

다이오드

IoT 응용 설계

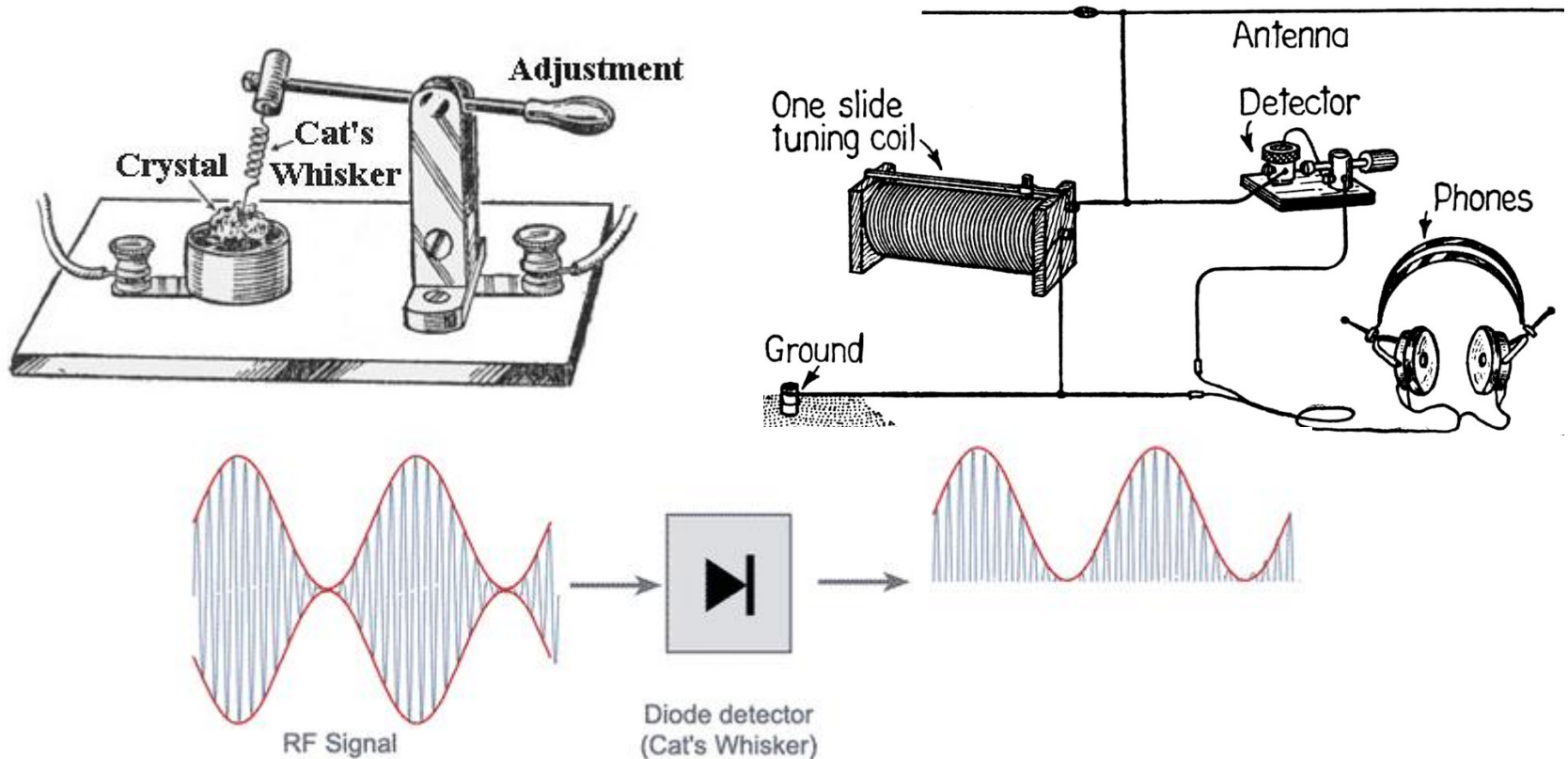
청주대학교 전자공학과
한철수

목차

- 개요
- 하나의 다이오드로 전류의 흐름 막기
- 정류용 다이오드 논의 사항
- 자신이 사용하는 다이오드 알아보기
- 다이오드의 종류 논의 사항
- 다이오드로 DC 전압 제어하기
- 제너 다이오드 논의 사항
- 빛을 밝히고 싶다
- LED 논의 사항
- 빛 감지하기
- 포토다이오드 논의 사항
- 질문과 답변

개요

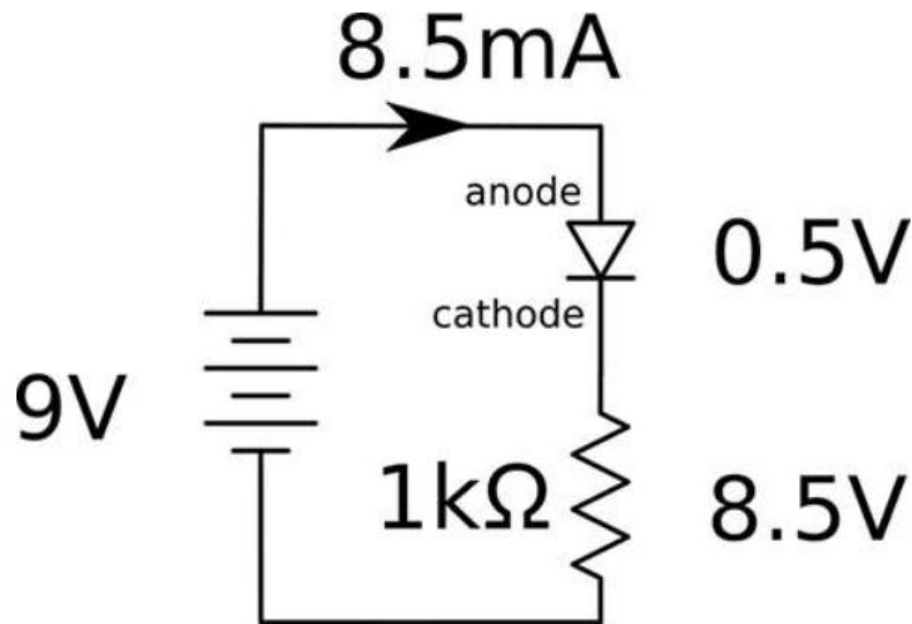
- 전자공학 분야에서 다이오드가 처음 사용된 사례는 고양이 수염 검출기(cat's whisker detector)이다.
 - 광석 라디오 (약 1906년~2차 세계대전 기간)



