

# Electronics Cookbook

전자공학 만능 레시피



Electronics Cookbook:  
Practical Electronic Recipes with Arduino and Raspberry Pi  
by Simon Monk

Authorized Korean translation of the English edition of Electronics Cookbook  
ISBN 9781491953402 © 2017 Simon Monk

Korean language edition copyright © 2018 Insight Press

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc.,  
which owns or controls all rights to publish and sell the same.

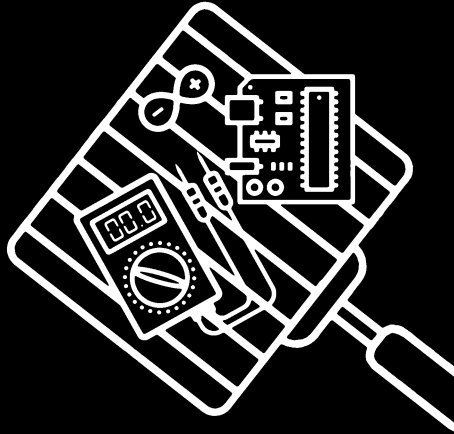
이 책의 한국어판 저작권은 에이전시 원을 통해 저작권자와의 독점 계약으로 인사이트에 있습니다.  
저작권법에 의해 한국 내에서 보호를 받는 저작물이므로 무단전재와 무단복제를 금합니다.

전자공학 만능 레시피: 아두이노, 라즈베리 파이를 요리하는 21가지 레시피

전자책 1쇄 발행 2022년 12월 8일 (종이책 초판 2쇄 반영) 지은이 사이먼 몽크 옮긴이 이하영 펴낸이 한기성 펴낸곳 (주)도서출판 인사이트 편집 김민희, 정수진 등록번호 제2002-000049호 등록일자 2002년 2월 19일 주소 서울특별시 마포구 연남로5길 19-5 전화 02-322-5143 팩스 02-3143-5579 블로그 <https://blog.insightbook.co.kr> 이메일 [insight@insightbook.co.kr](mailto:insight@insightbook.co.kr) ISBN 978-89-6626-385-1

# 전자공학 만능 레시피

아두이노, 라즈베리 파이를 요리하는 21가지 레시피



사이먼 몽크 지음 | 이하영 옮김

인사이트  
insight

---

# 차례

---

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 옮긴이의 글                  | xii       |
| 서문                      | xiv       |
| <b>1장 이론</b>            | <b>1</b>  |
| 1.0 개요                  | 1         |
| 1.1 전류 이해하기             | 1         |
| 1.2 전압 이해하기             | 2         |
| 1.3 전압, 전류, 저항 계산하기     | 4         |
| 1.4 회로의 한 지점에서 전류 계산하기  | 5         |
| 1.5 회로에서의 전압 계산하기       | 6         |
| 1.6 전력 이해하기             | 7         |
| 1.7 교류                  | 8         |
| <b>2장 저항</b>            | <b>11</b> |
| 2.0 개요                  | 11        |
| 2.1 저항값 확인하기            | 11        |
| 2.2 표준 저항값 찾기           | 13        |
| 2.3 가변저항 선택하기           | 14        |
| 2.4 직렬로 저항 연결하기         | 15        |
| 2.5 병렬로 저항 연결하기         | 16        |
| 2.6 전압을 측정 가능한 수준으로 낮추기 | 17        |
| 2.7 타지 않는 저항 선택하기       | 19        |
| 2.8 조도 측정하기             | 20        |
| 2.9 온도 측정하기             | 20        |
| 2.10 적절한 전선 선택하기        | 21        |

