

# ЭКОНОМИЧНЫЙ “ЭЛЕКТРОННЫЙ КОТ”

И. ТАНАСИЙЧУК, Украина, г. Сторожинец Черновицкой обл.

**Материалы о борьбе с грызунами с помощью различных электронных устройств уже публиковались в журнале “Радио”. В предлагаемой вниманию читателей статье приводится описание еще одного прибора аналогичного назначения, отличающегося от уже известных возможностью работы в условиях значительных колебаний температуры и влажности, экономичностью, простым схемотехническим решением. Он не требует сложных измерительных приборов при настройке.**

Принципиальная схема электронного устройства для отпугивания грызунов приведена на рис. 1. Оно состоит из генератора НЧ, делителя частоты, генератора ультразвуковой частоты, формирователя сигнала типа “меандр”, усилителя мощности и звукового сигнализатора.

Генератор НЧ собран на элементах DD1.1, DD1.2 микросхемы DD1. Частота следования вырабатываемых им прямоугольных импульсов определяется номиналами резистора R5 и конденсатора C1. При замыкании контактов переключателя SA1 параллельно конденсатору C1 подключается дополнительный конденсатор C2, что понижает частоту. Чтобы затруднить грызунам адаптацию к отпугивающему сигналу, положение переключателя SA1 необходимо менять один-два раза в неделю.

С выхода генератора НЧ сигнал поступает на трехразрядный двоичный счетчик-делитель, выполненный на элементах DD2.1, DD3.1 и DD3.2 и считающий до 16 в коде 1—2—4—8 (младшим разрядом служит вывод 3 элемента DD1.1). К выходам счетчика подключены резисторы R1—R4, преобразующие дво-

ичный цифровой код чисел от 0 до 15 в аналоговый сигнал, т. е. в напряжение, изменяющееся от нуля до логической единицы (12 В). Каждый старший разряд счетчика включен через резистор вдвое меньшего номинала, чем младший. При такой комбинации включения резисторов R1—R4 напряжение в точке их соединения равно нулю, когда во всех разрядах присутствует логический ноль. При каждом переключении мультивибратора DD1.1, DD1.2 это напряжение скачкообразно увеличивается на 1/16 напряжения питания ( $U_{пит}$ ). За 16 тактов переключения счетчик достигнет состояния 1111, а напряжение в точке соединения резисторов — максимума, т. е.  $U_{пит}$ . При следующем переключении счетчик сбрасывается в состояние 0000 и цикл работы повторяется.

Резисторы R1—R4 могут быть установлены на разъемы, что дает возможность менять их местами, при этом каждому из 16 состояний счетчика будет соответствовать один из 16 уровней напряжения. Каждой комбинации этих резисторов соответствует определенная последовательность изменения управляю-

щего напряжения. Количество таких комбинаций N равно факториалу числа четыре:

$$N=4!=1 \times 2 \times 3 \times 4=24.$$

Такое разнообразие законов модуляции ультразвука также можно использовать для предотвращения адаптации грызунов к отпугивающему сигналу электронного устройства.

На элементах DD1.3, DD1.4 собран генератор ультразвуковой частоты, которая определяется емкостью конденсатора C3, а также режимом работы открытого транзистора VT1. Режим зависит от управляющего напряжения, подаваемого через резистор R6 на базу транзистора VT1. При указанных на схеме номиналах элементов и изменении управляющего напряжения от 0 до 12 В частота генератора изменяется примерно от 50 до 100 кГц.

С выхода ультразвукового генератора модулированные по частоте колебания поступают на D-триггер DD2.2, который делит их частоту на 2 и формирует на выходе сигнал типа “меандр”, необходимый для симметричной работы выходного каскада. Нагружен D-триггер на первичную обмотку трансформатора T1, подключенную к его выводу через резистор R11. Это уменьшает токовую нагрузку триггера и способствует лучшей работе выходного каскада.

