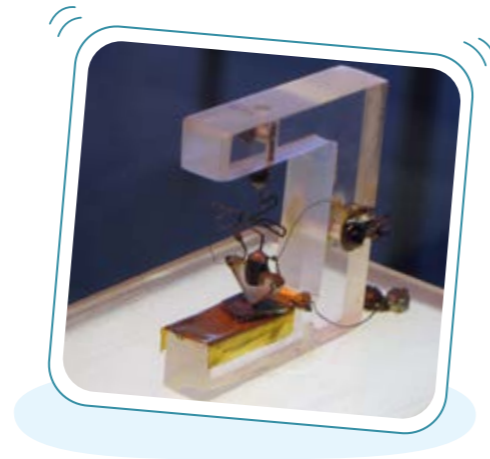


반도체 소자를 활용한 전자 회로

학습 목표 다이오드, 트랜지스터 등 반도체 소자를 활용하는 전자 회로를 분석하고, 현대 문명에서 반도체의 중요성을 알 수 있다.

1947년 과학자들은 최초의 트랜지스터를 발명했다. 이 발명을 현대 전자 문명의 시작이라고 말하기도 한다. 이렇게 말할 수 있는 까닭은 무엇일까?



다이오드와 정류 회로

다이오드는 대표적인 반도체 소자 중 하나이다. 그림 I-38과 같이 반도체 소자는 반도체를 이용해 만든 전자 부품을 말하며, 다이오드 외에도 트랜지스터, 집적 회로(IC) 등이 있다. 오늘날 반도체 소자는 컴퓨터, 휴대 전화, 텔레비전, 전자레인지뿐만 아니라 자동차, 로봇, 무선 통신 기기, 자동화 기기, 우주 망원경 등 우리 일상생활과 산업 전반에 깊이 관련되어 있다.



그림 I-38 여러 가지 반도체 소자

다이오드는 순방향 전압이 걸렸을 때에만 전류가 흐르는 특성이 있다. 즉, 한쪽 방향으로만 전류가 흐르므로, 이 특성을 이용하면 전류의 방향을 제어할 수 있다. 일상생활에서 사용하는 전자 기기 중에는 스마트 기기와 같이 직류를 이용하는 것들이 많다. 가정에는 교류가 공급되므로 전자 기기에 직류를 공급하기 위해서는 교류를 직류로 바꾸는 장치가 필요하다. 이렇게 교류를 직류로 바꾸는 데 정류 회로가 이용된다. 정류 회로는 다이오드를 이용해 한 방향으로만 전류가 흐르게 하는 회로이다.

교류는 전압이 주기적으로 변하는데 다이오드에 순방향 전압이 걸리면 회로에 전류가 흐르고, 역방향 전압이 걸리면 전류가 흐르지 않는다. 그림 I-39와 같이 다이오드 1 개를 이용하면 입력된 신호가 순방향일 때에만 통과하므로 전체 신호의 절반만 통과한다.

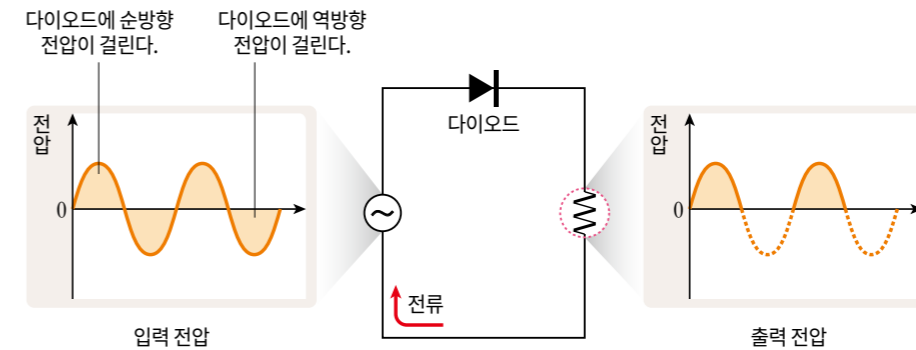


그림 I-39 다이오드의 정류 회로

그림 I-40과 같이 다이오드 4 개를 이용해 만든 회로에서 전류의 흐름을 살펴보자. A 방향으로 전류가 흐를 때에는 D_2 와 저항, D_4 를 통해 전류가 흐른다. 입력 신호의 방향이 바뀌어 B 방향으로 전류가 흐를 때에는 D_3 과 저항, D_1 을 통해 전류가 흐른다. 즉, 4 개의 다이오드를 이용하면 입력 신호의 방향에 상관없이 저항에는 일정한 방향으로 전류가 흐르게 할 수 있다.

