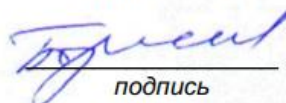


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физики полупроводников и микроэлектроники


подпись

(Бормонтов Е.Н.)
расшифровка подписи

31.08.2024

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ,
сформированный в рамках выполнения ключевых показателей оценки
эффективности мер государственной поддержки преподавателей ФД

по учебной дисциплине
Б1.В.08 Интегральная схемотехника

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Код и наименование направления подготовки/специальности: 11.03.04

Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) подготовки/специализация:

Интегральная электроника и наноэлектроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

физики полупроводников и микроэлектроники

Составители рабочей программы дисциплины, в том числе фонда оценочных средств по учебной дисциплине: Богатилов Евгений Васильевич,
кандидат физико-математических наук, доцент

Учебный год
освоения дисциплины: 2027-2028

Семестр(ы): 7

Освоение данной дисциплины направлено на формирование следующих компетенций

Категория компетенций	Код	Формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения соответствующей дисциплины
Проектно-конструкторская	ПК-1	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-1.1 Проводит сравнительный анализ существующих способов реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков и на его основе разрабатывает общую архитектуру проектируемых СФ-блоков	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -схемы включения и основные характеристики, основы построения и расчёта параметров эквивалентных схем <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -измерять характеристики и применять ИС ОУ, компараторов и перемножителей для построения радиоэлектронных устройств
			ПК-1.2 Определяет численные значения основных технических характеристик цифровых и аналоговых СФ-блоков	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -основные принципы построения и использования аналоговых ИС <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -измерять характеристики и применять ИС ОУ, компараторов и перемножителей для построения радиоэлектронных устройств
Проектно-конструкторская	ПК-2	Способен выполнять моделирование элементов интегральных схем и принимать решения об уточнении пер-	ПК-2.1 Применяет средства САПР для реализации основных методов схемотехнического модели-	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -физические принципы работы электровакуумных и п\п приборов <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -снимать характеристики и определять параметры бипо-

		вичного схемотехнического описания на основе результатов анализа и верификации результатов моделирования	рования	лярных и полевых транзисторов <i>Владеть:</i> -навыками использования приборов для выпрямления, усиления и генерации электрических сигналов
			ПК-2.2 Анализирует результаты схемотехнического моделирования и формирует отчеты о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ-блоков	<i>Знать:</i> - методы анализа цепей постоянного и переменного тока в стационарных и переходных режимах, энергетические соотношения в цепях постоянного и переменного тока <i>Уметь:</i> - проводить расчеты временных и частотных и мощностных характеристик цифровых и аналоговых СФ-блоков
			ПК-2.3 Разрабатывает на основании результатов схемотехнического моделирования предложения о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первоначального технического задания	<i>Знать:</i> -классификацию аналоговых ИС, основные параметры ОУ, аналоговых компараторов и перемножителей <i>Владеть:</i> -представлением о номенклатуре АИС, специфике их проектирования, областях применения

Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

- 1) тестовые задания (выбор правильного(-ых) ответа(-ов) из предложенного перечня; задания на соответствие):

ЗАДАНИЕ 1.1. Выберите правильный вариант ответа:

Каким образом можно снизить энергопотребление токового зеркала?

- а) Снизить потребление токового зеркала невозможно;
- б) Повысить напряжение питания;
- в) Уменьшить ток через задающий транзистор с соответствующей шириной второго транзистора;**
- г) Использовать каскодную схему.

ЗАДАНИЕ 1.2. Выберите правильный вариант ответа:

Как изменится ток стока МОП-транзистора при увеличении ширины в 2 раза?

- а) **Увеличится в 2 раза;**
- б) Увеличится в 4 раза;
- в) Уменьшится в 2 раза;
- г) Не изменится.

Ответ: а.

ЗАДАНИЕ 1.3. Выберите правильный вариант ответа:

Как изменится ток стока МОП-транзистора при увеличении длины в 2 раза?

- а) Увеличится в 2 раза;
- б) Увеличится в 4 раза;
- в) **Уменьшится в 2 раза;**
- г) Не изменится.

ЗАДАНИЕ 1.4. Выберите правильный вариант ответа:

Как изменится ток стока в режиме насыщения МОП-транзистора при увеличении эффективного напряжения между затвором и истоком в 2 раза?

- а) Увеличится в 2 раза;
- б) **Увеличится в 4 раза;**
- в) Уменьшится в 2 раза;
- г) Не изменится.

ЗАДАНИЕ 1.5. Выберите правильный вариант ответа:

Как изменится крутизна МОП-транзистора при увеличении ширины в 2 раза?

- а) **Увеличится в 2 раза;**
- б) Увеличится в 4 раза;
- в) Уменьшится в 2 раза;
- г) Не изменится.

