають можливість програмування рівня струму спрацьовування. Пристрой TBU призначені для захисту чутливих електронних приладів від короткого замикання, стрибків напруги і неполадок в системі живлення. За допомогою зовнішнього резистора 0-50 Ом рівень струму спрацьовування можна запрограмувати на необхідний рівень.

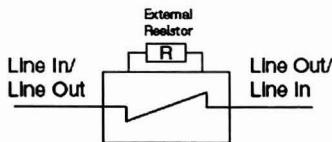
Діапазон робочих температур -40...125°C, захист від електростатичної електрики 2 кВ.

Надшвидкісні захисні пристрой TBU контролюють рівень струму за допомогою MOSFET схеми, що блокує доступ високої напруги чи струму на вхідні канали електронних пристрой, чутливих до стрибків напру-

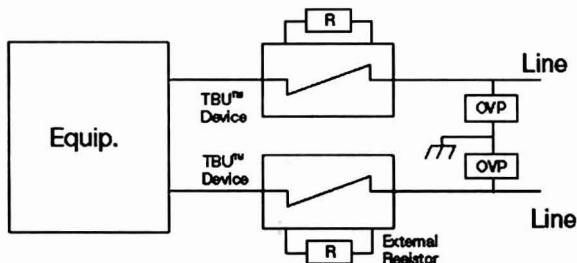


ги і переходних процесів. За- хисні пристрой випускаються в DFN корпусах для поверхне- вого монтажу і відповідають стандарту RoHS.

Мають широке коло застосувань: VDSL карти, устаткування технологічного контролю, вимірювальне устаткування, побутова електроніка.



Принципова схема пристроя



**Схема застосування TBU-CX
для захисту аналогових пристрой**

Серія	TBU-CX025	TBU-CX040	TBU-CX050	TBU-CX065	TBU-CX085
Максимальна імпульсна напруга, В	250	400	500	650	850
Максимальна середньоквадратична напруга, В	100	200	250	300	425
Струм спрацьовування при опорі зовнішнього резистора 0 Ом, мА			500		
Розміри корпуса, мм			8,25 x 4,0		

MAX9000 - ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ СХЕМА С КОМПАРАТОРОМ И УСИЛИТЕЛЕМ

Интегральная микросхема MAX9000 содержит высокоскоростной операционный усилитель, компаратор с задержкой распространения 185 нс и источник опорного напряжения 1,23 В $\pm 1\%$. Работает от однополярного источника питания напряжением от 2,5 до 5,5 В, потребляет ток менее 500 мкА в состоянии покоя.

Приведем несколько схем применения ИС MAX9000.

Прецизіонний генератор пилообразного сигнала на одній ІС

В цепях развертки и измерительных приборах очень важна линейность сигнала пилообразной формы. Например, импульсные источники питания и управляющие цепи асинхронного двигателя часто содержат генератор треугольных импульсов как часть цепи широтноимпульсной модуляции.

Базовая схема генератора треугольных сигналов состоит из интегратора для создания сигналов пилообразной формы и компаратора с внешним гистерезисом, типа триггера Шмитта, для установки амплитуды выходного сигнала (см. **рис. 1**). А. Бхат (США) реализовал на практике схему генератора треугольных сигналов с помощью интегральной схемы MAX9000, которая содержит быстродействующий операционный усилитель и компаратор с прецизіонним источником

опорного напряжения 1,23 В. За счет интегрирования постоянного тока, при постоянном напряжении на резисторе, обеспечивается линейность пилы на выходе ОУ. Напряжение поступает на триггер Шмитта, выход которого связан с резистором интегратора. Пиковые напряжения для пилообразного сигнала на выходе определяются входными пороговыми напряжениями, установленными для триггера Шмитта.

К сожалению, для этой схемы треугольные пики должны быть симметричными относительно опорного напряжения. Например, чтобы производить пилообразное напряжение от 0,5 до 4,5 В, нужно обеспечить опорное напряжение $(0,5+4,5)/2 = 2,5$ В. Поэтому в схему добавлен резистор R3 к гистерезисной цепи на одной ИС (рис. 2), который позволяет изменять амплитуду пилы независимо от уровня опорного напряжения 1,23 В.

Для построения триггера Шмитта на компараторе сначала выбирают номинал резистора R2. Входной ток смешения компаратора на C_{IN+} не должен превышать 80 нА. Чтобы минимизировать ошибку, ток, протекающий через сопротивление R2, $[V_{REF}-V_{OUT}]/R_2$ должен быть не менее 8 мкА.

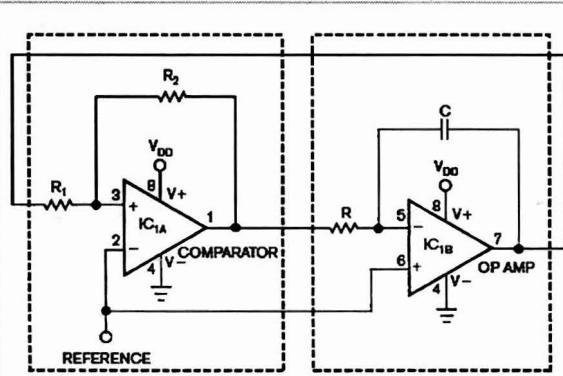


Рис. 1

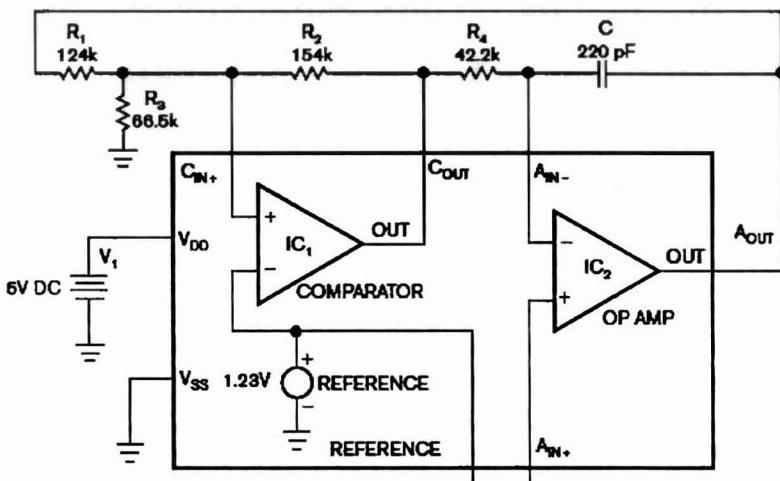


Рис.2

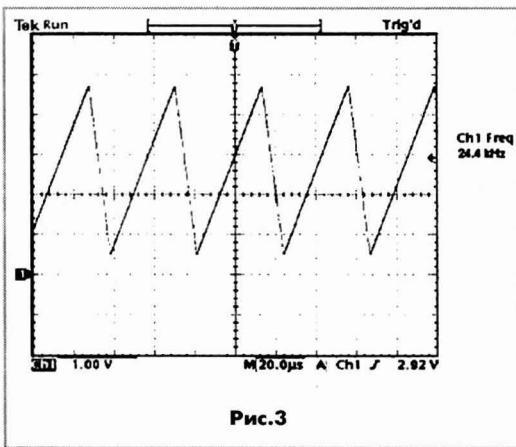


Рис.3

Выбор номинала резистора R_2 требует двух уравнений, исходя из двух возможных состояний выхода компаратора: $R_2 = V_{\text{REF}} / I_{R2}$ и $R_2 = (V_{\text{DD}} - V_{\text{REF}}) / I_{R2}$. Из двух расчетных величин следует использовать меньшую. Например, если питающее напряжение 5 В, опорное напряжение 1,23 В и ток опорного сигнала 8 мкА, то расчетные величины сопротивлений будут 471,25 и 153,75 кОм, поэтому в схеме (рис.2) используется стандартный номинал резистора 154 кОм.

Затем выбирают номиналы резисторов R_1 и R_3 . Во время нарастания пилообразного напряжения, на выходе компаратора присутствует логический низкий уровень (V_{SS}). И, соответственно, на выходе компаратора будет высокий уровень (V_{DD}) в момент спадания напряжения.

Анализируя цепь методом узловых потенциалов, на прямом входе компаратора получаем решение для двух порогов:

$$\frac{V_{IH}}{R_1} + \frac{V_{SS}}{R_2} = V_{\text{REF}} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right).$$

$$\frac{V_{IL}}{R_1} + \frac{V_{DD}}{R_2} = V_{\text{REF}} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right).$$

В данном примере размах напряжения треугольной формы от 0,5 до 4,5 В. Подставляя в формулы значения $V_{IH} = 4,5$ В, $V_{IL} = 0,5$ В, $V_{\text{DD}} = 5$ В и $V_{\text{REF}} = 1,23$ В, получаем сопротивле-

ние 124 кОм для резистора R_1 и сопротивление 66,5 кОм для резистора R_3 .

Теперь можно проектировать интегратор, учитывая два возможных выходных состояния компаратора, величину тока, протекающего через резистор R_4 :

$$I_{R4} = (V_{DD} - V_{REF}) / R_4, \text{ или } I_{R4} = V_{REF} / R_4.$$

Максимальный входной ток смещения ОУ составляет 2 нА. Для минимизации ошибки ток через R_4 должен всегда быть большим 0,2 мкА. Это ограничение подразумевает, что номинал R_4 меньше, чем 6,12 МОм.

Частота треугольного сигнала определяется из выражения:

$$f = 1 / \left(\frac{V_{OUTP-P}}{(V_{CC} - V_{REF})} (R_4 C) + \frac{V_{OUTP-P} (R_4 C)}{V_{REF}} \right).$$

Для данного примера частота составляет 25 кГц, выходное напряжение 4 В или от 0,5 до 4,5 В для треугольного напряжения, и опорное напряжение 1,23 В. Для постоянной времени $R_4 C = 9,27$ мкс выбрана емкость 220 пФ и сопротивление резистора R_4 42,2 кОм.

На **рис.3** показана осциллограмма пи-лообразного напряжения частотой 25 кГц, скорость нарастания выходного напряжения составляет 0,85 В/мкс.

Радиоприемник для систем індикации аварии и обнаружения

На **рис.4** показана схема на ИС MAX9000, которую можно использовать в сигнализационных системах, работающих на радиочастотах. Резонансный контур приемника содержит неэкранированную катушку индуктивности и конденсаторы $C1A$, $C1B$ и $C1C$. Операционный усилитель микросхемы усиливает

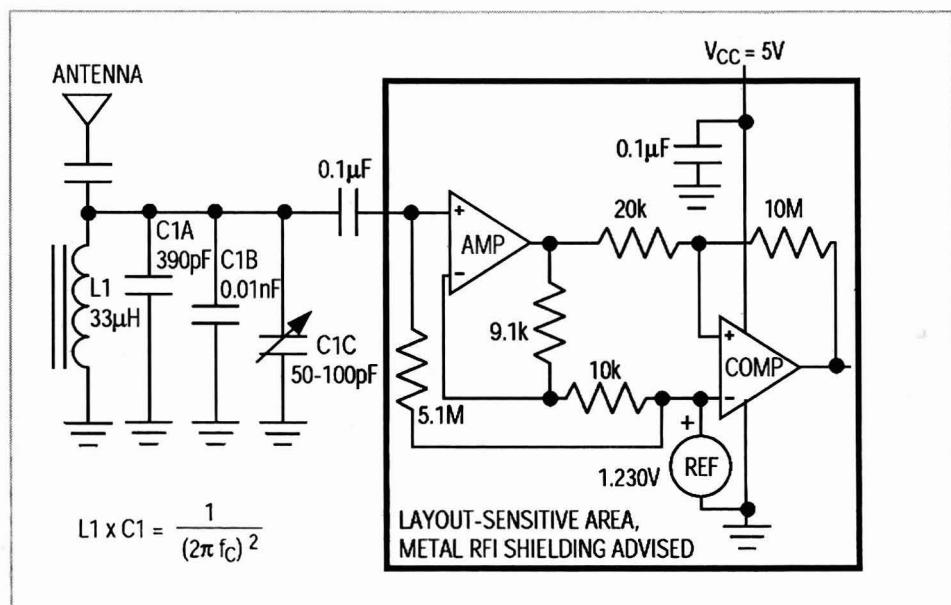


Рис.4

принятый сигнал. Компаратор улучшает помехоустойчивость, обеспечивает порог мощности сигнала и преобразовывает полученный сигнал в последовательность импульсов. С номиналами, указанными на схеме, частота LC контура составляет 300 кГц.

