

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем проектирования в микроэлектронике
Российской академии наук (ИППМ РАН)

Библиотека схемотехнических решений

ViJFet источник опорного напряжения : модификация ИОН-1

Пахомов И.В., ilyavpakhomov@gmail.com,

Жук А.А., alexey.zhuk96@mail.ru

Будяков П.С., budyakovp@gmail.com

Научно-исследовательская лаборатория проблем проектирования в экстремальной микроэлектронике ИППМ РАН и Донского государственного технического университета (г. Ростов-на-Дону)

1. ViJFet источник опорного напряжения

Источники опорного напряжения (ИОН) широко применяются в различной радиоэлектронной аппаратуре и во многих случаях определяют уровень статических погрешностей обработки сигналов. Основные усилия разработчиков обычно сосредоточены на создании двух видов ИОН: прецизионных и встраиваемых в микроэлектронные системы различного уровня сложности [1].

Предлагаемый ИОН (рис.1) может использоваться в цепях установления статического режима транзисторов.

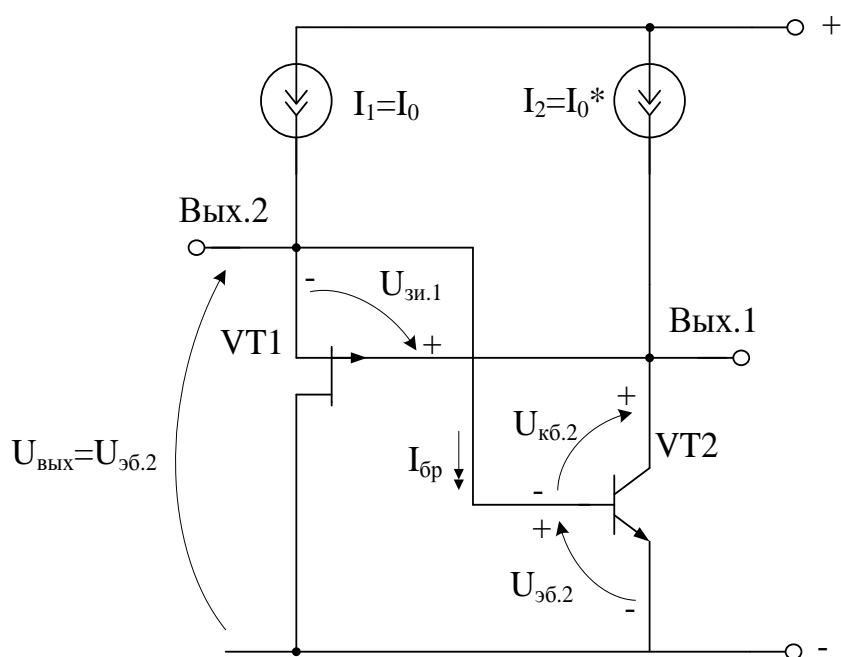


Рисунок 1 – Схема ViJFet ИОН

2. Компьютерное моделирование BiJFet ИОН

Практическая реализация схемы рис. 1 может быть осуществлена в рамках различных технологий: ЗКБТ (BiJFet-биполярно-полевой техпроцесс, АО «Интеграл», г. Минск) и комплементарного ВJT JFET технологического процесса (АО «НПП Пульсар», г. Москва) и др.

На рис. 2-3 представлены статические режимы исследуемого ИОН на основе элементов радиационно-стойкого базового матричного кристалла АБМК_1.3 [2] в САПР OrCAD PSpice при $I_1=I_2=100$ мкА и $I_1=I_2=10$ мкА соответственно.

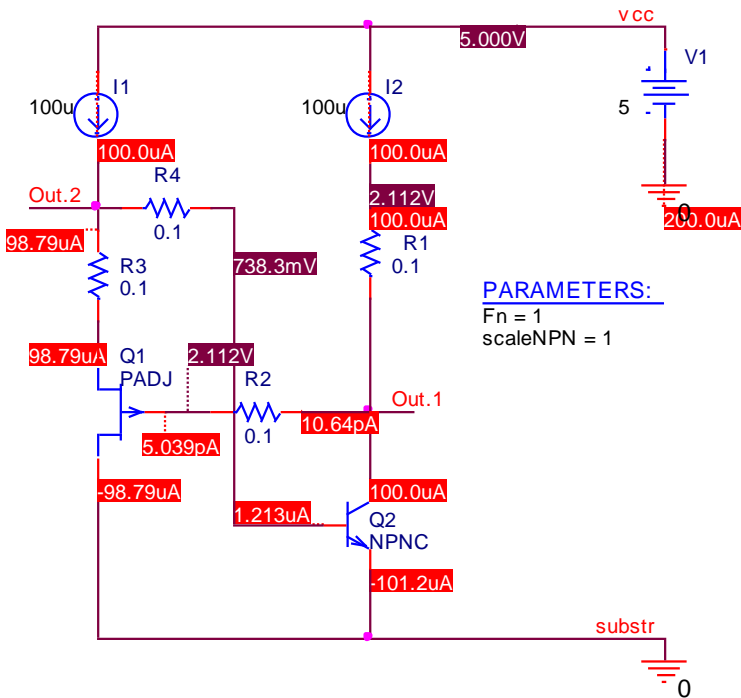


Рисунок 2 – Статический режим ИОН рис.1 при $I_1=I_2=100$ мкА в среде OrCAD PSpice