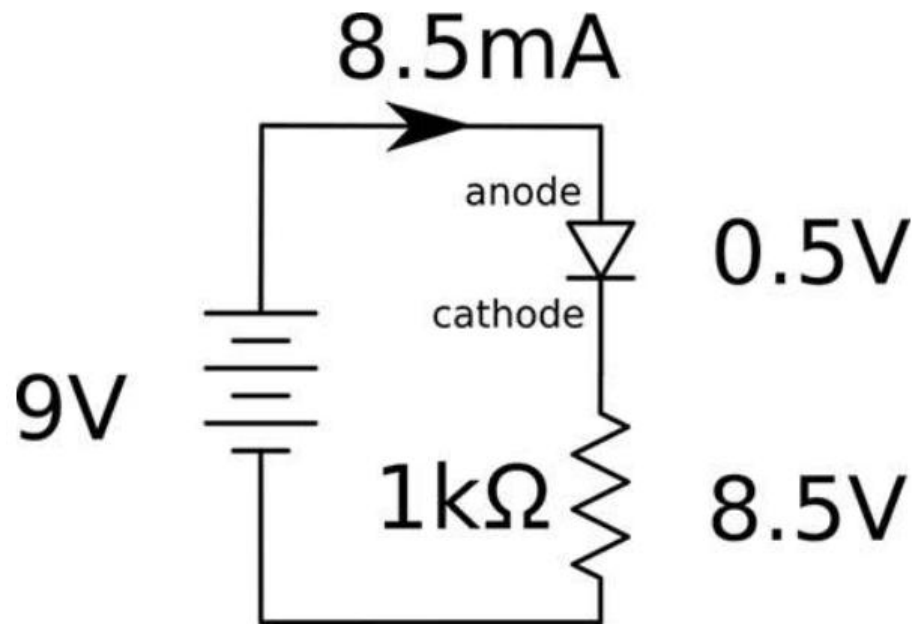
하나의 다이오드로 전류의 흐름 막기

- 다이오드는 본체를 통과한 전류가 한 방향으로만 흘러가도록 해 주는 부품이다.
- 전류가 파이프 속을 흐르는 물이라면, 다이오드는 단방향 밸브이다.
- 실제로 다이오드는 한쪽 방향으로서는 아주 낮은 저항을, 다른 방향으로서는 아주 높은 저항을 가한다.
- 따라서 단방향 밸브가 열려 있을 때는 전류의 흐름을 살짝 방해하고, 닫혀 있을 때에는 전류가 미세하게 샌다.

- 다이오드의 여러 유형 중 기본이 되는 것은 정류 다이오드 (rectifier diode)이다.
- 아래 회로처럼 전류가 흐르도록 연결된 다이오드를 순방향 바이어스 다이오드(forward-biased diode)라고 한다.
- 다이오드의 두 리드선은 각각 애노드(anode, 약자로 'a')와 캐소드(cathode, 약자로 'k')라고 한다.



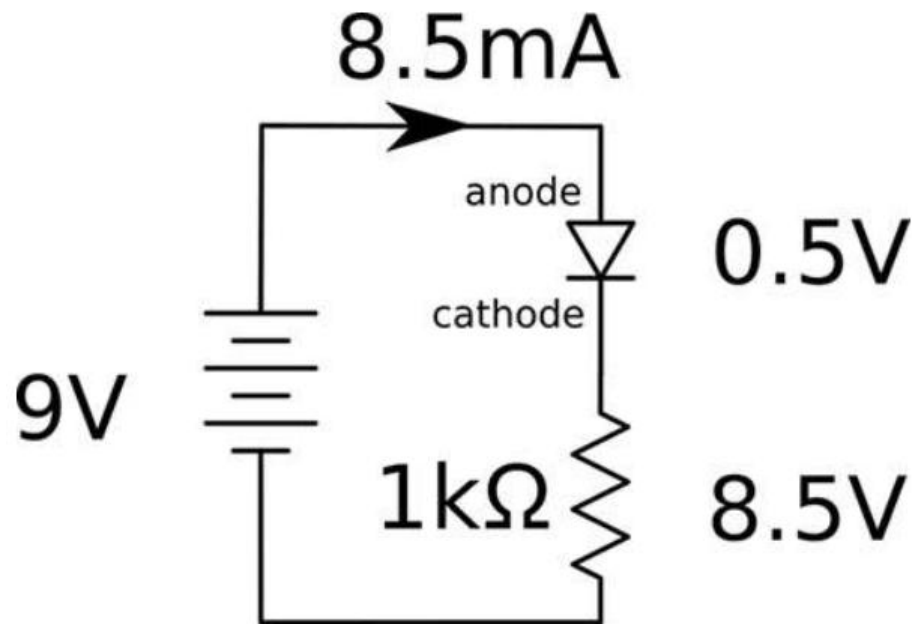
- 아래 회로처럼 순방향 바이어스 다이오드에서 애노드는 캐소드보다 높은 전압이 인가되어야 한다.
- 저항과 달리 다이오드에 걸리는 전압이 통과하는 전류에 비례해 변화하지 않고 일정하게 유지된다.
- 다이오드에 걸리는 전압은 유형에 따라 다르지만 보통 0.5V이다.



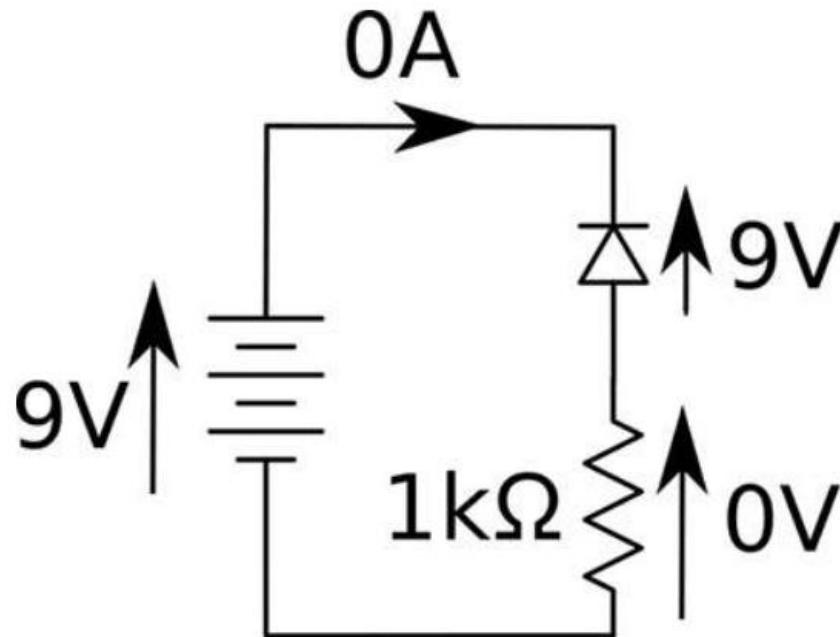
- 아래 회로에서 저항을 통과하는 전류의 값 계산

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9V - 0.5V}{1k\Omega} = 8.5mA$$

- 다이오드 대신 전선으로 교체하더라도 줄어드는 전류는 0.5mA에 불과하다.