Монтаж и размещение радиокомпонентов и ИС должны быть плотными, чтобы минимизировать помехи от промышленной сети 50 Гц и уменьшить перекрестную связь от компаратора.

Рекомендуется оградить микросхему металлическим экраном для защиты от радиопомех, а также другие цифровые схемы от возбуждения приемной антенны.

Передающая антenna может быть выполнена из длинной двухпроводной линии, с зазором 7,2 см, с одинаковыми, но противоположными токами. Радиоволны от этой антенны обнаруживаются, когда при-

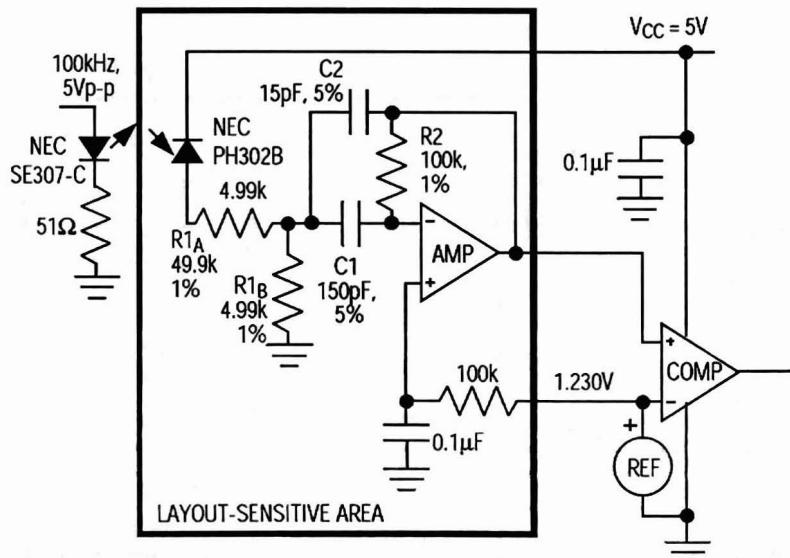
емник находится вблизи, а на больших расстояниях они взаимно уничтожаются.

Входной каскад ИК приемника для удаленного управления

На рис.5 показана схема применения ИС MAX9003 в качестве предусилителя для фотодиода и селектора для инфракрасного приемника. ОУ выполняет фильтрацию шумов и устраняет низкочастотные помехи от солнечного света, флуоресцентных ламп и т.д.

Это устройство применимо для телевизионных дистанционных систем управления и низкочастотных каналов связи до 200 kbps. Частота несущей ограничена до 100 кГц.

Монтаж и размещение радиокомпонентов возле микросхемы должны быть плотными, чтобы минимизировать помехи от промышленной сети 50 Гц и уменьшить перекрестную связь от компаратора.



$$R1 \times C1 = R2 \times C2 = \frac{1}{2\pi f_C}$$

Рис.5

Автомат световых эффектов на светодиодах без микроконтроллера

Автомат световых эффектов собрал Джейф Трэгр (США). Для построения такого рода устройств обычно применяют микроконтроллер, который согласно программному коду управляет свечением светодиодов для создания световых эффектов. Схема Джефа (см. [ри-сунок](#)) необычна тем, что построена на пяти микросхемах (таймеры, регистры и логика) без применения микроконтроллера.

Схема состоит из семи функциональных блоков. Микросхема IC₁ (LM556) содержит два 555 таймера в одном корпусе. Первый таймер вырабатывает первую частоту синхронизации приблизительно 0,105 Гц (период повторения импульсов около 10 секунд). Полярность синхронизирующего сигнала изменяет частоту генератора, управляемого напряжением (VCO), который составляет другую половину IC₁. Частота синхронизации определяется номиналами резистора R₂ и конденсатора C₂.

Выход первого 555 таймера соединен с управляющим входом второго 555 таймера, позволяя ему функционировать как VCO. Его частота равна приблизительно 10 Гц, когда на выходе первого 555 таймера высокий уровень, и приблизительно 33 Гц, когда на выходе низкий уровень. Компоненты R₄ и C₃ устанавливают частоту генератора VCO, а R₆ и C₄ обеспечивают плавное изменение частоты VCO от 10 до 33 Гц.

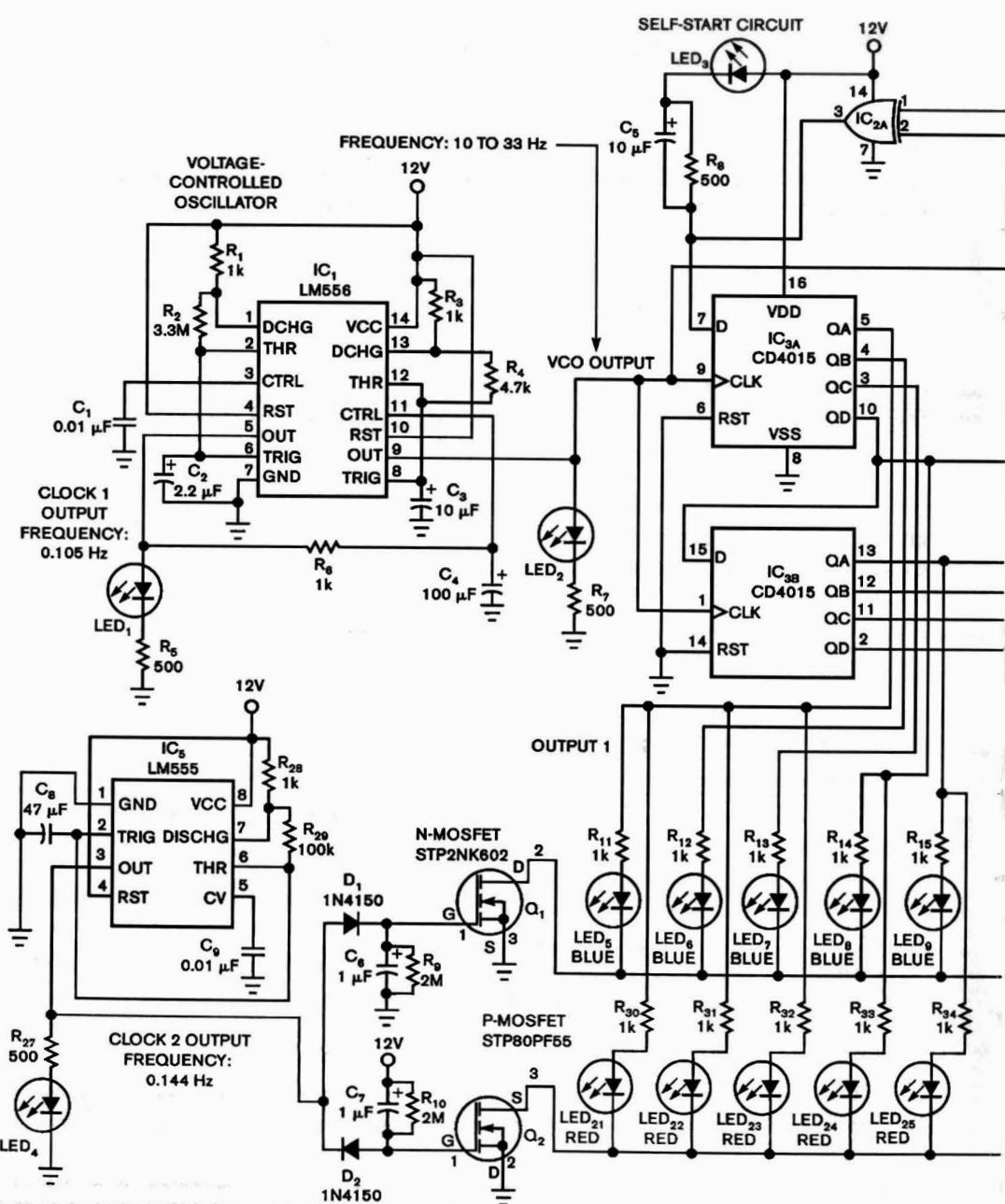
Элементы LED₃, C₅ и R₈ образуют

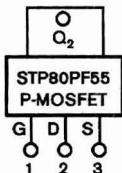
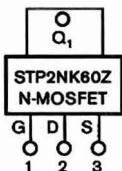
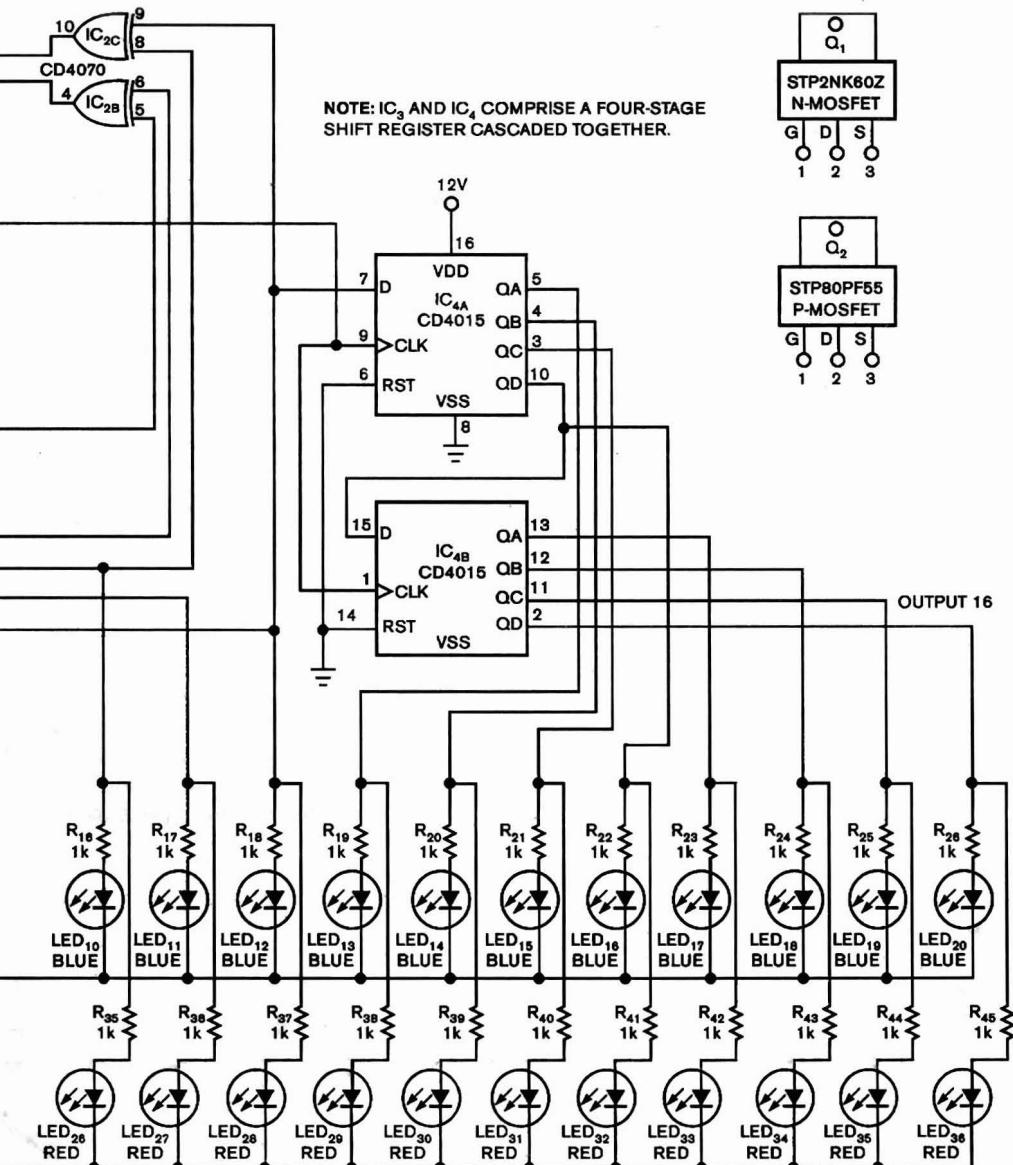
цепь самозапуска (без нее требовалось бы добавить кнопочный выключатель к сдвиговому регистру IC_{3A}).

