

# Программируемый широкополосный генератор

Александр Барановский, Олег Дворников (г. Минск, Беларусь)

Рассмотрены схемотехнические особенности и результаты моделирования управляемого током полупроводникового генератора, формирующего треугольный и прямоугольный сигналы с частотой от 1 Гц до 40 МГц.

Неотъемлемой частью радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) являются генераторы колебаний. Они применяются в любом измерительном приборе, системах управления оборудованием и различных устройствах, работа которых связана с периодическими состояниями или периодическими колебаниями. Реализация современной РЭА на основе систем на кристалле стимулировала работы по созданию полупроводниковых генераторов колебаний в виде IP-компонентов, которые должны занимать небольшую площадь кристалла и быть максимально универсальными, т.е. обеспечивать генерацию сигналов различной формы и частоты с помощью минимального числа внешних времязадающих элементов и/или электронного программирования. Решение данной задачи путём использования метода прямого цифрового синтеза (DDS) затруднительно из-за необходимости применения генератора тактовой частоты [1, 2].

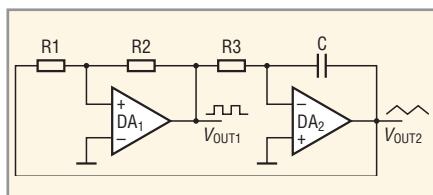


Рис. 1. Генератор треугольного и прямоугольного сигналов

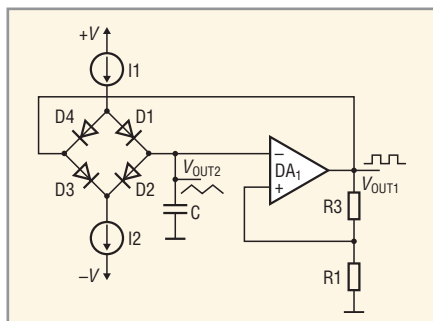


Рис. 2. Высокочастотный генератор треугольного и прямоугольного сигналов

Схемотехническая структура генераторов колебаний обычно представляет собой последовательное соединение интегратора ( $R$ ,  $C$ ,  $DA_2$  на рисунке 1) и триггера Шмитта ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $DA_1$ ), выполненных на операционных усилителях (ОУ) [3]. Выходное напряжение триггера  $V_{OUT1}$  преобразуется резистором  $R$  в ток, который, протекая по конденсатору  $C$ , приводит к появлению на выходе операционного усилителя  $DA_2$  линейно изменяющегося напряжения  $V_{OUT2}$ . Когда напряжение  $V_{OUT2}$  достигает порога срабатывания триггера Шмитта, его выходной уровень скачком изменяется. В результате ток, протекающий через резистор  $R$ , и напряжение на выходе интегратора изменяются в противоположном направлении до второго порога срабатывания триггера. Регулировка частоты треугольных колебаний осуществляется изменением постоянной времени интегратора, а амплитуды – гистерезисом триггера Шмитта. В то же время на выходе усилителя  $DA_1$  генерируется сигнал прямоугольной формы с размахом, определяемым максимальным выходным напряжением ОУ.

К операционным усилителям, применяемым в генераторе (см. рис. 1), предъявляется ряд специальных требований. Для обеспечения симметричной формы треугольного сигнала входной ток усилителя  $DA_2$  должен быть значительно меньше тока заряда/разряда конденсатора  $C$ . Кроме того, на форму треугольных колебаний влияет быстродействие  $DA_2$ , в результате для высокочастотных сигналов вершины треугольников закругляются вследствие ограничения скорости нарастания выходного напряжения ОУ. Схемотехника ОУ общего назначения, ориентированная на обеспечение высокого коэффициента усиления, не позволяет в полной мере использовать возможности технологического марш-

рута изготовления ИС для максимизации скорости нарастания.

По указанным причинам для формирования треугольных колебаний высокой частоты часто используется схема перезаряда конденсатора с помощью коммутируемых диодным мостом генераторов тока (рисунок 2) [3].

Моделирование такого генератора для транзисторных структур современных ИС позволило установить, что невысокое выходное сопротивление генераторов тока, обусловленное низким напряжением Эрли биполярных транзисторов [4], и паразитные ёмкости биполярных диодов ( $D_1$ – $D_4$  на рис. 2) вызывают искажение формы треугольного сигнала высокой частоты.

Для формирования треугольных и прямоугольных колебаний на базовом матричном кристалле «АБМК\_1\_3» [5, 6] разработаны два варианта программируемых генераторов, отличающихся током потребления и диапазоном рабочих частот. Схемы генераторов (рисунки 3 и 4) базируются на ранее апробированных компонентах схемно-топологической библиотеки «АБМК\_1\_3»: программируемом ОУ типа Amplifier\_5 и триггере Шмитта типа Shaper [6 – 8].