Более подробно следует остановиться на схемотехнике выходного каскада — усилителя мощности, а также на способе подачи питания на разные части устройства. Учитывая условия, в которых приходится работать подобным устройствам, традиционную схему питания (трансформатор—выпрямитель—стабилизатор) использовать нецелесообразно. Дело в том, что малогабаритные сетевые трансформаторы в помещениях с высокой влажностью работают ненадежно: магнитопровод подвергается

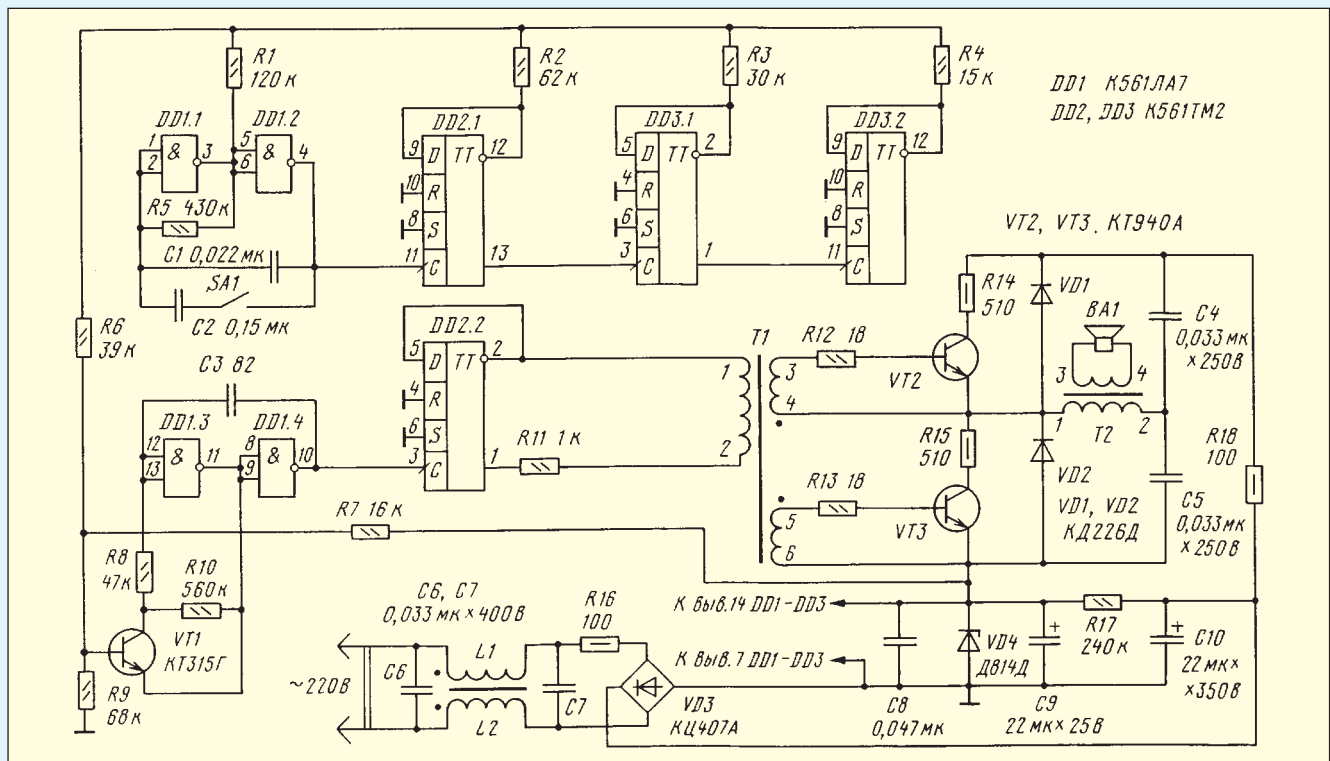


Рис. 1

коррозии; в первичной обмотке часто повреждается изоляция и возникают обрывы, поскольку для нее применяется очень тонкий провод. Что касается линейных стабилизаторов, то они имеют существенный недостаток — от 20 до 50 % мощности рассеивается на самом стабилизаторе, что не удовлетворяет требованию экономичности. Вот почему для таких устройств рекомендуется использовать бестрансформаторное питание.