|    |                              |    |
|----|------------------------------|----|
| 3장 | 커패시터와 인덕터                    | 25 |
|    | 3.0 개요                       | 25 |
|    | 3.1 일시적으로 회로에 에너지 저장하기       | 25 |
|    | 3.2 커패시터 유형 구별하기             | 29 |
|    | 3.3 커패시터의 정전 용량 확인하기         | 31 |
|    | 3.4 커패시터를 병렬로 연결하기           | 32 |
|    | 3.5 커패시터를 직렬로 연결하기           | 33 |
|    | 3.6 많은 양의 에너지를 저장하기          | 33 |
|    | 3.7 커패시터에 저장되는 에너지량 계산하기     | 34 |
|    | 3.8 전류를 변경하고 조정하기            | 35 |
|    | 3.9 AC 전압 변환하기               | 37 |
| 4장 | 다이오드                         | 39 |
|    | 4.0 개요                       | 39 |
|    | 4.1 하나의 다이오드에서 전류의 흐름 막기     | 39 |
|    | 4.2 자신이 사용하는 다이오드 알아보기       | 41 |
|    | 4.3 다이오드로 DC 전압 제어하기         | 43 |
|    | 4.4 빛이 있으라                   | 44 |
|    | 4.5 빛 감지하기                   | 46 |
| 5장 | 트랜지스터와 집적회로                  | 49 |
|    | 5.0 개요                       | 49 |
|    | 5.1 약한 전류를 사용해서 강한 전류를 스위칭하기 | 50 |
|    | 5.2 최소 제어 전류로 전류 스위칭하기       | 53 |
|    | 5.3 높은 전류 부하를 효율적으로 스위칭하기    | 55 |
|    | 5.4 아주 높은 전압을 스위칭하기          | 58 |
|    | 5.5 딱 맞는 트랜지스터 선택하기          | 59 |
|    | 5.6 교류 스위칭하기                 | 62 |
|    | 5.7 트랜지스터로 빛 검출하기            | 63 |
|    | 5.8 안전이나 잠음 제거를 위해 신호 절연하기   | 64 |
|    | 5.9 집적회로 발견하기                | 66 |

|    |                                   |     |
|----|-----------------------------------|-----|
| 6장 | 스위치와 릴레이                          | 69  |
|    | 6.0 개요                            | 69  |
|    | 6.1 기계적인 방식으로 전기를 스위칭하기           | 69  |
|    | 6.2 가지고 있는 스위치 이해하기               | 70  |
|    | 6.3 자성을 이용해 스위칭하기                 | 73  |
|    | 6.4 릴레이 재발견하기                     | 73  |
| 7장 | 전원 공급 장치                          | 75  |
|    | 7.0 개요                            | 75  |
|    | 7.1 AC를 AC로 변환하기                  | 76  |
|    | 7.2 빠르고 간단하게 AC를 DC로 변환하기         | 77  |
|    | 7.3 AC를 DC로 전환할 때 리플 전압 낮추기       | 79  |
|    | 7.4 AC를 조정 DC로 변환하기               | 80  |
|    | 7.5 AC를 가변 DC로 변환하기               | 83  |
|    | 7.6 배터리 전압 조정하기                   | 84  |
|    | 7.7 정전류 전원 공급 장치 만들기              | 85  |
|    | 7.8 DC 전압을 효율적으로 조정하기             | 86  |
|    | 7.9 낮은 DC 전압을 높은 DC 전압으로 변환하기     | 87  |
|    | 7.10 DC를 AC로 변환하기                 | 88  |
|    | 7.11 110V나 220V AC로 프로젝트에 전원 공급하기 | 91  |
|    | 7.12 전압 높이기                       | 92  |
|    | 7.13 450V의 높은 전압 공급하기             | 94  |
|    | 7.14 더 높은 전압의 전원 공급 장치(>1kV)      | 96  |
|    | 7.15 아주 높은 전압 공급 장치(고체 상태 테슬라 코일) | 97  |
|    | 7.16 퓨즈 태우기                       | 99  |
|    | 7.17 극성 문제로부터 보호하기                | 101 |
| 8장 | 배터리                               | 103 |
|    | 8.0 개요                            | 103 |
|    | 8.1 배터리 수명 추정하기                   | 103 |
|    | 8.2 비충전식 배터리 선택하기                 | 105 |
