

Моделирование генераторов стабильного тока для устройств СВЧ диапазона

Ю.А. Никитин, А.Д. Сединин, В.А. Юрова

СПбГУТ

Аннотация: В устройствах радиосвязи и электроники усилители во многом определяют динамический диапазон и чувствительность аппаратуры. Возможно построение усилителей как на полевых, так и на биполярных транзисторах, например, на управляемых токовых зеркалах. В работе рассмотрены варианты построения квазилинейных усилительных ячеек на токовых зеркалах. Проведено их моделирование и сравнение с помощью пакета MicroCap 11.

Ключевые слова: усилитель, транзистор, генератор стабильного тока, токовое зеркало, отрицательная обратная связь

1. Введение

При разработке современных электронных устройств в системах управления и связи в диапазоне СВЧ существует значительная потребность в генераторах стабильного тока. Генератор стабильного тока должен обеспечивать неизменный выходной ток при изменении сопротивления нагрузки. Однако на величину тока, также влияет и температура окружающей среды, что связано со свойствами *p-n*-перехода. [1]

В работе проведён сравнительный анализ схем усилительных ячеек на биполярных транзисторах с единых позиций, по единым критериям с использованием единой среды компьютерного моделирования.

Моделирование было проведено в компьютерной программе моделирования электрических цепей MicroCap, 11 [2]. Она позволяет оценить работу схем разной сложности с использованием встроенной базы активных элементов.

2. Результаты моделирования

. Для оценки стабильности использовался следующий коэффициент:

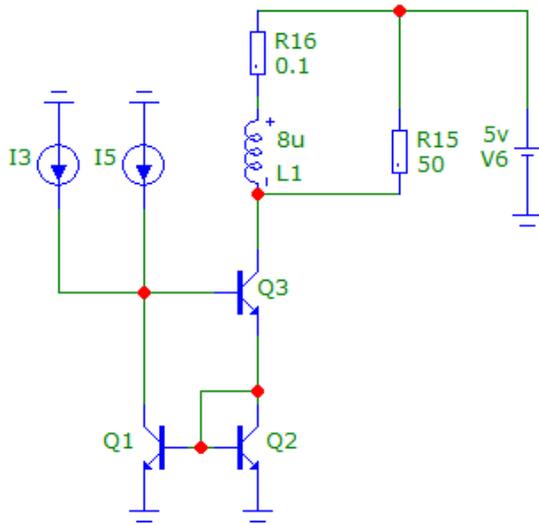
$$K = \frac{\Delta I_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВЫХ}}}, \quad (1)$$

где $\Delta I_{\text{ВЫХ}}$ – отличие выходного тока от номинального (80мА), $I_{\text{ВЫХ}}$ – выходной ток.

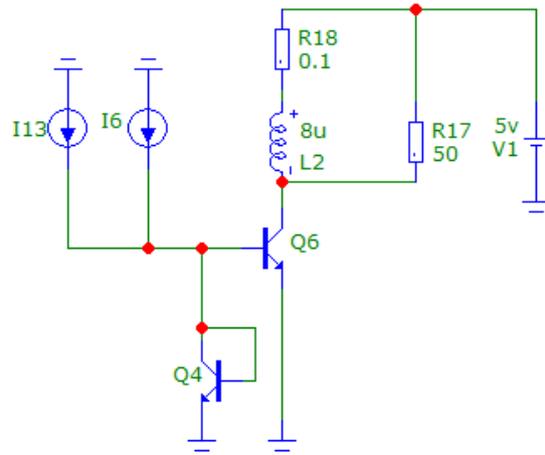
Для моделирования был отобран транзистор BFR 193, представленный во встроенной базе элементов MicroCap11.

Аналогичное моделирование и анализ для смесительных (перемножительных) ячеек на биполярных структурах был проведен в [3],[4].

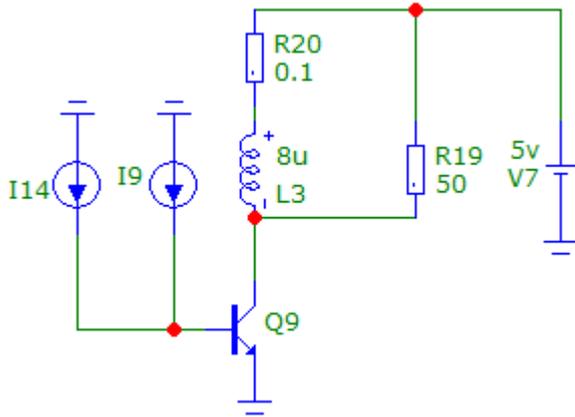
На рисунке 1 представлены принципиальные схемы рассмотренных в работе каскадов.



