

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР

А. МАТЫКИН, г. Москва

Введение в относительно несложный функциональный генератор на микросхеме МАХ038 функций качания частоты и генератора меток позволяет проводить разнообразнейшие измерения, регулировки и контроль работоспособности различной радиоэлектронной аппаратуры в широком диапазоне частот. Интересные возможности применения, которые имеет этот генератор, могут быть получены введением аналогичных узлов и в другие функциональные генераторы, описания которых опубликованы в нашем журнале в последние два-три года.

При проведении ряда измерений функциональный генератор, наряду с мультиметром и осциллографом, является обязательным прибором, входящим, пожалуй, в основную необходимый комплекс домашней лаборатории радиолюбителя.

Генератор качающейся частоты тоже бывает незаменим при исследовании, например, амплитудно-частотных характеристик. Он позволяет наблюдать за изменением характеристик в зависимости от вариации параметров исследуемых цепей, при этом в некоторых случаях время настройки резонансных цепей может быть в десятки, а то и сотни раз меньше, чем в классическом методе исследования АЧХ по точкам.

Обычно в несложных функциональных генераторах с небольшим частотным диапазоном отсутствуют регулировки скважности прямоугольных импульсов, а также времени прямого и обратного хода напряжения пилообразной формы, нет возможности получения частотно- или широтно-импульсного модулированного сигнала. Что касается генераторов качающейся частоты, то в них обычно много резонансных контуров, они трудны в настройке, их изготовление зачастую не под силу и радиолюбителям средней квалификации.

В простых ГКЧ [2] обычно отсутствуют сигналы частотных меток, и поэтому без частотомера толку от таких приборов очень мало.

Предлагаемый вниманию радиолюбителей-конструкторов генератор свободен от перечисленных недостатков. Большая часть прибора собрана на цифровых микросхемах, что максимально упрощает его налаживание. Изготовить его может даже радиолюбитель с небольшим стажем. В описании приведены рекомендации по изменению некоторых характеристик "под свой вкус".

Основные технические характеристики генератора

Рабочий диапазон частот разбит на девять поддиапазонов:

- 1) 0,095 Гц...1,1 Гц;
- 2) 0,95 Гц...11 Гц;
- 3) 9,5 Гц...110 Гц;
- 4) 95 Гц...1100 Гц;
- 5) 0,95 кГц...11 кГц;
- 6) 9,5 кГц...110 кГц;
- 7) 95 кГц...1100 кГц;
- 8) 0,95 МГц...11 МГц;
- 9) 9 МГц...42 МГц*.

*Верхняя частота девятого поддиапазона определяется конкретным экземпляром микросхемы МАХ038: ее типовое значение — около 40 МГц, минимальное — 20 МГц.

Форма выходного сигнала — прямоугольная, синусоидальная, треугольная, пилообразная. Размах выходного напряжения от пика до пика (на сопротивлении нагрузки $R_n = 50 \text{ Ом}$) — 1 В.

Скважность прямоугольных импульсов — 0,053...19. Регулировка частоты и скважности выходного сигнала — взаимонезависимая.

Сигналы частотных меток можно устанавливать с интервалами 10 и 1 МГц, 100, 10 и 1 кГц, а также 100 Гц.

Максимальная модулирующая частота по входам ШИМ и ЧМ — 2 МГц, девиация частоты F_0 (ЧМ) внешним модулирующим сигналом — до $\pm 50 \%$.

Основу генератора (его схема приведена на рис. 1) составляет микросхема МАХ038 фирмы MAXIM, подробное описание которой приведено в [1].

Рассмотрим работу прибора в режиме функционального генератора, когда движок резистора R6 "Девиация" находится в крайнем нижнем по схеме положении. Форма выходного сигнала генератора определяется логическими уровнями на входах A0, A1 и зависит от положения переключателя SA6. Было замечено влияние нестабильности управляющих сигналов на входах A0 и A1 на общую нестабильность частоты генерации. Для цели минимизации данного эффекта предназначены конденсаторы C12, C13, уменьшающие уровень наводок и пульсации источника питания.