|    | 8.3 충전식 배터리 선택하기                  | 106 |
|    | 8.4 세류 충전                         | 107 |
|    | 8.5 자동 배터리 백업                     | 109 |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 8.6        | LiPo 배터리 충전하기                           | 110        |
| 8.7        | 에너지 도둑 회로로 마지막 한 방울의 에너지까지 사용하기         | 112        |
| <b>9장</b>  | <b>태양열 발전</b>                           | <b>115</b> |
| 9.0        | 개요                                      | 115        |
| 9.1        | 태양열을 이용해 프로젝트에 전원 공급하기                  | 115        |
| 9.2        | 태양전지 패널 선택하기                            | 118        |
| 9.3        | 태양전지 패널의 실제 출력 전력 측정하기                  | 120        |
| 9.4        | 태양열로 아두이노에 전원 공급하기                      | 122        |
| 9.5        | 태양열로 라즈베리 파이에 전원 공급하기                   | 123        |
| <b>10장</b> | <b>아두이노와 라즈베리 파이</b>                    | <b>125</b> |
| 10.0       | 개요                                      | 125        |
| 10.1       | 아두이노 살펴 보기                              | 125        |
| 10.2       | 이 책에 수록된 아두이노 스케치를 다운로드해 사용하기           | 129        |
| 10.3       | 라즈베리 파이 살펴 보기                           | 130        |
| 10.4       | 이 책에 수록된 파이썬 프로그램을 다운로드해 사용하기           | 131        |
| 10.5       | 라즈베리 파이가 부팅될 때 프로그램 실행시키기               | 133        |
| 10.6       | 아두이노와 라즈베리 파이의 대안 살펴 보기                 | 133        |
| 10.7       | 장치를 끄고 켜기                               | 135        |
| 10.8       | 아두이노에서 디지털 출력 제어하기                      | 139        |
| 10.9       | 라즈베리 파이에서 디지털 출력 제어하기                   | 141        |
| 10.10      | 아두이노를 스위치 등 디지털 입력에 연결하기                | 142        |
| 10.11      | 라즈베리 파이를 스위치 등 디지털 입력에 연결하기             | 145        |
| 10.12      | 아두이노에서 아날로그 입력 읽어 오기                    | 146        |
| 10.13      | 아두이노에서 아날로그 출력 생성하기                     | 148        |
| 10.14      | 라즈베리 파이에서 아날로그 출력 생성하기                  | 151        |
| 10.15      | 라즈베리 파이를 I2C 장치에 연결하기                   | 152        |
| 10.16      | 라즈베리 파이를 SPI 장치에 연결하기                   | 155        |
| 10.17      | 전압 크기 변환하기                              | 156        |
| <b>11장</b> | <b>스위칭</b>                              | <b>159</b> |
| 11.0       | 개요                                      | 159        |
| 11.1       | 라즈베리 파이나 아두이노가 처리할 수 있는 크기 이상의 전원 스위칭하기 | 159        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 11.2 하이사이드에서 전원 스위칭하기           | 161 |
| 11.3 더 큰 전력을 스위칭하기              | 163 |
| 11.4 하이사이드에서 더 큰 전력 스위칭하기       | 165 |
| 11.5 BJT와 MOSFET 중 선택하기         | 166 |
| 11.6 아두이노로 스위칭하기                | 167 |
| 11.7 라즈베리 파이로 스위칭하기             | 171 |
| 11.8 리버서블 스위칭                   | 173 |
| 11.9 GPIO 핀으로 릴레이 제어하기          | 174 |
| 11.10 GPIO 핀으로 무접점식 고체 릴레이 제어하기 | 176 |
| 11.11 오픈 컬렉터 출력에 연결하기           | 177 |