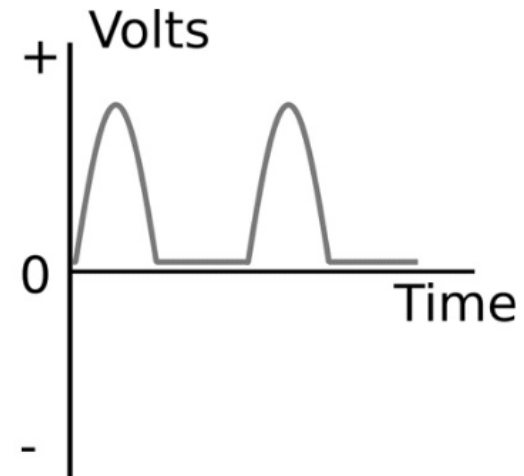
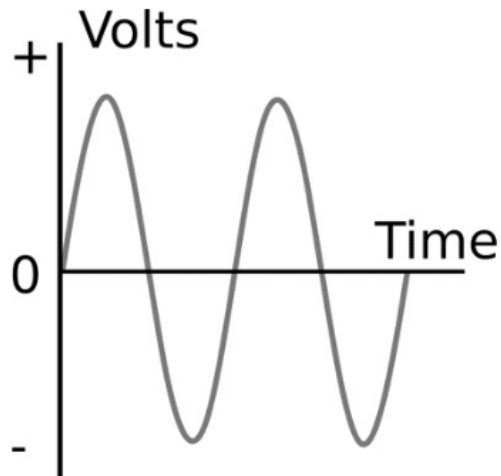


- 아래 회로에서는 다이오드의 방향이 반대가 되었다.
- 이러한 유형을 역방향 바이어스 다이오드(reverse-biased diode)라고 한다.
- 이 경우 전류가 저항으로 거의 흘러가지 못한다.



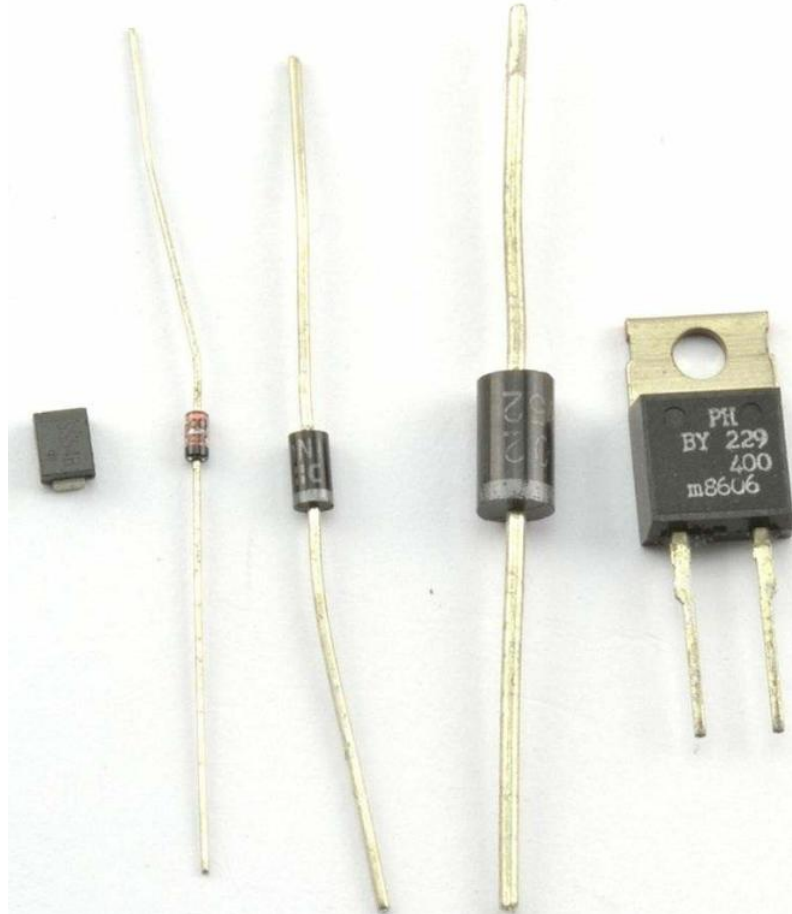
정류용 다이오드 논의 사항

- 전류를 한 방향으로만 흐르도록 하는 다이오드의 효과는 AC를 DC로 변환하는데 사용할 수 있다.
- 이러한 효과를 정류(rectification)라고 부른다.
- 다이오드를 거친 신호를 DC라고 부르기 힘들지만, 다이오드 뒤쪽으로 커패시터를 부하 저항과 병렬로 연결하면 신호가 매 끈해 지면서 거의 일정한 DC 전압을 얻을 수 있다.

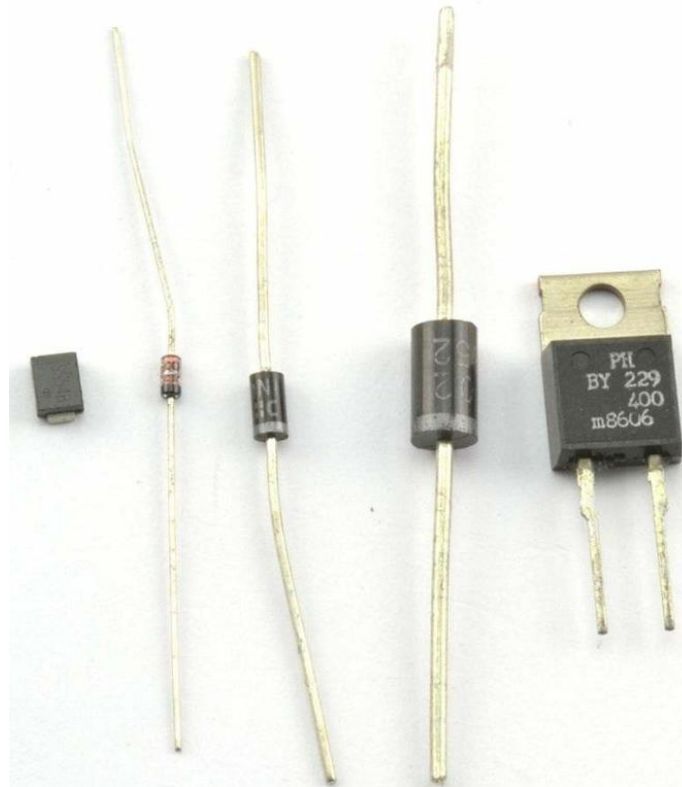


자신이 사용하는 다이오드 알아보기

- 여러 유형의 다이오드가 있다.
- 일반적으로 다이오드의 패키지가 클수록 처리 가능한 전력 용량이 커진다.



- 대부분의 다이오드는 검은 원통형 플라스틱의 몸통과 몸통의 한쪽 끝에 캐소드를 나타내는 선으로 이루어 진다.
- 아래 그림에서 가장 왼쪽은 SMD 타입이고, 나머지는 쓰루홀 타입으로 크기가 커질수록 정격 전류가 크다.



다이오드의 종류 논의 사항

- 값을 기준으로 구입하는 저항과 달리, 다이오드는 제조사의 부품 번호로 구입한다.
- 아래 표는 일반적으로 사용되는 정류 다이오드를 나타낸다.
- 순방향 전압(Forward Voltage)은 순방향 바이어스 다이오드에 걸리는 전압을 의미하고, 약어로 V_f 로 표기한다.

Part Number	Typical Forward Voltage	Maximum Current	DC Blocking Voltage	Recovery Time
1N4001	0.6V	1A	50V	30 μ s
1N4004	0.6V	1A	400V	30 μ s
1N4148	0.6V	200mA	100V	4ns
1N5819	0.3V	1A	40V	10ns

- DC 차단 전압(DC Blocking Voltage)은 초과할 경우 다이오드를 손상시킬 수 있는 역방향 바이어스 전압이다.
- 회복 시간(Recovery Time)은 순방향 바이어스의 전도 상태에서 역방향 바이어스의 차단 상태로 전환되기까지의 시간이다.
- 어떤 다이오드에서도 이 과정이 즉각적으로 이루어지는 것은 아니며, 일부 응용 분야에서는 빠른 스위칭이 요구된다.

