

ГЕНЕРИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСОВ БОЛЬШОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ТРАНЗИСТОРНЫХ МУЛЬТИВИБРАТОРОВ

Л. И. Компаниец

Ворошиловград

Создание на биполярных транзисторах мультивибраторов, генерирующих импульсы большой длительности (десятки и сотни секунд), на практике в большинстве случаев связано с рядом серьезных трудностей. Эти трудности особенно сильно сказываются при проектировании аппа-

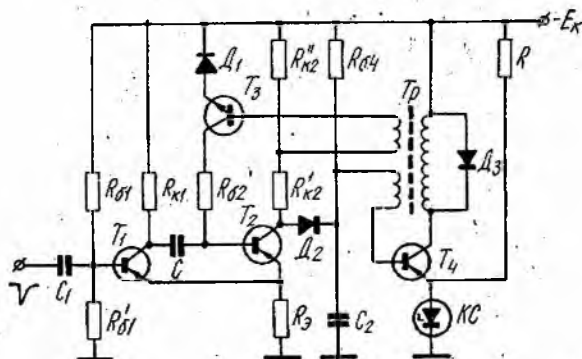


Рис. 1. Ждущий мультивибратор с ключевым транзистором, включенным последовательно с времязадающим сопротивлением.

ратуры, предназначенной для работы в широком диапазоне температур и имеющей малые габариты и вес.

В общеизвестных схемах мультивибраторов увеличение длительности импульсов связано либо с повышением емкости времязадающего конденсатора, что нежелательно из-за увеличения его габаритов и веса, либо с ростом времязадающего сопротивления. Как правило, это сопротивление одновременно обеспечивает необходимый режим одного из транзисторов и поэтому обычно не должно превышать 100—150 ком, что соответствует длительности импульса $t_u \approx 0,07 \div 0,10$ сек при емкости времязадающего конденсатора, равной 1 мкф.

Однако указанные трудности можно преодолеть. Проиллюстрируем на конкретных примерах несколько способов увеличения длительности импульсов.

На рис. 1 приведена схема ждущего мультивибратора, в котором в цепь перезаряда времязадающего конденсатора C включен ключевой транзистор T_3 , управляемый транзистором T_2 и блокинг-генератором, выполненным на транзисторе T_4 . В период формирования импульса конденсатор C может разряжаться через сопротивление $R_{\delta 2}$ только в те-

$$\delta t_n(I_{602}, I_{\kappa 03}) \approx -0,72 \frac{(\Delta I_{602} + \Delta I_{\kappa 03})(R_{62} + R_d)}{E_{\kappa}}$$

Чтобы возник блокинг-процесс, для транзистора T_2 обычно достаточно иметь коэффициент усиления по току β_2 не более 3—5. Известно [1], что многие транзисторы обладают таким коэффициентом усиления уже при токах базы i_b в несколько микроампер. Из проверенной партии транзисторов типа МП114 (105 штук) 76% имели $\beta > 4$ при $I_b = 3,5$ мка, 90% — при $i_b = 7,5$ мка и 95% — при $i_b = 15$ мка. Примерно такие же результаты были получены для транзисторов типа МП105. Это свидетельствует о том, что сопротивление R_d можно выбирать в несколько мегом, что позволяет при емкости времязадающего конденсатора $C = 1$ мкф получить длительность импульса $t_n \approx 3$ —5 сек.

Некоторым недостатком описанных схем является наличие дополнительного транзистора T_3 типа n — p — n , который работает при напряжениях на коллекторном переходе, примерно равном $2E_{\kappa}$. Это может вызвать определенные трудности при выборе типа транзистора и не допускает работу схемы при относительно высоких значениях E_{κ} , а увеличение E_{κ} в ряде случаев весьма желательно. Кроме того, ток $I_{\kappa 03}$ оказывает известное влияние на температурную стабильность длительности импульса.

