

# Силовой ключ на МДП-транзисторе

Силовой электронный ключ на мощном полевом МДП-транзисторе предназначен для коммутации мощных нагрузок там, где требуется гальваническая развязка цепей нагрузок от цепей управления. Коммутируемый ток, напряжение и сопротивление ключа в открытом состоянии определяются типом примененного полевого транзистора и могут варьироваться, соответственно, в пределах от единиц до сотен ампер, от десятков до сотен вольт и от сотых долей до единиц Ом.

Напряжение гальванической развязки определяется типом использованного или спроектированного импульсного трансформатора и может составлять десятки или сотни вольт.

По мнению авторов, предлагаемый ключ может найти широкое применение в радиоэлектронной аппаратуре, где для повышения надежности требуется поэлементное резервирование ключей. Необходимо также, чтобы блок управления был запитан от одной шины питания, а нагрузки – от разных шин питания, находящихся под разным потенциалом.

Данный ключ, в принципе, является аналогом электромагнитного реле с одним контактом, работающим на замыкание, но превосходящим аналог по числу коммутаций, быстродействию, надежности и, кроме того, он является совместимым по управлению с логическими микросхемами.

Электрическая принципиальная схема устройства приведена на рис. 1. Устройство состоит из схемы управления ключом и собственно ключа [1].

Схема управления содержит:

1. генератор прямоугольных импульсов с частотой  $f \approx 500$  Гц, собранный на элементах D1.2, D1.3, R7, R8, C1, VD1;
2. формирователь коротких положительных импульсов  $\tau \approx 4$  мкс со скважностью

тью  $Q \approx 500$ , собранный на элементах C2, R9, D1.4;

3. селектор импульсов, собранный на элементах D1.1, D2;
4. ключевые каскады VT1.1, VT1.2, R3...R6.

Силовой электронный ключ содержит:

1. разделительный повышающий трансформатор T1 с коэффициентом трансформации 1:1.2;
2. управляющие транзисторы VT1.3, VT1.4, резисторы R10...R13, диоды VD2, VD3;
3. мощный МДП-транзистор.

Устройство работает следующим образом. При поступлении на вход устройства логической 1 открывается микросхема D2.1 для прохождения отпирающих импульсов с выхода D1.4 на базу транзистора VT1.1. На выходе 11 элемента D1.1 будет присутствовать уровень логического 0, поэтому на выходе 10 элемента D2.2 будет логическая 1 и транзистор VT1.2 будет закрыт, а транзистор VT1.1 будет периодически, на время  $\tau \approx 4$  мкс открываться, вызывая протекание тока через обмотку 2–5 трансформатора T1 по цепи "+9 В, эмиттер-коллектор транзистора VT1.1, выводы 2, 5 трансформатора T1, общая шина".

$$U = -\frac{U_{1-4}}{Q}$$

На вторичной обмотке (выводы 1, 4) трансформатора T1 появятся короткие положительные импульсы, которые по цепи "вывод 1 трансформатора T1, эмиттер-база транзистора VT1.3, R11, R12, вывод 4 трансформатора T1" вызывают открытие транзистора VT1.3, и емкость затвор-исток МДП-транзистора VT2 заряжается. Транзистор VT2 открывается, т. к. положительный потенциал с вывода 4 трансформатора T1 через открытый транзистор VT1.3 поступает на затвор транзистора VT2, а отрицательный

потенциал с вывода 4 трансформатора T1 через диод VD3 поступает на исток VT2. Небольшое отрицательное напряжение, присутствующее на обмотке (выводы 1, 4 трансформатора T1) между короткими положительными импульсами мало, и им можно пренебречь. Значение отрицательного напряжения  $U$  – в паузах между короткими положительными импульсами можно приблизительно определить по формуле:

$$U = \frac{U_{1-4}}{Q} \approx \frac{15}{500} = 30\text{мВ},$$

где  $U_{1-4}$  – амплитуда напряжения коротких импульсов на обмотке 1–4 трансформатора T1,  $Q$  – скважность коротких импульсов.

Такого значения напряжения в паузах между короткими положительными импульсами недостаточно, чтобы открыть p-n переходы VD2 и VT1.4, и заряд на емкости затвор-исток МДП-транзистора VT2 будет сохраняться до прихода следующего короткого положительного импульса.