Part Number	Typical Forward Voltage	Maximum Current	DC Blocking Voltage	Recovery Time
1N4001	0.6V	1A	50V	30 μ s
1N4004	0.6V	1A	400V	30 μ s
1N4148	0.6V	200mA	100V	4ns
1N5819	0.3V	1A	40V	10ns

- 1N5819 다이오드는 쇼트키(Schottky) 다이오드라고 불린다.
- 쇼트키 다이오드는 순방향 전압의 크기가 훨씬 작고 발생하는 열도 작다.

Part Number	Typical Forward Voltage	Maximum Current	DC Blocking Voltage	Recovery Time
1N4001	0.6V	1A	50V	30 μ s
1N4004	0.6V	1A	400V	30 μ s
1N4148	0.6V	200mA	100V	4ns
1N5819	0.3V	1A	40V	10ns

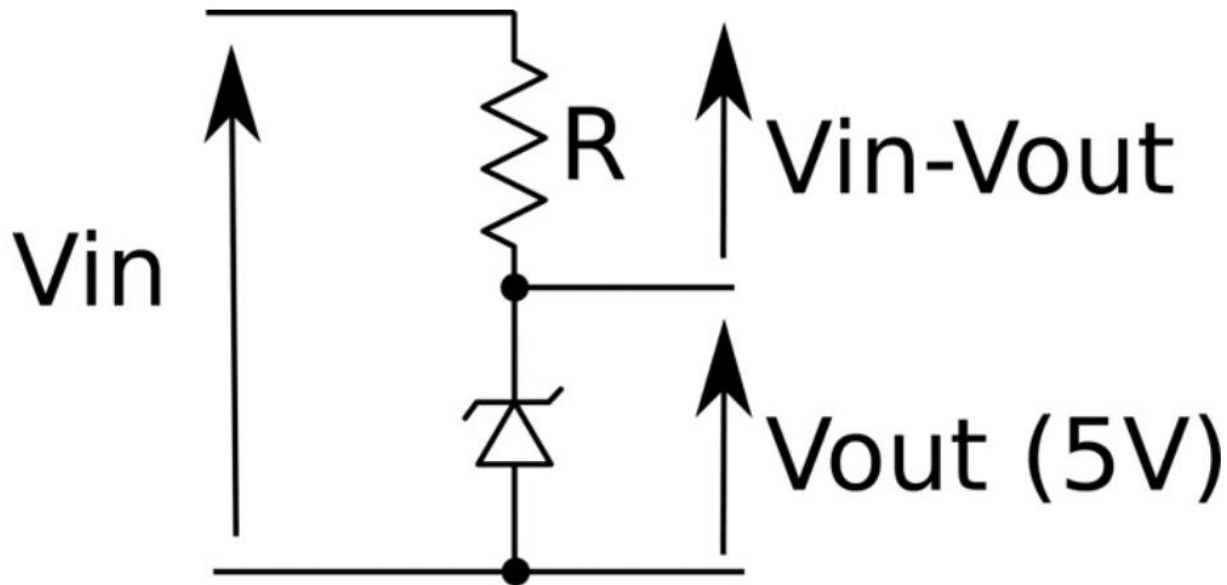
다이오드로 DC 전압 제어하기

- 다이오드를 사용해서 일정 크기 이상의 전압을 흘려 보내고 싶다면 제너(Zener) 다이오드를 사용한다.
- 제너 다이오드는 순방향 바이어스 상태일 때 일반 다이오드와 같은 동작을 해 전류를 흘려 보내고, 역방향 바이어스 상태일 때 전압이 낮으면 일반 다이오드와 마찬가지로 저항 값이 크다.
- 그러나 역방향 바이어스 전압이 어느 수준(항복 전압)을 넘어서면, 제너 다이오드는 순방향 바이어스 상태인 것처럼 즉시 전류를 흘려 보낸다.

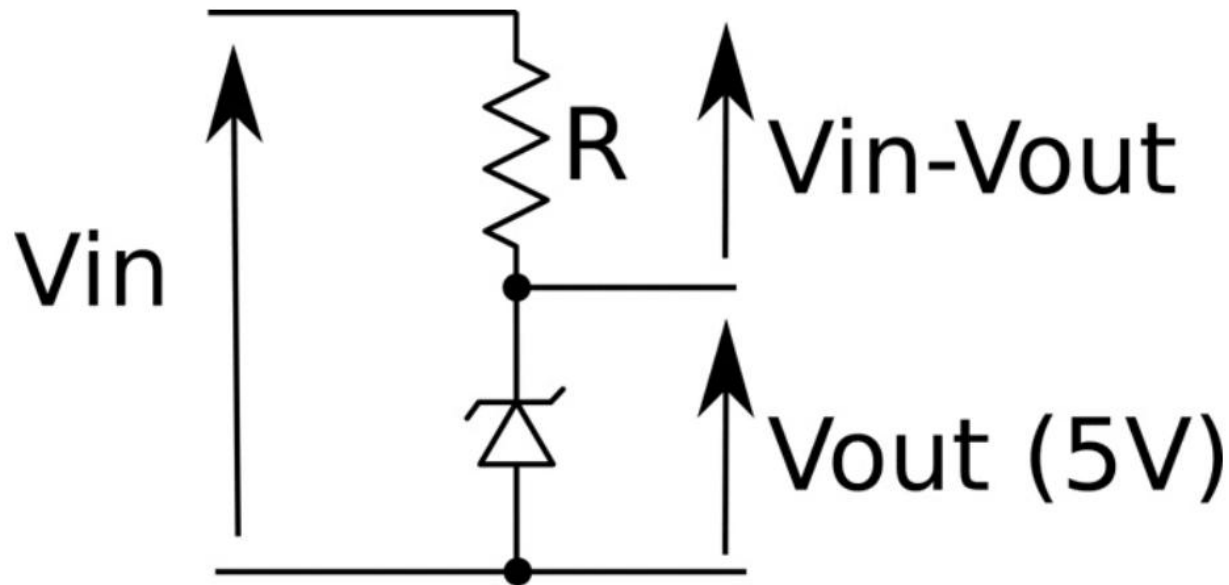
-
- 실제로 일반 다이오드는 높은 전압에서 제너 다이오드와 동일한 행동을 보이지만 손상이 발생할 수 있다.
 - 제너 다이오드는 항복 전압에서 항복 현상이 일어나더라도 손상이 발생하지 않는다.

제너 다이오드 논의 사항

- 제너 다이오드는 기준 전압(voltage reference)을 제공하고자 할 때 유용하다.
- 제너 다이오드의 기호는 캐소드 쪽에 짧은 팔이 달려 있다.
- 회로에서 저항 R 은 제너 다이오드를 통과하는 전류를 제한한다. 이 전류는 다이오드 양단에 연결된 부하로 흐르는 전류보다 항상 훨씬 큰 것으로 가정한다.



