

датчика цифрового сигнала и преобразователя кода.

Переключатель S2 производит регулировку фазы тактовых импульсов, а переключатель S3 позволяет контролировать контрольные точки осциллографом.

Устройство обнаружения ошибок осуществляет проверку соответствия закона чередования символов входной последовательности, по закону формирования последовательности в датчике цифрового сигнала. В каждом случае ложного приема символа на выходе обнаружителя появляется импульс ошибки. Так как ошибки возникают случайно, то их число в различных сеансах одинаковой продолжительности будет различным. Современные цифровые системы радиосвязи позволяют обеспечить периодичность ошибок не более одной на  $10^6$  символов в течение 99,9% времени.

Планируется проведение модернизации данной лабораторной установки. Суть ее будет заключаться в построении физической модели радиотрассы, с наличием передающей и приемной антенн. Эти антенны будут формировать один пролет РРЛ. В установке будет иметься возможность изменять следующие параметры:

- расстояние между антеннами;
- тип антенн;
- рельеф местности;
- частоту сигнала;
- среду распространения.

Таким образом, модернизация значительно расширит функциональные возможности установки, что, в свою очередь, позволит студентам изучить и понять принципы работы основных узлов ЦРРС, методы контроля достоверности передачи сигналов по беспроводному каналу связи, влияние на них параметров среды распространения.

#### Литература

1. Немировский А.С. и др. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. М.: Радио и связь, 1986. – 392 с.
2. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики. Учебное пособие. — М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с.
3. Фролов О.П. Антенны и фидерные тракты для радиорелейных линий связи. М.: Радио и связь, 2011. – 416 с. 2001.

УДК.621.385

## ЭЛЕКТРОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЕ ЯЧЕЙКИ С ПИТАНИЕМ ОТ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА

Арипова З.Х.

*В статье приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований свойств электронных усилителей и переключающих ячеек с питанием от солнечного элемента.*

**Ключевые слова:** биполярный транзистор, интегральная микросхема, усилитель, солнечный элемент.

*Мақолада қуёш элементларидан таъминланувчи электрон кучайтиргич ва қайта улагич ячейка хоссаларининг назарий ва тажрибавий тадқиқ натижалари келтирилган.*

**Калит сўзлар:** биполяр транзистор, интеграл микросхема, кучайтиргич, қуёш элементи.

*The article presents the results of theoretical and experimental studies of the properties of electronic amplifiers and switching cells powered by a solar set.*

**Keywords:** bipolar transistor, integrated circuit, amplifier, solar cell.

#### Введение

Связь фото-вольтаического эффекта (ФВЭ) в солнечных элементах (СЭ) с инжекционно-вольтаическим (ИВ) эффектом (ИВЭ) в многослойных полупроводниковых р-п структурах теоретически исследована и показаны перспективы создания сильноточной и низковольтной (напряжения питания порядка контактной разности потенциалов) элементной базы аналоговых и цифровых устройств электроники. В связи с этим возникает необходимость экспериментального изучения семейства нагрузочных вольт-амперных характеристик (ВАХ) биполярных транзисторов (БТ) в ИВ режиме (ИВР) и выявление возможности усиления сигнала, так как сама возможность усиления сигнала в данном режиме работы БТ является вопросом недостаточно изученным.

#### Основная часть

Для получения достаточно большого коэффициента усиления по мощности нами был исследован усилительный каскад на биполярных транзисторах (БТ) в инжекционно-вольтаическом режиме (ИВР) в схеме с общим

эмиттером (рис.1), питаемый от кремниевого солнечного элемента. Для большого сигнала коэффициенты усиления данного каскада (рис.2) составляют, соответственно,  $K_I=280$  и  $K_U=7$  (по

мощности  $K_U=1960$ ), а для малого сигнала, соответственно,  $K_I=284$  и  $K_U=8,8$  ( $K_U=2485$ ). В режиме большого сигнала общий коэффициент нелинейных искажений составляет 0,025%.