Частота генерируемого сигнала зависит от емкости C_F , подключенной к выводу COSC (конденсаторы C1 — C8) напряжения на входе SADJ и втекающего тока на вход IIN. Выбор поддиапазона производится переключателем SA1. Плавная регулировка частоты внутри поддиапазона происходит по входу IIN. Величина тока, поступающего на вход, определяется сопротивлением резисторов R12, R13, коэффициентом усиления ОУ DA1.1 и положением движка переменного резистора R20. Для поддиапазонов 2 — 8 она составляет 21...240 мкА. При переходе на 9-й поддиапазон увеличивается масштаб усиления DA1.1 за счет уменьшения ООС (введение R19) и величина тока IIN возрастает до 160...750 мкА. Это необходимо из-за ограничения минимально допустимой величины емкости C_F в 20 пФ. При переключении на первый поддиапазон вводится R17, уменьшая падение напряжения на R20, R21 в десять раз и уменьшая соответственно IIN до 2,1...24 мкА.

Таким образом, для поддиапазонов 1 — 8 коэффициент перекрытия равен 11 и при переключении с одного поддиапазона на другой выходная частота изменяется в 10 раз, что позволяет использовать одну проградуированную шкалу плавного изменения частоты. Для девятого диапазона необходима отдельная шкала, он более растянут, коэффициент перекрытия — около 4,7. Для каждого конкретного экземпляра DA2 лучше экспериментально подобрать ширину девятого диапазона по значению граничной частоты генерации микросхемы. В любом случае для расширения, сужения или сдвига диапазонов частот можно воспользоваться формулами:

$$F_{\min} \approx U_{\min} R_9 / [C_F R' \cdot (R12 + R13)];$$

$$F_{\max} \approx U_{\max} R_9 / [C_F R' \cdot (R12 + R13)],$$

где $U_{\min} = 5R21 / (R20 + R21)$, $U_{\max} = 5$, $R' = R18$ — для поддиапазонов 1 — 8, $R' = R19$ — для поддиапазона 9; $C_F = C1...C8$ (для соответствующего поддиапазона).

Параметры, представленные в формулах, измеряются соответственно: F — в кГц, U — в вольтах, R — в омах, C — в пикофарадах.

Надо отметить, что для первого поддиапазона из-за введения резистора R17 величины U_{\min} и U_{\max} , подставляемые в формулы для расчета частоты, необходимо уменьшить в десять раз относительно полученной. Конденсаторы C10, C11 предназначены для улучшения стабильности постоянного управляющего напряжения, поступающего на вход 5 ОУ DA1.1.

Относительная расстройка частоты ($\pm 50 \%$ от F_0) осуществляется резистором R4 (SA3 в положении "F₀"). Для получения частотно-модулированных колебаний на вход ЧМ подают внешний модулирующий сигнал и переводят SA3 в верхнее по схеме положение (положение ЧМ).

Для широтно-импульсной модуляции используют соответствующий вход ШИМ; регулировка скважности производится резистором R2. Понятие "скважность" здесь применяется несколько условно, точнее — это изменение соотношения длительности полуцикла относительно длительности периода в процентах: для прямоугольных колебаний это действительно скважность, но для колебаний треугольной формы — это соотношение времени прямого и обратного хода (сигнал меняется от "прямой" пицы до "обратной"), для синусоидального сигнала — изменение (искажение) формы сигнала. Последнее может быть полезно для минимизации коэффициента гармоник генератора подстройкой формы синусоиды.

Амплитуда модулирующих сигналов для входов ЧМ и ШИМ должна быть не более $\pm 2,3 \text{ В}$.

Переключатели SA4, SA5 предназначены для отключения управления скважностью и частотой по входам DADJ и FADJ микросхемы DA2, при этом скважность устанавливается равной 2 (50%), а частота точно соответствует выставленной резистором R20.

Выходной сигнал поступает с выхода OUT DA2 через резистор R44 на гнездо "Выход генератора 1". Входы COSC, DADJ, FADJ микросхемы очень чувствительны к внешним наводкам, их соеди-