Применяемые в генераторах компоненты Amplifier\_5 и Shaper обладают следующими особенностями:

- в программируемом ОУ [9] предусмотрены выводы  $Cor_1$ ,  $Cor_2$  для подключения внутреннего или внешнего конденсатора, номинал которого влияет на скорость нарастания выходного напряжения и вид амплитудно-частотной характеристики, обеспечивая работу ОУ без самовозбуждения. Если выводы  $Cor_1$ ,  $Cor_2$  соединены между собой, то ОУ характеризуется максимальным быстродействием;
- путём изменения сопротивления резистора  $R_{bias}$ , подключенного между выводами  $Bias_1$  и  $Bias_2$ , осуществляется программирование основных параметров ОУ: входного тока, тока потребления, полосы пропускания и скорости нарастания выходного напряжения;

- выводы Bal<sub>1</sub> и Bal<sub>2</sub> предназначены для подстройки напряжения смещения ОУ с помощью внешних резисторов (на рисунке 3 к этим выводам подключены резисторы R<sub>1</sub> = R<sub>2</sub> = 1 ГОм, и балансировка ОУ не выполняется);
- изменение сопротивления внешнего резистора R<sub>TH</sub>, подключенного между выводами ThCntr и OUT–, в диапазоне от 100 Ом до 10 кОм позволяет изменять гистерезис компонента Shaper [9] в пределах от 307,2 до 39,1 мВ;
- наиболее важные для генераторов параметры ОУ иллюстрируют результаты схемотехнического моделирования, приведённые в таблице и на рисунках 5 и 6 (передаточная  $V(OUT) = f(V(IN))$  и переходная  $V(OUT) = f(Time)$  характеристики при напряжении питания, равном  $\pm 5$  В,  $R_{BIAS} = 0$ ,  $R_{bias} = 10$  кОм и сопротивлении внешней нагрузки  $R_{load} = 2$  кОм. Переходная характеристика получена для инвертирующей схемы включения ОУ с  $K_{П} = -1$ ).

Схемотехническое моделирование было выполнено с помощью системы проектирования OrCAD для элементов «АБМК\_1\_3». В связи с этим наименования переменных, узлов, осей и математические соотношения на рисунках соответствуют принятым в графическом постпроцессоре, входящем в OrCAD [10], а наименования элементов на электрических схемах – библиотеке «АБМК\_1\_3», причём требуемое сопротивление обеспечено с помощью последовательно-параллельного соединения доступных на БМК резисторов.

Разработанные генераторы имеют одинаковую схемотехническую структуру и состоят из:

- источника вытекающего тока (Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>), переключателя тока (Q<sub>4</sub>, Q<sub>7</sub>, Q<sub>8</sub>), в которых транзисторы Q<sub>3</sub>, Q<sub>4</sub>, включенные по схеме с общей базой, предназначены для увеличения выходного малосигнального сопротивления [11], а цепи Q<sub>5</sub>, Q<sub>6</sub>, I<sub>3</sub>, Vbias<sub>1</sub>, Vbias<sub>2</sub> устанавливают требуемый режим работы транзисторов Q<sub>3</sub>, Q<sub>4</sub>;
- триггера Шмитта на компоненте Amplifier\_5 с установкой гистерезиса резистивным делителем R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> (см. рис. 3) или компонента Shaper с установкой гистерезиса резистором R<sub>th</sub> (см. рис. 4);
- резистивного делителя (R<sub>8</sub>, R<sub>9</sub> на рис. 3, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> на рис. 4), который