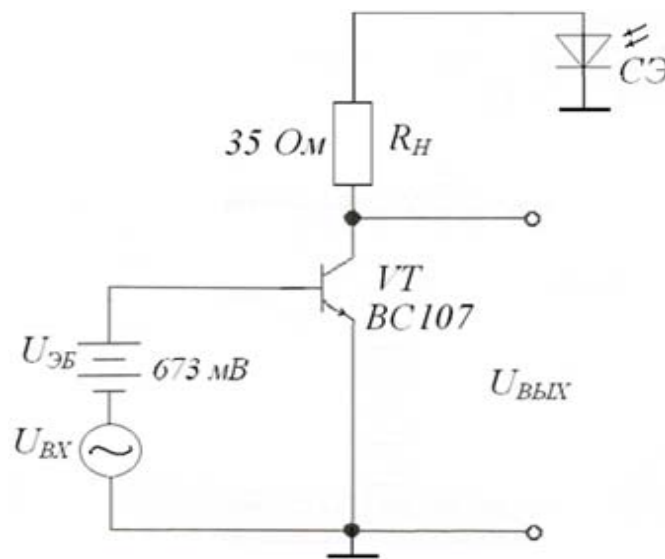


Рис. 1. Схема инжекционно-вольтаического усилителя, питаемого от кремниевого солнечного элемента

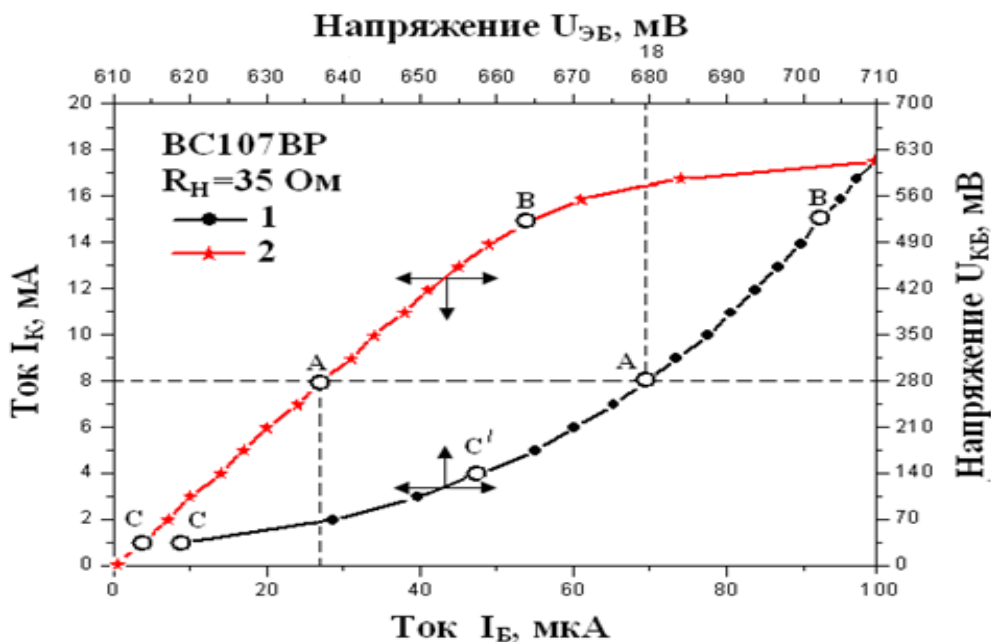


Рис. 2. Зависимости напряжения коллектор-база от напряжения эмиттер-база и тока коллектора (кривая 1), а также тока коллектора от напряжений эмиттер-база и коллектор-база (кривая 2) для БТ типа BC107BP в ИВР

Создание предельно низковольтных усилителей на кремниевых БТ, работающих в ИВР, позволило нам перейти к экспериментальному изучению возможности создания электронных переключающих ячеек (электронных ключей) – основы цифровых электронных устройств. Эти исследования помогли изучить возможности создания цифровых схем, адаптированных для работы с переключаемыми уровнями напряжения порядка контактной разности потенциалов

полупроводников, которые используются в биполярных транзисторах (например, кремний). Очевидно, что поставленная задача является актуальной в связи с существующей тенденцией снижения напряжения логических уровней в современной цифровой технике до значений 1 В и менее для уменьшения потребляемой (и рассеиваемой электронной схемой в виде тепла) электрической мощности.

В работе использованы маломощные кремниевые биполярные транзисторы (БТ) BC107BP (n-p-n-структура), BC177AP (p-n-p-структура) и близкие к ним по параметрам транзисторы КТ

315 (n-p-n) и КТ 361 (p-n-p). Было произведено моделирование (рис.3) работы ЛЭ И-НЕ на БТ в ИВР (моделирующая программа Multisim 10.1 компании National Instruments).