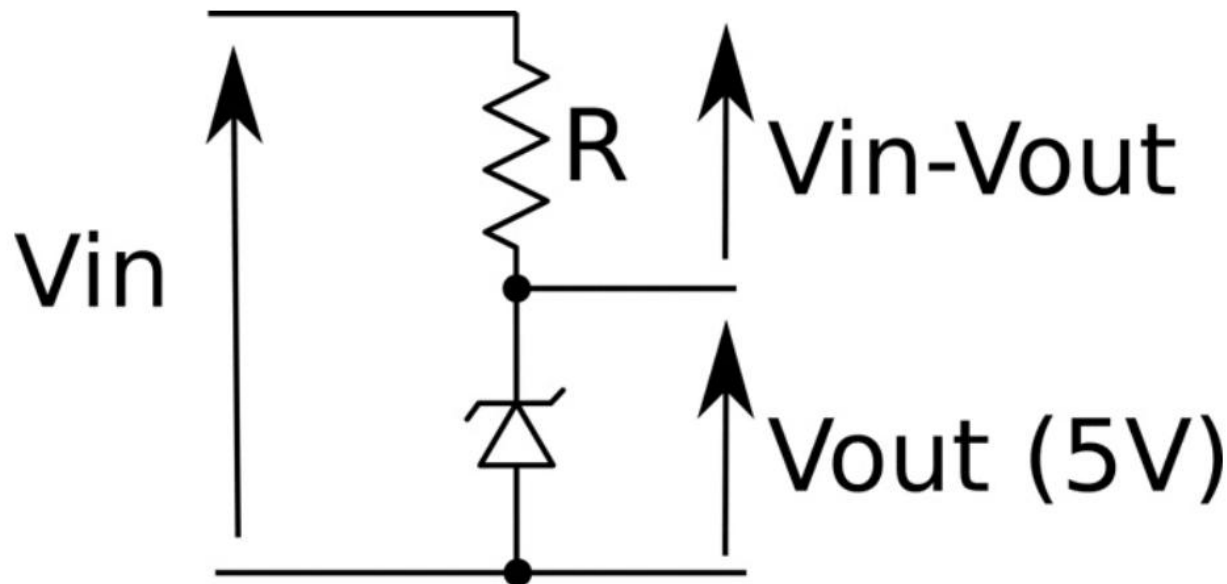
- 이 회로는 기준 전압을 제공할 때에만 유효하다.
- 기준 전압은 안정적인 전압 값을 제공하지만 부하 전류는 거의 제로에 가깝다.
- 이러한 예는 제너 다이오드를 트랜지스터와 함께 사용할 때이다.



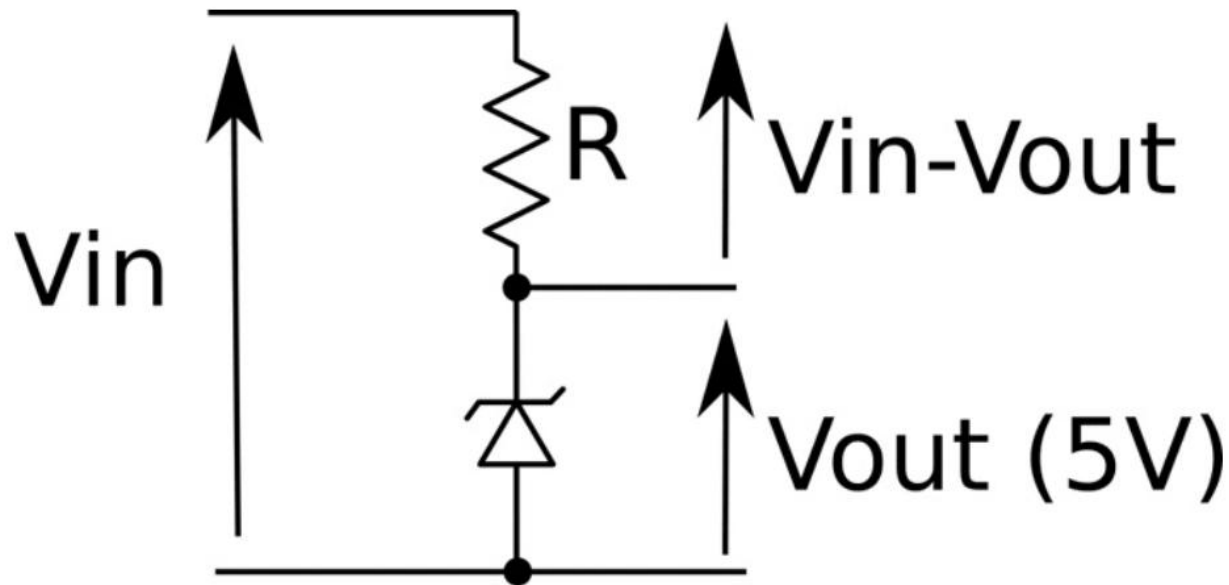
- 저항 값이 $1k\Omega$ 이고, V_{in} 이 $12V$ 라면 흐르는 전류의 계산

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12 - 5}{1000} = 7mA$$

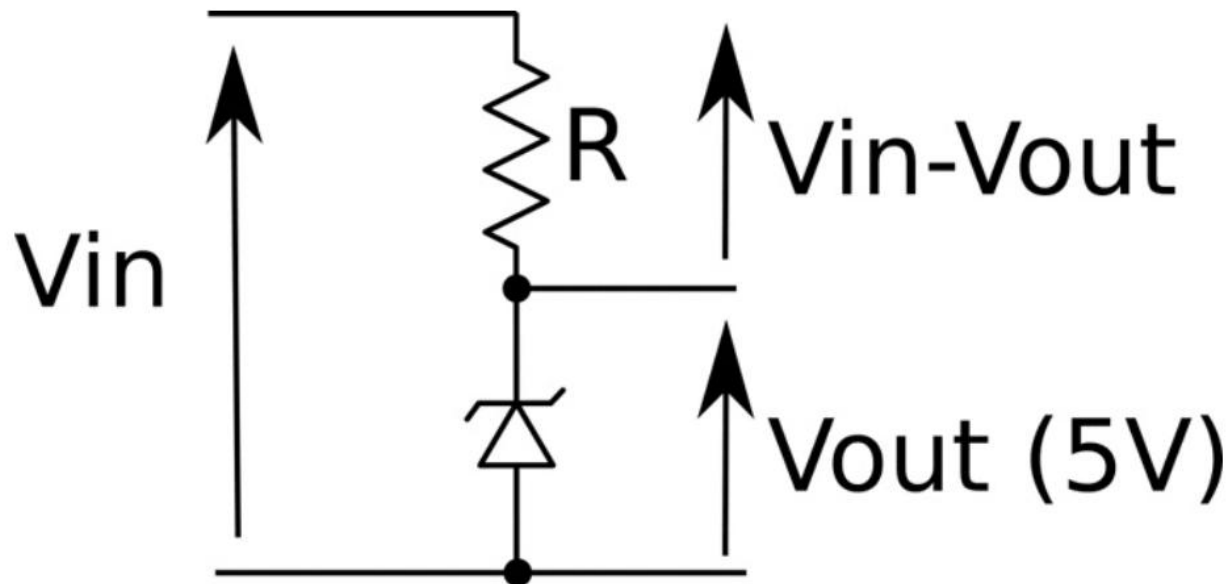
- 출력 전압(V_{out})은 V_{in} 이 $5V$ 보다 크기만 하다면 거의 $5V$ 로 유지된다.