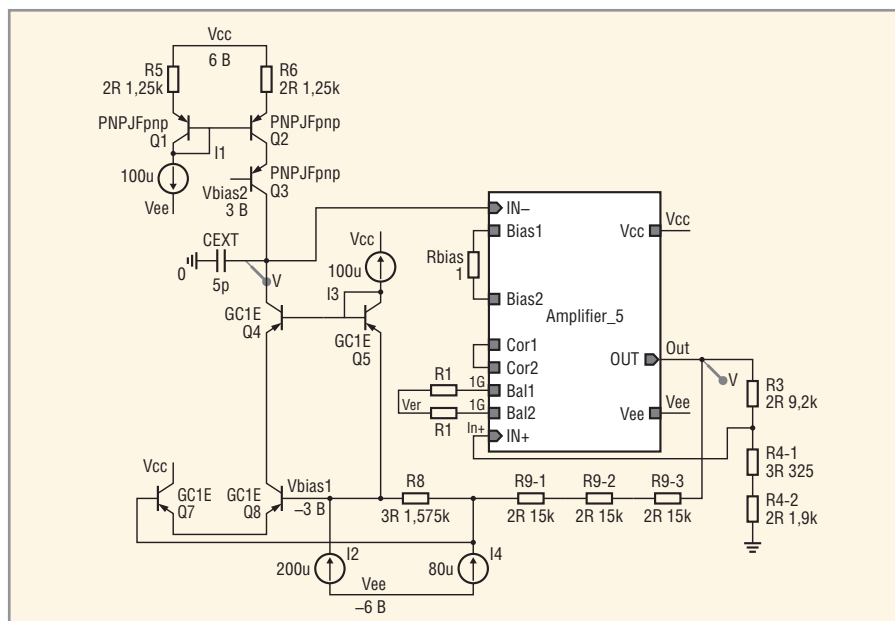


Рис. 3. Генератор сигналов на основе программируемого ОУ типа Amplifier\_5 из библиотеки «АБМК\_1\_3»

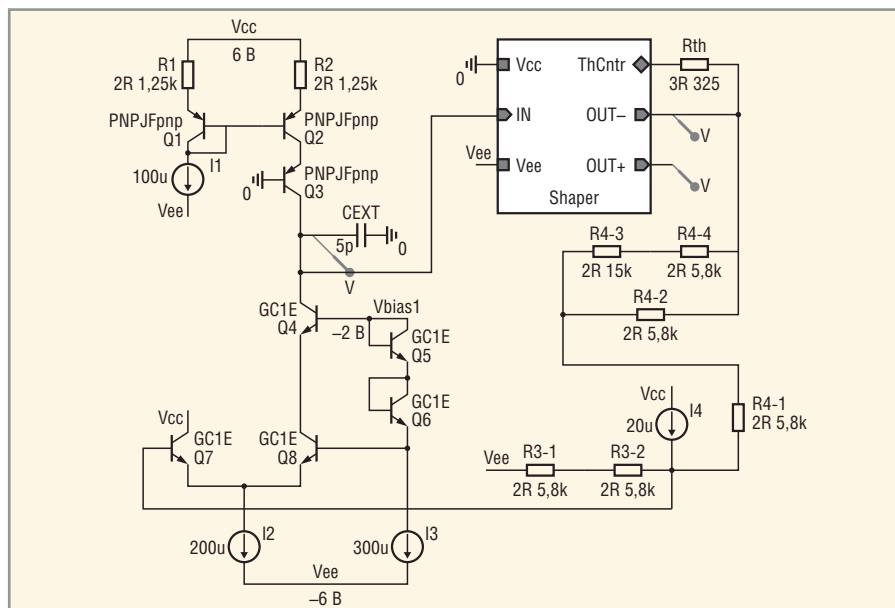


Рис. 4. Генератор сигналов на основе триггера Шмитта типа Shaper из библиотеки «АБМК\_1\_3»

обеспечивает на базе транзистора Q<sub>7</sub> размах импульсного напряжения V<sub>B7</sub>, достаточный для его уверенного переключения. Подключение дополнительного источника тока I<sub>4</sub> сдвигает уровень напряжения таким образом, чтобы импульсы на базе Q<sub>7</sub> были симметричными относительно напряжения на

базе Q<sub>8</sub> (V<sub>B8</sub>). Так, для схемы генератора, показанной на рис. 3, напряжение V<sub>B7</sub> изменяется от –2,86 до –3,15 В при V<sub>B8</sub> = –3 В, а для генератора по схеме рис. 4 напряжение V<sub>B7</sub> изменяется от –3,18 до –3,73 В при V<sub>B8</sub> = –3,47 В;

- задающих частоту колебаний источников тока I<sub>1</sub> и I<sub>2</sub> = 2I<sub>1</sub>. Для тран-

Характеристики программируемого ОУ типа Amplifier\_5 при V<sub>CC</sub> = +5 В, V<sub>EE</sub> = –5 В, R<sub>load</sub> = 2 кОм

| Наименование параметра                                | Величина при          |                            |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
|                                                       | R <sub>bias</sub> = 0 | R <sub>bias</sub> = 10 кОм |
| Коэффициент усиления дифференциального напряжения, дБ | 72,4                  | 65,5                       |
| Напряжение смещения нуля, мВ                          | –1,01                 | –9,6                       |
| Входной ток, мкА                                      | 1,88                  | 0,23                       |
| Ток потребления, мА                                   | 2,1                   | 0,43                       |
| Частота единичного усиления, МГц                      | 137,4                 | 28,1                       |
| Скорость нарастания/спада выходного напряжения, В/мкс | 63/95                 | 13,6/19,7                  |