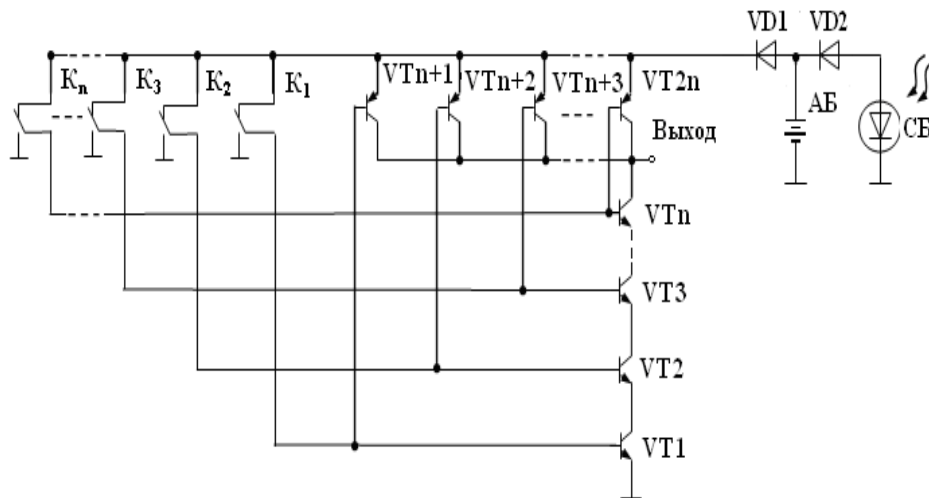


Рис. 3. Схема многовыходового логического элемента «nИ-НЕ», питаемая от автономного источника энергии

Напряжение питания (порядка 0,65 В), используемое в электронных переключающих ячейках, является «стандартной» величиной выходного напряжения кремниевых солнечных элементов. Схема многовыходового логического элемента «nИ-НЕ» на биполярных транзисторах с питанием от солнечной батареи (СБ) из трех последовательно соединенных кремниевых солнечных элементов. Ячейка выполнена на транзисторах VT1-VTn –КТ-315, VTn+1-VT2n-КТ-361, VD1 и VD2 – ограничительные диоды, АБ – аккумуляторная батарея, K<sub>1</sub>-K<sub>n</sub>–кнопочные переключатели. Разработанная схема может быть использована в энерго-независимых устройствах, например, для охранной сигнализации, в кодовых замках систем контроля доступа и других встроенных устройств, работающих в реальном времени.

Предложена новая, в схемотехническом отношении, базовая ячейка цифровых ИМС – логическая схема И-НЕ на БТ, работающая от автономного источника напряжения питания, ограниченного естественным пределом порядка контактной разности потенциалов в p-n-переходе. Логические элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ с произвольным набором входов и выходов на БТ, использующие инжекционно-вольтаический эффект, имеют симметричную передаточную характеристику и являются базовой ячейкой для синтеза, комбинационных и последовательностных цифровых устройств.

#### Выводы

Таким образом, теоретически и экспериментально установлено, что при создании устройств ИВР БТ можно использовать модель Эберса-Молла. С другой стороны, наиболее важным результатом исследований явилось

установление факта линейной зависимости тока инжекции от тока эмиттера и ИВ ЭДС от напряжения эмиттер-база (при напряжении питания порядка контактной разности потенциалов) усилителя. Кроме того, предложенный графоаналитический метод расчета позволил наиболее наглядно и просто проанализировать усилительные свойства БТ в ИВР, включенного в схеме с общей базой и с общим эмиттером.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований впервые предложен и реализован линейный усилитель на типовом кремниевом БТ, работающим в ИВР.

На основе предложенного оригинального метода совмещения характеристик проанализированы усилительные свойства устройства на биполярном транзисторе в инжекционно-вольтаическом режиме, питаемого от кремниевое солнечного элемента [1-3].

Работа выполнена по гранту БВ-Ф004.

#### Литература

1. Патент на изобретение № IAP 04640 от 29.12.2012 Усилитель мощности //Алимова Н.Б., Арипова З.Х., Бустанов Х.Х., Мавланов А.Р., Обьедков Е.В., Тошматов Ш.Т.
2. Усилитель мощности низкой частоты на инжекционно-вольтаических транзисторах. Х.К.Арипов., Ш.Т.Тошматов., II международной научно-практической конференции “Современные проблемы науки и образования в техническом ВУЗе”, г. Стерлитамак, УФА. 2015 г. С.101-104
3. Элементная база на основе инжекционно-вольтаического эффекта. Х.К.Арипов, Ш.Т.Тошматов, X международная отраслевая научно-техническая конференция, Сборник трудов 16-17 марта. Москва 2016г. МТУСИ. С.165-166