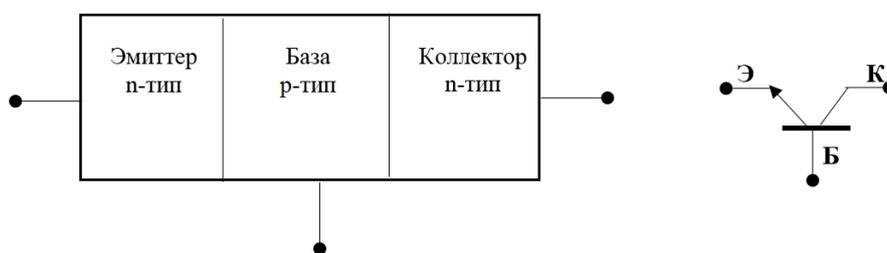


**Заключительный этап Олимпиады для школьников и студентов СПО
«Электронный наномир» 2024-2025 уч. год**

Секция: 9,10 классы

Задача

Транзистор – полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими р-п-переходами. Взаимодействие р-п-переходов заключается в том, что ток через один переход влияет на величину тока через другой. Транзистор состоит из трех областей: эмиттер, база, коллектор.



У транзистора бывает три режима работы:

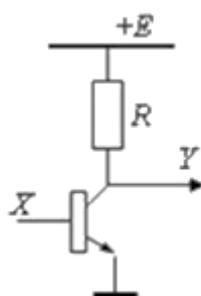
1. **Активный.** Здесь переход эмиттер-база находится в прямом смещении, через него может протекать большой ток при малом падении напряжения. Переход база-коллектор – в обратном смещении, ток пренебрежимо мал даже при больших напряжениях. Если организовать поток электронов из эмиттера в базу (подать прямое смещение), то, пройдя через базу, эти электроны перейдут в коллектор; ток коллектора увеличится. Этот режим применяется в аналоговой электронике для усиления сигналов.

2. **Режим отсечки.** Оба перехода в обратном (или нулевом) смещении. Здесь тока через транзистор нет, на коллекторе будет напряжение высокого уровня.

3. **Режим насыщения.** Оба перехода в прямом смещении, через транзистор может протекать большой ток при малом напряжении.

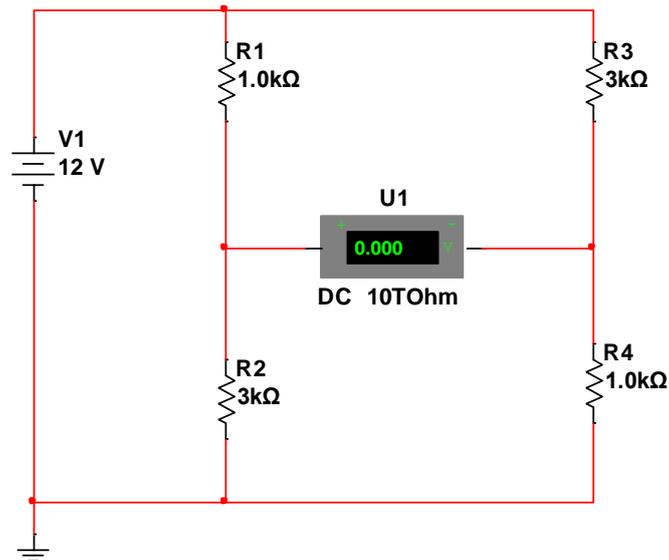
Последние два режима применяются в логических схемах. Принято считать, что напряжение высокого уровня – логическая единица, напряжение низкого уровня – логический ноль.

Составьте таблицу истинности для следующей логической схемы



Задача

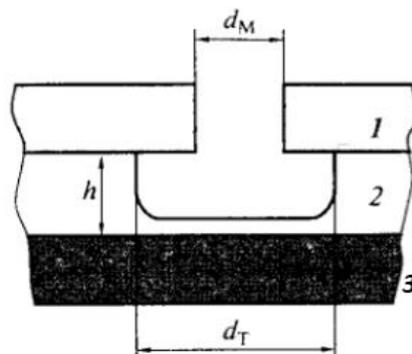
На рисунке представлена схема цепи. Определить показания вольтметра. Источник ЭДС и вольтметр идеальные.