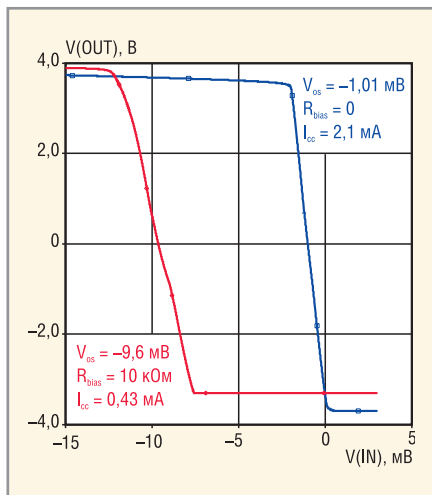


Рис. 5. Передаточная характеристика программируемого ОУ типа Amplifier\_5 при  $R_{load} = 2 \text{ кОм}$

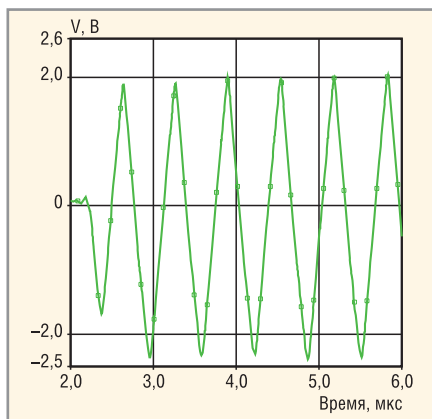


Рис. 7. Результаты моделирования генератора по схеме рис. 3 при  $I_2 = 200 \text{ мкА}$ ,  $I_1 = 100 \text{ мкА}$ ,  $C_{EXT} = 5 \text{ пФ}$

зисторов «АБМК\_1\_3» и указанных на схемах режимов работы ток генератора  $I_1$  рекомендуется выбирать в диапазоне от 5 мкА до 1 мА.

Источники тока  $I_1$  и  $I_2$  могут быть реализованы на внешних элементах, например, в виде последовательно соединённых высокоомных резисторов и источников постоянного напряжения, но для выполнения условия  $I_2 = 2I_1$  целесообразно их формирование в интегральном исполнении, как показано ниже. Конденсатор  $C_{EXT}$  – внешний; его ёмкость совместно с номиналами токов  $I_1$  и  $I_2$  определяет частоту генерируемых колебаний. Треугольный сигнал  $V_{C_{EXT}}$  формируется на сигнальной обкладке конденсатора  $C_{EXT}$ , а прямоугольный сигнал – на выходе триггера Шмитта (на рисунках 3 и 4 в этих узлах расположены маркеры напряжения V).

Рассмотрим функционирование схемы генератора, показанной на рисунке 3. Постоянный ток источника  $I_1$  инвертируется токовым зеркалом на

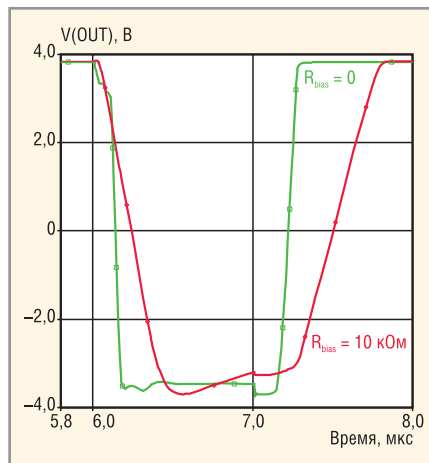


Рис. 6. Переходная характеристика программируемого ОУ типа Amplifier\_5 при  $R_{load} = 2 \text{ кОм}$  и инвертирующем включении с коэффициентом передачи  $K = -1$

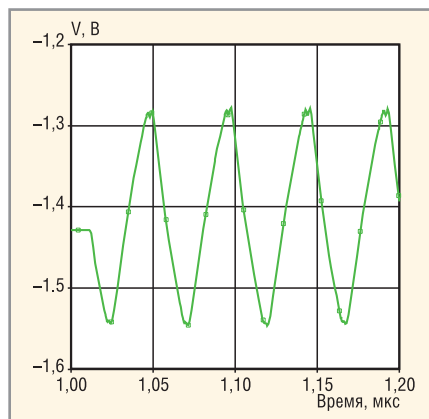


Рис. 8. Результаты моделирования генератора по схеме рис. 4 при  $I_2 = 200 \text{ мкА}$ ,  $I_1 = 100 \text{ мкА}$ ,  $C_{EXT} = 5 \text{ пФ}$

транзисторах  $Q_1$ ,  $Q_2$  и поступает в эмиттер транзистора  $Q_3$ . Резисторы  $R_5$  и  $R_6$  обеспечивают значение коэффициента передачи токового зеркала, близкое к единице в рабочем диапазоне температур, уменьшают влияние на коэффициент передачи разброса параметров интегральных элементов и увеличивают выходное сопротивление транзистора  $Q_2$ .