## 12장    센서 179

---

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 12.0 개요                          | 179 |
| 12.1 아두이노나 라즈베리 파이에 스위치 연결하기     | 179 |
| 12.2 회전 위치 감지하기                  | 184 |
| 12.3 저항 센서에서 아날로그 입력 감지하기        | 188 |
| 12.4 라즈베리 파이에 아날로그 입력 추가하기       | 190 |
| 12.5 저항 센서를 ADC 없이 라즈베리 파이에 연결하기 | 191 |
| 12.6 빛의 세기 측정하기                  | 193 |
| 12.7 아두이노나 라즈베리 파이에서 온도 측정하기     | 194 |
| 12.8 라즈베리 파이에서 ADC 없이 온도 측정하기    | 196 |
| 12.9 포텐서미터를 사용해 회전 측정하기          | 197 |
| 12.10 아날로그 IC로 온도 측정하기           | 199 |
| 12.11 디지털 IC로 온도 측정하기            | 201 |
| 12.12 습도 측정하기                    | 205 |
| 12.13 거리 측정하기                    | 207 |

## 13장    모터 211

---

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 13.0 개요                   | 211 |
| 13.1 DC 모터의 전원 스위칭하기      | 212 |
| 13.2 DC 모터의 속도 측정하기       | 213 |
| 13.3 DC 모터의 방향 제어하기       | 215 |
| 13.4 모터에 정확한 위치 설정하기      | 220 |
| 13.5 모터를 정확한 단계 수만큼 이동시키기 | 224 |



|            |                                       |            |
|------------|---------------------------------------|------------|
|            | 13.6 더 간단한 스테퍼 모터 선택하기 .....          | 230        |
| <b>14장</b> | <b>LED와 디스플레이</b> .....               | <b>235</b> |
|            | 14.0 개요 .....                         | 235        |
|            | 14.1 표준 LED 연결하기 .....                | 235        |
|            | 14.2 고전력 LED에 전원 공급하기 .....           | 237        |
|            | 14.3 LED 여러 개에 전원 공급하기 .....          | 240        |
|            | 14.4 LED 여러 개를 동시에 스위칭하기 .....        | 241        |
|            | 14.5 7-세그먼트 디스플레이에 신호 멀티플렉싱하기 .....   | 242        |
|            | 14.6 LED 여러 개를 제어하기 .....             | 245        |
|            | 14.7 RGB LED의 색깔 바꾸기 .....            | 250        |
|            | 14.8 주소 지정 가능한 LED 띠 연결하기 .....       | 253        |
|            | 14.9 I2C 7-세그먼트 LED 디스플레이 사용하기 .....  | 257        |
|            | 14.10 OLED 디스플레이에 그래픽이나 문자 출력하기 ..... | 260        |
|            | 14.11 LCD 디스플레이에 메시지 표시하기 .....       | 263        |
| <b>15장</b> | <b>디지털 IC</b> .....                   | <b>267</b> |
|            | 15.0 개요 .....                         | 267        |
|            | 15.1 전기 잡음으로부터 IC 보호하기 .....          | 267        |
|            | 15.2 논리 제품군에 대해 배워 보기 .....           | 269        |
|            | 15.3 GPIO 핀에 허용된 수보다 많은 출력 제어하기 ..... | 270        |
|            | 15.4 디지털 토글 스위치 만들기 .....             | 274        |
|            | 15.5 신호의 주파수 낮추기 .....                | 275        |
|            | 15.6 십진 카운터에 연결하기 .....               | 276        |
| <b>16장</b> | <b>아날로그</b> .....                     | <b>281</b> |
|            | 16.0 개요 .....                         | 281        |
|            | 16.1 고주파 필터링하기(쉽고 빠른 방법) .....        | 281        |
|            | 16.2 발진기 만들기 .....                    | 285        |
|            | 16.3 LED 연속으로 밝히기 .....               | 286        |
|            | 16.4 입력에서 출력 사이의 전압 강하 방지하기 .....     | 287        |
|            | 16.5 낮은 비용으로 발진기 만들기 .....            | 289        |
|            | 16.6 가변 듀티 사이클 발진기 만들기 .....          | 291        |
|            | 16.7 원샷 타이머 만들기 .....                 | 293        |

|            |                                |            |
|------------|--------------------------------|------------|
|            | 16.8 모터 속도 제어하기                | 294        |
|            | 16.9 아날로그 신호에 펄스 폭 변조 적용하기     | 296        |
|            | 16.10 전압 제어 발진기(VCO) 만들기       | 298        |
|            | 16.11 데시벨 측정하기                 | 300        |
| <b>17장</b> | <b>OP 앰프</b>                   | <b>303</b> |
|            | 17.0 개요                        | 303        |
|            | 17.1 OP 앰프 선택하기                | 304        |
|            | 17.2 OP 앰프에 전원 인가하기(양전원)       | 306        |
|            | 17.3 OP 앰프에 전원 인가하기(단전원)       | 307        |
|            | 17.4 반전 증폭기 만들기                | 309        |
|            | 17.5 비반전 증폭기 만들기               | 310        |
|            | 17.6 신호에 버퍼 사용하기               | 312        |
|            | 17.7 고주파의 진폭 줄이기               | 313        |
|            | 17.8 저주파 필터링으로 주파수 제거하기        | 317        |
|            | 17.9 고주파와 저주파 필터링으로 주파수 제거하기   | 319        |
|            | 17.10 두 전압 비교하기                | 321        |
| <b>18장</b> | <b>오디오</b>                     | <b>323</b> |
|            | 18.0 개요                        | 323        |
|            | 18.1 아두이노에서 소리 듣기              | 324        |
|            | 18.2 라즈베리 파이에서 소리 듣기           | 327        |
|            | 18.3 프로젝트에 일렉트릭 마이크 연결하기       | 328        |
|            | 18.4 1W 전력 증폭기 만들기             | 331        |
|            | 18.5 10W 전력 증폭기 만들기            | 333        |
| <b>19장</b> | <b>무선 주파수</b>                  | <b>337</b> |
|            | 19.0 개요                        | 337        |
|            | 19.1 FM 라디오 송신기 만들기            | 342        |
|            | 19.2 라즈베리 파이로 FM 송신기 소프트웨어 만들기 | 343        |
|            | 19.3 아두이노로 구동되는 FM 수신기 만들기     | 344        |
|            | 19.4 무선으로 디지털 데이터 전송하기         | 347        |