ЗАДАНИЕ 1.4. Выберите правильный вариант ответа:

Как изменится выходное сопротивление МОП-транзистора при увеличении длины в 2 раза?

- а) **Увеличится в 2 раза;**
- б) Увеличится в 4 раза;
- в) Уменьшится в 2 раза;
- г) Не изменится.

ЗАДАНИЕ 1.5. Выберите правильный вариант ответа:

Как изменится ток стока МОП-транзистора при увеличении длины и ширины в 2 раза?

- а) Увеличится в 2 раза;
- б) Увеличится в 4 раза;
- в) Уменьшится в 2 раза;
- г) **Не изменится.**

ЗАДАНИЕ 1.5. Выберите правильный вариант ответа:

Какой основной недостаток у простого токового зеркала?

- а) Высокое потребление мощности;
- б) Достаточно высокое выходное сопротивление;
- в) **Относительно небольшое выходное сопротивление;**
- г) Относительно малый рабочий диапазон.

ЗАДАНИЕ 1.6. Выберите правильный вариант ответа:

Какой основной недостаток у каскодного токового зеркала?

- а) Высокое потребление мощности;
- б) Достаточно высокое выходное сопротивление;
- в) Относительно небольшое выходное сопротивление;
- г) Относительно малый рабочий диапазон.**

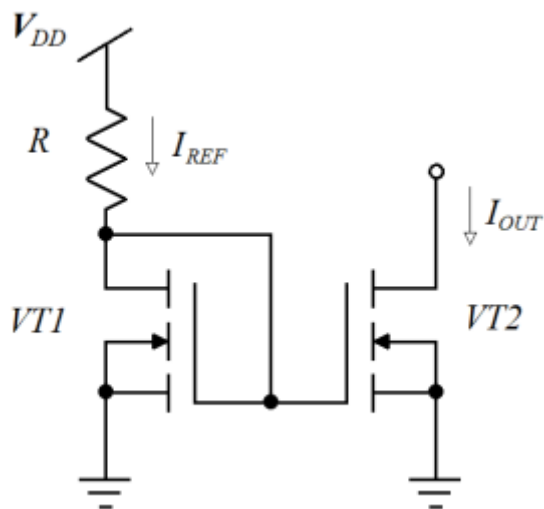
ЗАДАНИЕ 1.7. Выберите правильный вариант ответа:

Какой тип усилителя обладает наибольшим усилением при прочих равных?

- а) Усилитель с общим истоком с резистивной нагрузкой;
- б) Усилитель с общим истоком с диодной нагрузкой;
- в) Усилитель с общим истоком с нагрузкой в виде токового зеркала;**
- г) Усилитель с общим стоком.

ЗАДАНИЕ 1.8. Выберите правильный вариант ответа:

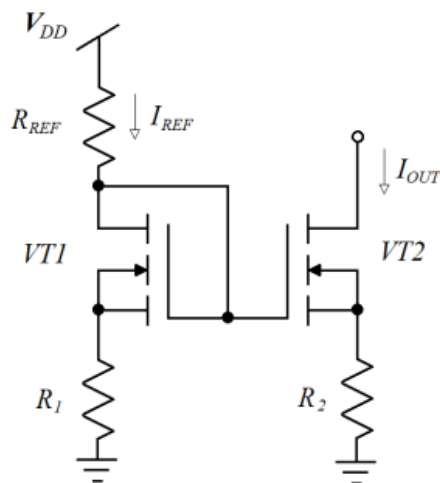
Какое устройство изображено на схеме?



- а) Операционный усилитель;
- б) Дифференциальный усилитель;
- в) Простое токовое зеркало;**
- г) Каскодный усилитель.

ЗАДАНИЕ 1.9. Выберите правильный вариант ответа:

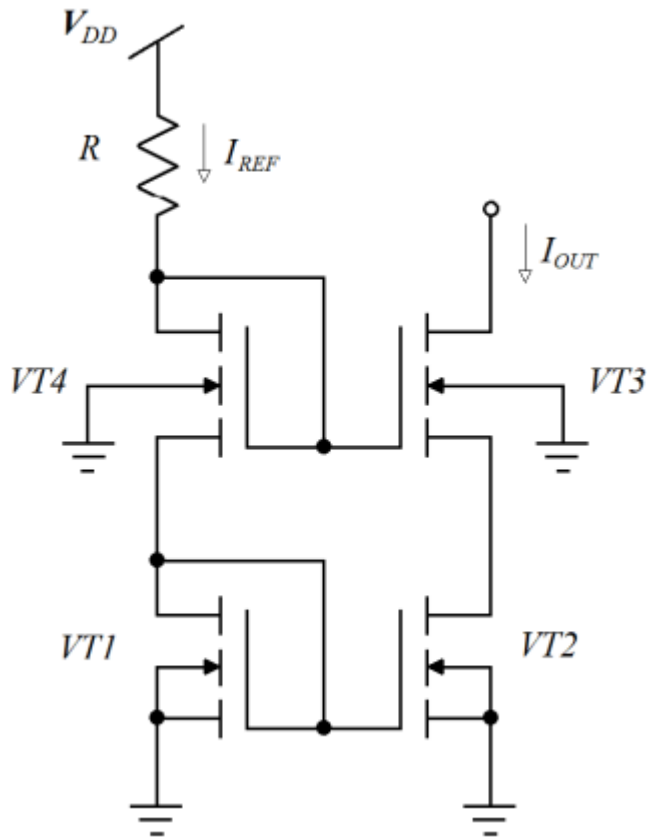
Какое устройство изображено на схеме?