Задача

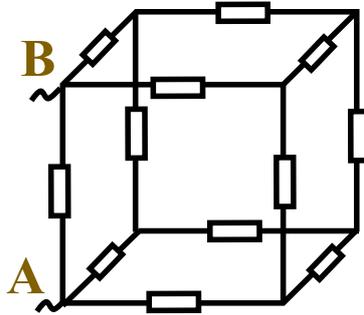
Одной из важных технологических операций при производстве интегральных схем является травление. Оно может быть жидкостным (в различных жидких травителях), может быть «сухим» (в плазме). Травление поверхности может быть сплошным (по всей площади), а может быть локальным (в определенных местах пластины). В случае локального травления требуется защита поверхности, не подвергаемой травлению. Для этого используются маски из разных материалов. Главное условие – скорость травления маски должна быть меньше скорости травления травимого материала (например, пленки диоксида кремния SiO_2), чтобы за время локального травления материала пленки маска не успела стравиться. Кроме того, следует учитывать, что травимая пленка может быть неоднородной по толщине.

Травление пленок диоксида кремния выполняют в плазме C_3F_6 . При давлении 40 Па и плотности тока 6 мА/см^2 скорость травления пленки диоксида кремния 1 равна $v_{\text{SiO}_2} = 3,33\text{ нм/с}$. При этих же условиях скорость травления пленки 2 поликристаллического кремния $v_{\text{Si}} = 0,67\text{ нм/с}$. Какова минимальная толщина маски 1 из поликристаллического кремния потребуется для локального удаления пленки 2 диоксида кремния толщиной $h = (2,00 \pm 0,10)\text{ мкм}$? (см. рисунок)



Задача

Между точками А и В цепи, показанной на рисунке, подключили напряжение 10 В. Все сопротивления в цепи одинаковы и равны $r = 50$ Ом. Определите ток, потребляемый этой схемой.



Задача

Вы разрабатываете антенну для квантовой связи! Ваша антенна – нанопровод длиной $L=10$ нм, который ведет себя как стоячая волна с узлами на концах (без промежуточных узлов).

1. Какова основная резонансная частота такого нанопровода, если скорость света $u=3 \cdot 10^8$ м/с?
2. Сколько энергии несет фотон на этой частоте? ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ Дж * с – постоянная Планка).
3. Какое минимальное напряжение нужно подать на провод, чтобы он мог излучить хотя бы один фотон?
4. Как изменится резонансная частота, если нанопровод изготовить из материала, в котором скорость света в 1.5 раза меньше, чем в вакууме?

Какой длины должен быть нанопровод, чтобы его частота совпала с Wi-Fi сигналом (2.4 ГГц)?

Задача

Ученые разрабатывают сверхмалые наноконденсаторы для квантовых компьютеров. Один из таких конденсаторов имеет две квадратные металлические пластины размером $d=5$ нм, расположенные в вакууме на расстоянии $L=2$ нм. Однако, при низких температурах в нем начинают проявляться квантовые эффекты, влияющие на его свойства.

1. Найдите классическую емкость конденсатора по формуле:

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{L}$$

где $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ – электрическая постоянная

2. Оцените энергию первого квантового уровня электрона в таком конденсаторе:

$$E_1 = \frac{h^2}{8mL^2}$$

где $m = 9.11 \times 10^{-31}$ кг – масса электрона, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Дж*с – постоянная Планка

3. Если конденсатор подключен к источнику $U=0.15$ В, какое количество электронов можно поместить в него, учитывая квантовую структуру уровней?
4. Секретное задание! (для самых упорных): найдите температуру, при которой квантовые эффекты начинают сильно влиять на поведение электронов в конденсаторе (Если $kT \approx E_1$, где $k = 1.38 \times 10^{-23}$ Дж/К, где k - постоянная Больцмана)