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 20장   | 제작                   | 353 |
| <hr/> |                      |     |
| 20.0  | 개요                   | 353 |
| 20.1  | 임시 회로 만들기            | 353 |
| 20.2  | 영구 회로 만들기            | 358 |
| 20.3  | 나만의 회로 기관 만들기        | 361 |
| 20.4  | 스루홀 부품 납땀하기          | 363 |
| 20.5  | 표면실장형 부품 납땀하기        | 365 |
| 20.6  | 부품 땀납 제거하기           | 368 |
| 20.7  | 부품을 손상시키지 않으면서 납땀하기  | 369 |
| <br>  |                      |     |
| 21장   | 도구                   | 371 |
| <hr/> |                      |     |
| 21.0  | 개요                   | 371 |
| 21.1  | 작업대용 전원 공급 장치 사용하기   | 371 |
| 21.2  | DC 전압 측정하기           | 372 |
| 21.3  | AC 전압 측정하기           | 374 |
| 21.4  | 전류 측정하기              | 374 |
| 21.5  | 연속성 측정하기             | 376 |
| 21.6  | 저항, 전기 용량, 인덕턴스 측정하기 | 376 |
| 21.7  | 커패시터 방전시키기           | 377 |
| 21.8  | 높은 전압 측정하기           | 379 |
| 21.9  | 오실로스코프 사용하기          | 381 |
| 21.10 | 함수 발생기 사용하기          | 383 |
| 21.11 | 시뮬레이션                | 385 |
| 21.12 | 높은 전압을 안전하게 사용하기     | 387 |
| <br>  |                      |     |
| 부록 A  | 부품과 공급 업체            | 389 |
| 부록 B  | 아두이노 핀 배열            | 399 |
| 부록 C  | 라즈베리 파이 핀 배열         | 401 |
| 부록 D  | 단위와 접두어              | 403 |

---

# 웁긴이의 글

---

이 책은 친절하지 않다. 평소에 새끼를 절벽 아래로 굴러 키운다는 사자의 양육 방식을 보며 자신은 그런 학습 방법이 맞지 않다고 생각했거나, 뭔가를 배울 때 밥을 한 숟가락씩 떠먹여 주듯이 가르쳐 줄 책을 찾는 사람이라면 얼른 이 책을 덮고 다른 책을 찾아 보자.

그러나 친절하지 않다고 해서 이 책이 좋은 책이 아니라는 뜻은 아니다. 저자가 말하는 것처럼 이 책에는 기본적인 내용과 심화된 내용을 적당히 다루면서도, 그 사이에서 흔히 간과하기 쉬운 내용들을 꼼꼼하게 다루고 있다. 많은 내용을 다루다 보니 설명이 부족해 보일 때도 있지만, 프로젝트를 만드는 과정에서 문제가 생겼을 때 해결의 실마리를 얻기에는 충분하다. 이 책 한 권만으로는 궁금증이 읽기 전보다 더 많아질 수도 있지만, 그 궁금증을 해결하기 위해 이 책에서 원하는 여러 가지 자료를 살펴보다 보면 자신도 모르는 사이 실력이 훌쩍 자라나 있을 것이다.