Дополнительное увеличение выходного сопротивления источника тока позволяет реализовать транзистор  $Q_3$ , включенный по схеме с общей базой, который можно рассматривать как источник тока с высокоомным сопротивлением (выходное сопротивление  $Q_2$ ) в эмиттерной цепи [3]. Напряжение  $V_{bias2}$  выбрано так, чтобы гарантировать работу транзистора  $Q_2$  в активном режиме при максимальном значении тока  $I_1$  (максимальном падении напряжения на резисторе  $R_6$ ), а транзистора  $Q_3$  – при максимальной амплитуде напряжения на конденсаторе  $C_{EXT}$ .

Если напряжение на базе транзистора  $Q_7$  больше, чем на базе  $Q_8$ , т.е.  $V_{B7} > V_{B8}$ , ток источника  $I_2$  переключается в эмиттер  $Q_7$ , коллекторный ток транзисторов  $Q_4$ ,  $Q_8$  отсутствует и конденсатор  $C_{EXT}$  заряжается коллекторным током транзистора  $Q_3$  ( $I_{C3} \approx I_1$ ). Высокое выходное сопротивление транзистора  $Q_3$  стабилизирует ток заряда конденсатора  $C_{EXT}$  при линейно нарастающем напряжении  $V_{C_{EXT}}$ . По достижении  $V_{C_{EXT}}$  порога триггера Шмитта выходное напряжение триггера скачкообразно изменяется и через резистивный делитель  $R_8$ ,  $R_9$  поступает на базу транзистора  $Q_8$ . При условии  $V_{B7} < V_{B8}$  ток источника  $I_2$  переключается в эмиттеры транзисторов  $Q_8$ ,  $Q_4$ . Через конденсатор  $C_{EXT}$  протекает разность коллекторных токов транзисторов  $Q_3$ ,  $Q_4$ , и, поскольку выполняется условие  $I_2 = 2I_1$ , разряд конденсатора осуществляется током, равным  $I_{C4} - I_{C3} \approx I_2 - I_1 \approx I_1$ . Как и ранее, транзистор  $Q_4$ , включенный по схеме с общей базой, обеспечивает высокое выходное сопротивление источника тока, разряд конденсатора  $C_{EXT}$  постоянным током и линейное уменьшение напряжения  $V_{C_{EXT}}$  в процессе достижения второго порога триггера Шмитта. Напряжение  $V_{bias1}$  выбрано так, чтобы транзистор  $Q_4$  находился в активном режиме при минимальном напряжении  $V_{C_{EXT}}$ , а транзистор в диодном включении  $Q_5$  и источник тока  $I_3$  предотвращают насыщение транзистора  $Q_8$ , для которого  $V_{CB8} \approx 0$ .

Схемотехнические отличия генераторов, показанных на рисунках 3 и 4, обусловлены необходимостью согласования уровней напряжения  $V_{C_{EXT}}$  и  $V_{B8}$  с допустимым входным и выходным напряжением компонентов Amplifier\_5 (ОУ с биполярным входным и выходным напряжением) и Shaper (входные и выходные ЭСЛ-уровни). Целесообразность использования для реализации триггера Шмитта разных компонентов из библиотеки «АБМК\_1\_3» объясняется тем, что ОУ Amplifier\_5 имеет относительно малые ток потребления (от 0,43 до 2,1 мА) и быстродействие, в то время как ток потребления (около 20 мА) и быстродействие компонента Shaper существенно больше. Так, при  $I_2 = 200 \text{ мкА}$ ,  $I_1 = 100 \text{ мкА}$  и  $C_{EXT} = 5 \text{ пФ}$  генератор по схеме рис. 3 формирует треугольный сигнал с частотой 1,6 МГц (рисунок 7), а генератор по схеме рис. 4 – с частотой 20,8 МГц (рисунок 8).

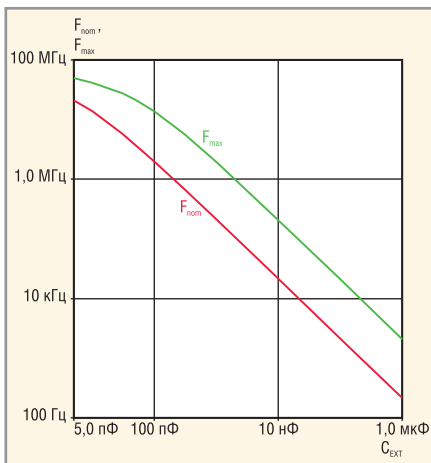


Рис. 9. Зависимость частоты колебаний генератора по схеме рис. 4 от ёмкости внешнего конденсатора при  $I_1 = 0,1$  мА и 1 мА