IC₂ (CD4070) содержит четыре логических элемента "исключающее ИЛИ", работает как генератор псевдослучайной последовательности импульсов. Эта цепь создает иллюзию, что биты данных создают столбчатую диаграмму на светодиодном дисплее.

IC₃ и IC₄ - ИС CD4015, которая содержит два четырехразрядных сдвиговых регистра. Биты данных отображаются последовательно от Output 1 до Output 16.

Микросхема IC₅ (LM555) - таймер, вырабатывает вторую тактовую частоту, равную приблизительно 0,144 Гц (период повторения импульсов около 7 секунд), и управляет работой N-МОП-транзистора Q₁ и P-МОП-транзистора Q₂, которые действуют как цвето-за дающее устройство (красный/си-ний/фиолетовый) светодиодного дисплея. Когда положительные импульсы второй тактовой частоты открывают транзистор Q₁, светятся синие светодиоды. Когда отрицательные импульсы второй тактовой частоты открывают транзистор Q₂, светятся красные светодиоды. Цепи C₆, R₉ и C₇, R₁₀ действуют как медленные цепи разряда затворов МОП-транзисторов, выполняя задержку около 2 секунд после действия тактowego импульса. Благодаря такой задержке происходит накладывание све-



**PSEUDORANDOM-DATA
GENERATOR**


чения красных и синих светодиодов, что приводит к появлению фиолетового цвета.

В схеме можно использовать и другие типы МОП-транзисторов с подобными характеристиками, которые выдерживают ток более 0,5 А.

Конструктивно светодиодные пары красный/синий располагают рядом на стержне, пластинке или другой площадке. Из светодиодных пар формируют дисплей в виде матрицы 4x4.

Компараторная схема с регулируемым гистерезисом

Компаратор - это сравнивающее устройство. Аналоговый компаратор предназначен для сравнения непрерывно изменяющихся сигналов. Входные аналоговые сигналы компаратора: $U_{\text{вх}}$ - анализируемый сигнал, $U_{\text{оп}}$ - опорный сигнал сравнения, а выходной $U_{\text{вых}}$ - дискретный или логический сигнал, содержащий 1 бит информации. Неопределенность состояния выхода компаратора при нулевой разности входных сигналов нет необходимости

уточнять, так как реальный компаратор всегда имеет либо конечный коэффициент усиления, либо петлю гистерезиса.

Типовой техникой распределения гистерезиса вокруг компаратора есть создание положительной ОС, при условии, что имеется резистивный тракт между выходом компаратора и прямым входом.

Положительная обратная связь формирует два пороговых напряжения, которые имеют фиксированные значения. Кроме того, они зависят от насыщенности выходного каскада компаратора, а также от нагрузки.

На **рис. 1** показана схема включения компаратора с открытым коллектором на выходе, переходная характеристика которой имеет гистерезис (**рис. 2**). Пороговые напряжения этой схемы определяются по формулам:

$$U_{\text{п1}} = \frac{U_{\text{оп}} R_2}{R_1 + R_2},$$

$$U_{\text{п2}} = \frac{ER_1 + U_{\text{оп}}(R_2 + R_{\text{x}})}{R_1 + R_2 + R_{\text{x}}}.$$

Из-за несимметрии выхода компаратора петля гистерезиса оказывается несимметричной относительно опорного напряжения.

Л. Бруно (Италия) предлагает альтернативную схему для устройств, требующих компаратор с гистерезисом, который

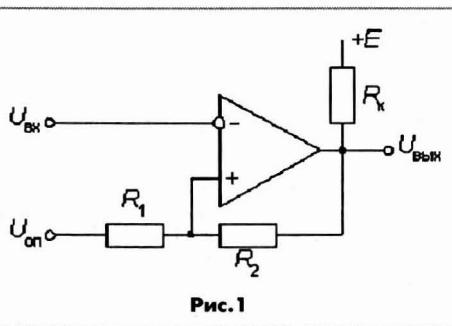


Рис.1

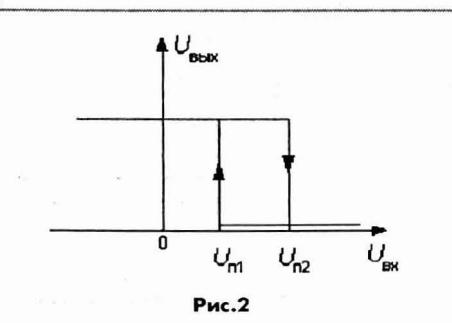


Рис.2

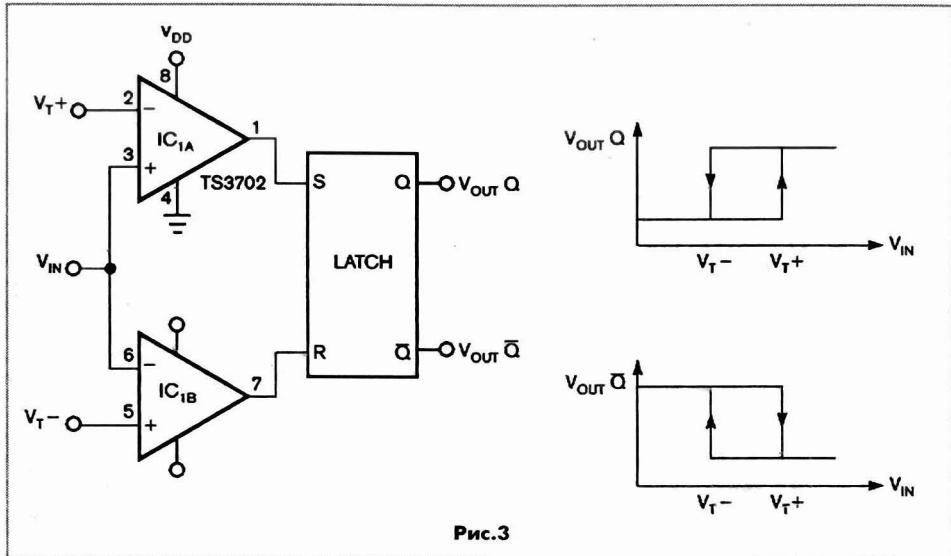


Рис.3

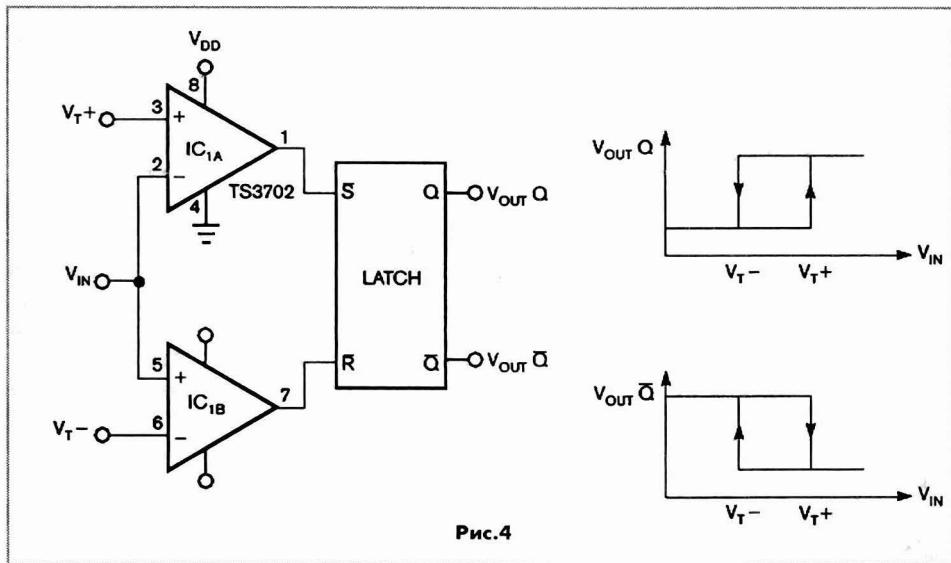


Рис.4

должен иметь точные пороги, и их можно легко и независимо перестраивать. Схема содержит два компаратора и триггер, которым они управляют. На **рис.3** показана схема с триггером, срабатывающим от сигналов высокого уровня, а на **рис.4** — схема с триггером, который переключается от сигналов низкого уровня.

Схема действует как триггер Шмитта даже при отсутствии положительной обратной связи. Триггер создает задержку распространения на десятки наносекунд, что следует учитывать при интеграции устройства в высокоскоростные цепи.

Светодиодные схемы с напряжением питания до 1,5 В

Светодиод характеризуется двумя главными параметрами - напряжением и силой тока. Типовые светодиоды рассчитаны на силу тока 20 мА, но бывают и четырехкристалльные, рассчитанные на 80 мА или одноваттные светодиоды с потреблением тока 300-400 мА. Рабочее напряжение светодиода зависит от полупроводникового материала, из которого он сделан, соответственно, есть зависимость между цветом свечения светодиода и его рабочим напряжением. Светодиоды ультрафиолетового свечения (длина волны 400 нм) имеют рабочее напряжение от 3,1 до 4,4 В; фиолетовые (400...450 нм) - от 2,8 до 4 В; синие (450...500 нм) - от 2,5 до 3,7 В; желтые (570...590 нм) - от 2,1 до 2,2 В; оранжевые (590...610 нм) - от 2,03 до 2,1 В; красные (610...760 нм) - от 1,8 до 2,03 В; инфракрасные (от 760 нм) - до 1,9 В. Белые

светодиоды перекрывают широкий спектр частот при рабочем напряжении от 3 до 3,7 В.

Поскольку рабочее напряжение светодиодов не бывает ниже 1,8 В, это исключает их использование в изделиях, работающих от одного элемента питания на напряжением 1,2 или 1,5 В. Для решения этой проблемы З. Капарник (Англия) воспользовался методом, который применяют в микросхемах DC-DC повышающих преобразователей. Это очень компактное, экономичное и эффективное решение позволяет засвечивать светодиоды от источника питания с напряжением от 750 мВ до 1,5 В, то есть даже в том случае, когда батарея разряжена.

На **рис. 1** показана схема микрофонаря. Транзистор TR1, трансформатор T1 и резистор R1 формируют управляемый током генератор. Каждый раз, когда транзистор TR1 закрывается, разрушающееся магнитное поле в трансформаторе T1 создает на коллекторе TR1 положительный импульс 30 В, напряжение которого последовательно с напряжением источника питания прикладывается к светодиоду. Генератор работает на очень большой частоте, импульсная последовательность с низким коэффициентом заполнения поступает на светодиод. Средний ток светодиода при этом составляет около 18 мА.

Силу тока, а следовательно, и яркость свечения светодиода можно увеличить, уменьшая номинал резистора R1 и наоборот. При сопротивлении 2 кОм средний ток через светодиод будет около 30 мА, который необходим для гиперярких устройств.