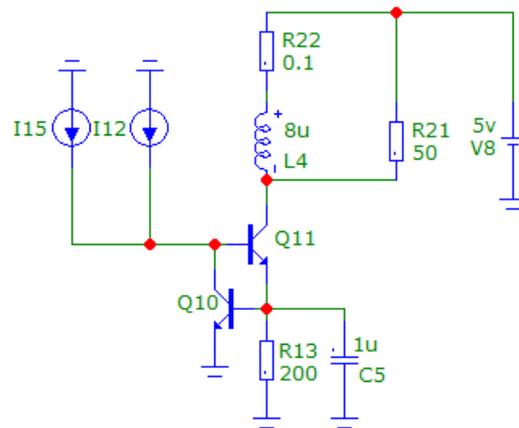
а) каскад на ТЗ Уилсона



б) каскад на ТЗ



в) каскад на ОЭ



г) каскад ОЭ с ООС

Рисунок 1. Рассмотренные каскады

Временные диаграммы выходных колебаний представлены на рис. 2. Все каскады работают при одинаковых коллекторных токах, что позволяет корректно производить сравнение результатов моделирования.

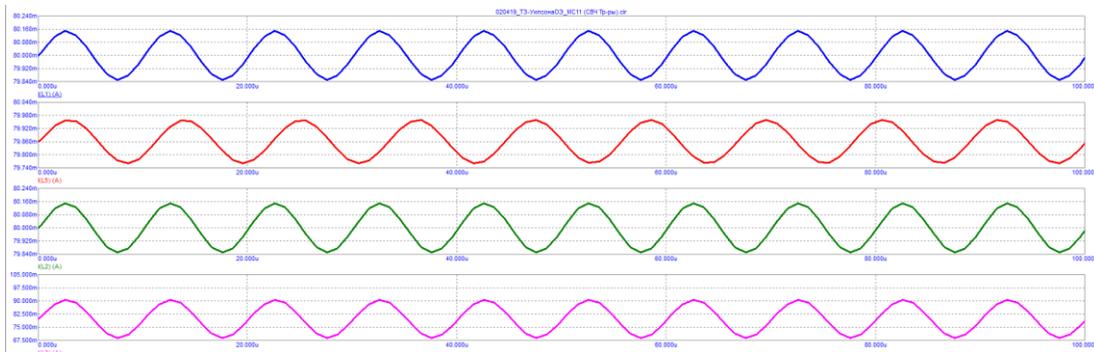


Рисунок 2. Каскады (сверху вниз) на ТЗ Уилсона, на ТЗ, на ОЭ, на ОЭ с ООС

На рисунке 3 представлен графики относительной температурной стабильности рассмотренных схем. Здесь и далее горизонтальной линией отмечена температура в 27°C, при которой производилась настройка каскадов.

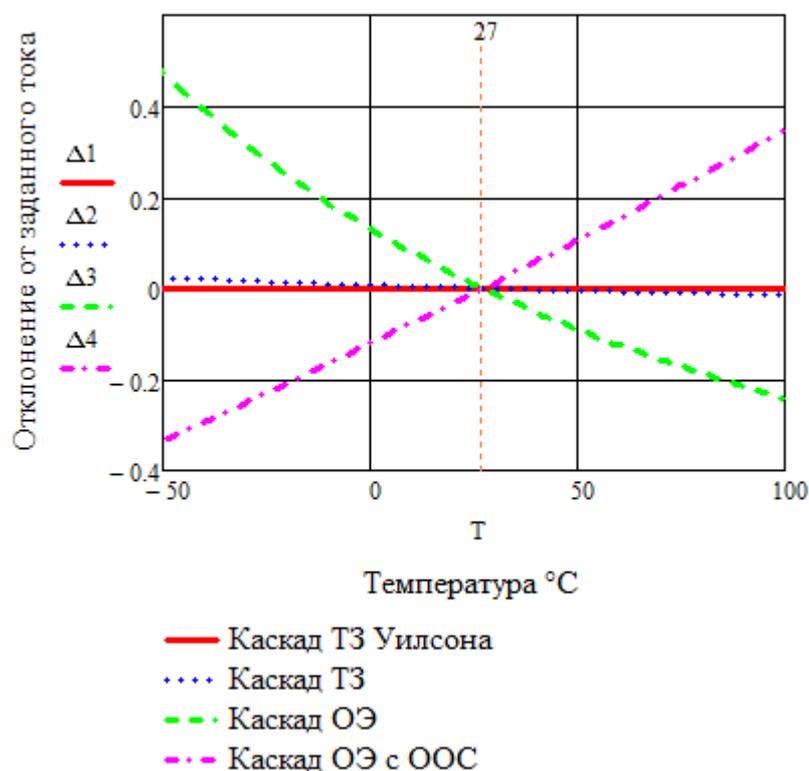


Рисунок 3. Температурная стабильность

Анализируя графики, можно увидеть, что наибольшую температурную стабильность обеспечивают каскады на базовом токовом зеркале и токовом зеркале Уилсона.