Указанный недостаток можно устранить, отделив времязадающую цепь от цепи смещения (рис. 3). Насыщение в исходном состоянии транзистора T_2 осуществляется через сопротивление R_{62} и стабилитрон КС. При отпирании транзистора T_1 цепь смещения отключается от транзистора T_2 и времязадающий конденсатор C перезаряжается через большое сопротивление R . Диод D_3 остается запертым до тех пор, пока конденсатор C не разрядится примерно до нуля, после чего через D_3 начинает протекать ток и система возвращается в исходное состояние точно так, как описано выше (см. рис. 2).

Обычно $I_{\text{доэ}}R \ll E_{\kappa}$, где $I_{\text{доэ}}$ — обратный ток диода D_3 . Тогда

$$t_n \approx 0,7RC$$

и

$$\delta t_n(I_{\text{доэ}}) \approx -0,72 \frac{\Delta I_{\text{доэ}}R}{E_{\kappa}}$$

Так как обратные токи кремниевых диодов, как правило, значительно меньше обратных токов баз кремниевых транзисторов, температурная стабильность мультивибратора по схеме рис. 3 может быть существенно выше, чем по схеме рис. 1 или рис. 2.

Конденсатор $C1$ в схеме рис. 3 служит для облегчения условий возникновения блокинг-процесса и обычно имеет емкость 500—1000 пф.

Применяя способ разделения времязадающей цепи и цепи смещения, можно создать мультивибратор, работающий в автоколебательном режиме (рис. 4). Особенностью этого мультивибратора является мягкий режим возбуждения и возможность регулирования скважности импульсов в широких пределах. В данной схеме конденсаторы C_5 и C_6 не являются обязательными и служат для уменьшения влияния на период колебаний коротких импульсных помех, которые проникают в схему через цепи питания. Конденсаторы C_5 и C_6 могут иметь емкость примерно 0,01—0,02 мкф.

Описанные выше схемы содержат дополнительный импульсный трансформатор. В некоторых случаях он может быть исключен. Схема такого мультивибратора, работающего в ждущем режиме, приведена

на рис. 5. В данном мультивибраторе, как и в схеме рис. 3, цепь смещения и времязадающая цепь разделены. Обратное опрокидывание мультивибратора обеспечивается благодаря тому, что транзистор T_1 после отпирания переходит не в насыщенный, а в активный режим. По-

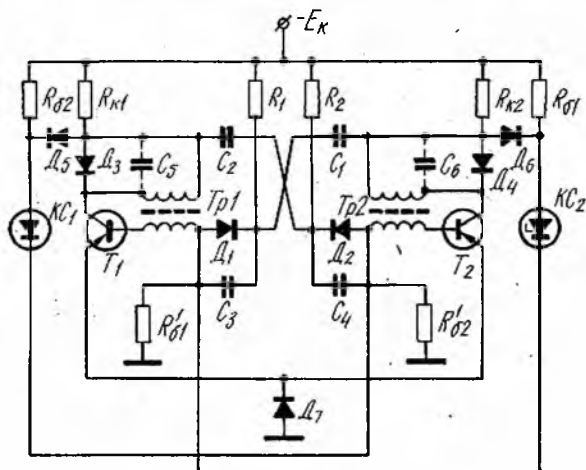


Рис. 4. Автоколебательный мультивибратор с времязадающими цепями, отделенными от цепей смещения.

этому процесс обратного опрокидывания возникает сразу же, как только времязадающий конденсатор C разрядится до определенного уровня

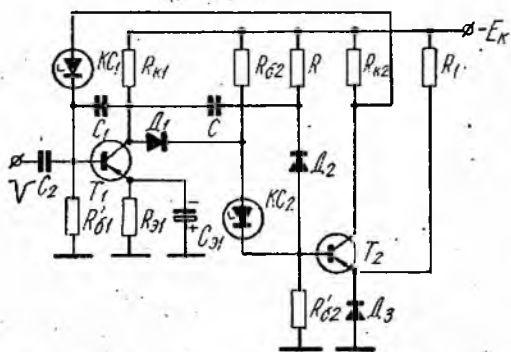


Рис. 5. Ждущий мультивибратор с непасыщаемым транзистором T_1 .