При поступлении на вход устройства логического 0, элемент D2.1 закрывается для прохождения импульсов на базу VT1.1, а D2.2 открывается для прохождения отпирающих импульсов на базу VT1.2. Так как схема ключа симметрична, то происходят аналогичные процессы, при этом емкость затвор-исток МДП-транзистора перезаряжается, на затвор-исток поступает отрицательное напряжение, и он закрывается.

Схема ключа проверялась при использовании МДП-транзисторов типа IRFP250, КП704А, КП921А. Крутизна фронтов по уровню 0,5 составила 0,1 мкс при токе через ключ 5 А.

При повторении устройства можно порекомендовать следующую замену: 564ТЛ1 можно заменить на 564ЛЕ5, 564ЛА7; диоды 2Д522Б на 2Д510А; транзисторную матрицу 2ТС622А можно заменить дискретными транзисторами 2Т313А(Б), 2Т310А(Б, В), КТ361; трансформатор T1 можно заменить аналогичным или изготовить его самостоятельно, намотав на сердечнике М2000НМ1 10х6х3 обмотки 2–5 и 3–6 по пять витков, а 1–4 – по десять витков провода ПЭТВ-2 диаметром 0,2 мм. Если требуется повышенное напряжение гальванической развязки, то при намотке трансформатора T1 можно использовать провод МГТФ-0,07.

**Михаил Соколов,  
Павел Михеев,  
Анжелика Квакина,  
rvm@npoqm.krasnoyarsk.su**

## Литература

1. Патент РФ, №2152127, НОЗК 17/567.
2. Транзисторы 2П762А АЕЯР.432140.159 ТУ.
3. Трансформаторы БТИ-3 ОУО.222.000 ТУ.
4. Микросхемы интегральные серии 564, руководство по применению РД11 340.907-80.
5. Грязнов Н. М., УДК.621.396.69.
6. Трансформаторы и дроссели в импульсных устройствах – М.: Радио и связь, 1986, с. 40, 82.

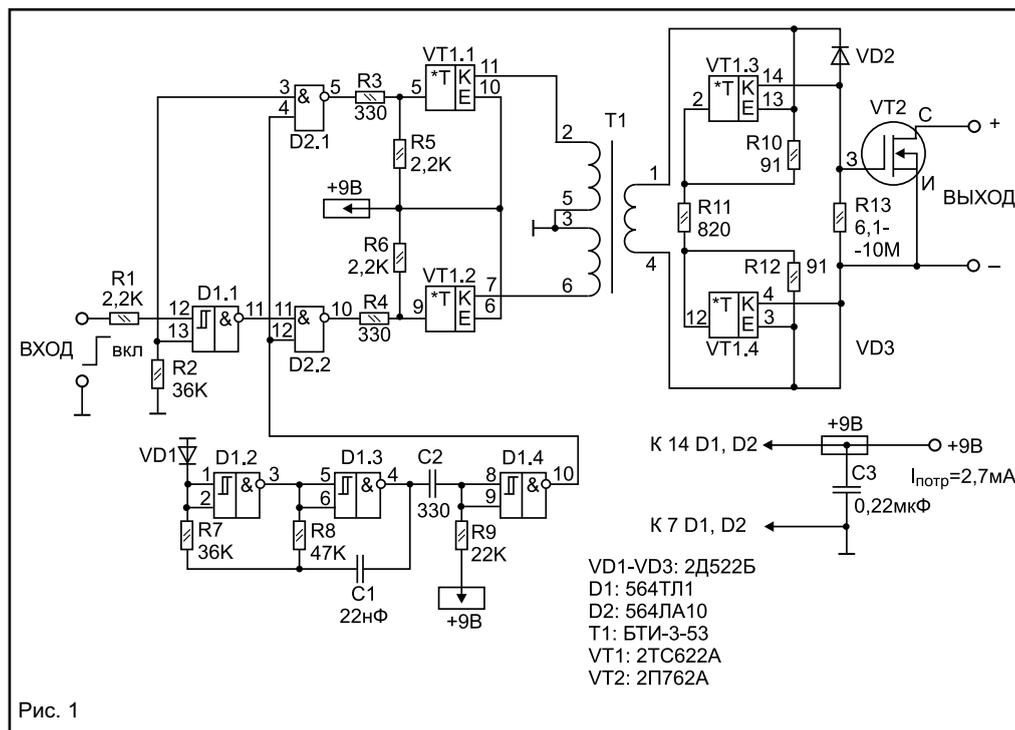


Рис. 1