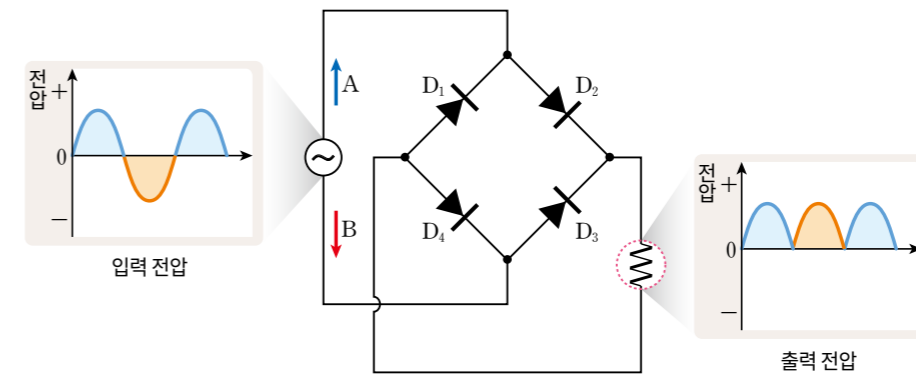


그림 I-40 다이오드 4 개로 구성된 회로에 흐르는 전류

실제 정류 회로에서는 다이오드뿐만 아니라 축전기와 집적 회로를 이용해 입력된 교류를 일정한 세기의 직류로 출력한다.

스스로 확인

- 1 () 회로는 교류를 직류로 바꾸는 전기 회로이다.
- 2 다이오드 1 개만 이용해도 입력되는 교류 신호를 모두 통과시킬 수 있다. (O, X)

트랜지스터의 구조

트랜지스터는 전자 회로의 기본 구성 요소이며, 회로에서 전류의 흐름을 제어하는 데 중요한 역할을 한다. 기본적인 트랜지스터는 p-n 접합 다이오드에 p 형 반도체나 n 형 반도체를 하나 더 접합하여 만든 형태이다. 그림 I-41과 같이 트랜지스터는 p 형 반도체와 n 형 반도체를 접합하는 순서에 따라 p-n-p 형 트랜지스터와 n-p-n 형 트랜지스터로 나뉘며, 트랜지스터를 이루는 세 부분을 각각 이미터(E), 베이스(B), 컬렉터(C)라고 한다.

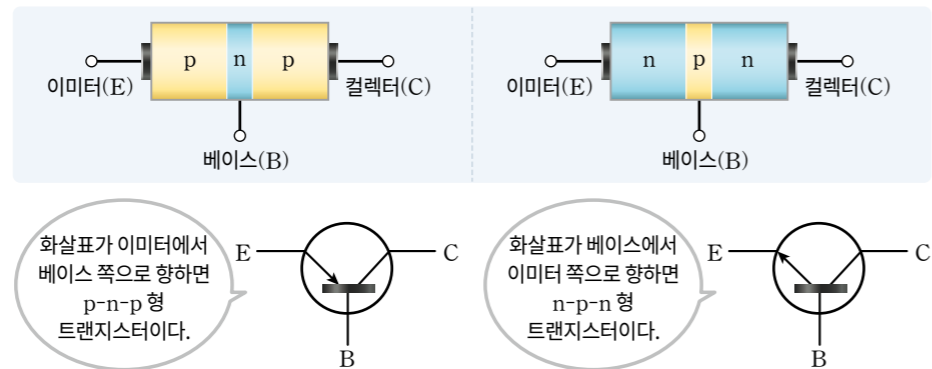


그림 I-41 트랜지스터의 구조

트랜지스터에 흐르는 전류의 세기
 이미터에서 이동한 전자의 대부분은 컬렉터로 흐르고, 일부는 베이스로 흐르므로 이미터에 흐르는 전류는 베이스와 컬렉터에 흐르는 전류의 합과 같다.