- а) Токовое зеркало с широким рабочим диапазоном;**

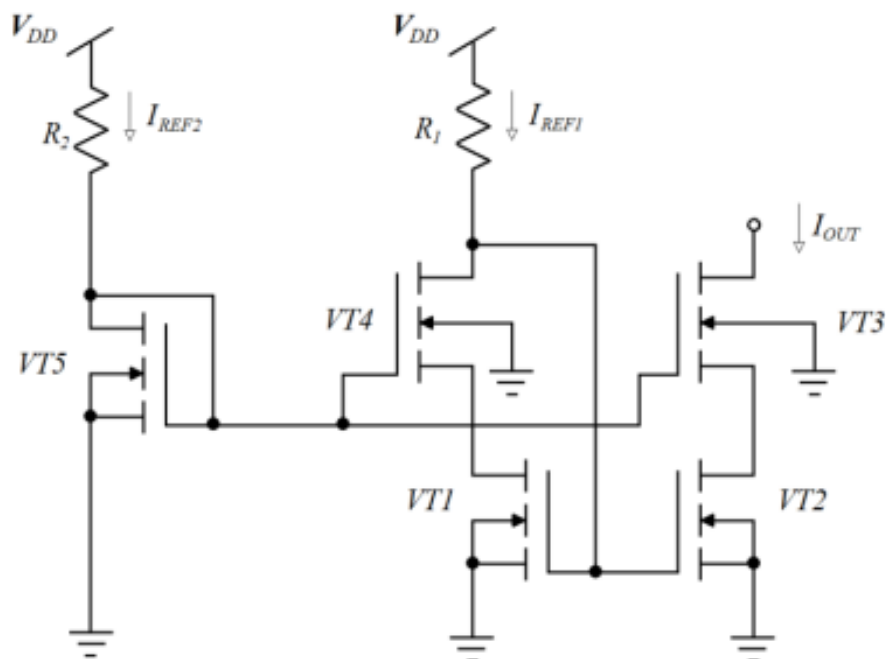
- б) Дифференциальный усилитель;
- в) Токовое зеркало с резисторами обратной связи;**
- г) Каскодное токовое зеркало.

ЗАДАНИЕ 1.10. Выберите правильный вариант ответа:
Какое устройство изображено на схеме?



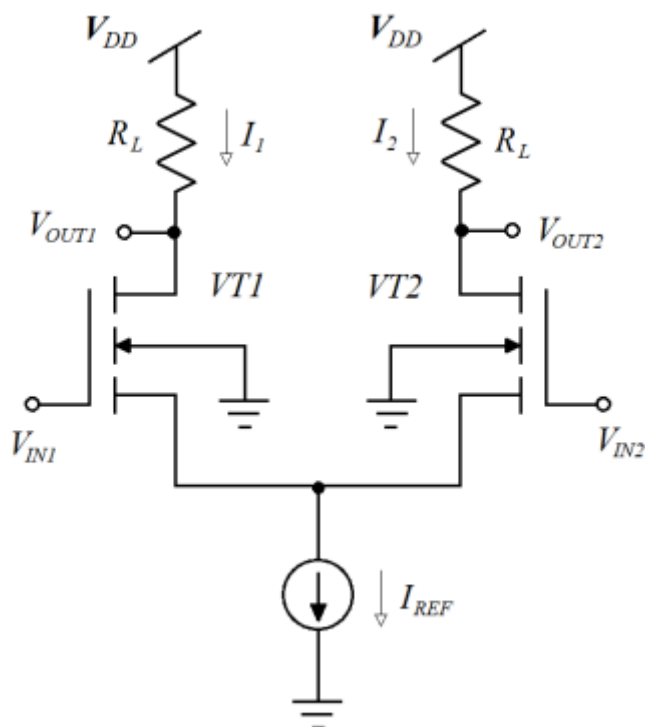
- а) Токовое зеркало с широким рабочим диапазоном;
- б) Дифференциальный усилитель;
- в) Каскодное токовое зеркало;**
- г) Каскодный усилитель.