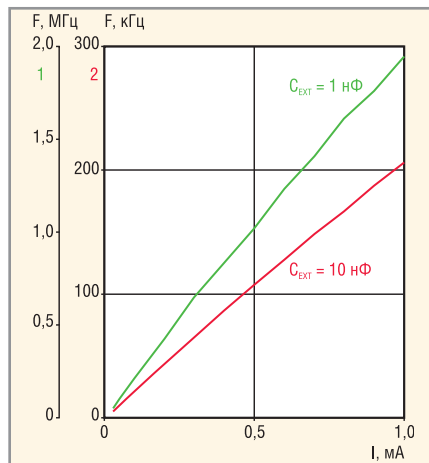


Рис. 10. Зависимость частоты колебаний генератора по схеме рис. 4 от тока источника  $I_1$  при  $I_2 = 2I_1$  и  $C_{EXT} = 1$  нФ; 10 нФ

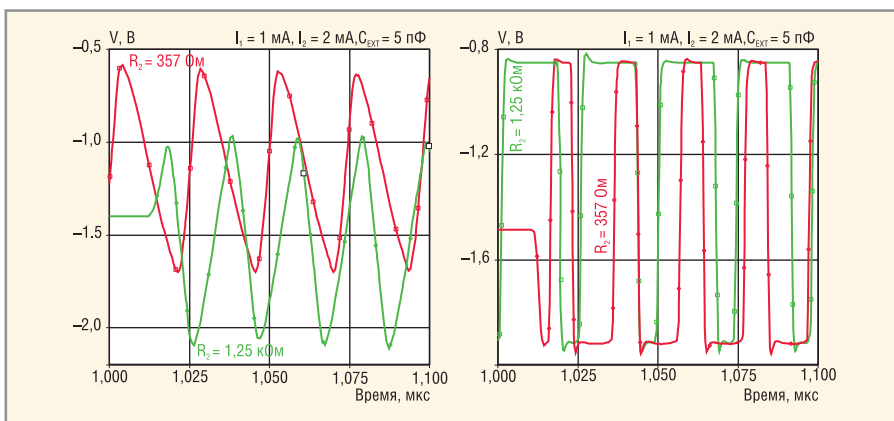


Рис. 11. Треугольные и прямоугольные колебания генератора по схеме рис. 4 при различных сопротивлениях резистора  $R_2$  ( $R_1 = 1,25$  кОм)

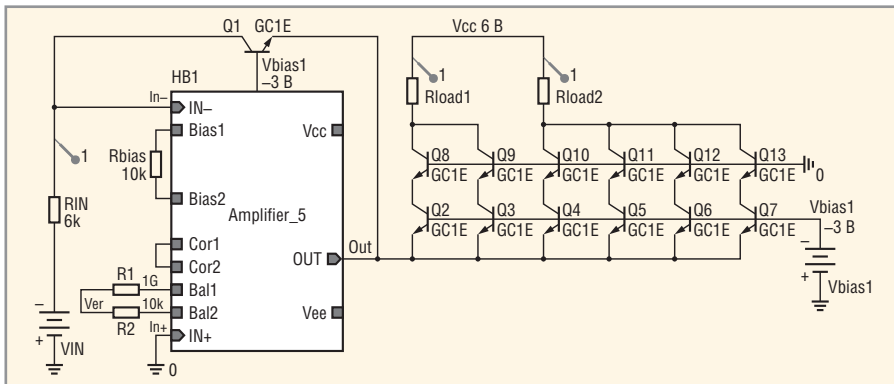


Рис. 12. Управляемый источник тока

Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод, что для генерации колебаний с частотой до 500 кГц целесообразно использовать генератор по схеме рис. 3, а для диапазона частот 1...40 МГц – генератор по схеме рис. 4, который обеспечивает линейную зависимость частоты от ёмкости внешнего конденсатора (рисунок 9) и тока (рисунок 10) в широком диапазоне их изменения.

Если изменить коэффициент передачи токового зеркала, например, с

помощью внешних резисторов, соединенных параллельно резисторам  $R_1, R_2$  на рисунке 4, ток заряда конденсатора  $C_{EXT}$  будет отличаться от тока разряда. Этот эффект можно использовать для управления формой треугольного и прямоугольного сигналов, как показано на рисунке 11, до максимальной частоты, равной 47,6 МГц.

В качестве источников втекающего тока  $I_1$  и  $I_2$  с соотношением значений  $I_2 = 2I_1$  допустимо применять токовые зеркала [12], в которых входной ток

устанавливается с помощью резистора и источника напряжения. Однако для значительного улучшения характеристик генераторов разработана схема управляемого источника тока, показанная на рисунке 12.