요리를 자주 하는 사람들이 음식을 하는 과정을 보고 있으면 세상에서 요리만큼 쉬운 일이 없어 보인다. 특별히 레시피를 보지도 않고 양념도 그냥 툭툭 넣는 것 같은데 나중에 먹어 보면 신기하게도 맛이 있다. 음식점에서 요리를 먹어 본 것만으로 집에서 비슷한 음식을 똑딱 만들기도 한다. 그러나 이런 사람이라도 처음부터 요리를 잘 했던 건 아닐 것이다. 처음에는 다른 사람이 요리하는 과정을 보거나 레시피를 참고하고, 가끔은 거기에 다른 재료를 추가해 보거나 빼보면서, 사용하는 재료와 양념이 어떤 맛을 내고 얼마나 사용해야 원하는 맛을 낼 수 있는지 배워 나갔을 것이다. 여러분도 이 책의 레시피를 참고해서 다양한 프로젝트를 만들어 보고 무언가를 더하거나 빼는 식으로 응용도 해 보고 그 과정에서 실패도 경험하다 보면, 어느 순간 굳이 레시피를 따로 확인하지 않더라도 내가 필요한 재료가 무엇이

고 무엇을 해야 하는지 알 수 있게 될 것이다. 그 전까지는 레시피를 여러 번 들여다 볼 수밖에.

---

# 서문

---

보통 사람들은 전자공학을 어딘가 유용한 곳에 사용할 수 있으려면 적어도 전자공학 학위가 있어야 한다고 생각하기 마련이다. 그러나 이 책에서는 공신력을 인증 받은 오라일리 쿡북의 방식에 따라 전자공학에 대한 전체 주제를 레시피로 세분화했기 때문에 독자들은 원하는 부분을 펼쳐서 레시피를 따라가며 문제점을 해결하고, 많건 적건 자신이 아는 만큼 이론을 배워 나가면 된다.

전자장치라는 복잡하고 광범위한 주제를 한 책에서 모두 다루기란 불가능하지만 가끔씩 다른 메이커, 취미공학자, 발명가와의 대화에서 가장 자주 등장하는 레시피를 고르려고 노력했다.

## 이 책의 대상 독자

전자장치에 취미가 있거나 이 분야를 새로 시작해 보고 싶은 사람이라면 이 책을 통해 더 많은 것들을 배울 수 있다. 이 책은 검증을 거친 레시피로 가득하기 때문에 자신의 지식 수준에 관계없이 필요한 부분을 그냥 믿고 따라가면 된다.

전자장치가 낯선 독자라면 이 책이 시작하기에 좋은 길잡이가 되어줄 것이다. 전자장치를 만들어 본 경험이 많은 독자라면, 이 책은 훌륭한 참고 서적이 되어 줄 것이다.

## 이 책을 집필한 이유

이 책이 나오기까지는 상당한 시간이 필요했다. 이 책을 처음 생각해냈던 사람이 바로 팀 오라일리(Tim O'Reilly)였던 것으로 기억한다. 그는 『아두이노 쿡북』이나 『라즈베리 파이 쿡북』과 무거운 전자공학 교재 중간에 해당하는 틈새 시장을 겨냥해 보자고 했었다.

그렇기 때문에 이 책에서는 두꺼운 전자공학 교재가 아니라면 간과하고 넘어가

기 쉬운, 전자공학의 기본 개념보다 조금 더 심화된 내용과 마이크로컨트롤러 사용에 관련된 주변 이야기를 다룬다. 이 책에는 프로젝트와 시험용 모델을 만들고 테스트 장치를 사용하는 방법 외에도 여러 유형의 전원 공급 장치를 만드는 방법, 스위칭에 알맞은 트랜지스터 사용법, 아날로그와 디지털 IC 사용법 등이 수록되어 있다.

## 오늘날 전자공학에 대한 한마디

아두이노와 라즈베리 파이 같은 보드는 완전히 새로운 세대의 메이커, 취미공학자, 발명가들을 전자공학의 세계로 끌어들이었다. 지금의 부품과 도구 가격은 그 어느 때보다 저렴해져서 많은 사람들이 구입할 수 있게 되었다. 헥스페이스(Hackspaces)와 팹 랩(Fab Lab)은 전자장치를 사용할 수 있는 작업장을 제공하기 때문에 사람들은 이곳에서 제공하는 도구를 사용해서 프로젝트를 직접 만들어 볼 수도 있다.

상세 설계 등의 정보를 무료로 이용할 수 있게 되면서 다른 사람들의 작업에서 자신에게 필요한 부분을 찾아 배우고, 이를 변경해 사용할 수도 있게 되었다.

취미 삼아 전자공학을 배워보려는 이들은 정식으로 전자공학 교육 과정에 등록하거나 발명가와 사업가가 되어 제품 설계에 바로 뛰어들기도 한다. 어찌 됐건 컴퓨터, 도구 몇 가지, 부품 몇 가지만 손에 넣을 수 있으면 위대한 발명을 통해 시험용 모델을 만들어 작동시킬 수 있으며, 크라우드 펀딩의 도움으로 자금을 모아 이를 제작해 주는 사람도 구할 수 있다. 전자부품 사업의 진입 장벽은 그 어느 때보다 낮아졌다.