Излучателем в подобных отпугивателях грызунов обычно служит четырех-, шестиваттная высокочастотная динамическая головка. Как показала проверка, через несколько дней работы наиболее нагретой деталью оказывается именно эта головка. Для большей надежности работы ее мощность должна быть порядка 3...3,5 Вт. При напряжении питания 300 В ток, потребляемый усилителем мощности, будет составлять 10...12 мА. Низковольтная часть устройства, собранная на ИМС, потребляет примерно 6...7 мА. Такие значения токов позволили низковольтную и высоковольтную части включить последовательно и питать их от общего источника питания напряжением 300...310 В, состоящего из мостового выпрямителя VD3 и конденсатора фильтра C10. Питание ИМС стабилизирует стабилитрон VD4. Таким образом, отпадает необходимость вырабатывать дополнительное напряжение питания ИМС, например, с помощью гасящего конденсатора и диодного моста.

Усилитель мощности представляет собой полумостовой инвертор, собранный на транзисторах VT2, VT3 и конденсаторах C4, C5 (Моин В. С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. — М.: Энергоатомиздат, 1996). В нем применены наиболее дешевые из числа высоковольтных транзисторы KT940A. Напряжение на их коллекторе близко к максимально допустимому, но как показали испытания, этот узел способен работать даже при напряжении 335 В.

Использование высокочастотных транзисторов частично решает проблему сквозного тока. Для защиты от него приняты и другие меры. Так, включение резисторов R14, R15 в цепи коллекторов транзисторов VT2, VT3 ограничивает их токи даже при коротком замыкании в трансформаторе T2 или нагрузке. Рассеиваемая на резисторах мощность составляет 0,1...0,15 Вт, что уменьшает КПД не более чем на 5 %. Избыточное насыщение открытого транзистора устраняется путем ограничения тока базы с помощью резистора R11. И это лучше, чем использовать для ограничения тока базовые резисторы R12, R13, поскольку в первом случае ток базы в течение времени присутствия на ней открывающего импульса носит убывающий характер. На рис. 2 показана форма тока базы при ограничении его резистором R11 (рис. 2,а) и резисторами R12, R13 (рис. 2,б).

При работе транзистора в ключевом режиме необходимо, чтобы он находился в насыщенном состоянии  $K_{нас} = I_b / (I_k / h_{21Э}) > 1$  на протяжении почти всего времени действия открывающего импульса. Как показано на рис. 2,б, этому времени соответствует отрезок  $t_1 - t_2$ . Только в конце импульса ( $t_2 - t_3$ ) нужно

уменьшить ток базы, чтобы коэффициент насыщения  $K_{нас}$  приблизился к 1. Это снижает коммутационные потери в транзисторах. Однако следует признать, что такой способ уменьшения коммутационных потерь эффективен лишь при точной настройке выходного каскада, а это возможно при постоянной длительности импульса ( $t_3 - t_1 = \text{const}$ ). Поскольку в описываемом устройстве названное условие не выполняется, то невозможна и точная настройка каскада.

Через резистор R17 протекает небольшой ток, обеспечивающий запуск устройства при включении его в сеть. Фильтр L1L2C6C7 защищает сеть от помех со стороны отпугивателя грызунов. В авторском варианте устройства на печатной плате размещены ИМС, транзистор VT1 и связанные с ними резисторы и конденсаторы, а также стабилитрон VD4 и конденсаторы C8, C9. Для остальных деталей использован навесной монтаж на куске стеклотекстолита. Транзисторы VT2, VT3 прикреплены к плате с помощью винтов М3 и гаек.

В устройстве могут быть применены резисторы МЛТ указанной на схеме мощности. Конденсаторы C4, C5—C7 — К73-17, C9, C10 — К50-29 или К50-35, остальные — любые керамические. Для намотки дросселей L1, L2 и трансформатора T1 подойдут кольцевые сердечники K12×5×5,5, K12×8×3, K16×8×6 и др. из феррита. Катушки L1, L2 содержат 20 витков сложенного вдвое провода ПЭЛШО 0,25. Обмотка 1—2 трансформатора T1 содержит 210 витков провода ПЭЛШО 0,1, обмотки 3—4 и 5—6 — по 18 витков ПЭЛШО 0,25. Трансформатор T2 можно намотать на ферритовых кольцевых сердечниках K20×10×6, K28×16×9, K32×16×8 и даже на Ш-образном ферритовом магнитопроводе, например, от блокинг-трансформатора старого лампового телевизора. Обмотка 1—2 содержит 200 витков провода ПЭЛШО 0,2, 3—4 — 8 витков провода ПЭЛШО 0,3. Все магнитопроводы выполнены из феррита марок 1500НМ, 2000НМ, 3000НМ. Микросхемы K561ЛА7 и K561ТМ2 можно заменить на соответствующие им из серии 564. Вместо транзисторов KT940A допустимо использовать KT854, KT858, KT872 и др. высоковольтные. Переключатель SA1 — П2К или любой другой малогабаритный, динамическая головка — 4ГДВ-1.