n-p-n 형 트랜지스터의 컬렉터와 베이스는 p-n 접합이므로 여기에 역방향 전압을 걸어 주면 컬렉터에 전류가 흐르지 않는다. 그런데 다른 p-n 접합인 이미터와 베이스에 순방향 전압을 걸어 주면 베이스에서 이미터로 전류가 흐르고, 전자는 이미터에서 베이스로 이동한다. 이미터에서 베이스로 이동하는 전자의 대부분은 매우 얇은 베이스를 지나 컬렉터 쪽으로 이동하게 되어 컬렉터에도 전류가 흐르게 된다.

그림 I-42와 같이 트랜지스터를 포함한 회로에서 스위치를 열면 베이스에 전류가 흐르지 않으므로 회로에 전류가 흐르지 않는다. 스위치를 닫으면 전자가 이미터에서 베이스를 지나 컬렉터로 이동하므로 저항에 전류가 흐른다.

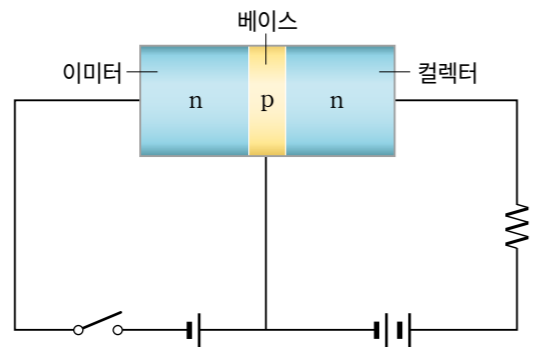


그림 I-42 트랜지스터의 전류 흐름 제어

트랜지스터를 이용한 증폭 회로

트랜지스터를 이용해 약한 교류 신호를 증폭할 수 있다. 그림 I-43과 같이 트랜지스터를 이용하면 베이스에 흐르는 작은 입력 신호를 이용해 컬렉터에 큰 출력 신호를 얻을 수 있다. 이것은 라디오, 텔레비전, 음향 기기와 같은 많은 전자 기기에서 기본적으로 필요한 기능이다. 이처럼 트랜지스터를 이용해 작은 전기 신호를 큰 전기 신호로 변화시키는 것을 트랜지스터의 **증폭 작용**이라고 한다.

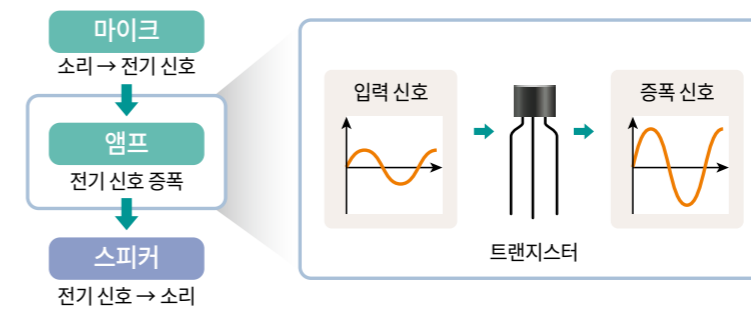


그림 I-43 트랜지스터의 증폭 작용

그림 I-44에서 이미터와 베이스 사이의 순방향 전압 V_B 에 의해 베이스에 전류 I_B 가 흐르면 컬렉터에서 베이스를 거쳐 이미터로 전류 I_C 가 흐르는데, 보통 $V_C \gg V_B$ 이므로 $I_C \gg I_B$ 이다. 즉, 작은 입력 전류 I_B 로 큰 출력 전류 I_C 를 얻을 수 있다. 트랜지스터에서 I_B 와 I_C 의 비는 일정하므로 베이스에 흐르는 전류의 세기가 변하면 컬렉터에 흐르는 전류의 세기도 변한다. 이때 베이스와 컬렉터에 흐르는 전류는 모두 이미터를 지나므로 이미터에 흐르는 전류 I_E 는 $I_E = I_B + I_C$ 이다.

