

## Фоторезистор

На этом уроке мы ознакомимся с несколькими электронными компонентами, а именно, с теми, которые необходимы для создания схемы, управляющей, например, уличным освещением в зависимости от интенсивности света на улице (день/ночь).

Далее мы обсудим основной компонент, о котором пойдет речь в сегодняшнем уроке – **фоторезистор или переменный резистор**, сопротивление которого изменяется обратно пропорционально интенсивности света.

Он широко используется для уличных фонарей с автоматическим включением. Один из примеров использования фоторезисторов, с которым мы сталкиваемся в повседневной жизни, – это схемы автоматического уличного освещения. Здесь фоторезисторы используются в схеме, в которую уличные фонари подключаются, когда на улице начинает темнеть, и отключаются утром, когда встает солнце, создавая таким образом умную и энергоэффективную схему.

Некоторые фоторезисторы используются в потребительских товарах, таких как: счетчики света, датчики света (например, в робототехнических проектах), часы с радио, определение препятствий, подсчет количества, датчики присутствия (в полиграфии) и т. д. Они также считаются хорошим детектором инфракрасного света и поэтому находят применение в инфракрасной астрономии.

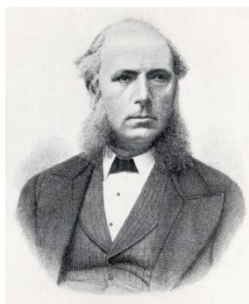
**Фоторезистор** – это сочетание слов «фотон» (т. е. частица света) и «резистор».

Как следует из названия, фоторезистор – это устройство или, можно сказать, резистор, зависящий от интенсивности света. По этой причине их также называют датчиками освещенности. Поэтому фоторезистор мы можем определить следующим образом:

**«Фоторезистор – это переменный резистор, сопротивление которого изменяется обратно пропорционально интенсивности света».**

Основная цель фоторезистора – преобразовать количество света, падающего на чувствительную область, в полезный электрический сигнал. Затем сигнал может быть обработан аналоговыми, цифровыми схемами или микроконтроллером.

Идея фоторезистора получила развитие после того, как в 1873 году Уиллоби Смит открыл эффект фотопроводимости селена. Затем было разработано несколько вариантов фотопроводящих устройств.



### Уиллоби Смит

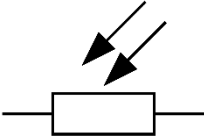

На этом уроке мы поставили перед собой цель выполнить монтаж установки для автоматического включения света при наступлении темноты, с помощью фоторезистора. Для этого монтажа нам понадобятся следующие компоненты:

- источник напряжения постоянного тока 12 В;
- фоторезистор типа GL5516;
- резистор 10 кОм;
- транзистор типа BC 140;
- СВЕТОДИОД.

Ниже для этих компонентов приведены обозначения в соответствии с DIN EN 60617, принципы работы и их применение.

### Обозначение фоторезистора

Для представления фоторезистора в электрической схеме выбирается символ, который указывает на то, что это светозависимое устройство и что это классический резистор.

Условное обозначение на схеме	Внешний вид
	

## Принцип функционирования фоторезистора

Чтобы понять принцип работы фоторезистора, нам нужно вспомнить, что такое валентные и свободные электроны.

**Валентные электроны** – это электроны, которые находятся на внешней орбите атома, они слабо связаны с ядром атома, что означает, что для того, чтобы сорвать их с орбиты, требуется небольшое количество энергии.

**Свободные электроны** – электроны, которые не прикреплены к ядру и, следовательно, могут свободно перемещаться при приложении внешней энергии, например, электрического поля. Таким образом, когда под действием определенной энергии валентный электрон покидает свою внешнюю орбиту, он действует как свободный электрон, готовый к движению в любой момент, когда приложено электрическое поле. Световая энергия используется для превращения валентного электрона в свободный электрон.

Этот фундаментальный принцип используется в фоторезисторе. Свет при попадании на фотопроводящий материал, поглощается им, образуя, в свою очередь, много свободных электронов из валентных электронов.

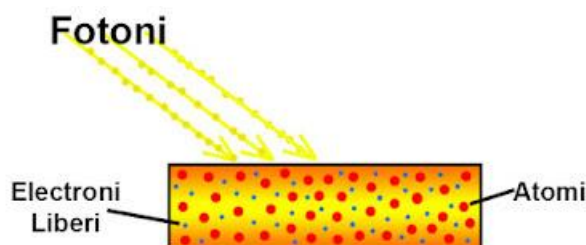


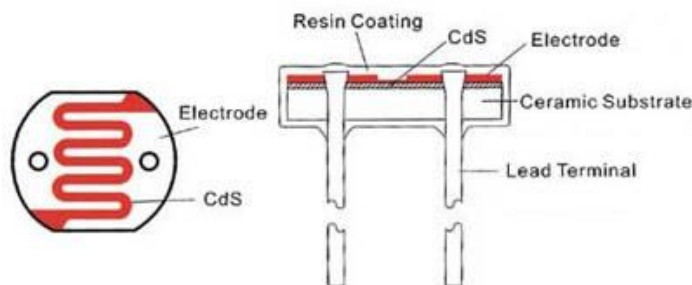
Рисунок 1. Принцип смещения электронов.