Дла налаживания устройства необходим внешний источник питания напряжением 20...25 В. Сначала отдельно настраивают ту часть, которая смонтирована на печатной плате. Источник питания (соблюдая полярность!) через резистор сопротивлением 0,62...1 кОм подключают к конденсатору C9. Работу генератора НЧ и делителей частоты можно проверить с помощью светодиода. Катод светодиода подпаивают к минусовому выводу конденсатора C9, а анод через резистор сопротивлением 5,1...10 кОм — поочередно к нижним (по схеме) выводам резисторов R1—R4. Частота мигания светодиода каждый раз должна уменьшаться в два раза. При замыкании контактов переключателя SA1 частота понижается в несколько раз.

При наличии осциллографа или частотомера проверяют диапазон частот, генерируемых ультразвуковым генератором. Для этого уменьшают частоту генератора НЧ, подключив вместо C1 конденсатор емкостью 2,2...4,7 мкФ и вместо R5 резистор сопротивлением 1...3 МОм. Частоту поочередно измеряют на выходах 1 и 2 микросхемы DD2. Она должна принимать 16 различных значений, примерно от 25 до 50 кГц. При необходимости диапазон частот можно откорректировать с помощью резисторов R6—R10: делитель R7R9 задает среднюю частоту; при уменьшении сопротивления резистора R6 увеличивается девятица; резисторы R8, R10 обеспечивают равномерность изменения частоты. При отсутствии измерительных приборов убедиться в работоспособности ультразвукового генератора можно, переведя его в звуковой диапазон. Для этого параллельно конденсатору C3 подключают дополнительный конденсатор емкостью 820...3300 пФ и с помощью высокоомного телефона, подключенного к выводам 1 и 2 микросхемы DD2, прослушивают, с какой частотой переключается триггер. После этого, установив резистор R5 и конденсаторы C1, C3 указанных на схеме номиналов, переходят к настройке устройства в целом.

Элементы устройства имеют гальваническую связь с питающей сетью, поэтому при его настройке необходимо соблюдать меры предосторожности! Печатную плату соединяют с трансформатором T1 согласно принципиальной схеме. ИМС питают от внешнего источника. На выходной каскад подают полное питание, соединив минусовый вывод конденсатора C10 с эмиттером транзистора VT2. Если ошибок в монтаже нет и детали исправны, то выходной каскад заработает сразу. Нужно только установить необходимую выходную мощность. Для этого измеряют падение напряжения на резисторе R18, оно должно быть 1...1,2 В. При меньшем напряжении обмотку 3—4 трансформатора T2 необходимо увеличить на 1—2 витка, при большем — уменьшить сопротивление резистора R11. После проведения этих операций отключают от ИМС внешний источник питания и все соединения выполняют в соответствии с принципиальной схемой.

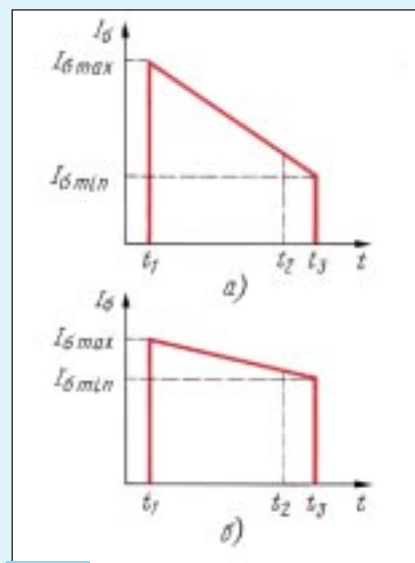


Рис. 2