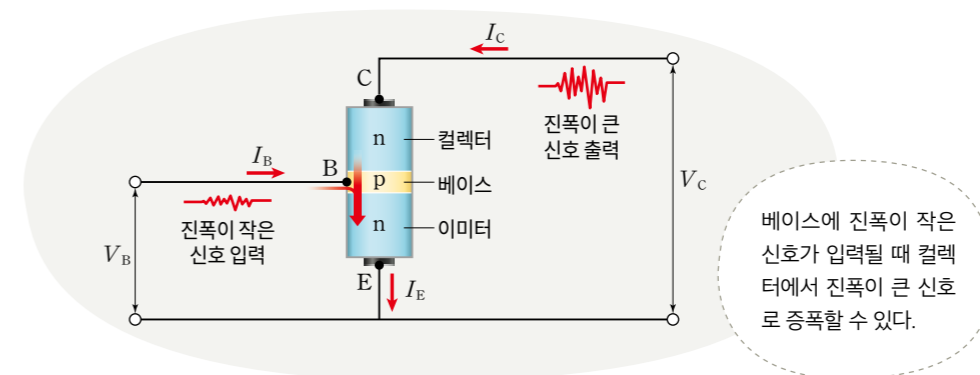


그림 I-44 트랜지스터의 증폭 작용 원리

스스로 확인

- 1 트랜지스터의 이미터와 베이스에 () 전압이 걸리면 컬렉터에도 전류가 흐른다.
- 2 약한 교류 신호를 베이스에 입력하여 컬렉터에서 큰 신호를 얻는 것을 트랜지스터의 () 작용이라고 한다.

트랜지스터의 증폭 작용을 이용하면 라디오, 텔레비전 등에서 작은 소리를 크게 증폭할 수 있다. 다음 활동을 하면서 트랜지스터로 소리 신호를 증폭해 보자.

탐구

탐구 설계 / 변인 조작 / 결론 도출 및 기술



- 준비물**
- 트랜지스터(C1815)
 - 브레드보드
 - 스피커
 - 스마트폰
 - 이어폰
 - 전지(9 V)
 - 저항(1 kΩ, 100 kΩ)
 - 연결 전선
 - 축전기(100 μF)

- 역할 나누기**
- 3 명~5 명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.
- 부품 확인: _____
 - 회로 분석: _____
 - 회로 조립: _____
 - 기록 정리: _____

- 탐구 길잡이**
- 내부에 증폭 기능이 포함되어 있지 않은 스피커를 사용한다.
 - 인터넷에서 브레드보드 내부 구조와 사용법을 검색해 회로 구성 방법을 미리 익혀 둔다.
 - 브레드보드에 트랜지스터를 연결할 때에는 끼우는 방향을 확인해야 한다.

트랜지스터를 이용하여 스피커 소리 증폭하기

목표

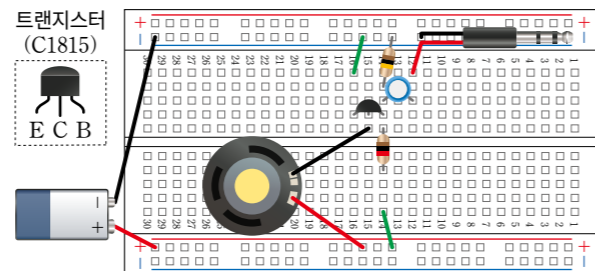
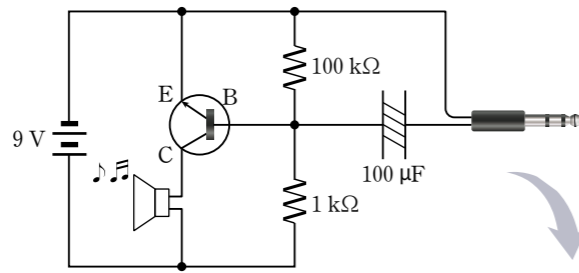
트랜지스터의 증폭 작용을 이용하여 스피커 소리를 증폭할 수 있다.