Управляемый источник тока включает ОУ Amplifier\_5, охваченный отрицательной обратной связью (ООС) с помощью п-р-п-транзистора  $Q_1$  с общей базой. Вход ОУ через резистор  $R_{IN}$  соединён с источником входного (управляющего) напряжения  $V_{IN}$ , а выход – с эмиттерами транзисторов  $Q_2 - Q_7$ , включенных по схеме с общей базой. Транзисторы в касковом включении  $Q_8 - Q_{13}$  предназначены для увеличения выходного сопротивления источника тока. Действие ООС приводит к тому, что на выходе ОУ устанавливается напряжение  $V_{OUT}$ , смещающее эмиттерный переход транзистора  $Q_1$  в прямом направлении так, что выполняется условие:

$$I_{IN} = I_{BIAS} + I_{C1}, \quad (1)$$

где  $I_{IN}$  – ток, протекающий через резистор  $R_{IN}$ ;  $I_{BIAS}$  – входной ток инвертирующего (IN-) входа ОУ;  $I_{C1}$  – коллекторный ток транзистора  $Q_1$ .

Для ОУ с замкнутой цепью ООС разность потенциалов между входами IN- и IN+ близка к нулю. Кроме того, обычно выполняется условие  $I_{BIAS} \ll I_{IN}$ , поэтому, исходя из (1) и модели Гуммеля-Пуна для биполярного транзистора [6], получим соотношения:

$$I_{C1} \approx I_{IN} = \frac{V_{IN} - V_-}{R_{IN}} \approx \frac{V_{IN}}{R_{IN}}, \quad (2)$$

$$V_{OUT} = V_{BIAS1} - V_{BE1} = V_{BIAS1} - NF\phi_T \ln \frac{I_{C1}}{I_S}, \quad (3)$$

где  $V_-$  – напряжение на инвертирующем входе ОУ;  $V_{BIAS1}$  – напряжение источника;  $V_{BE1}$  – напряжение на прямо смещенном эмиттерном переходе транзистора  $Q_1$ ;  $NF$  – фактор, описывающий отклонение вольтамперной характеристики р-п-перехода от экспоненты;  $I_S$  – ток в модели Гуммеля-Пуна, характеризующий перенос не основных носителей заряда через базу транзистора;  $\phi_T$  – температурный потенциал,  $\phi_T = kT/q$ ;  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – абсолютная температура;  $q$  – заряд электрона.



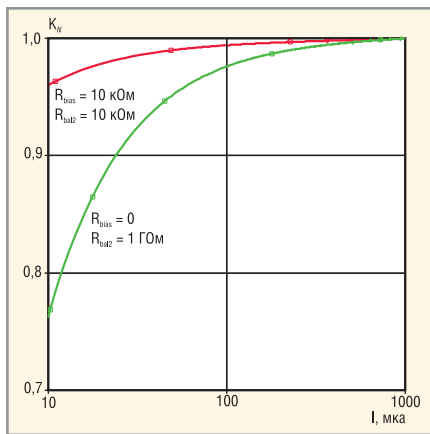


Рис. 13. Зависимость нормированного коэффициента передачи  $K_N$  от тока, протекающего через резистор  $R_{IN}$

Исходя из схемы рис. 12 и соотношения (3), можно утверждать, что:

$$V_{BE2} = V_{BE3} = V_{BE4} = V_{BE5} = V_{BE6} = V_{BE7} = V_{BIAS1} - V_{OUT} = V_{BE1} \quad (4)$$

Если транзисторы  $Q_1 - Q_7$  имеют идентичную температуру и параметры  $IS$ ,  $NF$ , можно записать (пренебрегая током базы):

$$I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4} = I_{C5} = I_{C6} = I_{C7} \approx \frac{V_{IN}}{R_{IN}}, \quad (5)$$

$$I_{LOAD1} = I_{C8} + I_{C9} \approx 2I_{IN} \approx \frac{2V_{IN}}{R_{IN}}, \quad (6)$$

$$I_{LOAD2} = I_{C10} + I_{C11} + I_{C12} + I_{C13} \approx 4I_{IN} \approx \frac{4V_{IN}}{R_{IN}}, \quad (7)$$

где  $I_{LOAD1}$ ,  $I_{LOAD2}$  – ток, протекающий через нагрузку  $R_{LOAD1}$ ,  $R_{LOAD2}$ .