ЗАДАНИЕ 1.11. Выберите правильный вариант ответа:
Какое устройство изображено на схеме?



- а) Токовое зеркало с широким рабочим диапазоном;
- б) Дифференциальный усилитель;
- в) Каскодное токовое зеркало;
- г) Операционный усилитель.

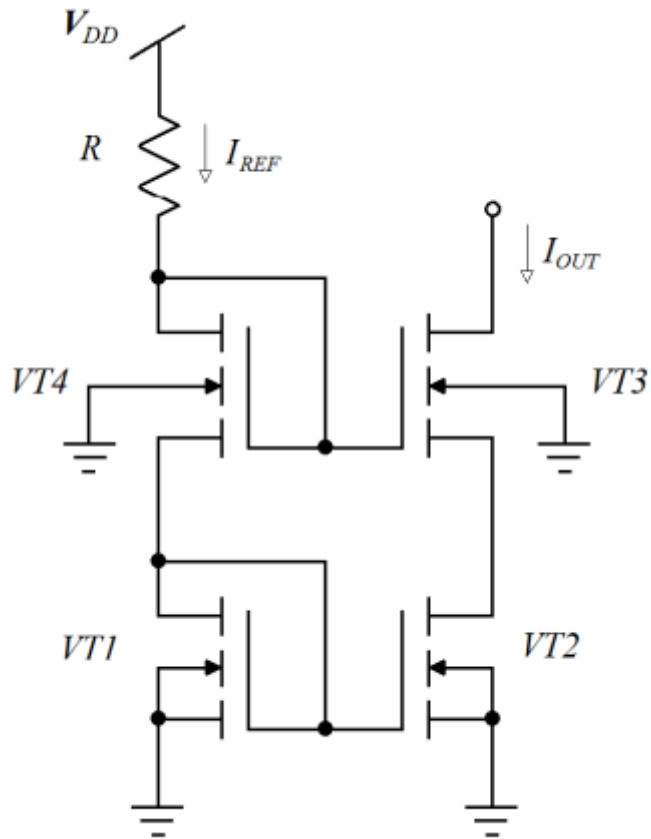
ЗАДАНИЕ 1.12. Выберите правильный вариант ответа:
Какое устройство изображено на схеме?



- а) Токовое зеркало с широким рабочим диапазоном;
- б) Дифференциальный усилитель;**
- в) Каскодное токовое зеркало;
- г) Операционный усилитель.

ЗАДАНИЕ 1.13. Выберите правильный вариант ответа:

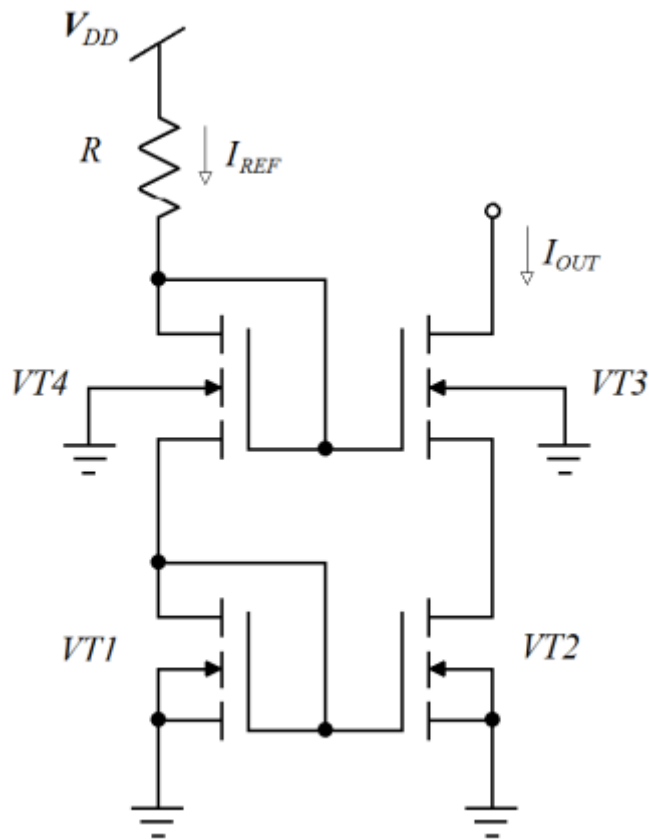
Как изменится ток I_{out} , если увеличить ширину транзистора $Vt2$ при сохранении остальных размеров неизменным?



- а) Не изменится;
- б) Вырастет в 2 раза;**
- в) Вырастет в 4 раза;
- г) Уменьшится в 2 раза.