КПД зависит от транзистора TR1. Хотя можно использовать любой транзистор. Высокую эффективность показывают по-

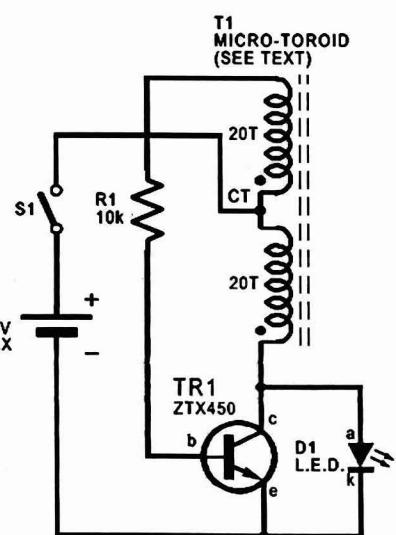


Рис. 1

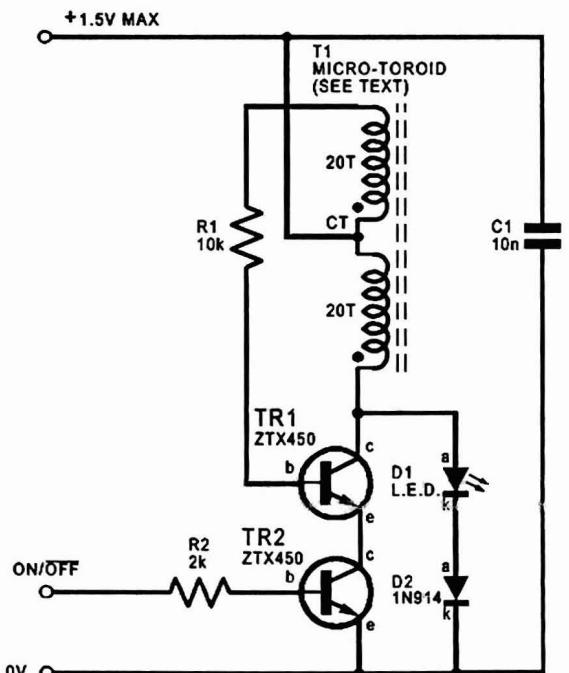
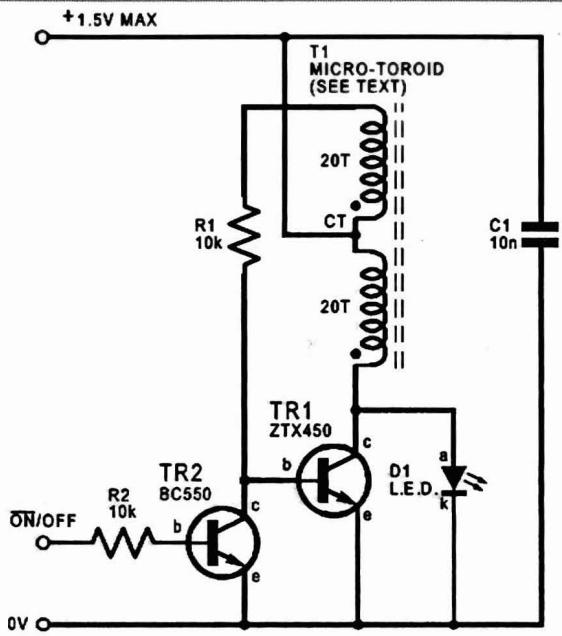


Рис.2

верхностно-сплавные транзисторы с очень низким напряжением. С транзистором ZTX450 КПД составляет около 73%, ZTX650 - 79%, а с BC550 эффективность уменьшается до 57%. Но даже с такими параметрами эта схема выигрывает у обычных схем с повышенным напряжением питания, где эффективность редко превышает 50%.

В схеме микрофонаря используется микроторойд T1 с отводом от средней точки. Трансформатор T1 собран на антипаразитной бусинке 6 на 4 мм в диаметре с внутренним отверстием диаметром 2 мм. На бусинку через отверстие навито 20 витков сложенного пополам отрезка длиной 90 см эмалированного медного провода сечением 0,15 мм. Из бусинки оставляют выводы длиной 25 мм. Таким образом, бусинка теперь содержит два набора по 20 витков с выводом от середины катушки.

Схему микрофонаря можно применять в устройствах индикации и простых инфракрасных передатчиках.

На рис.2 показаны схемы, не потребляющие энергию, когда устройство выключено. Развязывающий конденсатор необходим при работе генератора вблизи других схем. Диод D2 повышает прямое падение напряжения, так как имеется утечка при работе с щелочной батареей или с инфракрасными устройствами, которые работают с напряжением менее 1,5 В.

Анемометр

Анемометр - прибор для измерения скорости ветра. Есть большое разнообразие анемометров, отличающихся методом измерения. А. Хитакер (Великобритания) разработал несколько схем проволочного термоанемометра. Принцип их действия основан на измерении перепада температур объекта и окружающей среды (при этом температура объекта намного выше температуры окружающей среды).

На рис.1 показана схема термоанемометра, построенного на ОУ с терморезистором R_{TH1} (5 кОм при 25°C). В устройстве используется мостовая схема с самокомпенсацией. При включении питания на выходе ОУ имеется достаточный уровень напряжения для открытия транзистора TR1 (эммитерный повторитель), который добавляет ток в мостовую схему, включающую резисторы R1, R3, R4 и терморезистор.

При указанных на схеме номиналах терморезистор саморазогревается, пока его сопротивление не понизится до 1 кОм (температура около 65°C) и станет равным сопротивлению резистора R4. Таким образом устанавливается равновесие мостовой цепи за счет поставки достаточного тока терморезистору.

Если терморезистор R_{TH1} обдувается воздушным потоком, это приводит к пропорциональному увеличению выходного напряжения ОУ, которое направлено на установление состояния равновесия в схеме. Чтобы обеспечить компенсацию температуры окружающего воздуха, применяют второй терморезистор (экранированный от ветра), который обеспечит небольшое напряжение соответствующей полярности.

На рис.2 показана схема термоанемометра на стабилизаторе напряжения

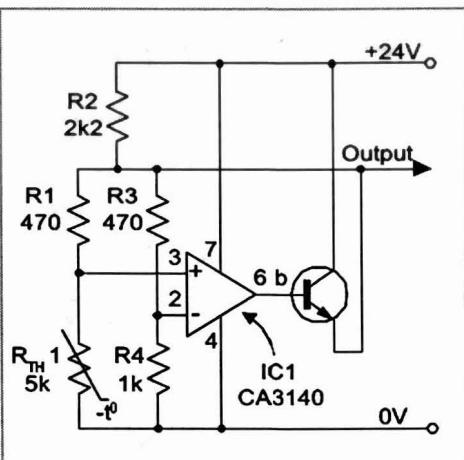


Рис.1

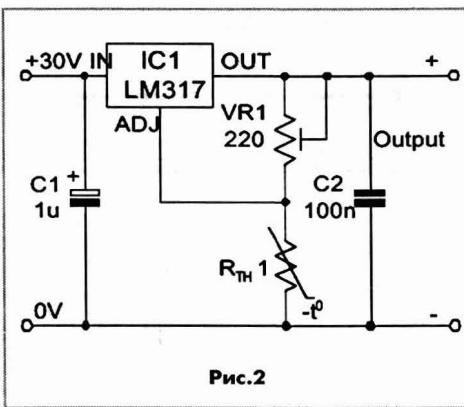


Рис.2

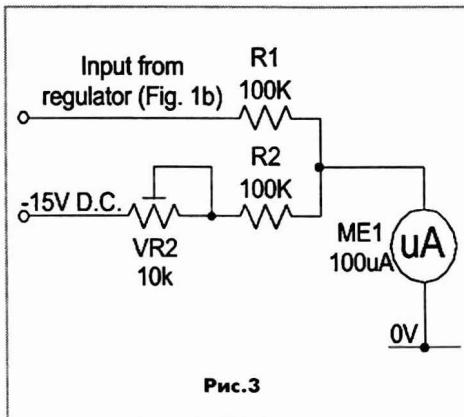


Рис.3

LM317. Чтобы сопротивление саморазогревого терморезистора было 1 кОм в неподвижном воздухе, необходимо напряжения 12 В и ток 12 мА, подстроечный резистор VR1 должен быть установлен на номинал 100 Ом.

Выходное напряжение стабилизатора составляет 13 В при неподвижном возду-

хе и заметно повышается, когда терморезистор обдувается потоком воздуха.

На **рис.3** показана измерительная схема с микроамперметром. Напряжение при неподвижном воздухе обнуляется подстроечным резистором VR2, и измерительный прибор регистрирует движение воздушного потока.

Усилитель звуковой частоты D класса

Большинство усилителей звуковой частоты работают в режиме АВ. При этом они выполняют качественное усиление, но эффективность этого режима составляет от 50 до 60 процентов. Усилитель класса D намного более экономичен, его КПД 90-100%, поскольку устройство работает как коммутатор.

На **рисунке** показана схема усилителя, которую разработал Л. Маттевс (Великобритания). Поступающий на вход SK1 сигнал звуковой частоты усиливается инвертирующим ОУ IC1. Уровень сигнала регулируется потенциометром VR1. На компараторе IC6 сигнал звуковой частоты сравнивается с сигналом треугольной формы частотой 100 кГц, т.о. формируется сигнал с широтно-импульсной модуляцией. В цепи положительной ОС применен резистор R13 и ускоряющий конденсатор C6 для уменьшения времени срабатывания компаратора. На выходе компаратора вырабатываются колебания с амплитудой $\pm 7,5$ В. На нагрузочном резисторе R12 будет напряжение +7,5 В пока на открытом эммитерном входе напряжение -7,5 В (выб. 1 IC6).

При положительной волне сигнала транзистор TR1 открыт, падения напряжения на резисторе R16 достаточно, чтобы открыть МОП-транзистор TR3.

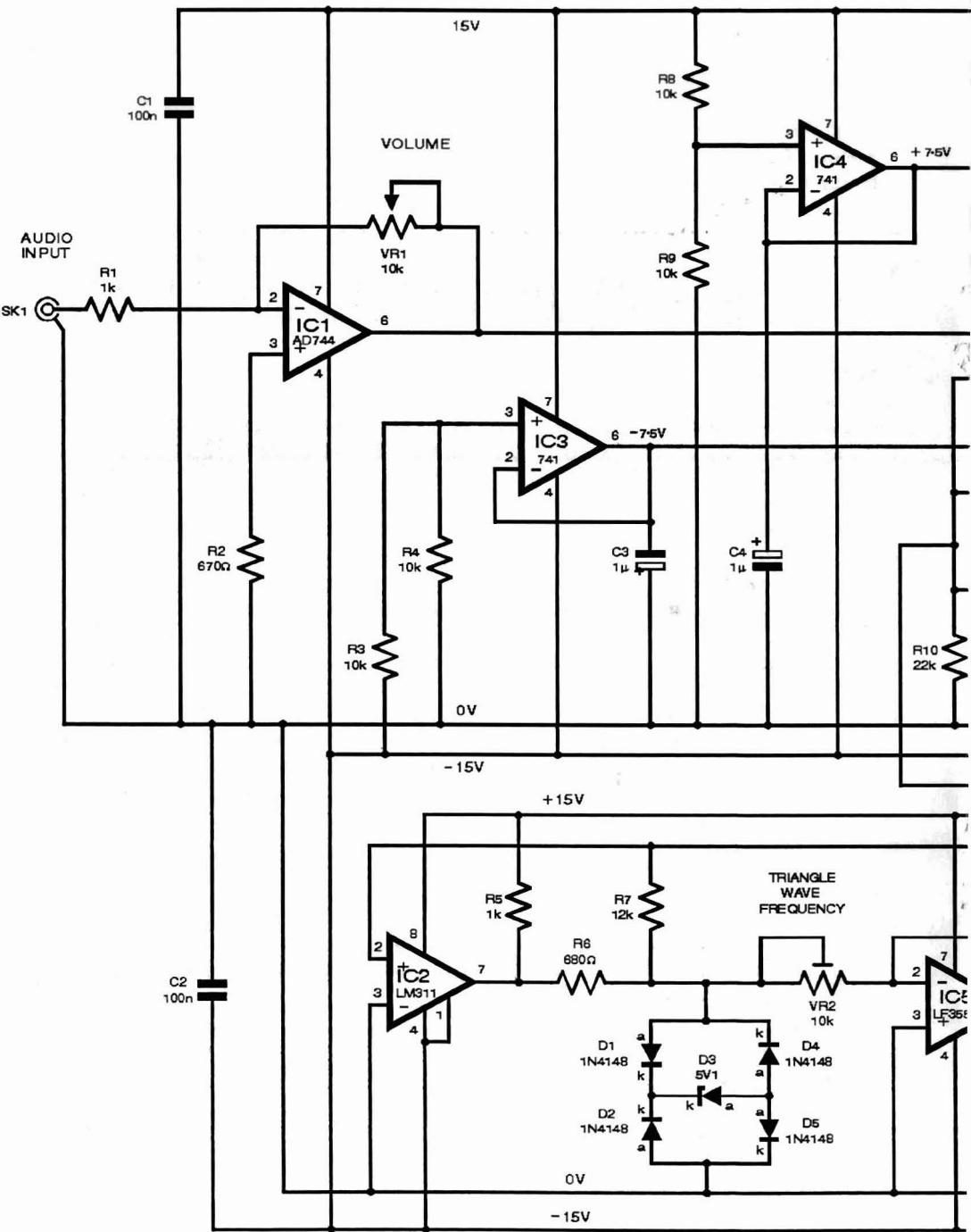
При отрицательной волне сигнала открывается транзистор TR2, падение напряжения на резисторе R17 достаточное,