в схемах рис. 2, 3 и 4. Следовательно, данный мультивибратор может работать при еще более высоких значениях сопротивления R .

Для повышения помехоустойчивости схемы между коллектором и базой транзистора T_1 включен конденсатор C_1 . Емкость конденсатора C_1 обычно находится в пределах 0,1—0,5 мкф.

В наиболее распространенных случаях использования схемы, когда напряжение источника питания много больше напряжений на диодах D_2 и D_3 , на эмиттерном переходе транзистора T_2 и на коллекторе транзистора T_1 (по отношению к потенциалу земли), длительность генерируемых импульсов и относительную ее нестабильность, вызванную тем-

и начнет отпираться транзистор T_2 , замыкая цепь положительной обратной связи.

Известно, что для возникновения процесса обратного опрокидывания необходимо, чтобы коэффициент усиления в цепи положительной обратной связи был больше единицы. Поскольку первый каскад усилителя на транзисторе T_1 обычно обладает достаточно высоким усилением, обратное опрокидывание происходит при токах базы транзистора T_2 , в 5—10 раз меньших, чем

пературными изменениями обратного тока диода D_2 , можно оценить по формулам для схемы рис. 3.

Экспериментальные значения относительного изменения длительности импульса данного мультивибратора в диапазоне температур от

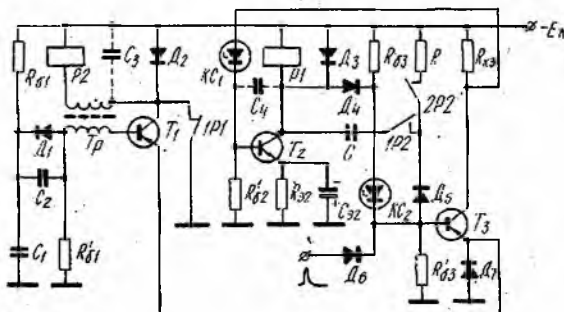


Рис. 6. Ждущий мультивибратор с магнитоуправляемым контактом в цепи перезаряда времязающего конденсатора.

+20 до +70°С не превышали 2,2%. При этом схема имела следующие параметры: транзисторы T_1 и T_2 типа МП114; стабилитроны KC_1 и KC_2 типа Д808; диоды D_1 , D_2 и D_3 типа Д223А; конденсатор C типа МПГО емкостью 8 мкф, конденсаторы C_1 и C_2 емкостью 0,25 и 200 мкф соответственно; сопротивления $R_{61} = 1$ ком; $R'_{61} = 24$ ком, $R_{62} = 100$ ком, $R_{K2} = 30$ ком, $R'_{61} = 2,2$ ком, $R'_{62} = 430$ ком, $R = 4,3$ мом (типа МЛТ) и $R_1 = 20$ ком; $E_k = 50$ в.

Увеличение длительности импульсов до сотен секунд (при емкости времязающего конденсатора $C = 1$ мкф) связано с необходимостью повышения времязающего сопротивления до сотен мегом. При этом практически невозможно обеспечить обратное опрокидывание мультивибратора. Кроме того, возникает другая трудность, связанная с необходимостью обеспечения требуемой стабильности. При таком большом сопротивлении даже самое незначительное изменение обратного тока, шунтирующего времязающую цепь, вызвало бы недопустимо большие изменения длительности импульса. Для уменьшения влияния обратного тока может быть использован следующий достаточно эффективный способ.

Во время формирования импульса времязающий конденсатор должен быть полностью отключен от всех цепей и только на очень короткие интервалы времени периодически подключается к цепи перезаряда. Роль ключа может выполнять магнитоуправляемый контакт, который имеет в разомкнутом состоянии сопротивление, практически равное бесконечности (более $10^9 \div 10^{10}$ ом), и обладает достаточно высоким быстродействием. Схема ждущего мультивибратора, в котором использован описанный способ, приведена на рис. 6.