## 목차 살펴보기

이 책은 ‘요리책(쿡북)’이기 때문에 순서대로 읽을 필요 없이 어떤 레시피든 사용하면 된다. 레시피 중에는 다른 레시피에서 얻은 지식이나 기술에 바탕을 두고 있는 것들도 있기 때문에, 참고를 위해 해당되는 레시피를 함께 표기해 두었다.

레시피는 장에 따라 배치되어 있으며, 1장에서 6장까지는 기본적인 레시피를 담았다. 이 중 일부 레시피는 이론적인 내용을 다루지만, 대부분은 여러 부품 유형(레시피의 재료)을 설명하고 있다. 장별 구성은 다음과 같다.

- 1장, 이론. 제목에서 알 수 있듯이 1장의 레시피에서는 옴의 법칙이나 전력에 관한 법칙 등 피해갈 수 없는 이론적인 개념들을 설명한다.

- 2장, 저항. 가장 기본이 되는 전자부품인 저항과 그 사용법을 설명하는 레시피가 담겨 있다.
- 3장, 커패시터와 인덕터. 이 장에서는 커패시터와 인덕터의 원리, 구별 방법을 설명하는 레시피와 이들의 사용 방법을 담은 레시피를 소개한다.
- 4장, 다이오드. 다이오드에 대한 설명과 제너 다이오드, 포토다이오드, LED 등 다양한 유형의 다이오드 사용법을 안내하는 레시피가 수록되어 있다.
- 5장, 트랜지스터와 집적회로. 트랜지스터 사용을 위한 기본적인 레시피와 여러 설정 환경에서 다양한 유형의 트랜지스터를 사용하기 위한 지침을 주로 다룬다. IC(integrated circuits, 집적회로)도 소개하지만, IC에 관한 각 레시피는 이 책 전반에 나누어 수록했다.
- 6장, 스위치와 릴레이. 기본 레시피 섹션의 마지막은 흔히 사용되지만 간과하기 쉬운 스위치와 릴레이를 살펴보는 것으로 마무리한다.

다음 장부터는 전자장치를 설계하고자 할 때 주로 참고할 수 있는 다양한 레시피를 통해 첫 번째 섹션(1장~6장)에서 소개된 부품들을 사용하는 방법을 살펴본다.

- 7장, 전원 공급 장치. 어떤 프로젝트라도 전원 공급 장치는 필요하다. 이 장의 레시피에서는 기존에 사용되던 전원 공급 장치의 설계뿐 아니라 스위치 모드 전원 공급 장치(switched-mode power supply, SMPS)와 드물게 사용되는 고전압 전원 공급 장치도 소개한다.
- 8장, 배터리. 배터리 선택을 위한 레시피 외에, 충전식 배터리(LiPo 배터리 포함)와 자동 백업을 위한 실용적인 회로를 선택하는 레시피도 소개한다.
- 9장, 태양열 발전. 태양 전지판을 사용해서 프로젝트에 전력을 공급하고자 할 때 참고할 수 있는 레시피를 소개한다. 또한, 태양열 발전을 사용해서 아두이노와 라즈베리 파이에 전원을 공급하는 데 도움이 되는 레시피도 담겨 있다.
- 10장, 아두이노와 라즈베리 파이. 오늘날 대부분의 메이커 프로젝트에는 아두이노나 라즈베리 파이 같은 연산 장치가 사용된다. 이들 보드는 외부 부품을 제어하는 용도로, 해당 보드를 사용하는 레시피와 함께 소개한다.
- 11장, 스위칭. 이 장에서는 스위칭을 ‘스위치’와 혼동하지 않도록 아두이노나 라즈베리 파이에서 트랜지스터, 전자기계식 릴레이, 무접점식 고체 릴레이(solid-state relay)를 사용해 장치를 켜고 끄는 법을 보여주는 레시피를 살펴본다.