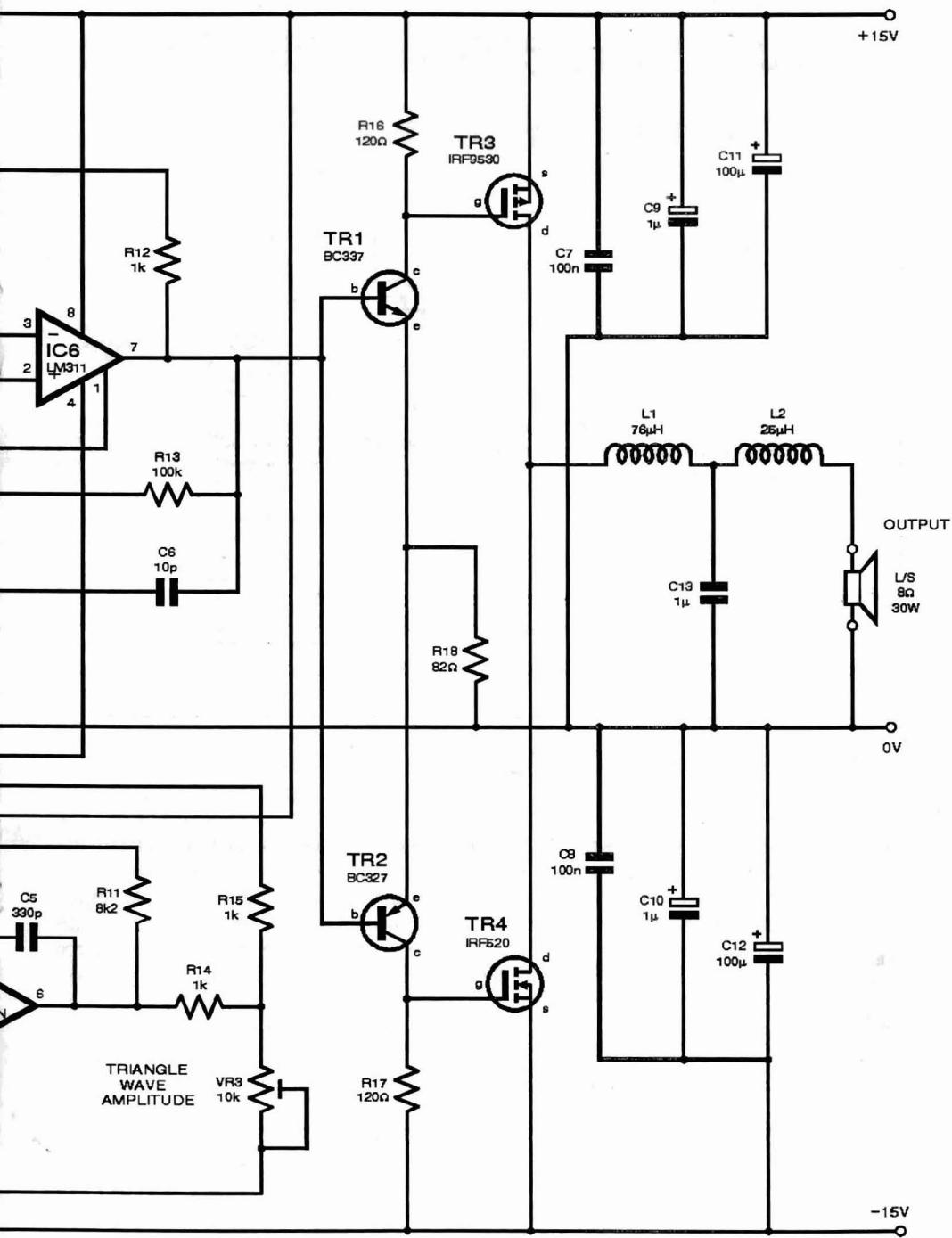
чтобы открыть МОП-транзистор TR4. Таким образом, транзисторы TR3 и TR4 активизируются поочередно, вырабатывая сигнал ШИМ в пределах ± 15 В.

Затем из усиленного сигнала ШИМ восстанавливается сигнал звуковой частоты. Эта задача достигается усреднением сигнала ШИМ с помощью фильтра Баттерворта 3-го порядка, который представляет собой фильтр нижних частот с частотой среза 25 кГц, которая намного ниже частоты треугольного сигнала, т.о. обеспечивая большое ослабление на частоте 100 кГц. После преобразования и усиления входной сигнал поступает на громкоговоритель мощностью 30 Вт.

Генерация колебаний треугольной формы основана на IC2 и IC5. Фактически на IC2 собран генератор прямоугольной волны с положительной обратной связью, обеспеченный R7 и R11. Диоды D1 - D5 действуют как двунаправленные фиксаторы уровня (D3 - стабилитрон), ограничивая напряжение на уровне ± 6 В. Треугольный сигнал формируется из прямоугольного на идеальном интеграторе, который построен на IC5 с конденсатором C5 и подстроечным резистором VR2, для регулировки частоты сигнала.

Через резистор R14 и подстроечный резистор VR3 образована ОС, т.о. формируется регулируемый аттенюатор треугольного сигнала.



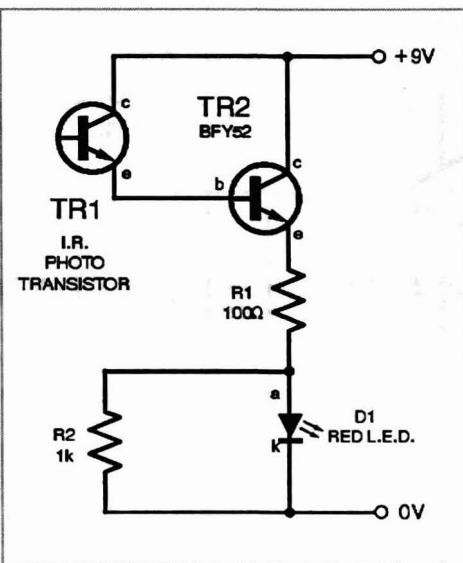


Прибор для проверки ИК передатчика дистанционного управления

На **рисунке** показана схема прибора, разработанного М. Макгуинессом (Ирландия). С помощью простого устройства можно проверять исправность работы ручных пультов дистанционного управления, которые используются в аудио-видеотехнике и другом оборудовании.

Схема построена на основе фоточувствительного транзисторного выключателя TR1. При размещении датчика прибора на расстоянии менее 5 см вблизи источника инфракрасного излучения пульта ДУ фототранзистор TR1 откроется и будет светиться светодиод.

Таким образом, нажимая последовательно кнопки на пульте ДУ, можно проверить его работоспособность по свечению светодиода.



Тестер стабилитронов

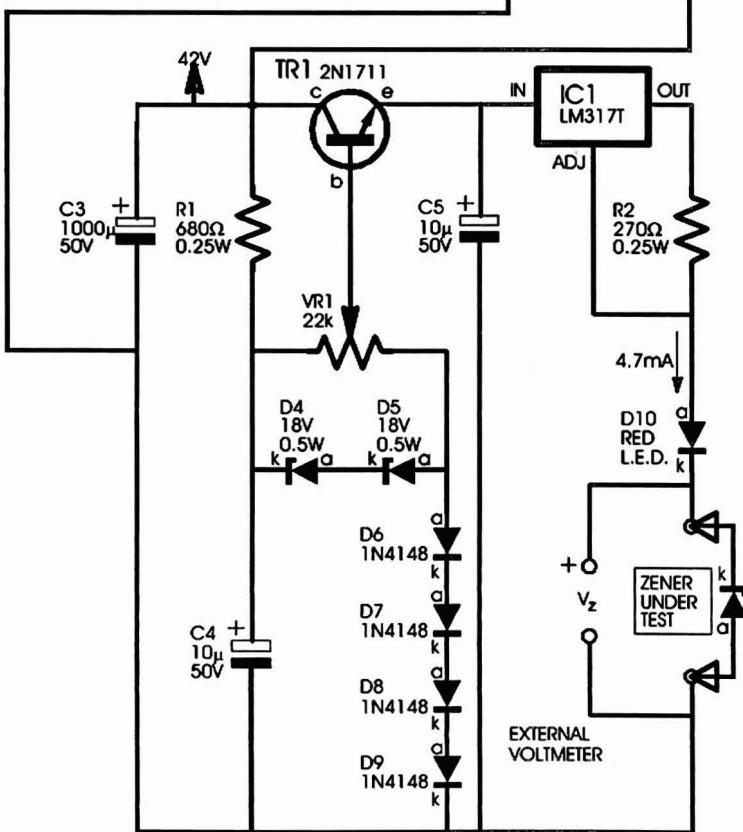
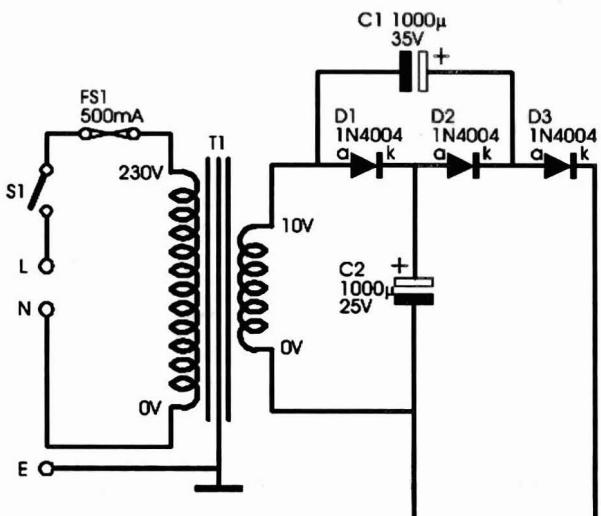
Испытательный прибор, схема которого показана на **рисунке**, собрал Г. Доминик (Шотландия) для тестирования стабилитронов.

В схеме используется регулятор напряжения LM317 (IC1), который работает в режиме стабилизации постоянного тока. Ток, протекающий через тестируемый стабилитрон, составляет около 5 мА (рассчитывается по формуле $I = 1,25V/R$). При этом вольтметр можно подключить параллельно стабилитрону для снятия показаний напряжения.

Потенциометром VR1 изменяют напряжение на базе и эммитере транзистора TR1, обеспечивая регулировку напряжения для ограничителя тока. Таким образом, после подсоединения к зажимам прибора стабилитрона с не-

известными параметрами потенциометром VR1 добавляют напряжение на транзисторе, пока светодиод D10 не начнет светиться, указывая, что ток течет через стабилитрон и можно измерить испытательное напряжение.

Авторский тестер работает через понижающий сетевой трансформатор. С вторичной обмотки снимается напряжение 10 В. Этого напряжения оказалось недостаточно для тестирования диодов с большим напряжением, например с напряжением стабилизации 33 В. Поэтому в тестер добавлена схема утроителя напряжения, построенная на диодах D1, D2 и конденсаторах C1, C2. Напряжение после утроителя около 42 В ($10 [V] \times 1,414 \times 3$), ограничено током приблизительно 35 мА.



Универсальный тестер логических элементов

Логический испытательный прибор, который разработал Д. Боргман (Германия), можно применять для исследования микросхем с ТТЛ и КМОП логикой, а также других логических устройств, которые имеют подобные характеристики. В дополнение к определению обычных состояний лог."0" и лог."1", тестер укажет неопределенный логический уровень или наличие разомкнутой цепи.

В схемах ТТЛ напряжение, меньшее чем 0,8 В, определено как логический "0" или низкий уровень, и напряжение, большее 2 В, определено как логическая "1" или высокий уровень. Напряжение между этими уровнями считают как неопределенный логический уровень. Логика КМОП способна работать в более широком диапазоне напряжений от 3 до 18 В. Логические уровни для КМОП определены не как абсолютные напряжения, а как проценты от питающего напряжения. Когда напряжение больше 60% питающего напряжения, то его определяют как высокий логический уровень, а когда меньше 40% напряжения питания, его определяют как низкий уровень. Уровни между этими пределами не определены.

На **рис. 1** показана схема тестера логических элементов. С помощью трех компараторов напряжения определяется одно из четырех возможных состояний вывода микросхемы логики.

Выводы тестера 'ref +' и '0' подсоединяют к источнику питания логической схемы. Если напряжение питания 5 В и переключатель S1 находится в положении "TTL", на инвертирующем входе компаратора IC1 будет напряжение 2 В и 0,8 В на инвертирующем входе IC2. А если переключатель S1 находится в положении "CMOS", то опорные напряжения будут соответственно 60% и 40% от питающего напряжения проверяемой схемы.