과정

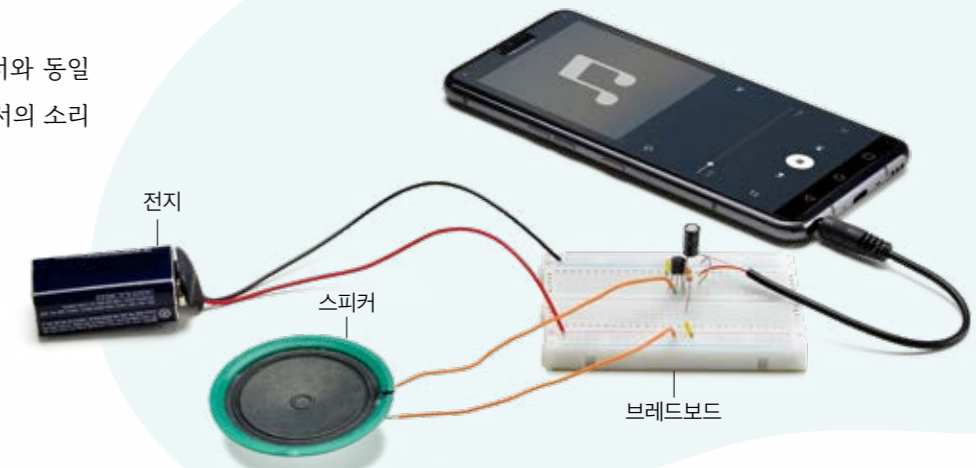
1. 스마트폰에 연결된 이어폰 끝부분을 잘라 피복을 벗기고 스피커에 연결한다.
2. 스마트폰에서 소리를 발생시키고 스피커로 들어 본다.



3. 그림의 회로도를 보고 브레드보드에 트랜지스터, 축전기, 저항을 배치하고 연결 전선으로 연결한다.



4. 스마트폰을 연결하고 **과정 2**에서와 동일한 소리를 발생시킨 뒤 **과정 2**에서의 소리와 비교한다.



결과 및 정리

1. **과정 2**와 **4**에서 어느 쪽의 소리가 크게 들리는가?
2. 이 회로에서 트랜지스터의 기능을 설명해 보자.

스스로 평가

- | 지식·이해 | 트랜지스터의 기능을 설명할 수 있는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 회로도를 보고 브레드보드에 실제 회로로 구현했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 문제 해결을 위해 끈기 있게 실험에 참여했는가? ☆☆☆

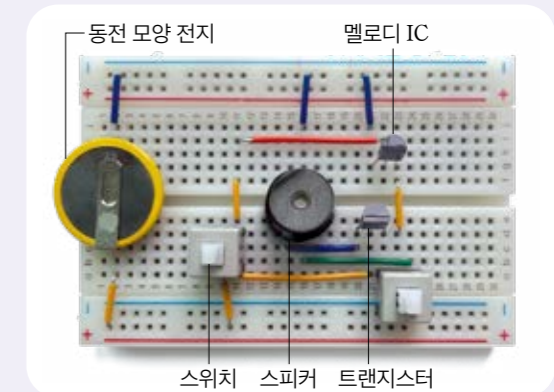
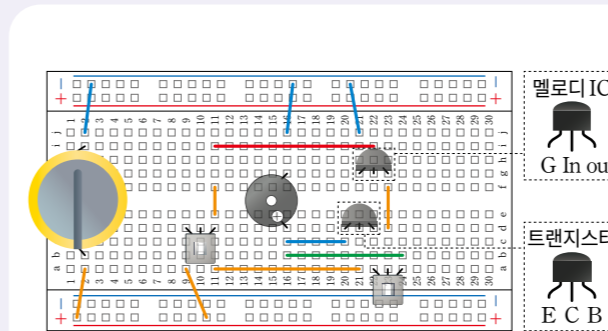
탐구 후기