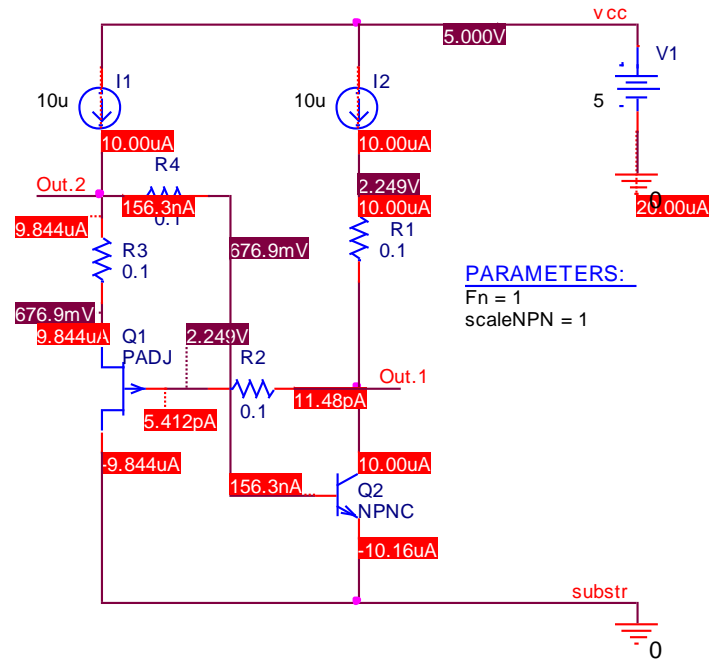


Рисунок 3 – Статический режим ИОН рис.1 при $I_1=I_2=10$ мкА в среде OrCAD PSpice

На рис. 4-5 представлены основные результаты компьютерного моделирования схемы рис. 2, а на рис. 6-7 - схемы рис. 3. Моделирование проводилось при $t=-60\div 120^\circ\text{C}$.

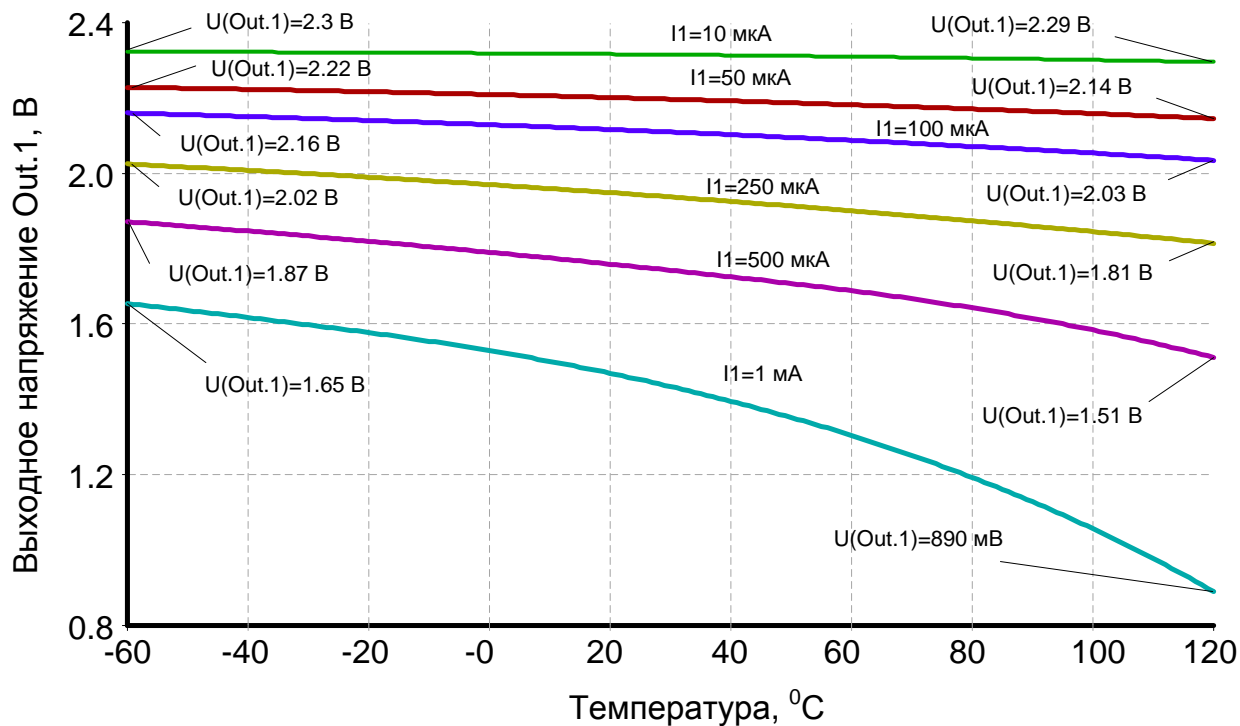


Рисунок 4 – Зависимость напряжения на выходе Out.1 ИОН рис.2 от температуры при $I_2=100$ мкА и разных значениях I_1