На инвертирующем входе IC3 установлен потенциал приблизительно -50 мВ с помощью ре-

зистивного делителя R9, R7, R6 от отрицательного полюса питания тестера -15 В. Когда на входе 'test' - разомкнутая цепь, то на прямых входах всех компараторов через сопротивление R8 будет установлено напряжение -100 мВ. На выходах всех трех компараторов будут отрицательные напряжения, так что светодиод D1 будет светиться.

Если на испытательном входе 'test' уровень напряжения находится между 0 и низким логическим уровнем, на выходе компаратора IC3 будет положительное напряжение и будет светиться светодиод D2, указывая на состояние лог."0".

Для напряжений между лог."0" и лог."1" на выходе IC2 будет также положительное напряжение. Будет светиться светодиод D3 'X', указывая на неопределенное логическое состояние. Когда превышен порог лог."1", на выходе IC1 будет положительное напряжение, засветится D4, таким образом указывая на лог."1".

Индикатор импульсов

Описанный испытательный прибор для определения логических уровней корректно работает со статическими состояниями на выводах микросхем. Однако логические схемы часто работают с последовательностью импульсов. Так при подаче на вход 'test' последовательности импульсов с рабочим циклом около 50%, светодиоды D2 и D4 будут светиться с уменьшенной яркостью. Однако, если коэффициент заполнения последовательности импульсов очень большой или очень маленький, будет казаться, что один светодиод светится непрерывно. А короткие моноимпульсы будут пропущены полностью.

Для решения этой проблемы используют схему расширителя импуль-

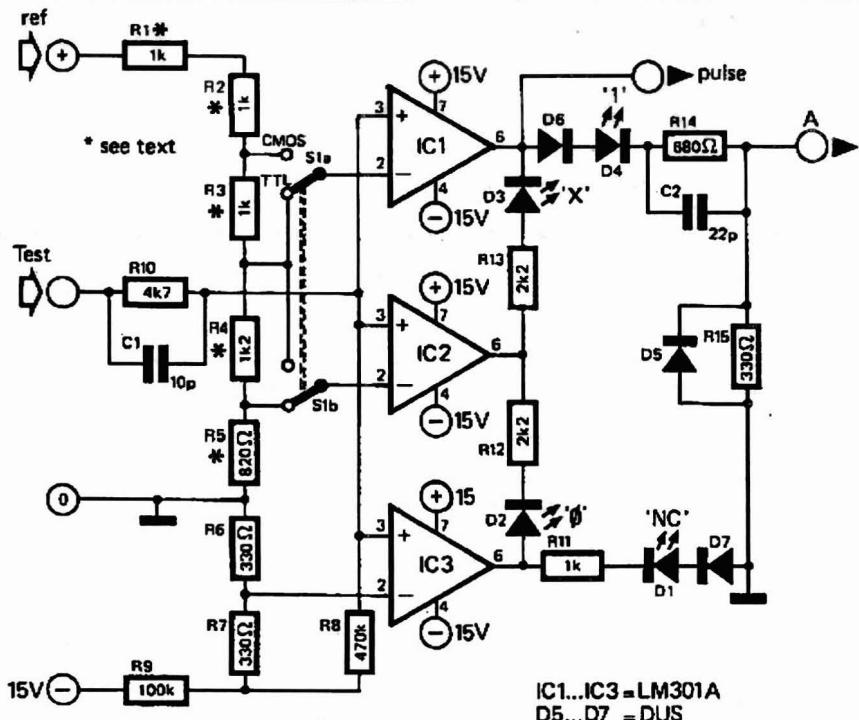


Рис.1

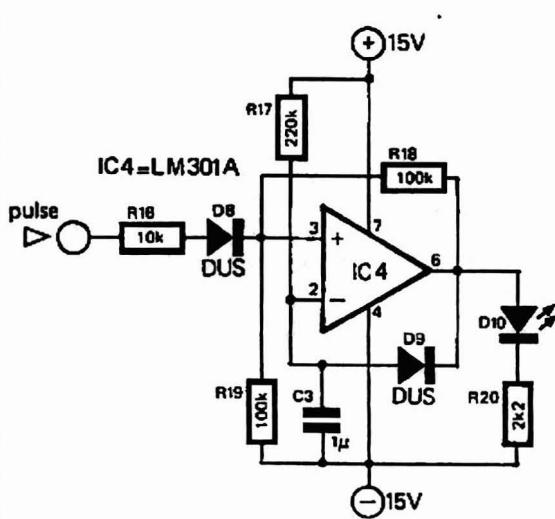


Рис.2

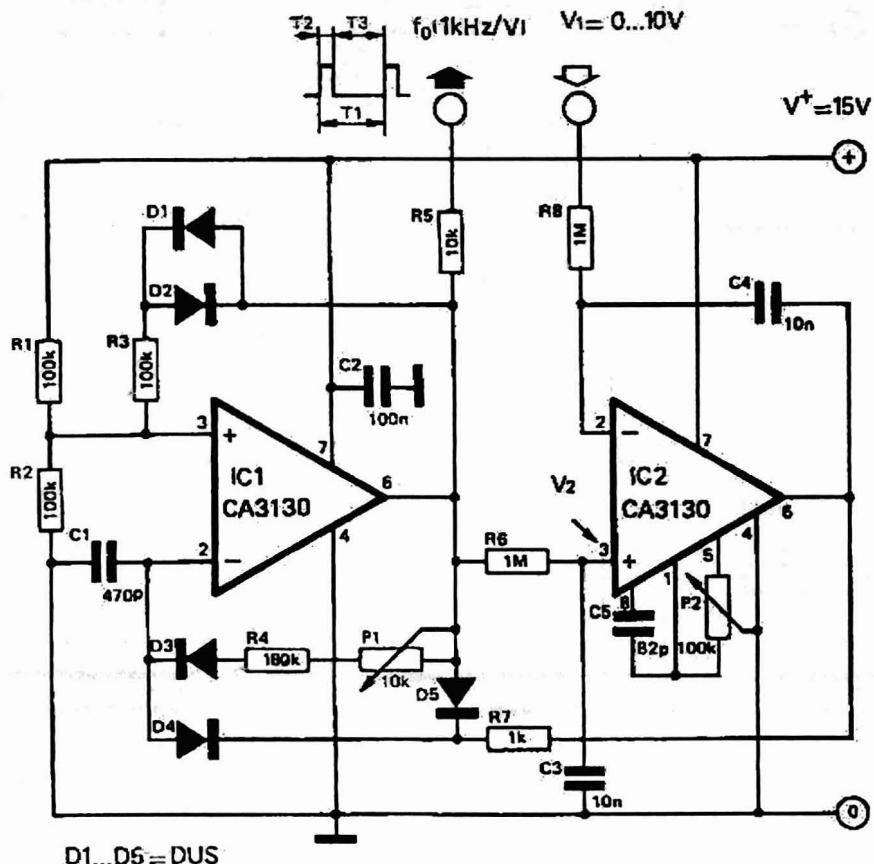
со (рис.2), который представляет собой ждущий мультивибратор с периодом выходных импульсов приблизительно 200 мс. Таким образом, любой импульс в точке 'pulse' (рис.1) запускает ждущий мультивибратор, при этом светодиод будет светиться около 200 мс, что регистрируется визуально. Если частота повторения импульсов больше 5 Гц, то свечение светодиода D10 будет казаться непрерывным. На выходе "A" будет "TTL" уровень импульсов, которые можно считывать частотомером и т.п. Если этого не требуется, элементы C2 и D5 можно опустить, а R14 и R15 заменить резистором 1 кОм.

Прецизионный преобразователь напряжения в частоту

На **рисунке** показана схема генератора, управляемого напряжением, который построен на двух операционных усилителях CA3130. Линейность передаточной характеристики напряжение/частота не хуже 0,5 %, температурный коэффициент менее 0,01%/°C.

ИС IC1 функционирует как управляемый

напряжением мультивибратор. Принимая первоначально, что выходное напряжение ОУ IC1 равно +15 В, конденсатор C1 заряжается через потенциометр P1, резистор R4 и диод D3 с постоянной времени $(P1+R4)C1$, пока напряжение на инвертирующем входе ОУ IC1 не превысит напряжение на прямом входе. Это на-



пряжение равно приблизительно 10 В, установлено делителем напряжения R1, R3 и R2 (пренебрегая падением напряжения на диодах D1 и D2). На выходе ОУ IC1 напряжение упадет до ноля, и напряжение на прямом входе понизится до 5 В из-за гистерезиса, заданного номиналом резистора R3. Конденсатор C1 теперь разрядится через выход ОУ IC2 со скоростью, определенной номиналом резистора R7 и выходным напряжением ОУ IC2, до напряжения на интегрирующем входе ОУ IC1 ниже 5 В. Тогда на выходе ОУ IC1 напряжение снова поднимется до +15 В и цикл опять повторится.

Форма выходного сигнала ОУ IC1 таким образом состоит из ряда положительных импульсов с постоянной длительностью T2 и интервалом T1, зависящим от уровня выходного напряжения ОУ IC2. Выходное напряжение ОУ IC1 фильтруется цепочкой R6, C3, создается постоянное напряжение V2, равное среднему значению напряжения сигнала ОУ:

$$V_2 = 15 \times T_2 / T_1.$$

Так как длительность T2 постоянна, то напряжение V2 оказывается обратно пропорциональным T1, то есть пропорциональным выходной частоте ОУ IC1. Входное напряжение V1 подается на инвертирующий вход ОУ IC2, который функционирует как интегрирующий компаратор. Если напряжение V1 меньше напряжения V2, на выходе ОУ IC2 будет положительное

напряжение. Поэтому конденсатор C1 будет разряжаться медленнее, увеличивая интервал T1 и уменьшая напряжение V2. Если напряжение V1 больше напряжения V2, тогда напряжение на выходе ОУ IC2 будет близким к нолью, конденсатор C1 разряжается быстрее и уменьшается интервал T1. Когда напряжения V1 и V2 равны, выходное напряжение ОУ IC2 останется неизменным. Таким образом, цепь будет всегда достигать равновесия при $V_1 = V_2$. При этом напряжение V2 и выходная частота IC1 пропорциональны, тогда выходная частота IC1 также пропорциональна входному напряжению V1, так как V1 и V2 равны.

В схему добавлены несколько элементов, чтобы улучшить температурную стабильность цепи. Температурные коэффициенты диодов D3 и D4 могли вносить ошибки, изменяя время заряда и разряда конденсатора C1, поэтому для их компенсации включены идентичные диоды последовательно с R3, чтобы производить подобные изменения в опорном напряжении на прямом входе ОУ IC1.

Потенциометр P2 включен в нуль смещения ОУ IC2, который иначе причинил бы ошибку нуля.

P1 обеспечивает точную настройку коэффициента преобразования, которое с данными номиналами схемы составляет приблизительно 1 кГц / В.

RCA Application Notes

Сигнализатор пропадания сети 220 В

Прибор, который собрал А. Антоняк (Польша), может использоваться совместно с электрической плитой, теплицей или другими электрическими устройствами, отключение которых от сети может привести к нежелательным последствиям.

Система слежения игнорирует кратковременные выбросы и пропадания напряжения в сети, а срабатывание сигнализации происходит лишь при длительном пропадании напряжения. Прибор не требует никаких дополнительных источников

энергии, таких как батареи или аккумуляторы.

Принципиальную схему устройства можно разделить на два функциональных блока: блок питания и блок сигнализации. Первый построен по типовой схеме (**рис.1**) и не требует дальнейших комментариев. Блок сигнализации собран на ИС 4093, которая содержит 4 И-НЕ элемента триггера Шmittта.

Чтобы проанализировать работу блока сигнализации (**рис.2**), предположим, что после долгого отсутствия появилось сетевое напряжение. Если электроснабжение длится более 5 минут (постоянная времени определяется номиналами элементов R1C1), то переключается триггер US1A и на его выходе устанавливается высокий уровень. Начинает заряжаться конденсатор C2 через диод D1 и резистор R3. На входе триггера US1B присутствует высокий уровень и, следовательно, на выходе триггера US1C установится высокий уровень. Запустится генератор, построенный на триггере US1D, и будет прерывисто звучать пьезозуммер Q1. Тревога длится около 5 минут, ее длительность определяется постоянной времени цепи R3C2 или может быть прервана нажатием кнопки S1.