같은 원리 다른 탐구 트랜지스터로 멜로디 IC의 소리 증폭하기

준비물

- 브레드보드, 동전 모양 전지 (3 V), 멜로디 IC(CBJ1552), 트랜지스터(C5343Y), 스피커, 연결 전선, 스위치 2 개

1. 부품 배치도를 보고 브레드보드에 부품을 배치한다.
2. 스위치를 이용해 트랜지스터가 있을 때와 없을 때 소리를 비교해 본다.



트랜지스터를 이용한 논리 회로

트랜지스터의 또 다른 주요 기능은 회로의 전류를 켜고 끌 수 있는 작용이다. 이는 논리 회로를 포함하는 디지털 전자 공학에서 중요한 역할을 한다. 트랜지스터의 단자 사이에 걸리는 전압을 조절해 베이스에 걸리는 전압이 특정값보다 크면 컬렉터에 전류가 흐르고, 베이스에 걸리는 전압이 특정값보다 작으면 컬렉터에 전류가 흐르지 않도록 할 수 있다. 이때 컬렉터에 흐르는 전류의 세기는 베이스에 걸리는 전압과는 상관없이 일정한 값을 갖는다. 즉, 베이스에 전류가 흐르면 컬렉터에 일정한 세기의 전류가 흐르고, 베이스에 전류가 흐르지 않으면 컬렉터에도 전류가 흐르지 않는다. 이처럼 트랜지스터를 이용해 회로에 전류가 흐르거나 흐르지 않도록 조절하는 것을 트랜지스터의 **스위칭 작용**이라고 한다. 트랜지스터의 스위칭 작용을 이용해 전류가 흐를 때를 논리 회로 신호 '1', 전류가 흐르지 않을 때를 논리 회로 신호 '0'으로 변환하면 이진법 연산을 할 수 있다.

논리 회로는 컴퓨터에서 사칙 연산 같은 논리 연산을 담당하는 회로로, 논리 게이트라고 하는 수많은 논리 소자들로 이루어져 있다. 대표적인 논리 게이트에는 AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, XNOR 게이트 등이 있다. 그림 I-45는 트랜지스터를 이용한 AND, OR, NOT 게이트 회로도를 나타낸 것이다.