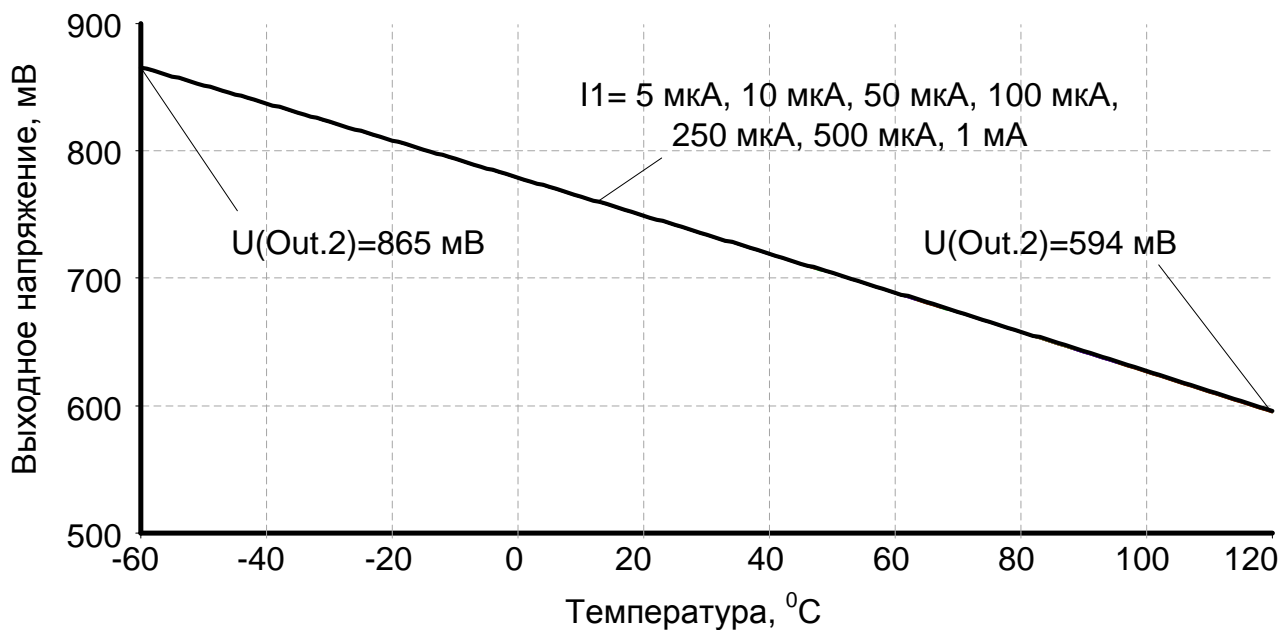


Рисунок 5 – Зависимость напряжения на выходе Out.2 ИОН рис.2 от температуры при $I_2=100$ мкА и разных значениях I_1