*Изменение сопротивления под воздействием светового потока называется фоторезистивным эффектом.*

Между двумя проводящими электродами находится полупроводник (показан красным цветом на рисунке 2), когда полупроводник не включен – его сопротивление велико, до определенного сопротивления. Когда эта область освещена, ее проводимость резко возрастает, и сопротивление соответственно уменьшается.

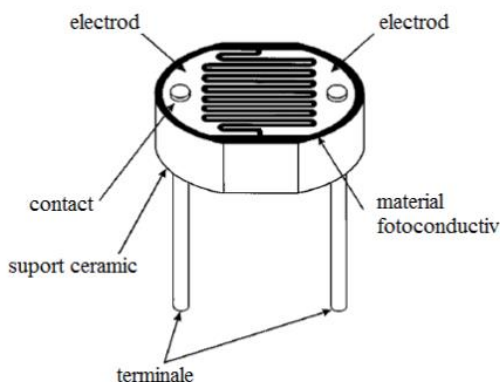
В качестве полупроводников могут использоваться такие материалы, как сульфид кадмия, сульфид свинца, селенит кадмия и другие. Спектральная характеристика зависит от выбора материала при изготовлении фоторезистора.



**Рисунок 2.**

Фоторезисторы **не** имеют полярности, поэтому у них нет р-п-перехода, это означает, что не имеет значения, в каком направлении течет ток. Мы можем проверить фоторезистор с помощью мультиметра в режиме измерения сопротивления, измерив сопротивление элемента при освещении и в темноте.

**Конструкция.** На изоляционную подложку наносится слой полупроводникового материала, на концах которого делаются два омических металлических контакта, к которым припаяны клеммы устройства. Для получения более высокого значения электрического сопротивления в темноте полупроводниковый материал располагается в гофрированной форме.



**Рисунок 3. Конструкция фоторезистора**



### Основные параметры:

- ✓ Темновое сопротивление – это характеристика для каждой конкретной модели;
- ✓ Электрическое сопротивление в темноте ( $R_0$ ) может достигать сотен МОм;
- ✓ Максимальное напряжение, допустимое на клеммах, обычно имеет значения выше 100 В;
- ✓ Максимальная рассеиваемая мощность от десятков до сотен МВт.



### Транзисторы

Транзисторы представляют собой активные полупроводниковые компоненты. Их можно разделить на биполярные и униполярные транзисторы.

Биполярные транзисторы обычно изготавливаются из кремния. Они состоят из трех полупроводниковых слоев, расположенных один на другом, в которых чередуются области n- и p-типа. В зависимости от последовательности этих областей создается тип PNP или NPN. NPN-транзисторы в основном используются как отдельные транзисторы.

Униполярные транзисторы									
Биполярные транзисторы			Однопереходный транзистор	Полевые транзисторы					
				JFET		FET с изолированным затвором			
						Р-канальный		N-канальный	
						Обогащенные	Обедненные	Обогащенные	Обедненные
NPN	PNP	IGBT	tip N	канал P-типа	канал N-типа	Обогащенные	Обедненные	Обогащенные	Обедненные

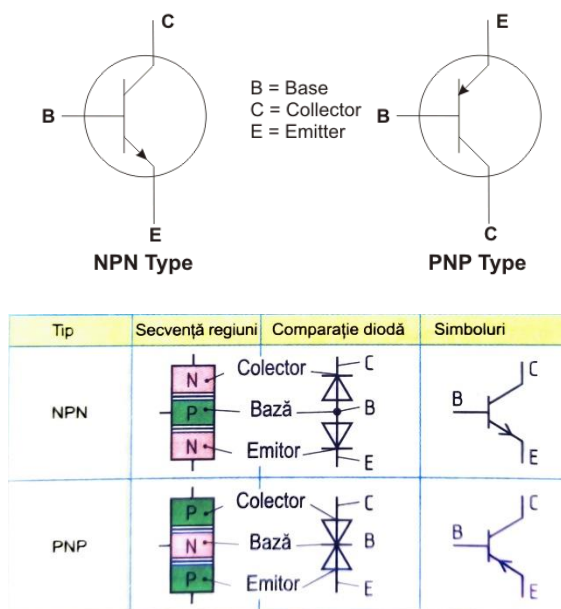
Таблица 2. Типы транзисторов и их обозначения.