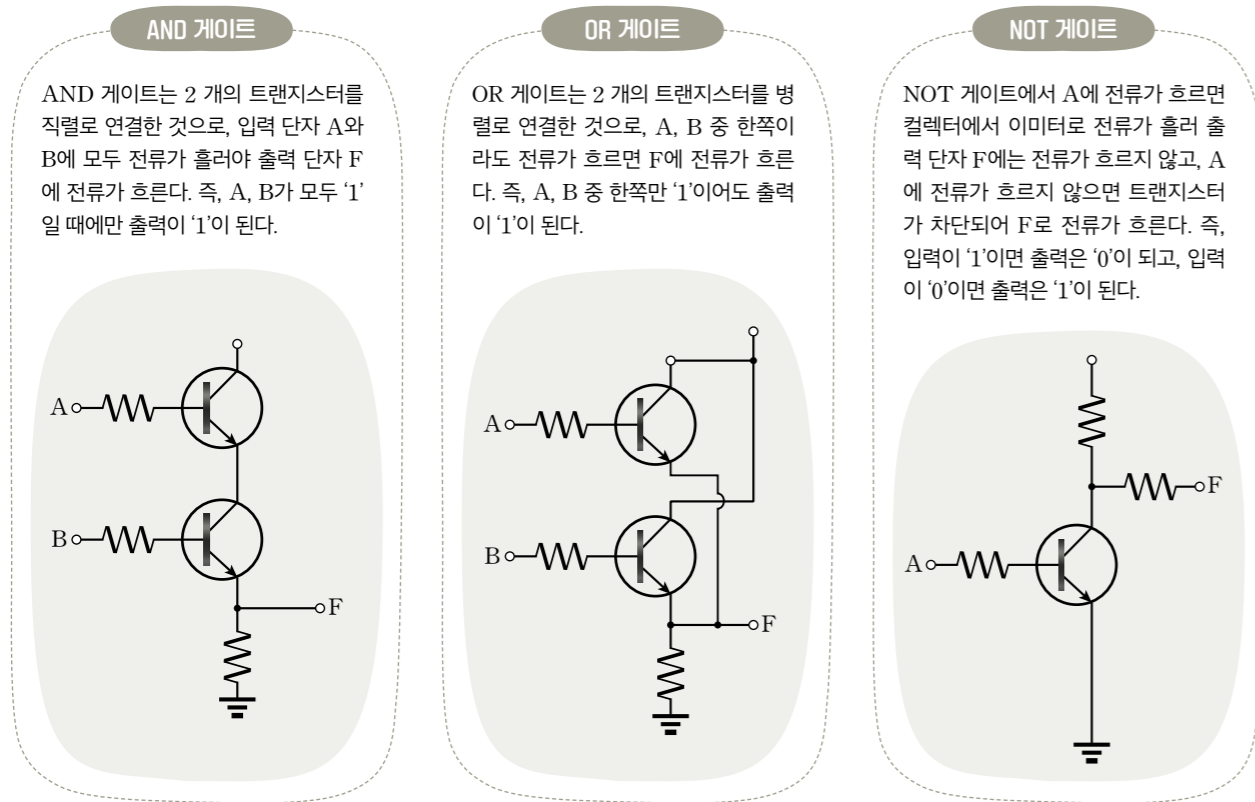


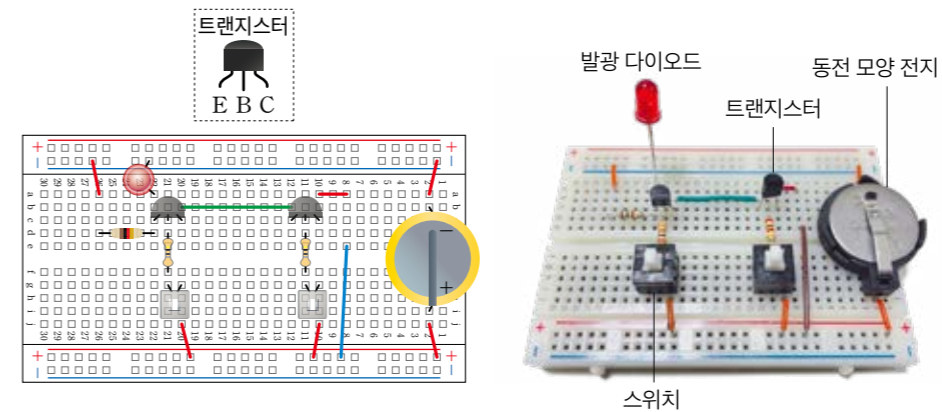
그림 I-45 여러 가지 논리 게이트 회로

다음 활동을 하면서 AND 게이트를 만들어 동작을 확인해 보자.

해보기 탐구 능력 | 문제 해결 능력

트랜지스터를 이용한 AND 게이트 만들기

1. 부품 배치도를 보고 브레드보드에 부품을 배치한다.



2. 두 스위치를 하나씩 번갈아 눌러 보며 LED가 켜지는지 확인한다.

3. 두 스위치를 모두 눌러 LED가 켜지는지 확인한다.

- 스위치를 하나만 눌렀을 때와 모두 눌렀을 때 LED가 켜지는가?
- 각 스위치를 누르는 것을 각각 입력 신호 '1'로, LED가 켜지는 것을 출력 신호 '1'로 보았을 때, 입력 신호와 출력 신호의 관계를 정리해 보자.

기본적인 논리 게이트를 조합하면 덧셈이나 비교, 조건 판단 등의 논리 연산을 수행하는 논리 회로를 만들 수 있다. 또 수많은 논리 게이트를 모아 특정한 기능을 하도록 만든 집적 회로를 이용하면 더 다양한 전자 회로를 만들 수 있다.