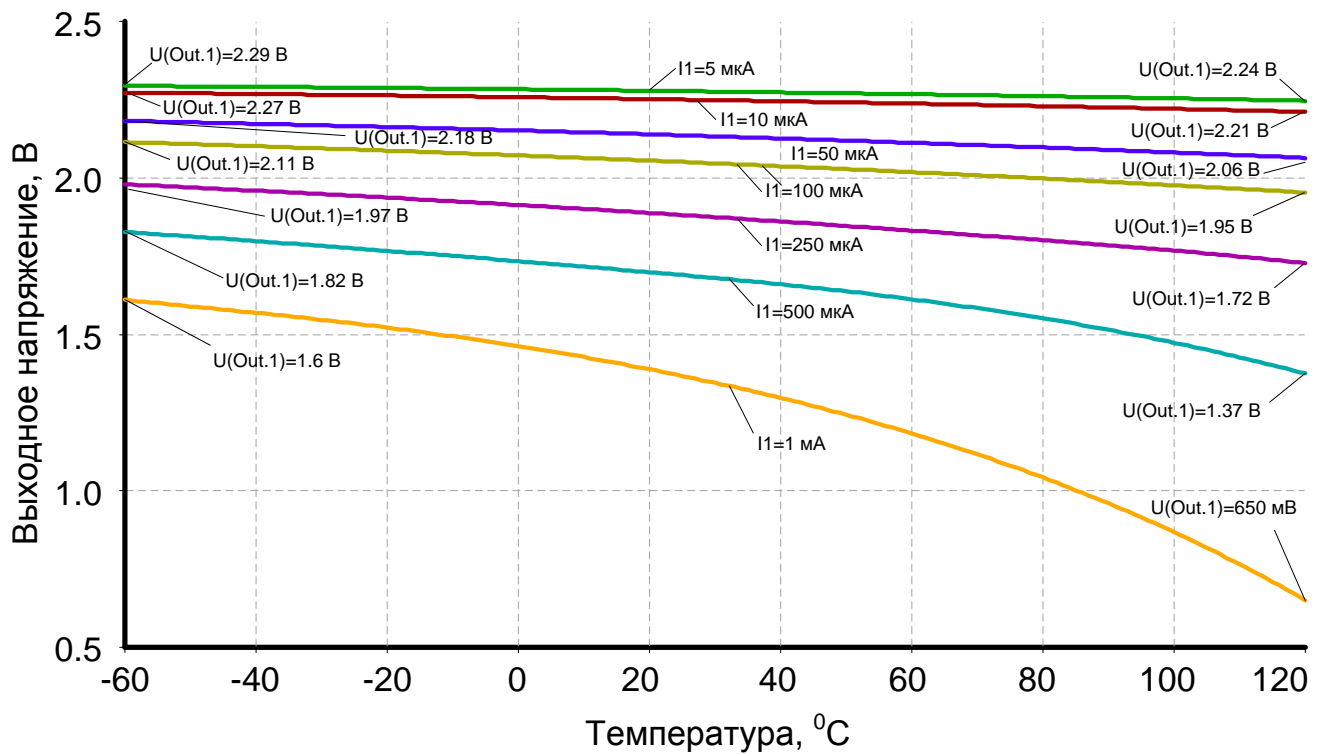


Рисунок 6 – Зависимость напряжения на выходе Out.1 ИОН рис.3 от температуры при $I_2=10$ мкА и разных значениях I_1

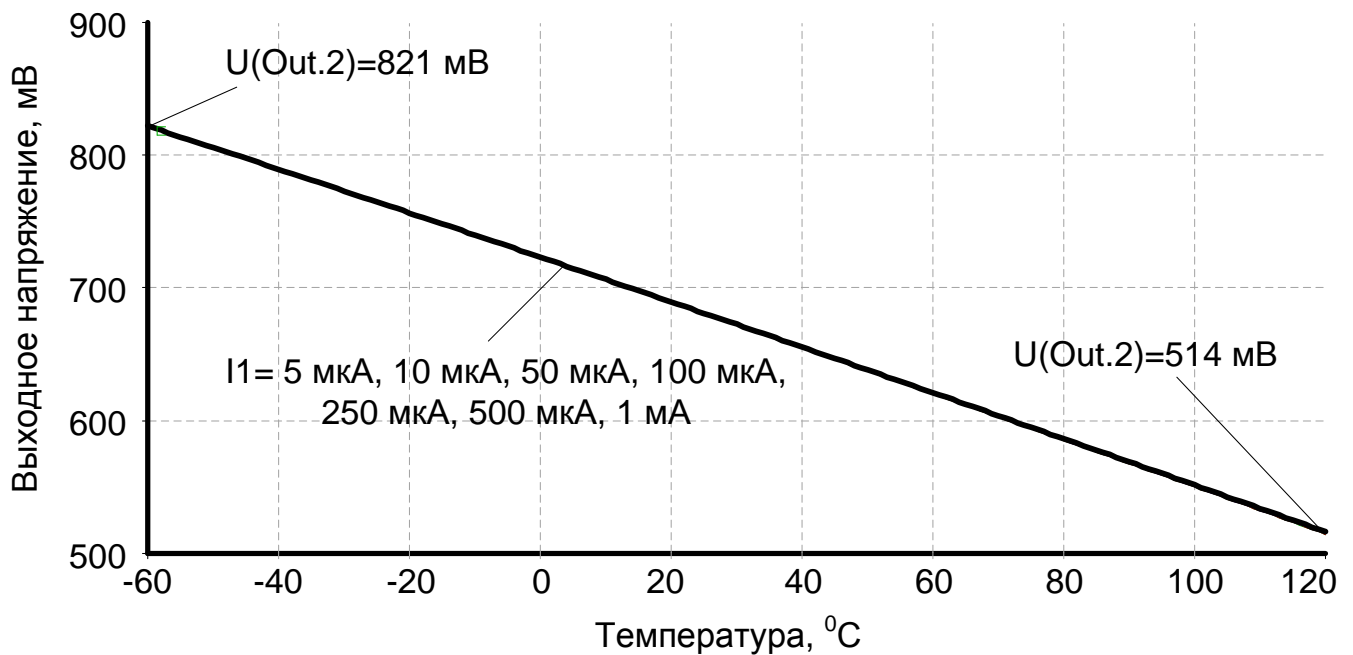


Рисунок 7 – Зависимость напряжения на выходе Out.2 ИОН рис.3 от температуры при $I_2=10$ мкА и разных значениях I_1

Результаты компьютерного моделирования рис. 6 показывают, что при малых токах I_1 схема ИОН имеет относительно высокую стабильность выходного напряжения в широком диапазоне температур ($t=-60\div 120^\circ\text{C}$).

На рис. 8-9 представлены статические режимы исследуемого ИОН на основе радиационно-стойкого базового матричного кристалла АБМК_2.2, разработанного АО «Интеграл», г. Минск при $I_1=I_2=100$ мкА и $I_1=I_2=10$ мкА соответственно. Моделирование выполнено в среде LTspice.