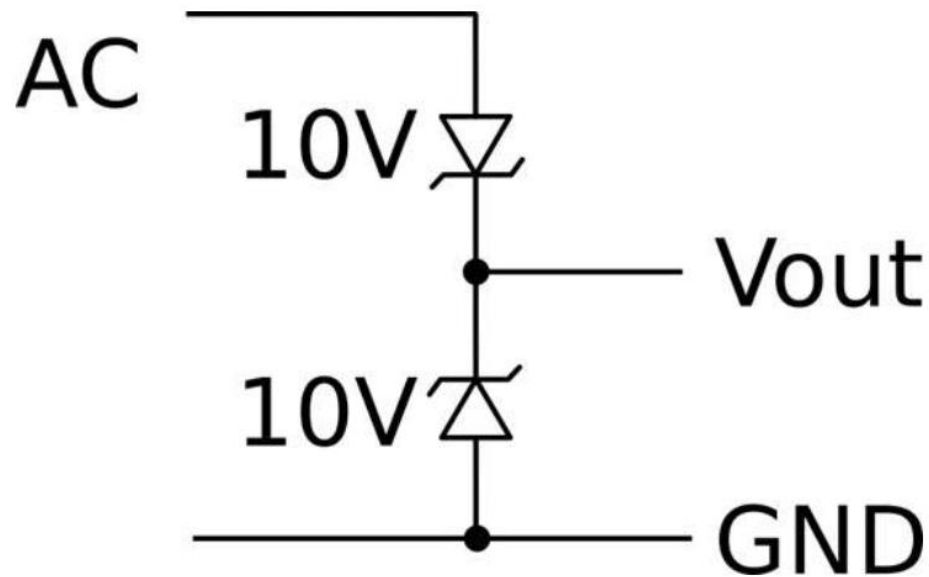
- 왜 V_{in} 이 5V보다 크기만 하다면 거의 V_{out} 이 5V로 유지될까?
- 만약 제너 다이오드에 걸리는 전압이 5V 항복 전압보다 낮다면, 제너 다이오드의 저항이 높아지고, 저항 R 과 제너 다이오드의 저항에 의한 전압 분배에 의해 제너 다이오드에 걸리는 전압은 항복 전압보다 높아진다.



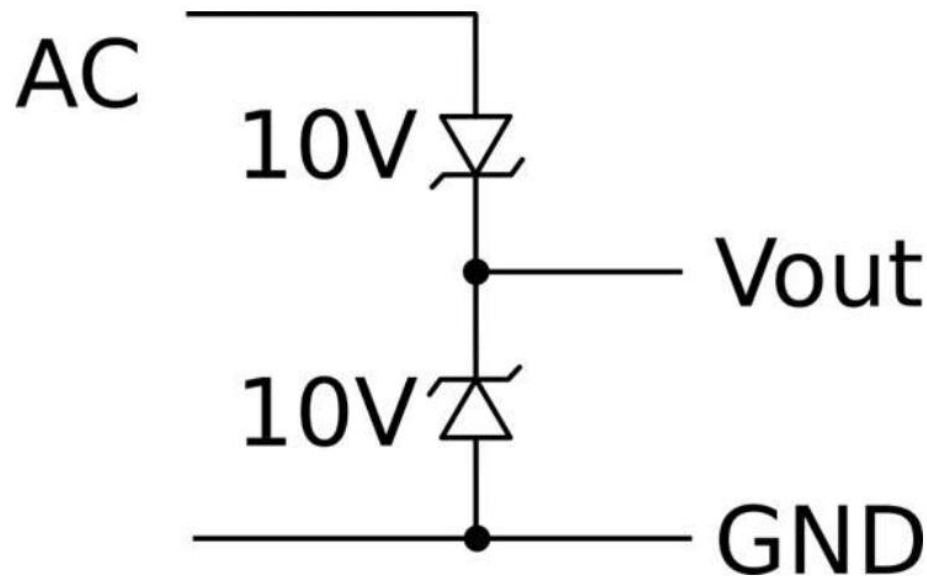
- 전압이 항복 전압(5V)을 초과하면 제너 다이오드에 전류가 흐르기 시작하면서 V_{out} 은 5V로 낮아진다.
- V_{out} 이 5V 밑으로 떨어지면 다이오드가 작동을 멈추고 V_{out} 은 다시 증가한다.
- 위의 과정을 반복하기 때문에 V_{out} 은 5V를 유지한다.



- 제너 다이오드는 정전기 방전이나 장비의 잘못된 연결로 인한 고전압 스파이크로부터 민감한 전자 부품을 보호하는 데에도 사용된다.
- 아래 회로에서 $\pm 10\text{V}$ 를 넘지 않을 것이라 생각되는 증폭기의 입력(V_{out})이 높은 양과 음의 전압(AC) 모두로부터 보호된다.



- 입력 전압이 허용 범위 내에 있을 때 제너 다이오드는 높은 저항 상태를 유지하여 입력 신호에 영향을 주지 않는다.
- 전압이 어느 방향으로든 허용 범위를 초과하는 즉시 과잉 전압을 접지로 흘려 보낸다.