ЗАДАНИЕ 1.15. Выберите правильный вариант ответа:

Как изменится ток I_{out} , если увеличить ширину транзистора $Vt3$ при сохранении остальных размеров неизменным?



- а) Не изменится;
- б) Вырастет в 2 раза;
- в) Вырастет в 4 раза;
- г) Уменьшится в 2 раза.

ЗАДАНИЕ 1.14. Выберите правильный вариант ответа:

Продолжите фразу «коэффициент модуляции длины канала»:

- а) Прямо пропорционален ширине затвора транзистора;
- б) Обрато пропорционален ширине затвора транзистора;
- в) Прямо пропорционален длине затвора транзистора;
- г) **Обратно пропорционален длине затвора транзистора.**

2) задания с коротким ответом (ответ на задание состоит из числа, слова или словосочетания):

ЗАДАНИЕ 2.1. Как изменится усиление усилителя с общим истоком при увеличении крутизны транзистора в 2 раза при прочих равных?

Ответ: увеличится в 2 раза.

ЗАДАНИЕ 2.2. Как изменится усиление дифференциального усилителя при увеличении выходного сопротивления в 2 раза при прочих равных?

Ответ: увеличится в 2 раза.

ЗАДАНИЕ 2.3. После увеличения напряжения между затвором и истоком МОП-транзистора на 10 мВ ток стока вырос на 50 мкА. Чему равна крутизна транзистора в данной рабочей точке?

Ответ: 5 мА/В.

ЗАДАНИЕ 2.4. После увеличения напряжения между стоком и истоком МОП-транзистора на 100 мВ ток стока вырос на 2 мкА. Чему равно выходное сопротивление транзистора в данной рабочей точке?

Ответ: 50 кОм.

ЗАДАНИЕ 2.5. После увеличения напряжения между затвором и истоком транзистора с 1.1 В до 1.3 В ток стока вырос в 4 раза. Чему равно пороговое напряжение транзистора?

Ответ: 0.9 В.

ЗАДАНИЕ 2.6. Как изменится ток стока МОП-транзистора при увеличении напряжения между затвором и истоком на 10 мВ, если крутизна транзистора в рабочей точке равна 10 мА/В?

Ответ: 100 мкА.

ЗАДАНИЕ 2.7. Как изменится ток стока МОП-транзистора при увеличении напряжения между стоком и истоком на 10 мВ, если выходное сопротивление транзистора в рабочей точки равно 100 кОм?

Ответ: 0.1 мкА.

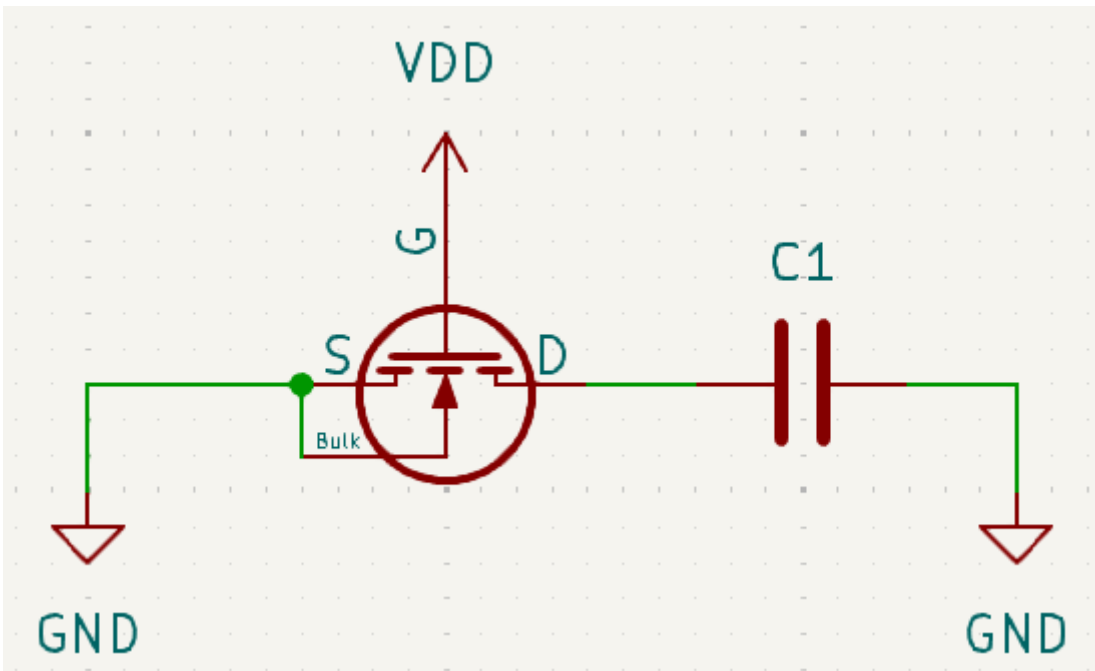
ЗАДАНИЕ 2.8. Крутизна транзистора, включенного по схеме усилителя с общим истоком, равна 0.5 мА/В. В качестве нагрузки используется сопротивление в 20 кОм. Напишите коэффициент усиления входного сигнала?

