

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный Исследовательский Университет ИТМО»



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6
ПРЕДМЕТ «ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ»
ТЕМА «ИСТОЧНИКИ ТОКА»

Преподаватель:
Жданов В. А.

Выполнил:
Румянцев А. А.

Факультет: СУиР
Группа: R3341
Поток: ЭлУСУ R22 бак 1.2

Санкт-Петербург
2025

Содержание

1	Цель работы	2
2	Исследование токового зеркала с 2 транзисторами	2
2.1	Токовое зеркало с компенсацией теплового дрейфа	2
2.1.1	Расчет схемы	2
2.1.2	Схема токового зеркала с компенсацией теплового дрейфа . . .	3
2.1.3	Зависимость тока через нагрузку от напряжения на нагрузке . .	3
2.1.4	Зависимость тока через нагрузку и тока на токозадающем устрой- стве от напряжения питания	3
2.1.5	Ток через нагрузку при различных сопротивлениях нагрузки . .	4

Цель работы

Цель работы – исследование работы источников тока.

Исследование токового зеркала с 2 транзисторами

Токовое зеркало с компенсацией теплового дрейфа

Расчет схемы

Рассчитаем схему токового зеркала с компенсацией теплового дрейфа. Дан ток нагрузки

$$I_H = 250 \text{ мА}$$

и следующие формулы

$$I_{k1} \approx \frac{E_{\Pi} - 0.7}{R_1 + R_{\text{э}1}}, \quad I_H \approx \frac{R_{\text{э}1} (E_{\Pi} - 0.7)}{R_1 R_{\text{э}2} + R_{\text{э}1} R_{\text{э}2}};$$

Зададим напряжение питания

$$E_{\Pi} = 12 \text{ В}$$

Кремниевые транзисторы обычно имеют напряжение между базой и эмиттером

$$U_{\text{БЭ}} = 0.7 \text{ В}$$

Так как токовое зеркало «копирует» ток через первый транзистор, то ток через нагрузку должен быть равен току на первом транзисторе

$$I_{k1} \approx I_H = 250 \text{ мА}$$

Найдем сумму сопротивлений $R_1 + R_{\text{э}1}$ через формулу для I_{k1}

$$250 \cdot 10^{-3} = \frac{12 - 0.7}{R_1 + R_{\text{э}1}} \Rightarrow R_1 + R_{\text{э}1} = \frac{11.3}{0.25} = 45.2 \text{ Ом}$$

Для уменьшения потерь мощности выберем первый эмиттерный резистор с небольшим номиналом в 10 Ом. Рассчитаем R_1

$$R_{\text{э}1} = 10 \text{ Ом} \Rightarrow R_1 = 45.2 - 10 = 35.2 \text{ Ом}$$

Ближайший стандартный номинал $R_1 \approx 35 \text{ Ом}$. Рассчитаем сопротивление второго эмиттерного резистора $R_{\text{э}2}$ через формулу для I_H

$$250 \cdot 10^{-3} = \frac{10(12 - 0.7)}{35R_{\text{э}2} + 10R_{\text{э}2}} \Rightarrow R_{\text{э}2} = \frac{113}{0.25 \cdot 45} \approx 10.04 \text{ Ом}$$

Возьмем ближайший стандартный номинал $R_{\text{э}2} \approx 10 \text{ Ом}$. Выберем в качестве Т1 Т2 транзисторов 2N2222 из библиотеки LTspice. Напряжение между коллектором и эмиттером этого транзистора, когда он находится в режиме насыщения, составляет

$$U_{\text{КЭ (нас)}} \approx 0.2 \text{ В}$$

Тогда, определим сопротивление нагрузочного резистора по формуле

$$R_H = \frac{E_{\Pi} - U_{\text{КЭ (нас)}}}{I_H} = \frac{12 - 0.2}{250 \cdot 10^{-3}} = \frac{11.8}{0.25} = 47.2 \text{ Ом}$$

Ближайший стандартный номинал $R_H \approx 47 \text{ Ом}$.