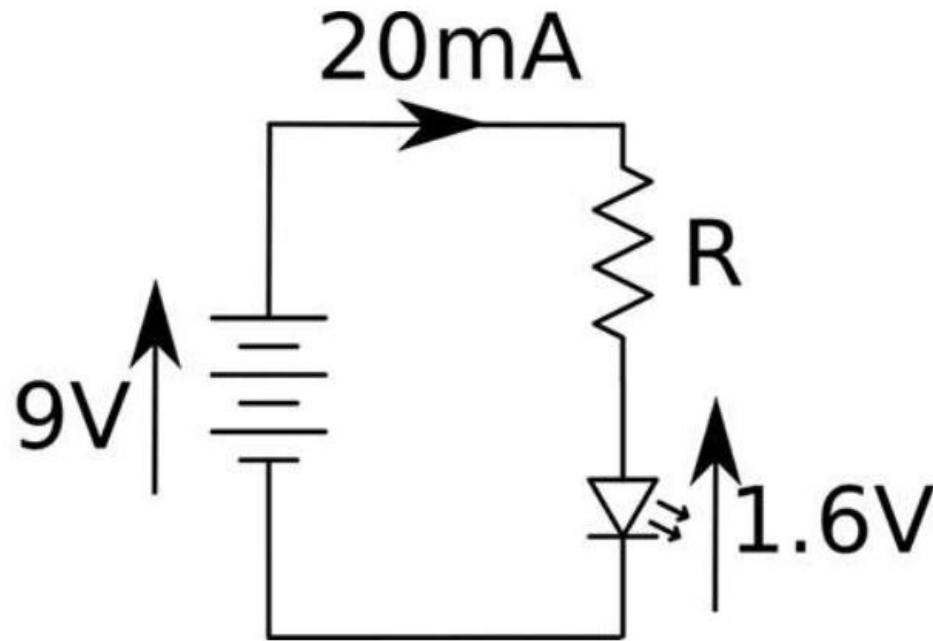


빛을 밝히고 싶다

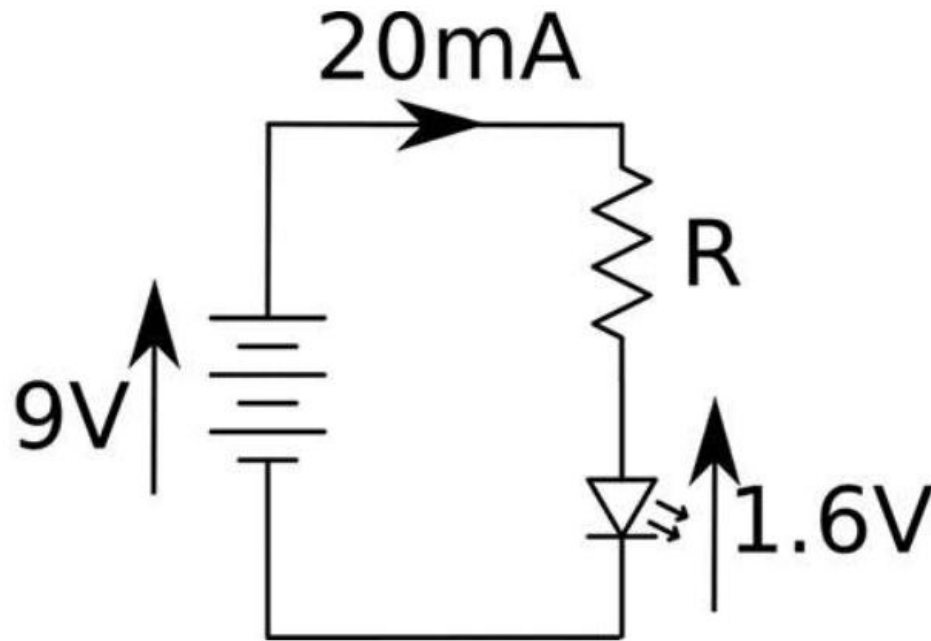
- LED(light-emitting diode)는 전력 소비가 크지 않으면서도 빛을 낼 수 있는 부품이다.
- LED는 역방향 바이어스 상태에서 전류를 차단한다는 점에서 표준 다이오드와 비슷하지만, 순방향 바이어스 상태에서 빛을 낸다는 점이 다르다.
- LED의 순방향 전압(V_f)은 정류 다이오드의 일반적인 순방향 전압인 0.5V보다 크고, LED의 색에 따라 다르다.
- 일반적으로 빨간색 표준 LED의 순방향 전압은 약 1.6V이다.

LED 논의 사항

- 아래 회로는 LED를 저항과 직렬로 연결한 것이다.
- 저항은 지나치게 높은 전류로 인해 LED가 손상되는 것을 막기 위해 필요하다.

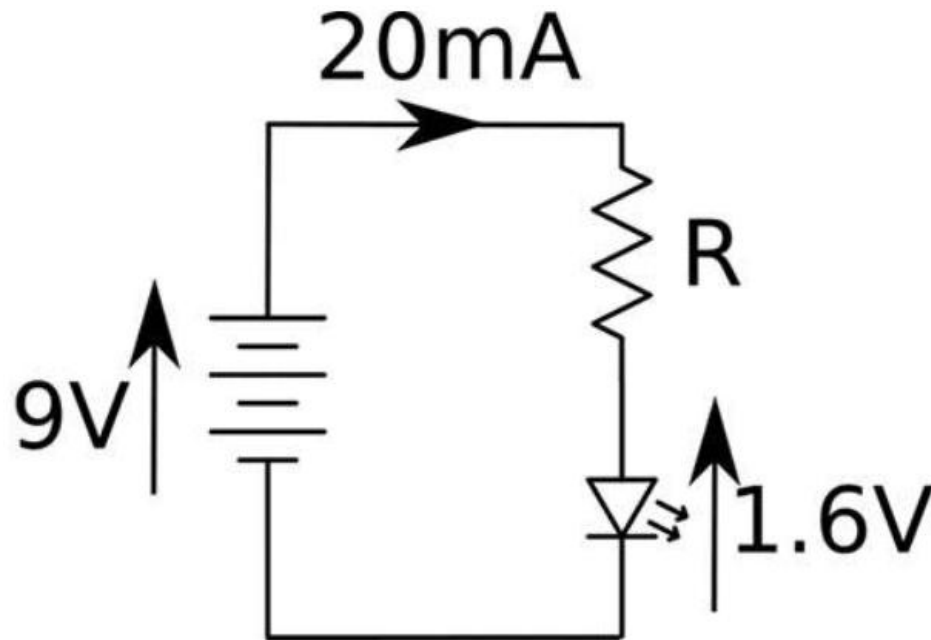


- LED는 보통 1mA의 전류에서 빛을 발하기 시작한다.
- 최적의 밝기를 내기 위해서는 일반적으로 약 20mA의 전류가 필요하다.
- LED의 데이터시트에 최적 및 최대 순방향 전류 값(I_f)이 명시되어 있다.



- 9V 배터리로 전압이 공급될 때 LED의 Vf가 1.6V라면, 20mA의 전류를 흘리기 위해 필요한 저항 값은

$$R = \frac{V}{I} = \frac{9V - 1.6V}{20mA} = 370\Omega$$



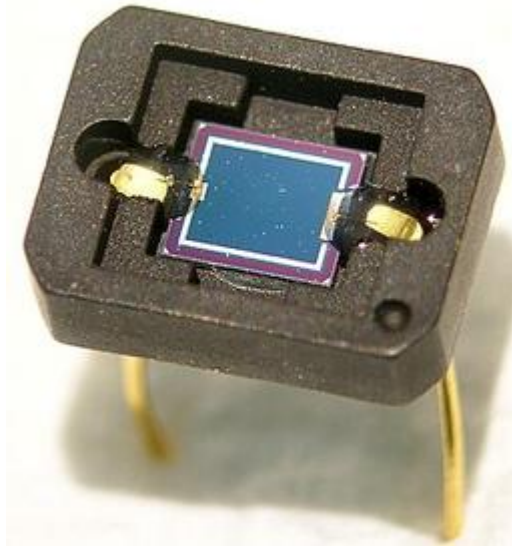
-
- 370Ω은 일반적으로 사용되는 저항 값이 아니기 때문에, 대신 360Ω 저항을 사용한다면 전류는

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9V - 1.6V}{360\Omega} = 20.6mA$$

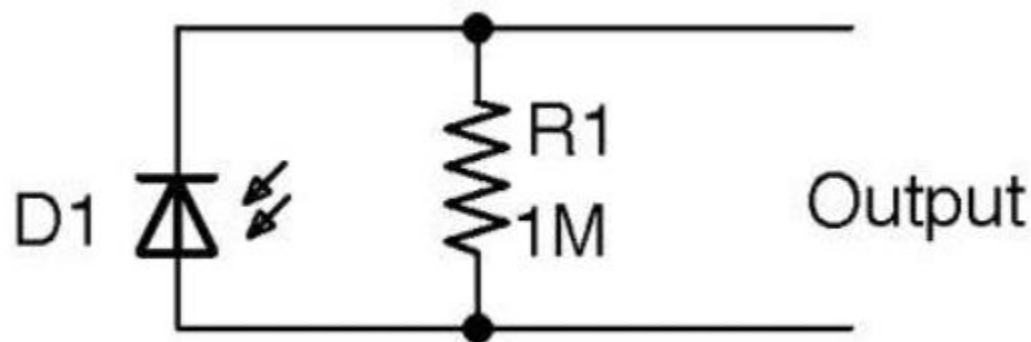
- 이 정도의 전류 크기면 별 문제가 발생하지 않는다.
- LED의 전류를 제한하기 위한 적절한 저항 값을 찾는 일은 매우 흔한 작업이고, 매번 이러한 계산 과정을 거칠 필요는 없다.
- 보통 경험적 규칙(rule of thumb)에 따라 전류 제한 저항을 선정한다.

