

ПРОСТОЙ ШИМ-ГЕНЕРАТОР

В. ГОРБАТЫХ, г. Улан-Удэ

Предложен простой модулируемый генератор, который можно применить для формирования и обработки различных сигналов в радиолюбительских приборах.

Для начала рассмотрим схему генератора прямоугольных импульсов (рис. 1), который выполнен из двух RS-триггерах из логических элементов микросхемы МОП или КМОП.

Генератор работает следующим образом. При включении питания входные паразитные емкости каждого элемента — на схеме условно показаны как C1 и C2 — разряжены. Исходное состояние входов 1 и 5 первого триггера при этом соответствует лог. 0, а на его выходах 3 и 6 — лог. 1. Второй триггер случайным образом устанавливается в одном из двух состояний: предположим, что на выходе 10 — лог. 1, на выходе 13 — лог. 0. При этом диод VD1 закрыт, а VD2 открывается и достаточно быстро заряжает C2. На входе 5 устанавливается лог. 1, а на выходе 6 — лог. 0, и второй триггер переключается в другое состояние: предположим, что на выходе 10 — лог. 0, на выходе 13 — лог. 1. При этом диод VD1 открывается и заряжает C1, а на входе 1 появляется лог. 1.

В таком состоянии триггеры будут находиться до тех пор, пока на входе 1 не появится уровень лог. 0. Это время определяется входной емкостью C2, током утечки входа* и разностью между напряжением лог. 1 (примерно равным $U_{пит}$) и пороговым напряжением микросхемы (примерно половине $U_{пит}$):

$$t = C2 \cdot (U_{пит} - U_{пор}) \cdot I_{ут}$$

После разрядки емкости C2 до порогового напряжения второй триггер вновь переключится, снова зарядится C2 и начнется разрядка C1. По достижении на нем порогового напряжения второй триггер опять переключится; в дальнейшем процессы повторяются.

Как видно из приведенной выше формулы, при практически неизменных токе утечки и пороговом напряжении время разряда паразитной емкости зависит от ее величины. У макетного образца генератора, когда к нему

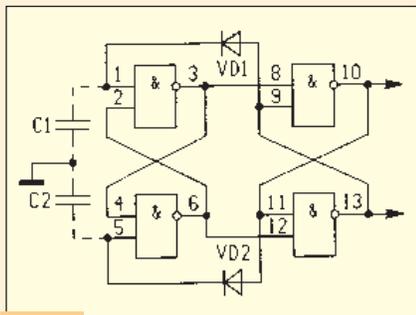


Рис. 1

* Работоспособность генератора в такой простейшей схеме включения обеспечивается лишь при условии, что токи утечки входов на общую шину больше, чем на шину питания +9 В. (Примеч. ред.)

приближали руку, наблюдалось изменение частоты и скважности импульсов. Для уменьшения влияния обратного тока диодов их выбирают с возможно меньшим током утечки (типа КД102А).

Длительностью импульсов в таком генераторе можно управлять, изменяя ток разряда входных емкостей логических элементов. На основе этого принципа может быть построен генератор с широтно-импульсной модуляцией.

Рассмотрим этот вариант модуляции подробнее. К входам 1 и 6 элементов DD1 подключим два источника тока, управляемых модулируемым сигналом (рис. 2). При изменении входного сигнала ток одного источни-

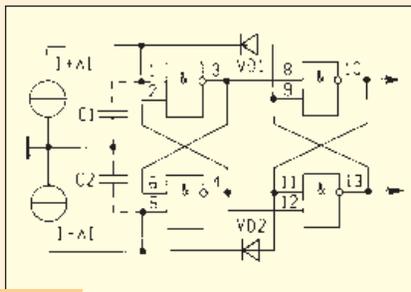


Рис. 2

ка увеличивается на ΔI , другого — уменьшается на ΔI .

Соответственно один период будет составлять:

$$T = t_1 + t_2 = C1 \cdot U_{пор} / (I + \Delta I) + C2 \cdot U_{пор} / (I - \Delta I)$$

Как видно из формулы, чем больше ток разряда входных емкостей, тем меньше период и, соответственно, выше частота модуляции.

Восстановление исходного (модулирующего) сигнала возможно с помощью простой интегрирующей цепи, на выходе которой при постоянной амплитуде импульсов ($U_{амп}$) выходное напряжение составит:

$$U_{вых} = U_{амп} \times t_1 / (t_1 + t_2)$$

Нетрудно сделать вывод, что при $\Delta I = 0$, одинаковых входных емкостях и пороговых напряжениях входов логического элемента на выходе интегрирующей цепи будет действовать напряжение, близкое по величине к половине напряжения питания. Изменение выходного напряжения и коэффициент передачи для модулирующего сигнала соответствуют выражениям:

$$\Delta U_{вых} = U_{амп} \times \Delta I / 2I;$$

$$K = \Delta U_{вых} / \Delta U_{вх} = (U_{амп} / 2I) \cdot (2I / U_T) = U_{амп} / U_T$$

где U_T — температурное напряжение, равное 26 мВ при температуре 300 К.

Еще одно замечание. Под действием входного сигнала изменяется как длительность импульса, так и длительность паузы. Частота импульсов также несколько изменяется: при увеличении входного сигнала она уменьшается. Этим определяется достаточно большой динамический диапазон устройства.

Практическая схема модулятора приведена на рис. 3. Его элементы выбраны из соображений их доступности и повторяемости параметров. Входной дифференциальный каскад (VT1, VT2) выполнен на биполярных транзисторах КТ315 (с любым буквенным индексом), желательнее с близкими коэффициентами передачи тока базы. В качестве диодов использованы КД102 с малым обратным током.

Для увеличения стабильности работы модулятора в схему введена отрицательная обратная связь с выхода

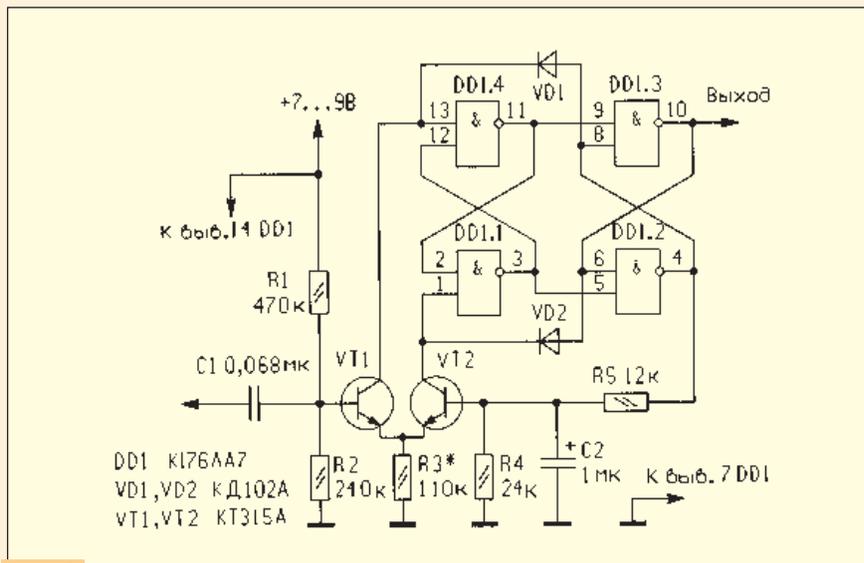


Рис. 3

4 через низкочастотный фильтр из резистора R5, конденсатора C2 и резистора R4 с частотой среза около 16 Гц.

Настройка модулятора производится подбором резистора R3 на необходимую частоту модуляции. ■