Схема токового зеркала с компенсацией теплового дрейфа

Построим в LTspice одноименную схему

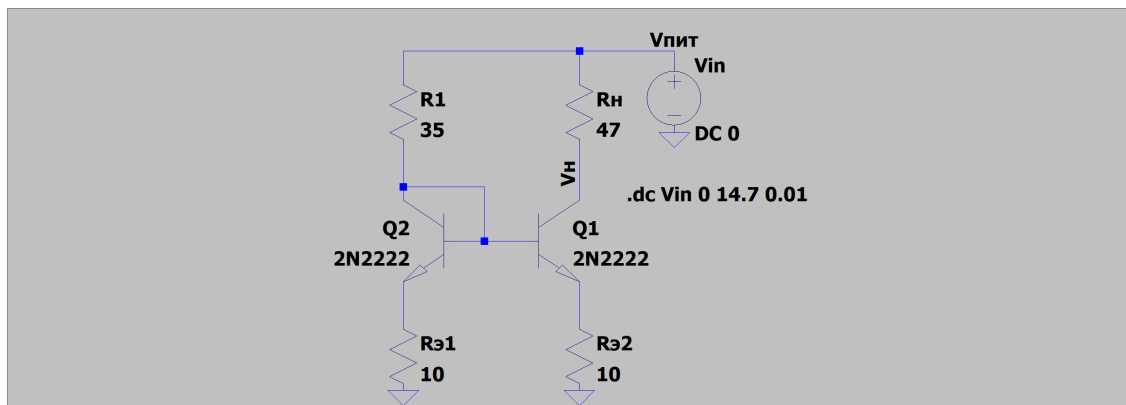


Рис. 1: Схема токового зеркала с компенсацией теплового дрейфа

Зависимость тока через нагрузку от напряжения на нагрузке

Построим график зависимости тока через нагрузку от напряжения на нагрузке. Зададим в источник питания DC 0, поставим на схему .dc Vin 0 14.7 0.01. С помощью net обозначим V_H

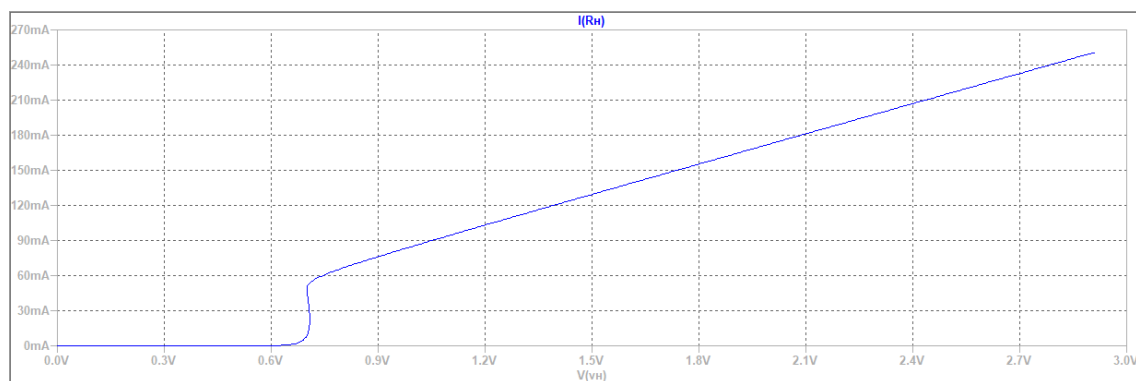


Рис. 2: Зависимость I_H от U_H

Биполярный транзистор начинает проводить только когда между базой и эмиттером набирается напряжение примерно в 0.6–0.7 В. До этого момента оба транзистора в зеркале закрыты – ток не течет.