빛 감지하기

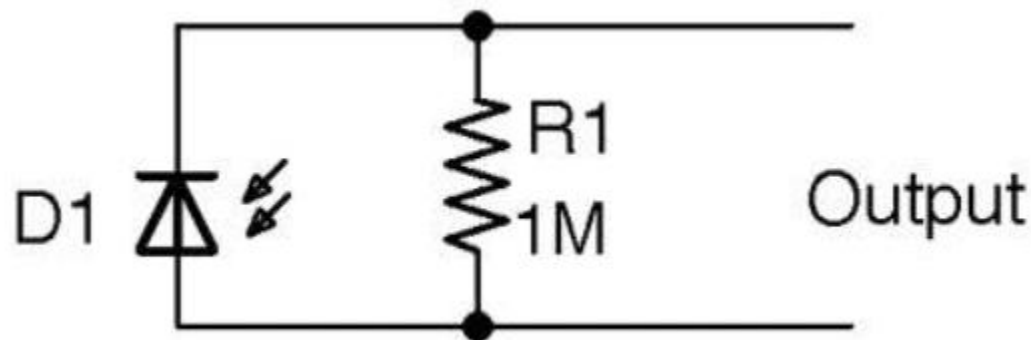
- 포토다이오드(photodiode, 광다이오드)를 이용해 조도를 측정할 수 있다.
- 포토다이오드는 빛에 민감한 다이오드이다.
- 투명한 창이 있는 유형이 일반적이지만, 적외선용 포토다이오드는 검은색 플라스틱 케이스를 사용한다.
- 검은색 플라스틱 케이스는 적외선은 통과시키지만 과시광선에는 반응하지 않도록 막아준다.



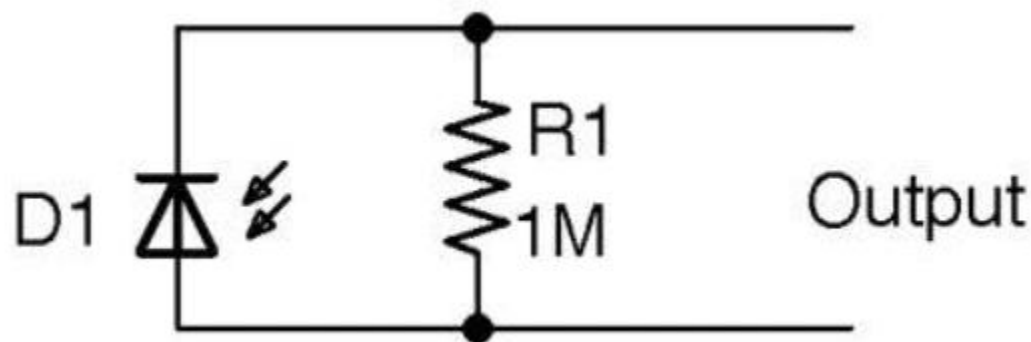
- 포토다이오드는 소형 태양 전지로 사용할 수 있다.
- 포토 다이오드는 빛을 받으면 적은 양의 전류를 발생시킨다.
- 아래 회로는 포토다이오드와 저항으로 회로에서 사용할 수 있는 소량의 전압을 생성한다.
- 이 회로에서 밝은 빛을 받았을 때의 전압은 100mV 정도이다.



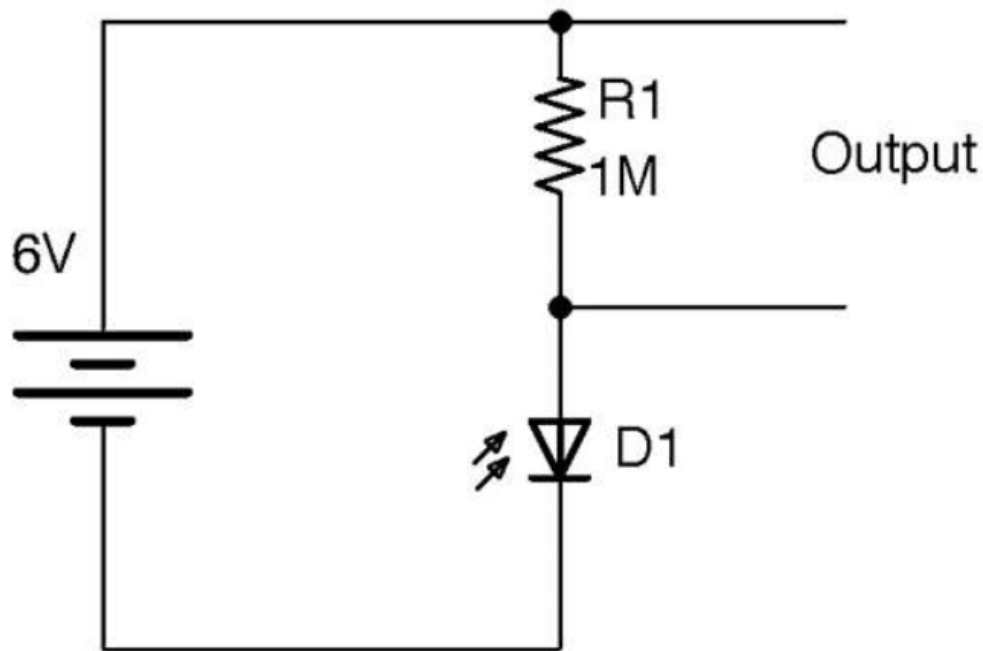
- 회로에서 저항은 포토다이오드에서 생성된 소량의 전류를 전압으로 변환시키는데 필요하다($V=IR$).
- 전압을 측정한다면 측정하는 장치의 저항 값(임피던스)에 전압이 따라 달라진다.
- 예를 들어 입력 임피던스가 10M Ω 인 멀티미터와 100M Ω 인 멀티미터는 완전히 다른 전압 값을 보일 것이다.



- R1 저항은 출력 전압을 일정하게 유지해 준다.
- 출력단에 연결되는 장치의 임피던스는 R1의 값보다 훨씬 높아야 한다.
- 예를 들어 출력단에 연결된 장치가 OP 앰프라면 입력 임피던스는 수백 M Ω 이므로 출력 전압을 크게 변화시키지 않는다.
- R1의 저항 값을 줄이면 출력 전압도 낮아지기 때문에 적절히 선택하는 것이 중요하다.



- 감도를 높이기 위해 포토다이오드를 아래 회로처럼 전원과 함께 광전도 모드(photoconductive mode)로 사용할 수 있다.



포토다이오드 논의 사항

- 포토다이오드는 선형성이 뛰어나 광도계에 자주 사용된다.
- 반응 속도가 빨라 통신 시스템에서 광신호를 감지하는 데에도 쓰인다.
- 포토레지스터(광저항)와 포토트랜지스터(광트랜지스터)의 감도가 더 높기 때문에 포토다이오드보다 더 많이 사용되는 경향이 있다.

질문과 답변

Q&A