Если напряжение сети пропадет до исчезновения 5 минут, то сигнализация не сра-

ботает. Таким образом, после отключения сети напряжение питания на выходе источника питания снижается не сразу, а постепенно - конденсаторы C1 и C7 разряжаются через резистор R12 (C1 через US1A). Так как напряжение в сети отсутствует, параллельно соединенные конденсаторы C1 и C7 выполняют роль источника питания для сирены в течение 1,5 секунд, время определяется постоянной цепи $(C1+C7) \times R12$. И поскольку выводы 1 и 2 US1 соединены с отрицательным выводом конденсатора C1, то на входе триггера US1A будет низкий, а на выходе высокий уровень. Такая ситуация привела бы к срабатыванию сигнализации, если бы не задержка цепи R5C3. Ее постоянная времени в несколько раз больше постоянной цепи $(C1+C7) \times R12$. Конденсаторы C1 и C7 разряжены, пьезозуммер не будет звучать.

Теперь представьте, что после длительного электроснабжения в сети исчезло напряжение. В такой ситуации одним из ключевых элементов системы становится конденсатор C2, вместе с окружающими элементами. Ранее он отмерял длительность сигнала тревоги (с резистором R3), а теперь конденсатор C2 разряжается через сопротивления R2 и R3, отмеряя другое время - максимальное время длительности перерыва игнорированного си-

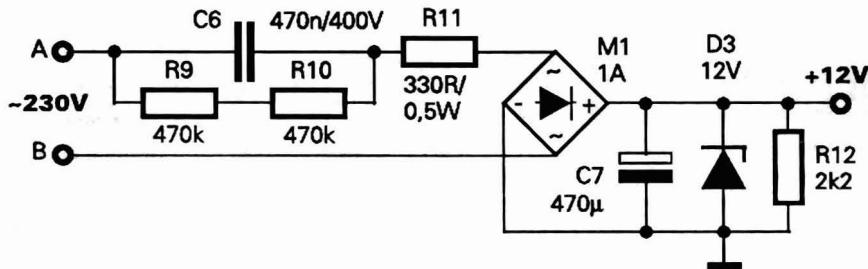
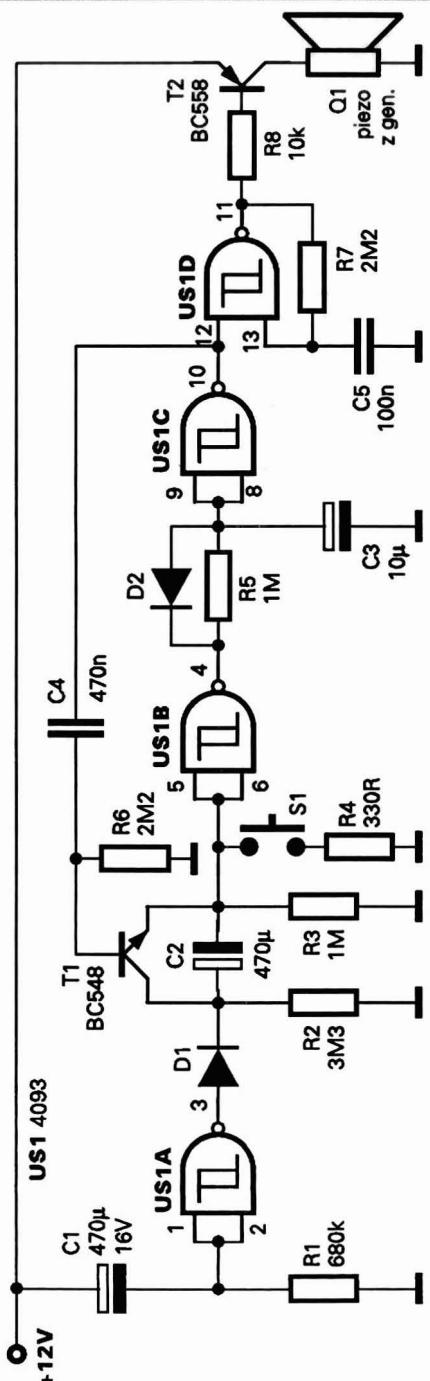


Рис.1



стемой при отключении электропитания.

Постоянная времени цепи $(R_2 + R_3) \times C_2$ составляет около 20 минут. Максимальная длина игнорированного перерыва 20-5 = 15 минут (т.к. через 5 минут после пропадания напряжения конденсатор C_2 продолжает разряжаться через сопротивления R_2 и R_3). Если перерыв длился менее этого времени, то на выв.3 US1A будет высокий уровень, триггер US1B не переключится и тревоги не будет. Система не обнаружит пропадание напряжения менее 15 минут. При большей длительности пропадания зазвучит зуммер.

Рис.2

Пояснения требует наличие цепи T_1 , R_6 , C_4 . Через нее разряжается конденсатор C_2 в первый момент звучания сирены. Благодаря этому сирена длится одинаковое время, независимо от того, или перерыв в подаче электроснабжения был длинным (C_2 разряжается почти до нуля), или он был коротким, немного дольше 15 минут (C_2 разряжается незначительно).

Диод D_1 предотвращает разряд конденсатора C_2 другими путями, чем через резисторы R_2 и R_3 (также через резистор R_6 и переход б-э транзистора T_1). Наличие диода D_2 обеспечивает немедленное прекращение звучания сирены при нажатии кнопки S_1 , а не через несколько секунд (с постоянной времени цепи R_5C_3).

Обнаружитель повреждений конвейерной ленты

Для обнаружения поврежденных зон конвейерной ленты, которая используется в горнодобывающей промышленности, Ж. Карам (Чили) разработал свой прибор. Конвейерная лента содержит множество тонких катушек индуктивности. Если в ленте появятся разрывы или дырки, то одна или несколько катушек будут повреждены. Метод обнаружения неисправной катушки индуктивности состоит в установлении временной магнитной связи между сенсорной катушкой обнаружителя и движущимися катушками ленты.

Сенсорная катушка является частью LC-генератора обнаружителя. Когда неповрежденная катушка проходит возле сенсорной катушки, изменяется полная индуктивность магнитной пары и, соответственно, изменяется частота генератора. Так как лента конвейера движется с фиксированной скоростью, то частота генератора изменяется с фиксированной периодичностью. А когда поврежденная катушка проходит возле сенсорной катушки, то установленная периодичность нарушается.

В схему обнаружителя входит энергоемкий широкодиапазонный генератор синусоидального сигнала, фор-

ма которого не идеальна, но амплитуда стабильна во всем диапазоне частот (рис. 1). Он генерирует в большом диапазоне пар LC, даже с низкой добротностью контура и с любым транзистором. L_1 - индуктивность сенсорной катушки, резистор R_2 представляет ее со-противление. L_2 - индуктивность катушки в конвейерной ленте, а выключатель S_1 представляет ее состояние: когда S_1 закрыт - катушка целая, а когда он открыт - катушка имеет обрыв.

Когда имеется полная магнитная связь между сенсорной катушкой и катушкой конвейера, это эквивалентно наличию двух параллельно связанных индуктивностей, поэтому уменьшается общая индуктивность и увеличивается частота колебаний генератора.

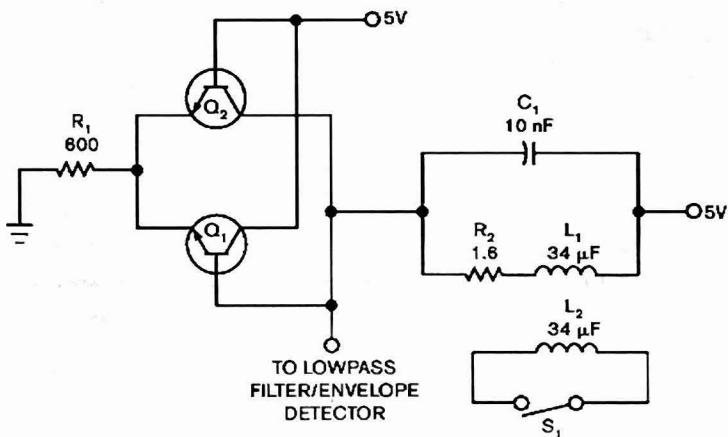


Рис. 1

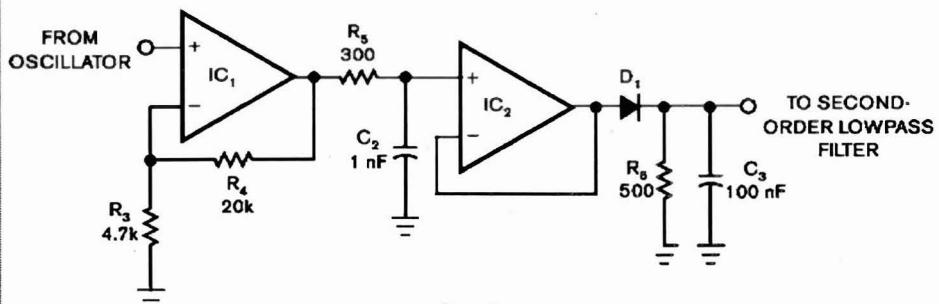


Рис.2

Таким образом, для нахождения повреждения ленты, а следовательно, и катушки, необходимо обнаруживать различные частоты, выполняя ЧМ демодуляцию или конвертируя частоту в напряжение.

Автор решил эту задачу более легким способом - с помощью фильтрации частоты генератора низкочастотным фильтром. Если частотный диапазон генератора находится вне полосы пропускания НЧ фильтра, тогда его частоты будут подавлены и на выходе НЧ фильтра будет АМ сигнал, который можно легко детектировать, выделяя огибающую сигнала.

На **рис.2** показан тривиальный низкочастотный RC-фильтр на элементах R₅ и C₂ и детектор огибающей на элементах D₁, R₆, и C₃.

Выходной сигнал детектора огибающей содержит пульсации, которые устраняются низкочастотным фильтром второго порядка (**рис.3**), и далее сигнал поступает на компаратор (**рис.4**). Резистором R₁₄ устанавливают порог, который должен быть в средней точке между произведенными напряжениями с внешней катушкой и без нее, связанной с сенсорной катушкой L₁. Постоянная времени цепи C₆, R₁₂ подобрана таким образом, чтобы конденсатор C₆ быстро заряжался до максимального напряжения, когда возле сенсорной катушки проходит целая катушка конвейерной ленты и затем медленно разряжается. Потенциометром R₁₅ выставляют порог для компаратора, при котором светится светодиод, когда происходит периодиче-

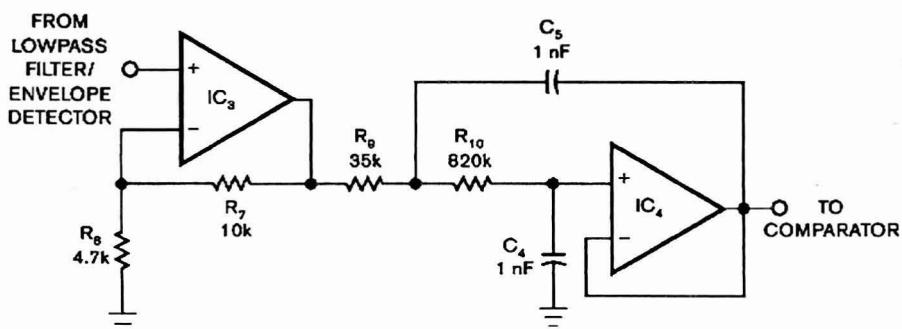


Рис.3

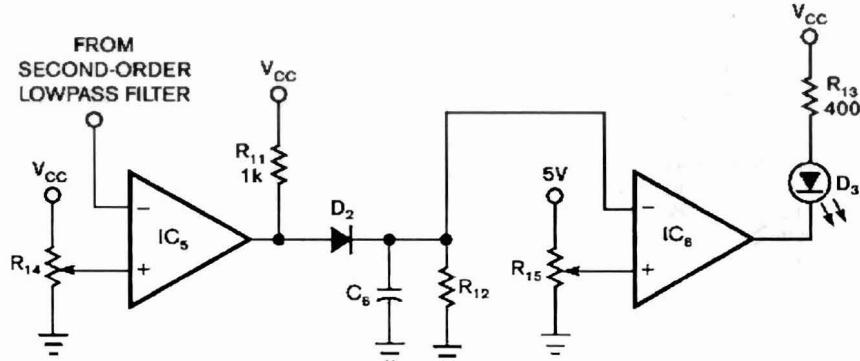


Рис.4

ское обнаружение движущихся катушек ленты. При появлении поврежденной катушки частота генератора уменьшится, в результате напряжение на конденсаторе С6 упадет ниже установленного напря-

жения на прямом входе компаратора, что приведет к его переключению.