Ответ: -10.

ЗАДАНИЕ 2.9. Крутизна транзистора, включенного по схеме усилителя с общим истоком, равна 0.4 мА/В. Какое сопротивление используется в качестве нагрузки (выразить в кОмах), если коэффициент усиления входного сигнала равен -10?

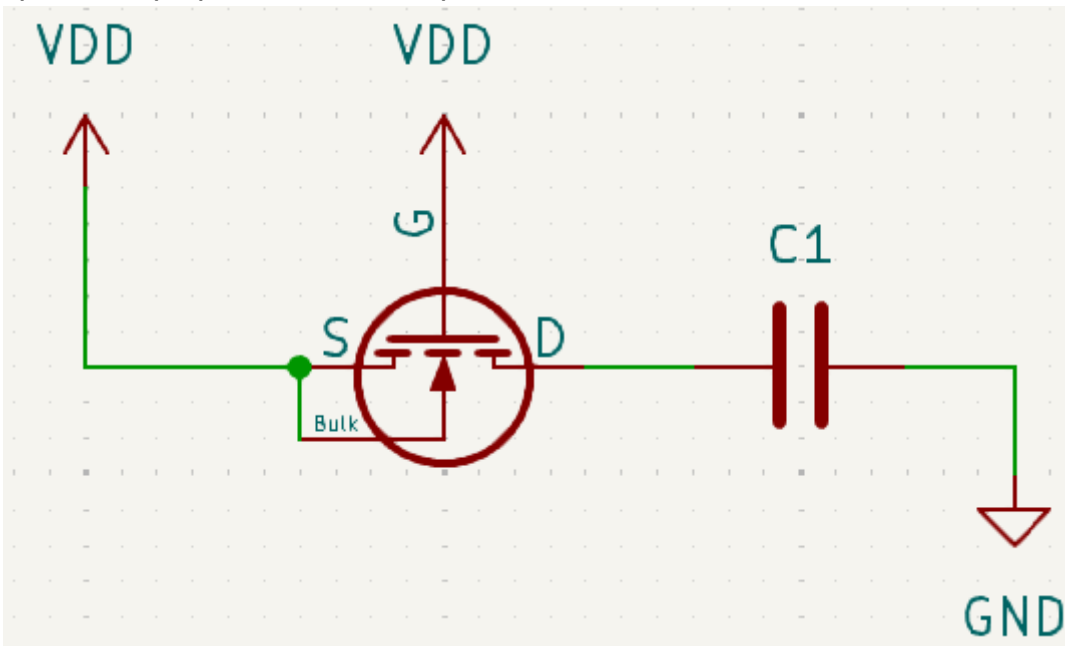
Ответ: 25.

ЗАДАНИЕ 2.10. В начальный момент времени ёмкость C_1 заряжена до 5 В. Какое напряжение будет на ёмкости через 1 секунду, если пороговое напряжение транзистора равно 0,5 В, напряжение $V_{dd} = 5$ В?



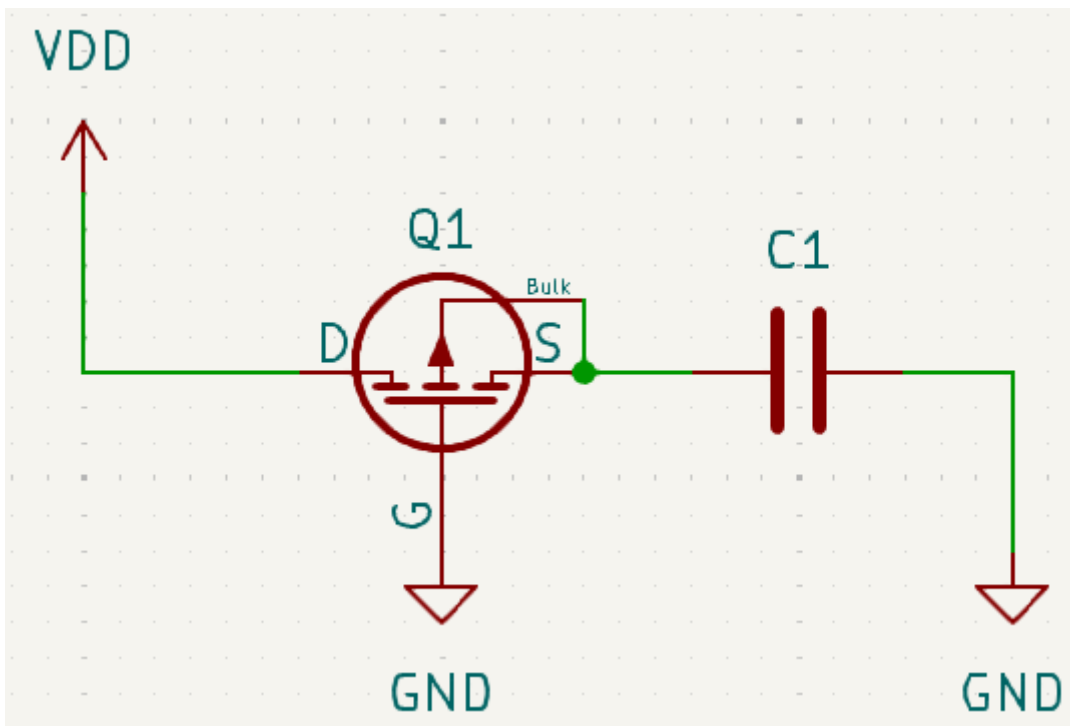
Ответ: 0 В.