Зависимость тока через нагрузку и тока на токозадающем устройстве от напряжения питания

Построим график зависимости тока через нагрузку и тока на токозадающем устройстве от напряжения питания. С помощью net обозначим V_{пит}. Синяя траектория – зависимость тока через нагрузку от напряжения питания, красный – зависимость тока на токозадающем устройстве от напряжения питания

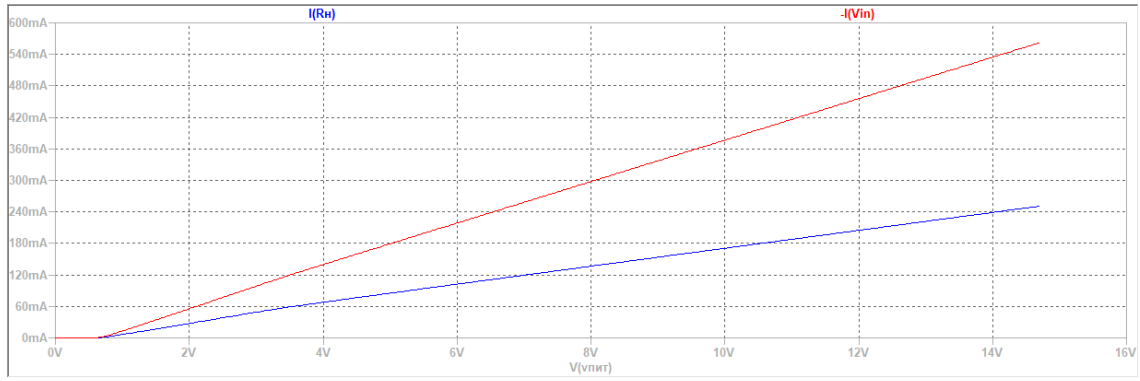


Рис. 3: Зависимости $I_H(U_{\text{пит}})$, $I_{\text{пит}}(U_{\text{пит}})$

Ток питания больше, так как он включает в себя ток через нагрузку, ток через токозадающее плечо Q1 и базовые токи обоих транзисторов.

Ток через нагрузку при различных сопротивлениях нагрузки

Построим графики зависимости тока от напряжения питания при различных сопротивлениях нагрузки. Проверим $R_H = 10, 10^2, 10^3, 10^4$ Ом. Красный график – подаваемое напряжение питания, синий – ток нагрузки