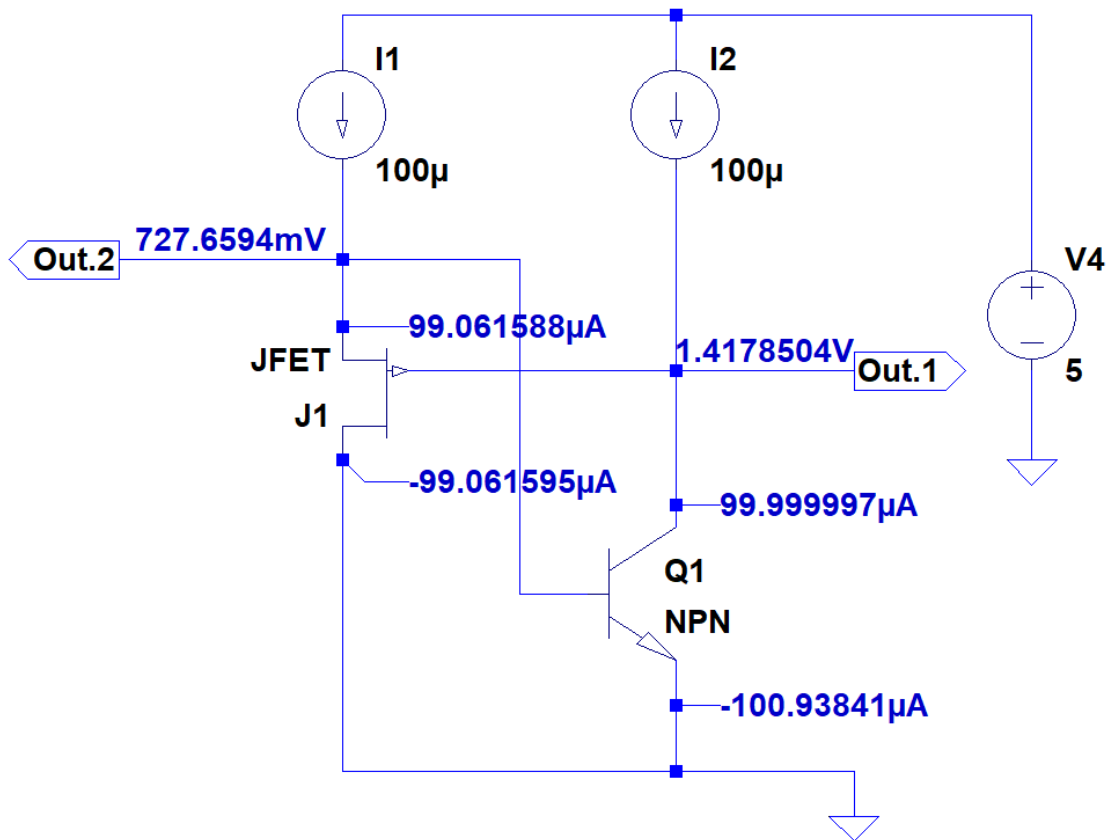


Рисунок 8 – Статический режим ИОН рис.1 при $I_1=I_2=100$ мкА в среде LTspice

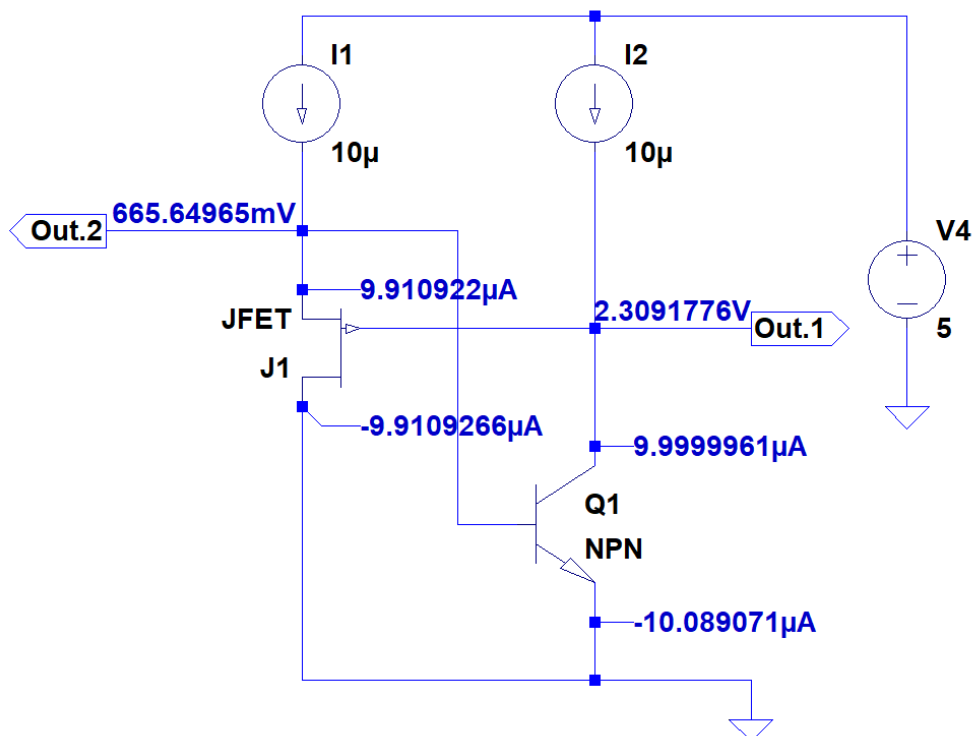


Рисунок 9 – Статический режим ИОН рис.1 при $I_1=I_2=10$ мкА в среде LTspice

На рис. 10-11 представлены основные результаты компьютерного моделирования схемы рис. 8, а на рис. 12-13 - схемы рис. 9. Моделирование проводилось при $t = -197 \div 27^\circ\text{C}$.