Таким образом, о зоне повреждения конвейерной линии будет свидетельствовать выключающийся светодиод.

Преобразователь напряжения 12/220 В для электродвигателя

С помощью преобразователя, который изготовил М. Икбал (Пакистан), можно питать переменным напряжением 220 В электродвигатель с последовательным возбуждением при отсутствии сети электроснабжения. Такие двигатели обычно применяются в электродрелях или в качестве приводных двигателей в маломощных электромобилях.

Схема преобразователя показана на **рис.1**. Устройство питается напряжением 12 В от автомобильного аккумулятора. На **рис.2** показаны формы напряжения в контрольных точках схемы.

Микросхема IC1 работает как неустойчивый мультивибратор на частоте около

100 Гц. Его выходные импульсы запускают ждущий мультивибратор IC2, период которого может изменяться потенциометром VR1 (емкость времязадающего конденсатора С2 должна быть более 1 нФ).

На логических элементах И-НЕ микросхемы IC3 (4011В) формируются положительные сигналы для мощного транзистора МОП TR1 и отрицательные - для TR2. Стабилитроны D1 и D2 обеспечивают защиту для транзисторов, диод D3 и конденсатор С3 обеспечивают изоляцию между задающим устройством и выходным каскадом.

Трансформатор T1 усиливает входное напряжение до 220 В переменного тока.

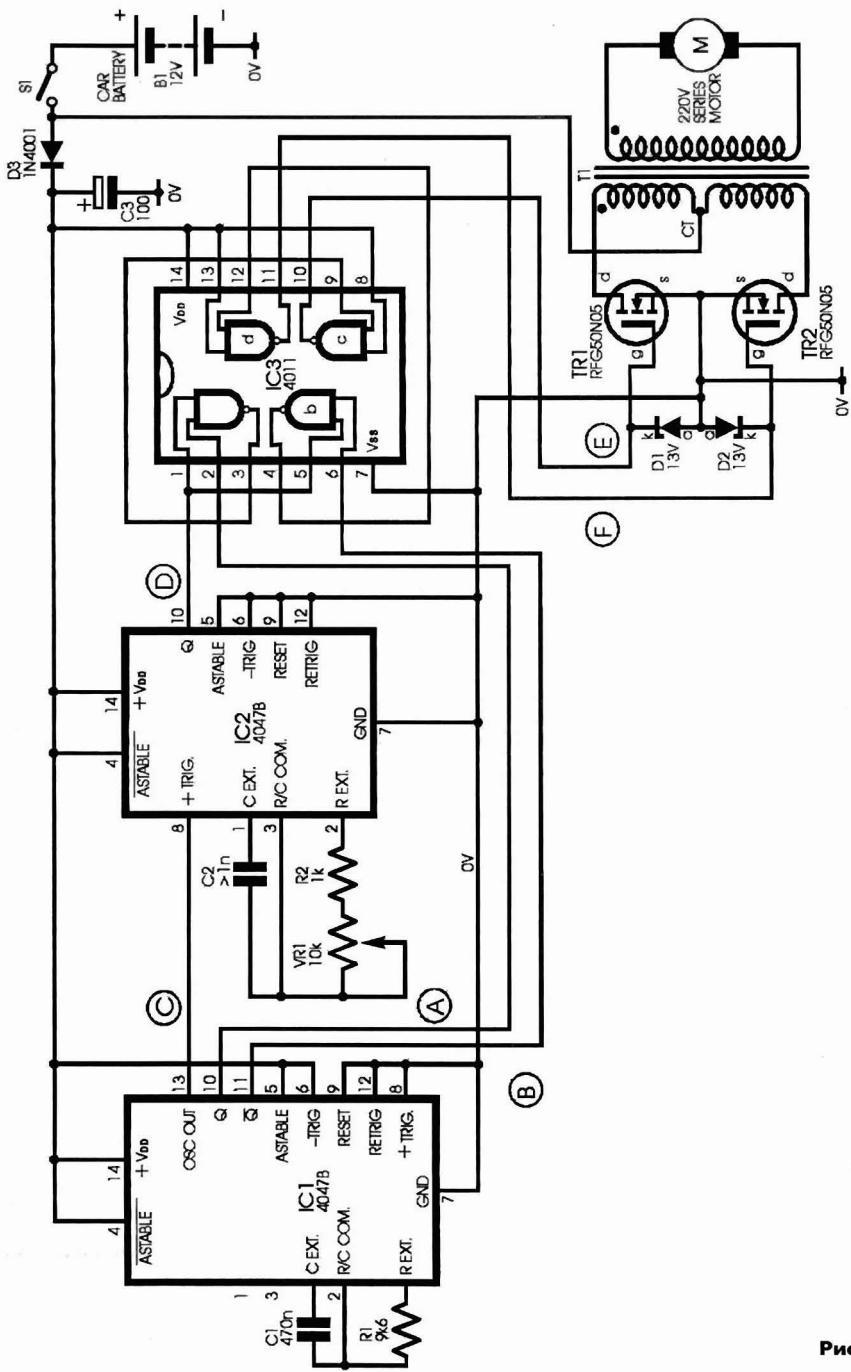


Рис. 1

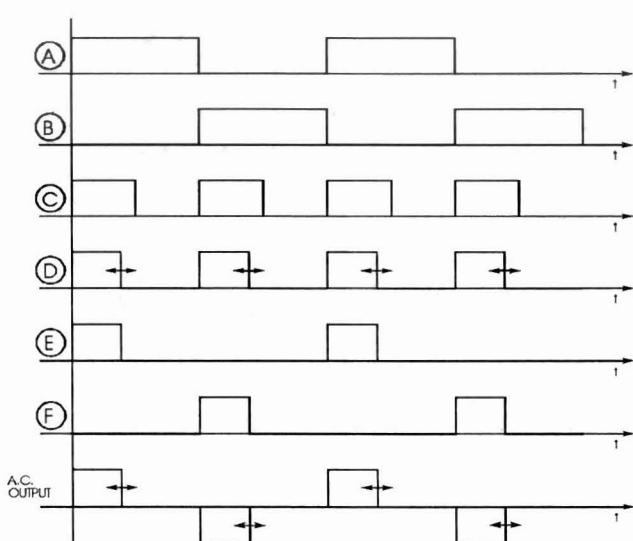


Рис.2

Он собран на большом стальном сердечнике, первичная обмотка содержит по 22 витка провода диаметром 2 мм, вторичная - 500 витков проводом 0,81 мм.

Потенциометр VR1 может использоваться для изменения уровня выходного напряжения в диапазоне от 50 до 220 В. Мощные МОП транзисторы должны быть установлены на радиатор, и главный переключатель S1 также должен быть рассчитан на коммутирование больших токов.

Индикатор нагрева паяльника

На **рисунке** показана индикаторная схема Д. Сиддонса (Англия), которую он использует в своей работе.

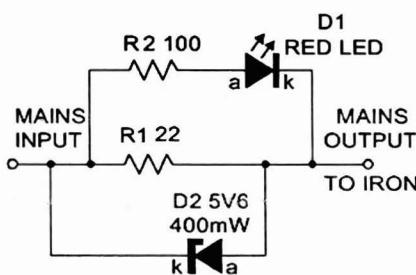
Устройство подключают между сетевым питанием и паяльником. Светодиод D1 светится, когда паяльник потребляет ток, т.к. на резисторе R1 падает несколько вольт

напряжения. И соответственно, когда термостат отключает питание нагревателя паяльника, светодиод перестанет светить, указывая, что паяльник нагрелся. Стабилилтрон D2 защищает светодиод от обратных напряжений и ограничивает прямое напряжение до 5,6 В.

С номиналами, указанными на схеме, мощность нагрузки допустима в пределах 45...60 Вт. Для других мощностей необходимо изменить сопротивление резистора R1 согласно формуле $R1=1000/P$ [Ом], где P - мощность паяльника. Это гарантирует ток около 15 мА через светодиод, когда железо нагревается.

Для паяльника мощностью 45 Вт номинальная мощность резистора $R1=22$ Ом должна составлять 0,6 Вт.

Мощность рассеяния энергии на резисторе R1 описывается формулой



$$P = \frac{1}{2} \left(\frac{P_1}{V_s} \right)^2 R_1$$

где P_1 - мощность "железа" паяльника,

V_s - среднеквадратичное значение напряжения сети.

Конструкция должна располагаться в изолированном пластмассовом корпусе [коробке], чтобы гарантировать работнику безопасность от поражения током.

Схема источника симметричного напряжения

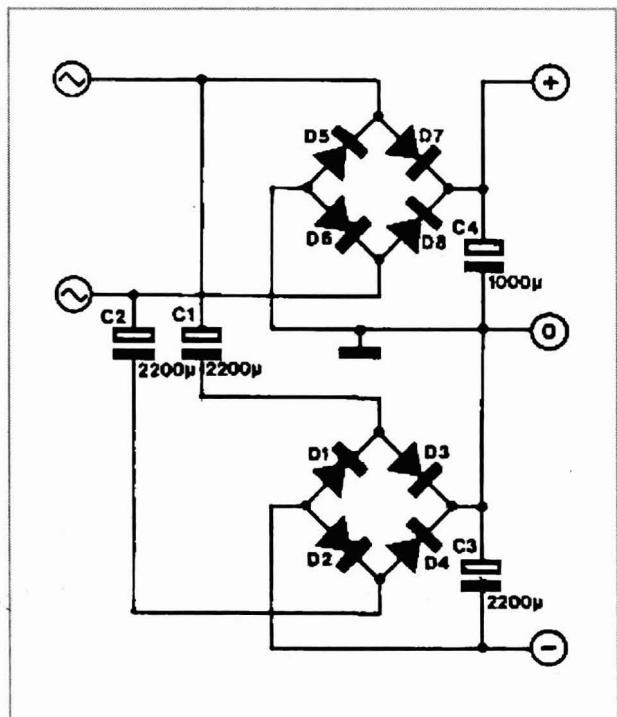
Имеется множество различных методов получения симметричных напряжений (положительной и отрицательной полярности) с трансформатором, у которого только одна вторичная обмотка. Г. Спрингер (Германия) предлагает свое схемное решение (см. **рисунок**).

В схеме используется второй мостовой выпрямитель на диодах D1...D4, который через конденсаторы C1

и C2 имеет емкостную связь с вторичной обмоткой трансформатора. Так как результирующее выпрямленное напряжение изолировано по постоянному току от трансформатора, с которым связан диодный мостовой выпрямитель D5...D8, положительный вывод конденсатора C3 может быть соединен непосредственно с нулевой шиной для создания зеркального напряжения.

Так как конденсаторы C1 и C2 увеличивают общий импеданс цепи, конденсатор C3 должен иметь более высокую емкость, чем C4, иначе напряжение пульсаций отрицательного напряжения будет значительно отличаться от его положительной копии.

Рабочие напряжения конденсаторов должны, по крайней мере, равняться пиковому значению трансформаторного напряжения. С номиналами, указанными на схеме, обеспечивается ток 0,1 А для трансформаторного напряжения 15 В при напряжении пульсаций около 1 В.



Электронный поворотный переключатель

Механический многопозиционный галетный переключатель можно заменить электронной схемой (см. **рисунок**), которую разработал Б. Мехта (Индия). Электронный переключатель управляется одним кнопочным выключателем S1. При подаче питания через IC3a и IC3 сигнал сброса "reset" поступает на микросхемы IC1 и IC2. Каждое нажатие кнопки S1 приводит к последовательному перемещению высокого уровня на выходах Q0...Q9 IC2. Для исключения дребезга контактов кнопочного выключателя S1 на IC1 используется RS-триггерная фиксация. При нажатии кнопки S1 подается высокий уровень на вывод S0 и сигнал сброса на R0 с задержкой, определенной номиналами резистора R1 и конденсатора C1. Таким образом бездребезговый импульс поступает на тактовый вход счетчика IC2. Каждый выход счетчика управляет соответствующим двунаправленным переключателем IC4 016.