Идентичность электрических параметров и температур транзисторов, расположенных рядом на одной полупроводниковой подложке, довольно высока [6], поэтому наибольшее влияние на точность выполнения соотношений (6) и (7) оказывают значения коэффициента передачи тока биполярного транзистора, входной ток и напряжение смещения ОУ. С целью увеличения линейности преобразования входного напряжения  $V_{IN}$  в ток  $I_{LOAD1}$ ,  $I_{LOAD2}$  или, другими словами, стабилизации коэффициента передачи тока ( $K_{I1} = I_{LOAD1}/I_{IN}$ ,  $K_{I2} = I_{LOAD2}/I_{IN}$ ), в управляемом источнике тока используется программируемый ОУ с балансирующей напряжением смещения ( $R_{bal2} = 10$  кОм на рисунке 12) и минимально возможным входным током ( $I_{BIAS} = 0,23$  мкА при  $R_{bias} = 10$  кОм). Как следует из результатов моделирования, показанных на рисунке 13, нормированная величина коэффициента передачи тока  $K_N = K_{I1}/\max(K_{I1})$  в диапазоне токов от 50 мкА до 1 мА отличается от максимальной менее чем на 1%. В указанном диапазоне токов без балансировки напряжения смещения ( $R_{bal2} = 1$  ГОм) и при максимальном входном токе ОУ ( $R_{bias} = 0$ ) величина  $K_N$  отличается от максимальной на 4,8%. При номинальном токе  $I_{IN} = 100$  мкА коэффициенты передачи  $K_{I1} = 1,93$  и  $K_{I2} = 3,86$ .

В заключение отметим, что совместное использование управляемого источника тока и схем, показанных на рисунках 3 и 4, позволяет реализовать на БМК управляемый ток генератор, формирующий треугольные и прямоугольные сигналы с частотой от 1 Гц до 40 МГц.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мерфи Е. Все о синтезаторах DDS. Компоненты и технологии. 2005. № 1. С. 28–32.
2. [http://www.compotech.ru/html.cgi/arhiv/01\\_07/stat\\_50.htm](http://www.compotech.ru/html.cgi/arhiv/01_07/stat_50.htm).
3. Титце У. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Мир, 1982.
4. Дворников О.В. Схемотехника биполярно-полевых аналоговых микросхем. Часть 1. Особенности электрических параметров элементов современных ИС. Chip News. 2004. № 9. С. 18–25.
5. Дворников О.В. Аналоговый биполярно-полевой базовый матричный кристалл с расширенными функциональными возможностями. Chip News. 1999. № 2. С. 21–24.
6. Абрамов И.И. Проектирование аналоговых микросхем для прецизионных измерительных систем. Минск, 2006.
7. Дворников О.В. Программируемый счетверенный операционный усилитель для универсального фильтра. Актуальные проблемы твердотельной электроники и микроэлектроники: тезисы докладов 8-й М.н.т.к. Таганрог, 2002. С. 68–69.
8. Дворников О.В. Микросхема АФ011В для высокоточных временных измерений. Chip News. 2003. № 7. С. 8–21.
9. Приложение к статье «Программируемый широкополосный генератор». <http://www.soel.ru>.
10. Разевиг В.Д. Система проектирования OrCAD 9.2. Солон-Р, 2003.
11. Дворников О.В. Схемотехника биполярно-полевых аналоговых микросхем. Часть 2. Высокоточные повторители тока. Chip News. 2004. № 10. С. 40–45.
12. Дворников О.В. Схемотехника биполярно-полевых аналоговых микросхем. Часть 3. Источники тока, управляемые током с нерегулируемым коэффициентом передачи. Chip News. 2005. № 1. С. 12–15.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Sony разработала гибридный топливный элемент

Корпорация Sony на международной конференции Small Fuel Cells 2008, которая проходила с 30 апреля по 2 мая в Атланте (США), продемонстрировала гибридный топливный элемент небольших размеров.

Источник питания настолько мал, что может поместиться на ладони, его размеры  $50 \times 30$  мм. Sony впервые представила подобный гибридный топливный элемент. В устройстве совмещены: компактный ионно-литиевый аккумулятор, управляющая микросхема и топливный элемент DMFC-типа. В элементах DMFC-типа (Direct Metanol Fuel

Cell) роль топлива играет водный раствор метанола, разделенный мембраной-катализатором с кислородом. Одна сторона этой мембраны играет роль катода, а другая – анода. Вступая в реакцию с анодным слоем, метанол ионизируется, его электроны при этом создают ток, а положительно заряженные ионы, взаимодействуя с кислородом, образуют воду.

В продемонстрированном на конференции Small Fuel Cells 2008 источнике питания Sony применена активная топливная система, в которой подача метанола регулируется миниатюрным насосом. Sony отмечает, что выходная мощность может достигать

3 Вт, чего достаточно для питания портативных устройств в режиме максимальных нагрузок. При этом резервуара с десятью миллилитрами метанола, как утверждается, будет достаточно для просмотра на экране мобильного телефона телевизионных передач в течение 14 ч.

Sony планирует наладить массовый выпуск гибридных топливных элементов, однако сроки их появления в продаже пока не уточняются. Источники питания нового типа могут найти применение в карманных медиаплеерах, сотовых телефонах, мобильных интернет-устройствах и прочих гаджетах.

[www.tftot.info](http://www.tftot.info)