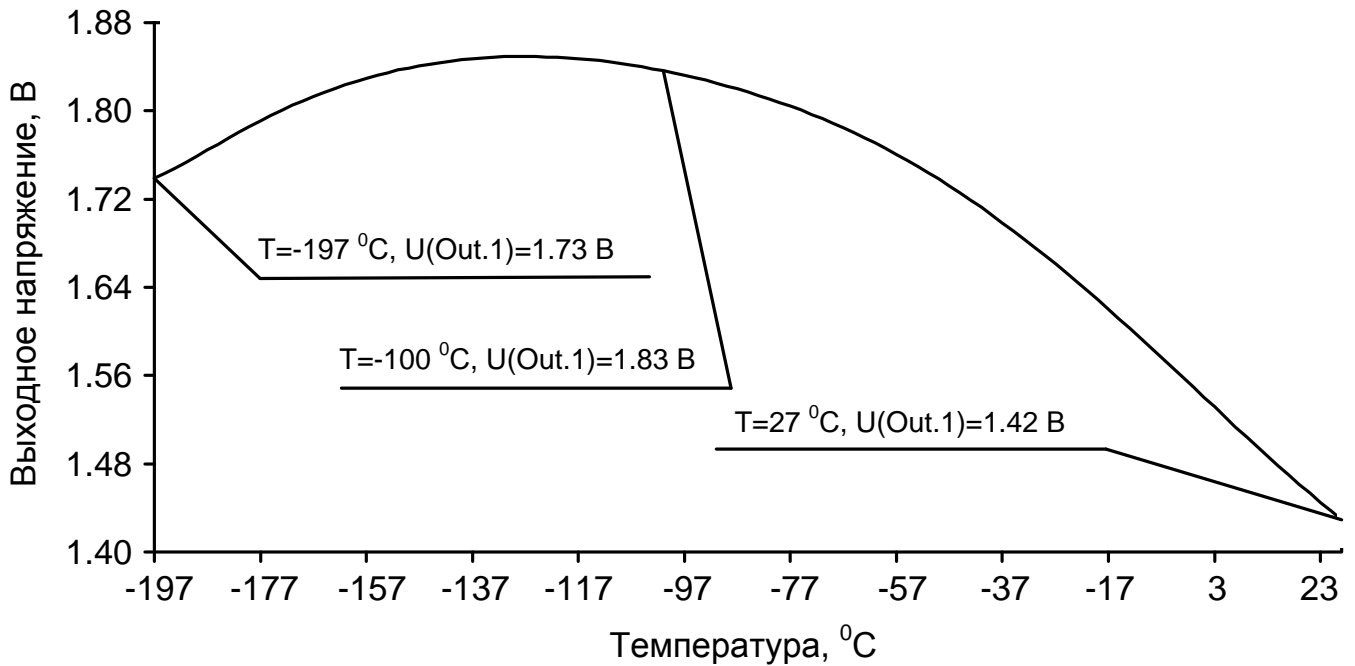


Рисунок 10 - Зависимость напряжения на выходе Out.1 ИОН рис.8 от температуры при $I_1=I_2=100$ мкА