**Структура.** Три полупроводниковых слоя находятся в контакте; связи между ними выведены наружу. Центральная зона называется **базой**; две внешние области называются **эмиттером** и **коллектором**.

**Эмиттер** испускает носители заряда, которые затем собираются **коллектором**.

При переходе между полупроводником типа **n** к типу **p**, образуются два перехода, расположенные в биполярном транзисторе.

При работе транзистора путь база-эмиттер направлен вперед, а путь база-коллектор направлен назад. Стрелка эмиттера в символе транзистора указывает направление тока.



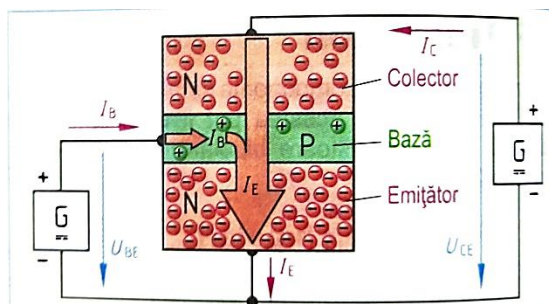
**Рисунок 4. Структура и условные обозначения биполярных транзисторов.**



Небольшой базовый ток  $I_B$  вызывает большой ток коллектора  $I_C$ , в транзисторе. Это называется **усилением постоянного тока**.

Большая часть носителей заряда проходит через коллектор под действием электрического поля перехода база-коллектор (Рисунок 5). Таким образом, ток в коллекторе становится высоким, в 10 – 500 раз превышая базовый ток. Величина деления  $I_C/I_B$  называется коэффициентом усиления постоянного тока  $\beta$ .

Для тока  $I_B = 2 \text{ мА}$  и  $I_C = 250 \text{ мА}$ , коэффициент усиления постоянного тока  $\beta = I_C/I_B$ ;  $250 \text{ мА} / 2 \text{ мА} = 125$ .



**Рисунок 5. Ток в NPN-транзисторах.**

Транзистор блокируется, если напряжение база-эмиттер  $U_{BE} = 0$  В, или меньше порогового значения 0,4 В.

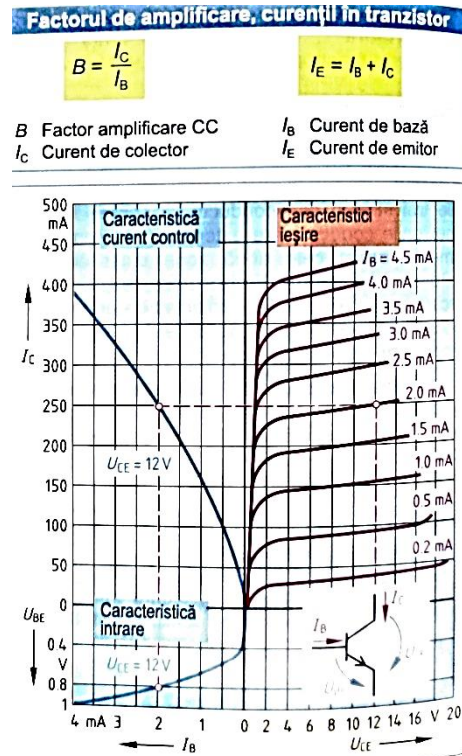
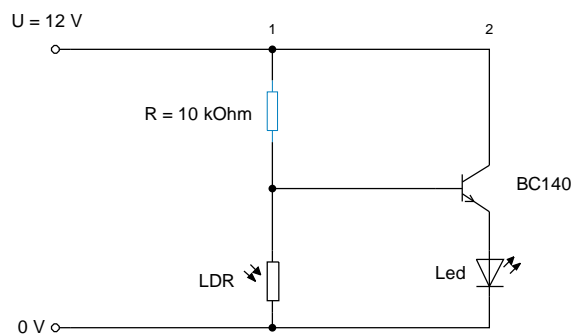


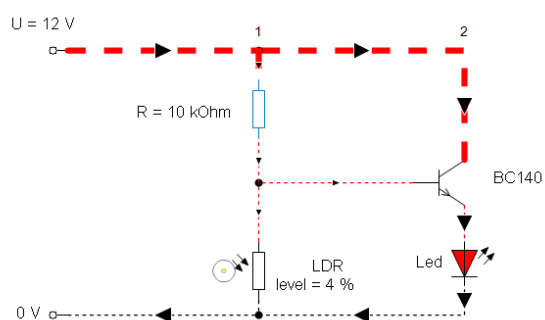
Рисунок 6. Наборы характеристических кривых транзистора BC135.



## Монтаж электрической цепи для автоматического включения света в темноте.



### Шаг 1. Фоторезистор уровня 4%.



### Шаг 2. Фоторезистор уровня 85%.