ЗАДАНИЕ 2.11. В начальный момент времени ёмкость C1 полностью разряжена. Какое напряжение будет на ёмкости через 1 секунду, если пороговое напряжение транзистора равно 0,5 В, напряжение Vdd = 5 В?



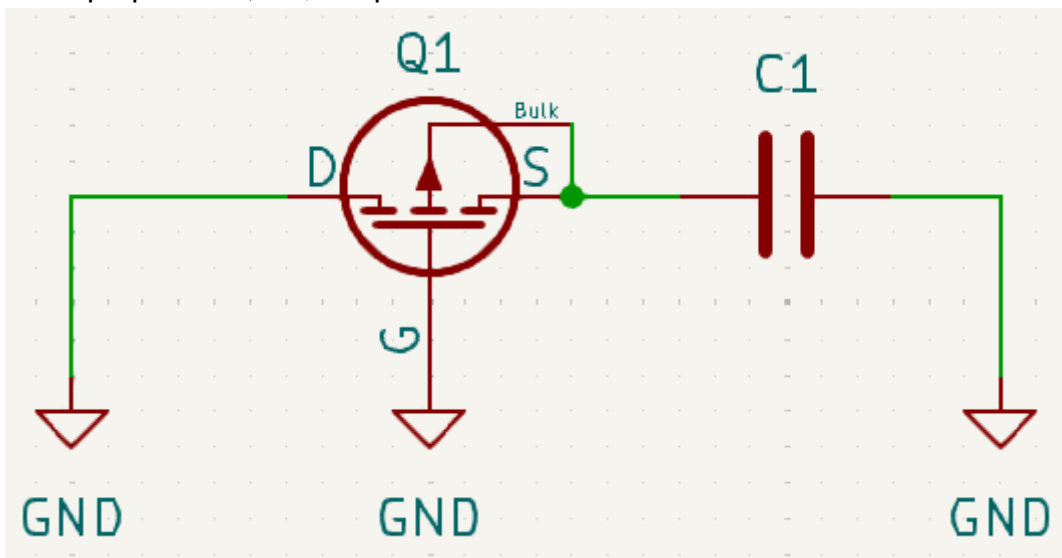
Ответ: 0,5 В.

ЗАДАНИЕ 2.12. В начальный момент времени ёмкость C1 полностью разряжена. Какое напряжение будет на ёмкости через 1 секунду, если пороговое напряжение транзистора равно 0,5 В, напряжение Vdd = 5 В?



Ответ: 5 В.

ЗАДАНИЕ 2.13. В начальный момент времени ёмкость C1 заряжена до 5 В. Какое напряжение будет на ёмкости через 1 секунду, если пороговое напряжение транзистора равно 0,5 В, напряжение $V_{dd} = 5$ В?