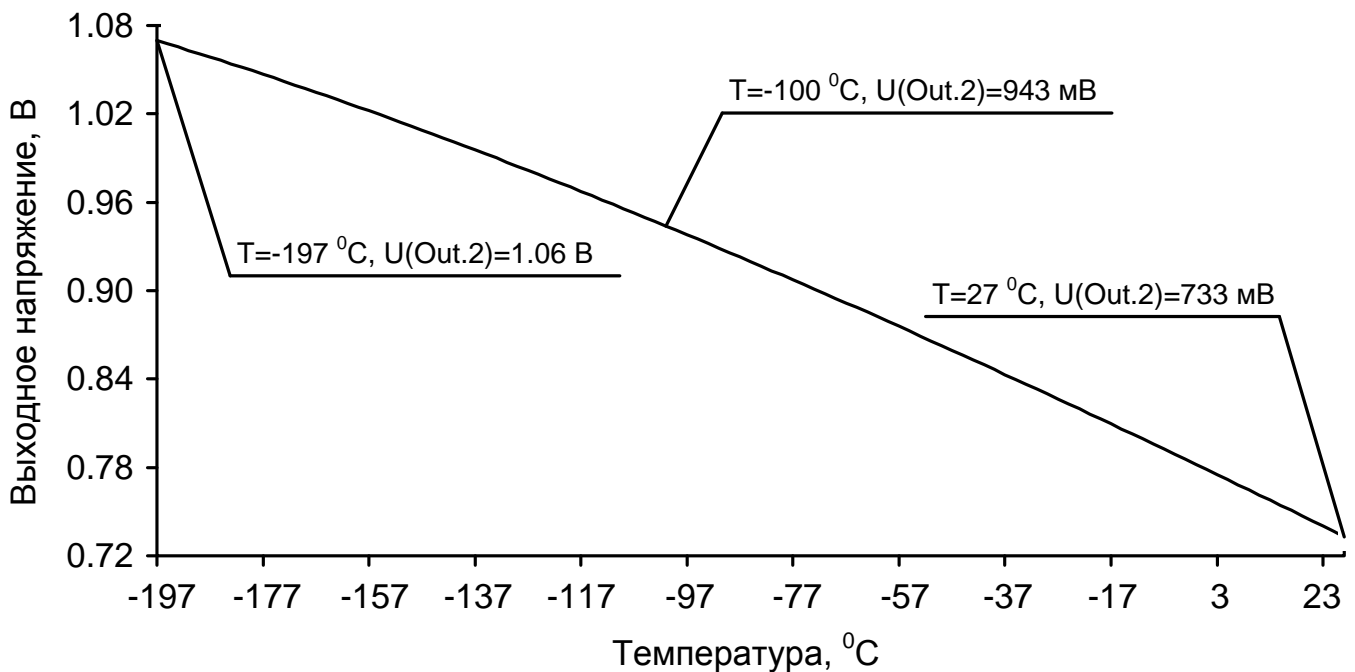


Рисунок 11 – Зависимость напряжения на выходе Out.2 ИОН рис.8 от температуры при $I_1=I_2=100$ мкА

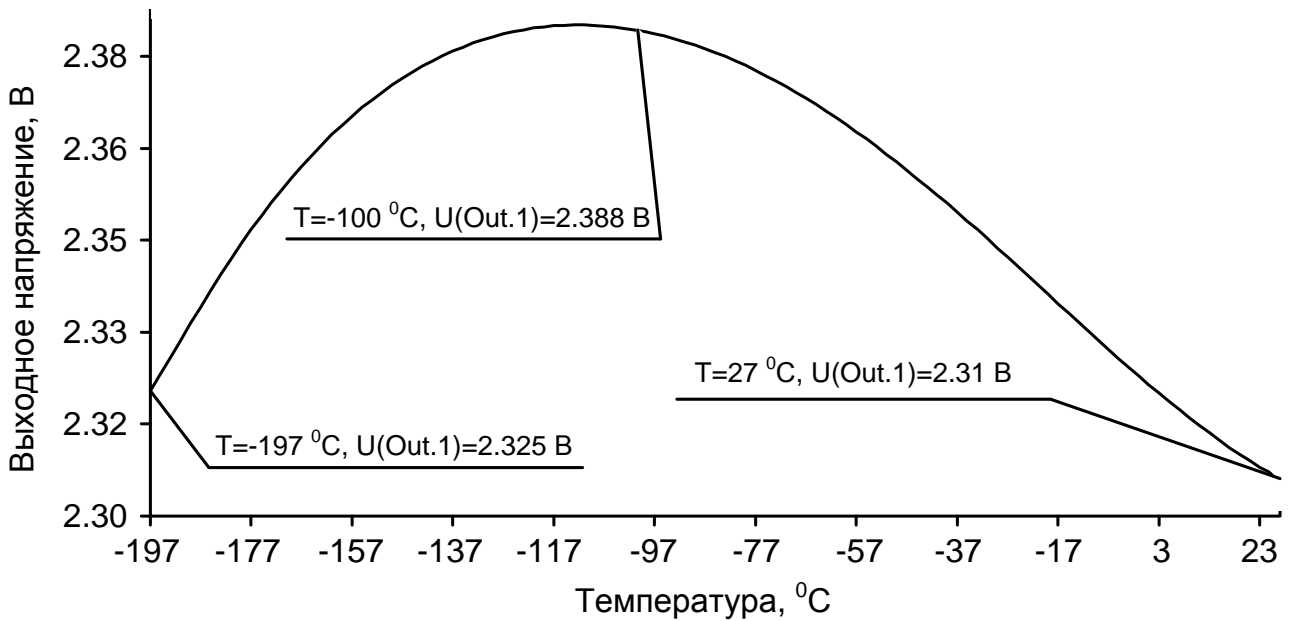


Рисунок 12 – Зависимость напряжения на выходе Out.1 ИОН рис.9 от температуры при $I_1=I_2=10$ мкА