Учитывая постоянно растущую потребность в широкополосных устройствах, будет нелишним оценить представленные схемы с точки зрения ширины полосы пропускания и коэффициента усиления. Результаты моделирования представлены в Таблице 1

Таблица 1. Полоса пропускания и коэффициент усиления рассмотренных каскадов

Структура	ТЗ Уилсона	Токовое зеркало	Каскад ОЭ	Каскад ОЭ с ООС	ТЗ Уилсона	Токовое зеркало
Полоса пропускания	1 МГц – 3 ГГц	1 МГц – 3 ГГц	1 МГц – 3 ГГц	0.8 МГц – 3 ГГц	1 МГц – 3 ГГц	1 МГц – 3 ГГц
Коэффициент усиления (дБ)	26.201 дБ	32.017 дБ	32.017 дБ	32.8 дБ	26.201 дБ	32.017 дБ

Введением в коллекторную цепь токового зеркала Уилсона (см. Рис. 4) отрицательной обратной связи можно добиться расширения полосы пропускания до 6 ГГц, однако коэффициент усиления в данном случае снижается до 12.042 дБ.

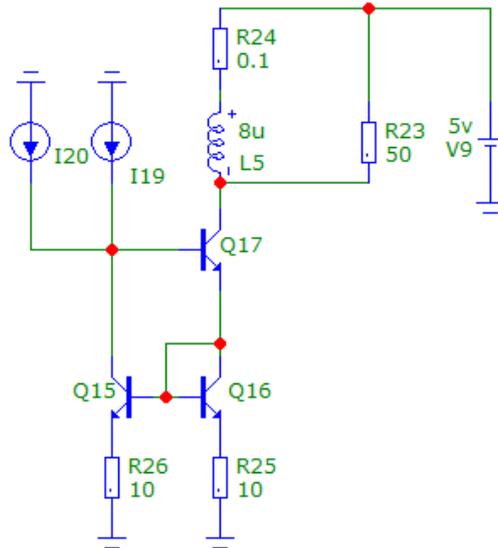


Рисунок 4. Принципиальная схема ТЗ Уилсона с ООС

На рисунке 5. приведено сравнение температурной стабильности каскада на токовом зеркале с обратной связью и без таковой.

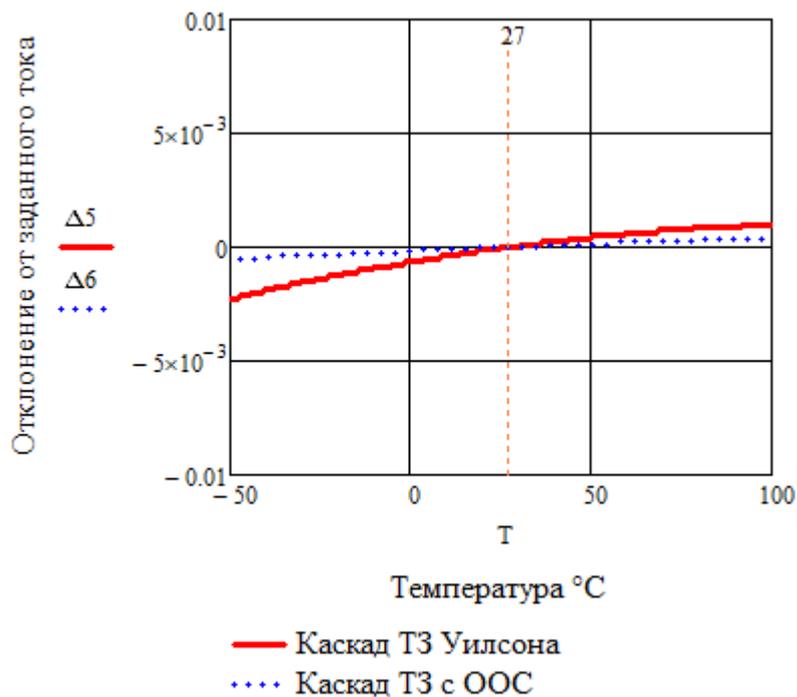


Рисунок 5. Влияние отрицательной обратной связи на температурную стабильность.

Несложно заметить, что введение отрицательной обратной связи увеличило температурную стабильность каскада.

3. Заключение

В работе было проведено компьютерное моделирование нескольких усилительных каскадов на биполярных транзисторах на предмет температурной стабильности, ширины полосы пропускания и коэффициента усиления в ней. Было установлено, что оптимальными характеристиками обладает каскад на токовом зеркале Уилсона.

Введение отрицательной обратной связи положительно влияет как на полосу пропускания, так и на температурную стабильность.

Список литературы

1. Джонс М.Х. Электроника – практический курс / Пер. с англ. 2-е изд. М.: Техносфера, 2006. – 512 с.
2. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. – Смоленск, Смоленский филиал НИУ МЭИ, 2013. – 618 с.
3. Сазоненко Н.Ю., Никитин Ю.А., Юрова В.А. Моделирование перемножителей сигналов с использованием пакета MICRO CAP // Сборник трудов Всероссийской конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2017. С. 270 – 274.
4. Сазоненко Н.Ю., Сединин А.Д., Никитин Ю.А., Юрова В.А. Исследование особенностей работы схем смесителей (перемножителей) частоты. Сборник: Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. 2017. С. 48-50.