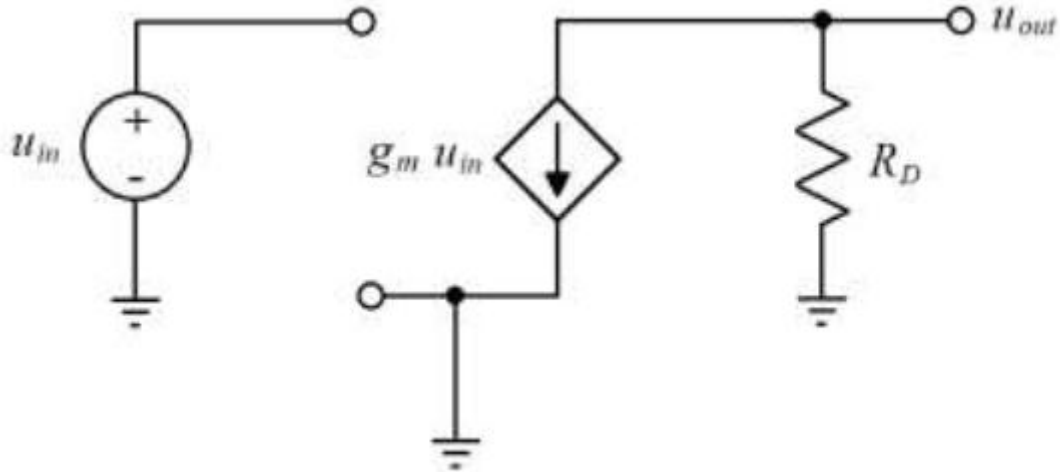


Ответ: 4,5 В.

3) расчетные, ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы (ответ содержит решение поставленной задачи):

ЗАДАНИЕ 3.1. Нарисуйте упрощенную малосигнальную схему замещения каскада с общим истоком.

Ответ:



ЗАДАНИЕ 3.2. Запишите уравнение для крутизны n-канального МОП-транзистора в области насыщения.

Ответ:

$$g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_{OP} = \frac{W}{L} \mu_n C'_{OX} V_{gseff}$$

ЗАДАНИЕ 3.3. Запишите уравнение для дифференциального сопротивления n-канального МОП-транзистора в области насыщения.

Ответ:

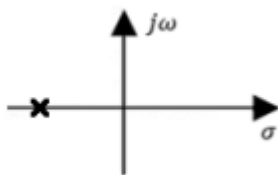
$$r_{ds} = \left. 1 / \frac{\partial I_D}{\partial V_{DS}} \right|_{OP} = \frac{1}{\frac{1W}{2L} \mu_n C'_{OX} V_{gseff}^2 \lambda}$$

ЗАДАНИЕ 3.4. Запишите уравнение для тока стока n-канального МОП-транзистора в области насыщения.

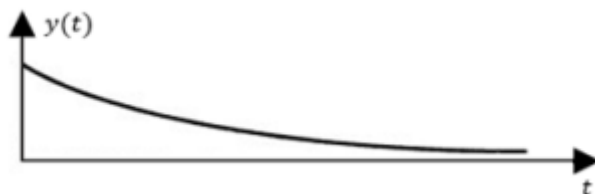
Ответ:

$$I_D = \frac{1}{2} \frac{W}{L} \mu_n C'_{OX} V_{Gseff}^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

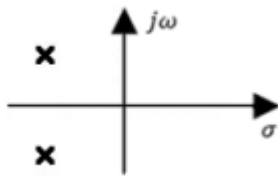
ЗАДАНИЕ 3.5. Схематично изобразите отклик на импульсное воздействие системы с полюсом, расположенным как на рисунке



Ответ:



ЗАДАНИЕ 3.6. Схематично изобразите отклик на импульсное воздействие системы с полюсами, расположенными как на рисунке

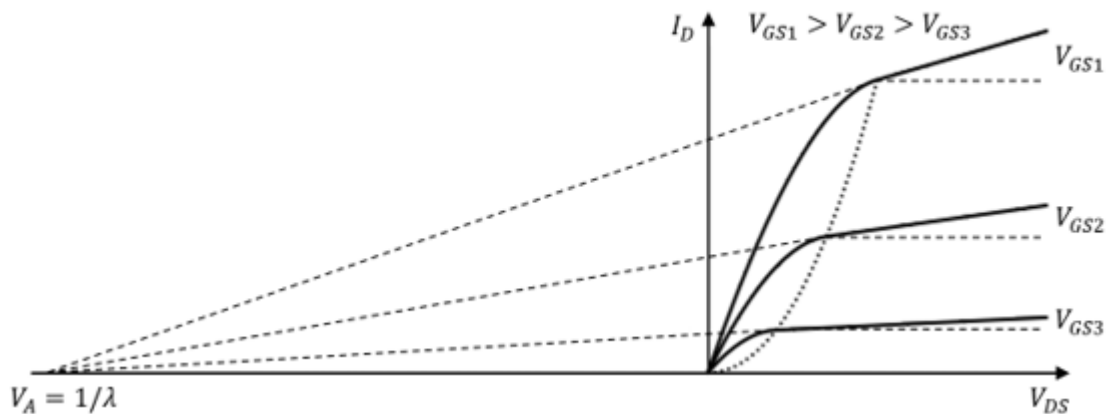


Ответ:



ЗАДАНИЕ 3.7. Схематично изобразите выходную характеристику полевого транзистора.

Ответ:



Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) тестовые задания:

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) задания с коротким ответом:

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

3) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы:

- 5 баллов – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 2 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).