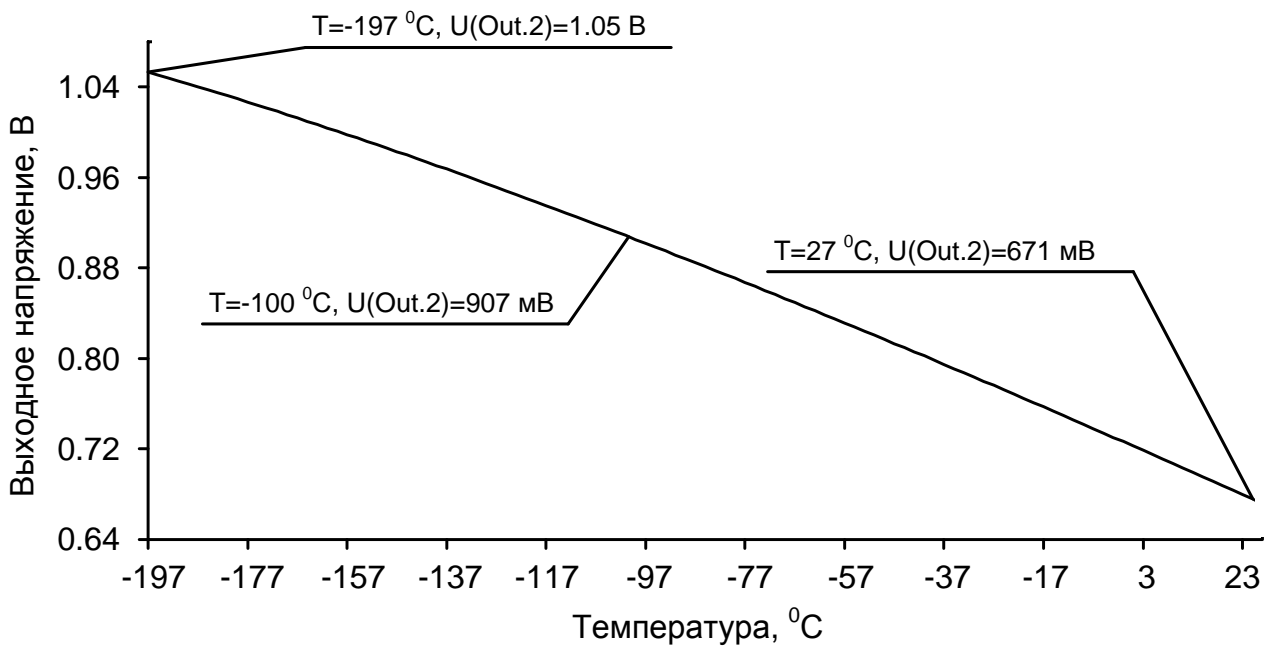


Рисунок 13 – Зависимость напряжения на выходе Out.2 ИОН рис.9 от температуры при $I_1=I_2=10$ мкА

Результаты компьютерного моделирования рис. 12 показывают, что рассматриваемый ИОН при рациональном выборе статических токов транзисторов имеет относительно высокую стабильность выходного напряжения в широком диапазоне температур ($t=-197\div 27^\circ\text{C}$).

Дополнительным преимуществом предлагаемого ИОН является его повышенная радиационная стойкость, так как транзисторы n-p-n типа, входящие в состав библиотек АБМК_1.3 и АБМК_2.2, обладают повышенной радиационной стойкостью, а полевые транзисторы с управляющим p-n переходом и каналом p-типа практически не чувствительны к потоку нейтронов вплоть до интенсивности $F=10^{13}$ н/см²·с.

3. Netlist BiJFet ИОН в OrCAD PSpice (рис.2)

```
1. source 1234
2. I_I1      VCC OUT_2 DC 100u
3. R_R2      N55741 OUT_1 0.1
4. I_I2      VCC N55595 DC 100u
5. X_Q2      N52967 OUT_1 0 0 NPNC
6. R_R1      OUT_1 N55595 0.1
7. R_R4      OUT_2 N52967 0.1
8. R_R3      N56192 OUT_2 0.1
9. X_Q1      N56192 N55741 0 0 PADJ
10.V_V1      VCC 0 5
11..PARAM VTOValue=1.27 Fn=1 scaleNPN=1
```

4. Netlist BiJFet ИОН в LTspice (рис.9)

```
1. J1 0 Out.1 Out.2 JFET
2. Q1 Out.1 Out.2 0 0 NPN
3. I1 N001 Out.2 10μ
4. I2 N001 Out.1 10μ
5. V4 N001 0 5
6. .model NPN NPN
7. .model PNP PNP
8. .lib C:\Users\Elija\OneDrive\Documents\LTspiceXVII\lib\cmp\standard.bjt
9. .model NJF NJF
10..model PJF PJF
11..lib C:\Users\Elija\OneDrive\Documents\LTspiceXVII\lib\cmp\standard.jft
12..lib C:\\LT\ABMK-2.2-1.lib
13..param LT=30
14..temp={LT}
15..tran 0 20u 0 1n
16..op
17..param VTOValue=1.925
18..param fit=1
19..param fn=1
20..param Dg=1
21..dc I1 list 10u 100u 500u
22..step param LT -197 27 2
23..step param Dg 1 1Meg 300
24..step dec param fn 1e12 1e18 1e2
25..backanno
26..end
```


Моделирование проводилось на моделях ViJFET транзисторов библиотек АБМК_1.3 и АБМК_2.2, разработанных Дворниковым Олегом Владимировичем (г. Минск, МНИПИ, Беларусь oleg_dvornikov@tut.by).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-19-00122-П).

Список литературы

1. Прокопенко, Н.Н. Основы проектирования радиационно-стойких информационно-измерительных систем : учеб. пособие для студентов специальностей 210302 «Радиотехника», 210303 «Бытовая радиоэлектронная аппаратура», 210601 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 230201 «Информационные системы и технологии», 190702 «Организация и безопасность движения», направлений подготовки бакалавров 210400 «Телекоммуникации», 230400 «Информационные системы и технологии», 230700 «Прикладная информатика», 210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и магистров 210400 «Радиотехника» / Н.Н. Прокопенко, О.В. Дворников, Н.В. Ковбасюк. – Шахты : ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2013. – 138 с. ISBN 978-5-93834-832-5

2. Прокопенко Н.Н., Будяков П.С., Серебряков А.И. Автономные параметры транзисторов базового матричного кристалла АБМК_1_3 в условиях радиационных и температурных воздействий // Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем – 2012: Сборник трудов / Под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. – М.: ИППМ РАН, 2012. – С. 294-297