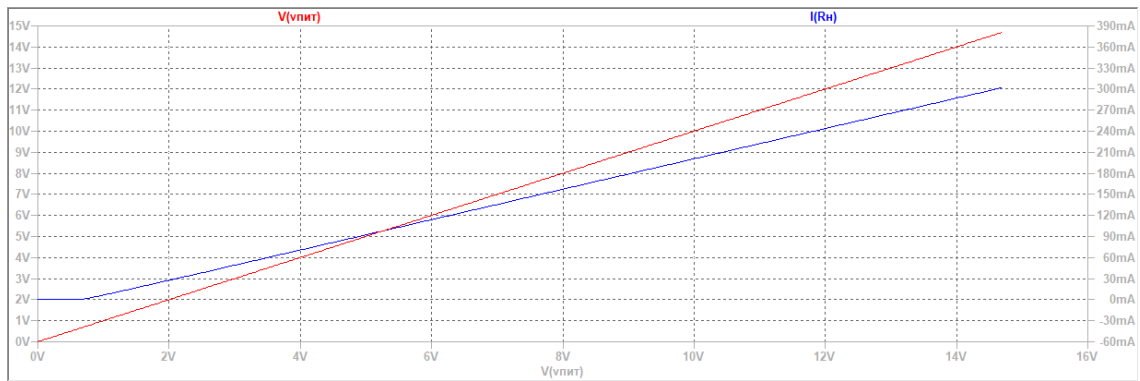


Рис. 4: $I_H(U_{\text{пит}})$ при $R_H = 10$ Ом

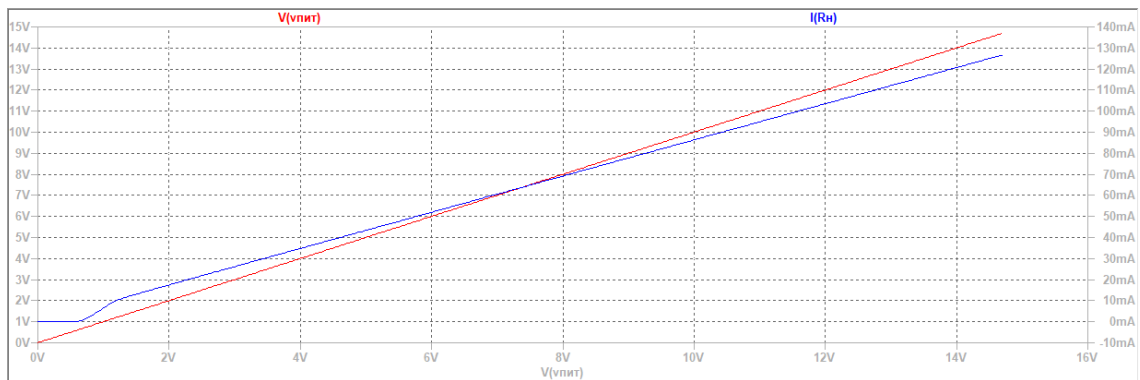


Рис. 5: $I_H(U_{\text{пит}})$ при $R_H = 100$ Ом

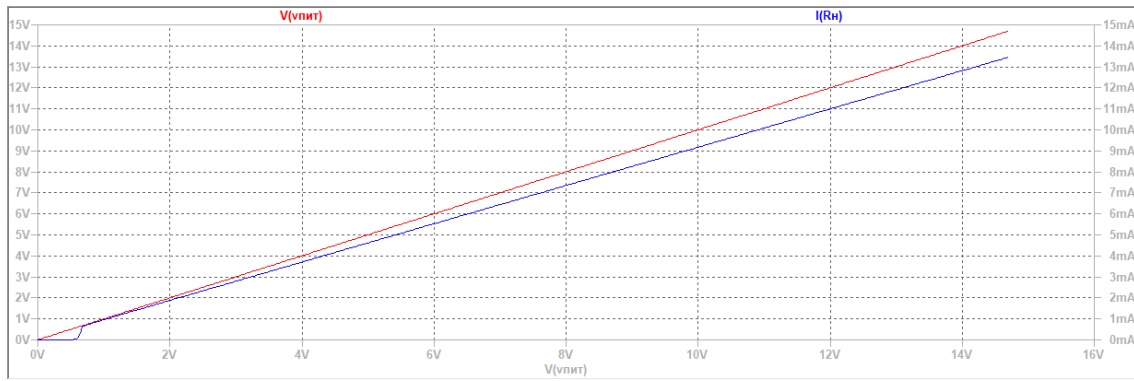


Рис. 6: $I_H(U_{\text{пит}})$ при $R_H = 1000 \text{ Ohm}$

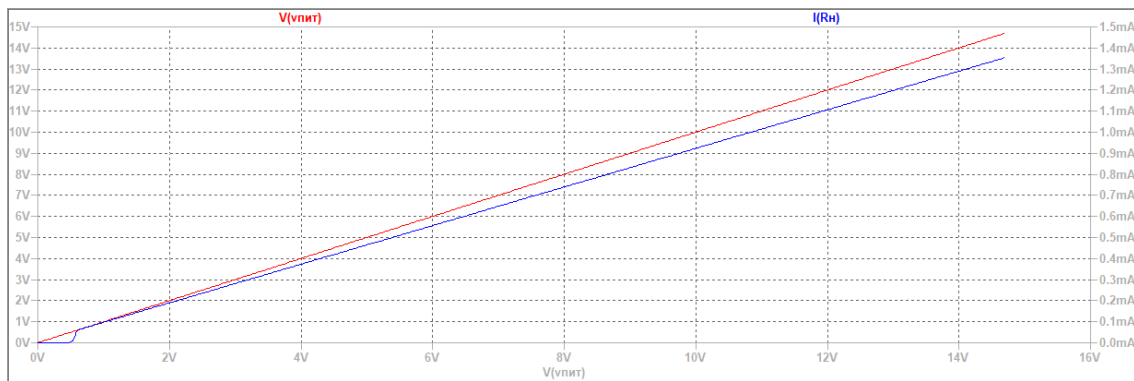


Рис. 7: $I_H(U_{\text{пит}})$ при $R_H = 10000 \text{ Ohm}$

При увеличении сопротивления нагрузки ток нагрузки уменьшается – токовое зеркало не может создать нужный ток, не хватает напряжения питания.