스스로 확인

- 1 베이스 전류를 조절해 컬렉터에 전류가 흐르거나 흐르지 않도록 하는 것을 트랜지스터의 () 작용이라고 한다.
- 2 () 게이트는 두 입력이 모두 '1'일 때만 출력이 '1'이 되는 논리 회로이다.

실험 영상



준비물

- 트랜지스터(2N2222) 2 개
- 브레드보드
- 연결 전선
- 발광 다이오드(LED)
- 저항(10 kΩ) 2 개
- 저항(4.7 kΩ) 1 개
- 동전 모양 전지(3 V)
- 스위치 2 개

활동 길잡이

브레드보드에 트랜지스터를 연결할 때에는 끼우는 방향을 확인해야 한다.



현대 문명과 반도체

반도체는 어떤 조건에서는 전기가 통하고, 어떤 조건에서는 전기가 통하지 않아 전류를 제어하기 좋은 물질이다. 반도체로 다이오드, 발광 다이오드(LED), 트랜지스터, 집적 회로 등 전자 기기에 활용되는 다양한 소자를 만든다. 현대 문명은 반도체의 토대 위에 이루어졌다고 할 수 있다.

다음 활동을 하면서 현대 문명에서 반도체의 쓰임새를 조사하고, 반도체의 중요성을 살펴보자.

그림 I-46 기판 위의 다양한 반도체 소자

디지털 해보기

문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

현대 문명에서 반도체의 쓰임새 조사하기

- 준비물
- 스마트 기기

- 반도체 소자의 종류를 찾아 정리한다.
- 주제어를 정해 1에서 찾은 반도체 소자의 쓰임새를 조사한다.

소형화, 자동화, 에너지 절약, 숫자로 표현하는 반도체 등
- 오늘날 일상생활과 산업에서 반도체의 중요성에 대해 토의하고, 토의한 내용을 정리해 발표한다.
 - 공유 다른 모둠의 발표 내용을 포함해 반도체가 현대 문명에서 갖는 중요성을 글로 표현하고, 공유 플랫폼에 공유해 보자.



반도체는 현대 문명의 핵심 기술로, 스마트폰과 컴퓨터 시스템 같은 전자 기기에서 가장 기본적인 구성 요소 중 하나이다. 그림 I-47과 같이 트랜지스터나 집적 회로 같은 반도체 소자의 발전은 전자 산업을 포함해 산업 전반에 큰 영향을 미쳤다. 작고 에너지 소모가 적은 트랜지스터를 이용해 소형 휴대용 전자 기기가 개발되었고, 반도체 소자를 이용한 LED나 태양 전지는 친환경 에너지 개발에 도움을 주었다. 또 대규모 집적 회로와 같은 기술이 개발되어 통신, 컴퓨터, 가전, 의료, 우주 개발 등의 분야에서 신기술과 새로운 제품 개발을 이루어 냈고, 일상생활에 쓰이는 사물에 소형 컴퓨터를 탑재하는 사물 인터넷 시대가 가능하게 되었다.

반도체 소자와 반도체 기술을 통해 인류는 새로운 일자리를 만들어 내고 경제 성장을 이루었다. 또 디지털 기술에 기반한 현대 문명을 발전시켰으며, 미래 사회에도 지속적인 기술 혁신을 이어갈 수 있을 것이다.

그림 I-47 현대 문명에서 반도체를 이용한 예



스스로 확인

- ()은/는 조건에 따라 전류가 흐르기도 하고 흐르지 않기도 해 다이오드, 트랜지스터 등의 재료가 되는 물질이다.
- ()은/는 수만 개 이상의 트랜지스터를 포함한 부품을 집적해 다양한 기능을 하도록 만든 반도체 소자이다.

스스로 정리

공유 더 이상 반도체 소자를 생산할 수 없다면 일상생활과 산업에 어떤 변화가 일어날지 생각해 보고, 공유 플랫폼에 공유해 보자.