В качестве выходного устройства в данной схеме применено электромагнитное реле P_1 , включенное в цепь коллектора транзистора T_2 . Контактom этого реле производится управление работой блокинг-генератора, который в свою очередь управляет магнитоуправляемыми контактами $1P2$ и $2P3$. Контакт $2P2$ необходим для регулирования с помощью сопротивления R длительности импульса в широких пределах. Данная схема позволяет генерировать импульсы длительностью до 1000 сек при емкости времязающего конденсатора $C = 1$ мкф. Ста-

бильность импульса при этом может быть достаточно высокой в широком интервале температур.

Если принять те же допущения, что и для схемы рис. 5, длительность импульса и относительную его нестабильность, обусловленную

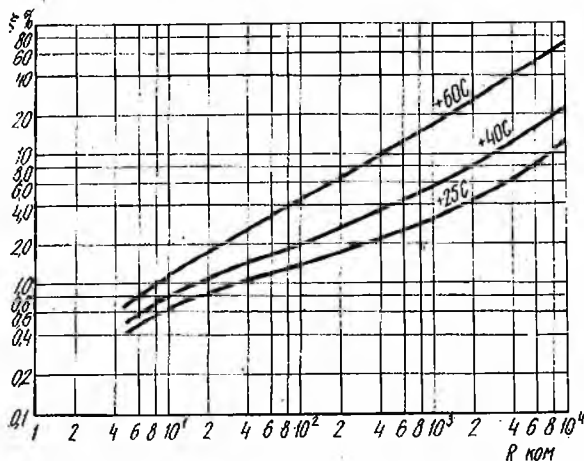


Рис. 7. Зависимость $\xi = f(R)$.

изменением $I_{\text{до5}}$, можно оценить при помощи формул

$$t_n \approx 0,7RCQ$$

и

$$\delta t_n(I_{\text{до5}}) \approx -0,72 \frac{\Delta I_{\text{до5}} R}{E_k}.$$

При проектировании мультивибраторов, генерирующих импульсы большой длительности, особое внимание следует уделять выбору времязадающих конденсаторов. Они должны обладать малыми утечками и небольшой величиной коэффициента абсорбции.

Наиболее приемлемыми для этих целей являются конденсаторы с диэлектриком из синтетических пленок (полистирольные, фторопластовые и полиэтилентерефталатные), имеющие очень высокие значения сопротивления изоляции и низкую абсорбцию [2]. Постоянная времени при температуре $+20^\circ\text{C}$ для таких конденсаторов превышает 10^4 — 10^6 Мом·мкф и мало зависит от температуры. Коэффициент абсорбции полистирольных и фторопластовых конденсаторов обычно находится в пределах 0,01—0,1%, а полиэтилентерефталатных — 0,2—0,8. Конденсаторы с бумажным диэлектриком могут быть использованы только в тех случаях, если постоянная времени времязадающей цепи сравнительно небольшая и требования к температурной стабильности не очень высокие.

На рис. 7 приведены экспериментальные зависимости коэффициента ξ , который характеризует степень увеличения длительности импульса мультивибратора, обусловленную абсорбцией конденсатора, от величины времязадающего сопротивления R при различной температуре окружающей среды. Зависимость $\xi = f(R)$ является усредненной для десяти образцов конденсаторов типа МБГО емкостью 10 мкф и рабочим

напряжением 160 в. Отклонение коэффициента ξ от среднего значения для отдельных образцов составляет 15—20%.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Лебедев. Особенности транзисторных схем в микрорежиме. «Радиотехника и электроника», т. 10, № 5, 1965.
 2. В. Н. Гусев, В. Ф. Смирнов. Электрические конденсаторы постоянной емкости. Изд-во «Советское радио», 1968.
-