- 12장, 센서. 센서의 다양한 유형과 센서를 아두이노와 라즈베리 파이 양쪽에서 사용하는 레시피가 담겨 있다.
- 13장, 모터. 다양한 유형의 모터(DC 모터, 스텝 모터, 서보모터)를 아두이노와 라즈베리 파이 양쪽에서 사용할 때 참고할 수 있는 레시피가 수록되어 있다. 이외에도 모터의 속도와 방향을 제어하기 위한 레시피도 소개한다.
- 14장, LED와 디스플레이. 이 장에서는 아두이노나 라즈베리 파이에서 표준 LED를 제어하기 위한 레시피 외에 고전력 LED나 OLED 그래픽 디스플레이, 주소 지정 가능 LED 스트립(네오픽셀), LCD 디스플레이와 같은 다양한 유형의 디스플레이 사용법을 다룬 레시피를 소개한다.
- 15장, 디지털 IC. 디지털 IC를 사용하는 레시피가 수록되어 있다. 마이크로컨트롤러가 등장했지만 디지털 IC는 지금도 프로젝트에서 유용하게 사용할 수 있다.
- 16장, 아날로그. 이 장에는 단순한 필터링부터 발진기와 타이머에 이르기까지 유용한 아날로그 설계 방식을 다양하게 소개하는 레시피가 수록되어 있다.
- 17장, op 앰프. 이 장에서는 아날로그라는 주제를 계속 이어나가 간단한 증폭에서부터 필터 설계, 버퍼링, 비교기 활용에 이르는 다양한 작업에 op 앰프를 사용하는 레시피를 소개한다.
- 18장, 오디오. 18장에는 아날로그와 디지털 전력 증폭기 설계 외에 아두이노와 라즈베리 파이에서 사운드를 생성하고 마이크에서 입력된 신호를 증폭하는 레시피가 수록되어 있다.
- 19장, 무선 주파수. 이 장에서는 FM 송신기와 수신기를 사용하는 레시피와 아두이노에서 다른 아두이노로 패킷 데이터를 전송하는 레시피를 소개한다.

이 책의 마지막 부분에는 제작 방법과 유용한 툴을 소개하는 레시피가 담겨 있다.

- 20장, 제작. 이 장에는 '납땀을 하지 않는' 시험용 모델을 제작하고, 이들을 납땀해서 좀 더 오래 사용할 수 있는 프로젝트로 만드는 데 필요한 레시피를 수록했다. 이 외에도 스루홀과 표면 실장형 장치를 납땀하기 위한 레시피도 소개한다.
- 21장, 도구. 작업대용 전원 공급 장치, 멀티미터, 오실로스코프의 사용법과 시뮬레이션 소프트웨어의 사용법을 정리해 소개한다.

이 책의 부록에서는 이 책에 사용된 모든 부품의 목록과 유용한 공급업체 목록을

함께 제공하며, 아두이노와 라즈베리 파이 같은 장치의 핀 배열도 수록했다.

## 온라인 자료

인터넷에는 전자부품을 좋아하는 이들이 사용할 수 있는 훌륭한 자료들이 많다.

프로젝트의 아이디어를 찾는다면, 해커데이(Hackaday)<sup>1</sup>와 인스트럭터블(Instructables)<sup>2</sup> 같은 사이트들이 풍부한 영감의 원천이 되어줄 것이다.

프로젝트에 도움을 받고 싶다면, 다음 포럼에서 지식과 경험이 풍부한 여러 사람들로부터 종종 훌륭한 조언을 받을 수 있다. 질문을 하기 전에는 이미 먼저 비슷한 질문이 올라왔을 경우를 대비해서(보통은 그렇다) 포럼을 검색해 보아야 하며 질문을 명확히 작성해야 한다는 사실을 잊지 말자. 그렇지 않으면 ‘전문가’들이 짜증낼 수 있다.

- <http://forum.arduino.cc>
- <https://www.raspberrypi.org/forums>
- <http://www.eevblog.com/forum>
- <http://electronics.stackexchange.com>

## 이 책에 등장하는 아이콘의 의미



이 그림은 팁이나 제안을 뜻한다.

---



이 그림은 경고나 주의를 뜻한다.

---

## 코드 예제 사용하기

부록(코드 예제, 연습문제 등)은 [https://github.com/simonmonk/electronics\\_cookbook](https://github.com/simonmonk/electronics_cookbook)에서 내려 받을 수 있다.

이 책의 목적은 독자가 작업을 완성하도록 돕는 것이다. 보통 예제 코드가 책과 함께 제공되는 경우 코드는 자신의 프로그램이나 문서에서 사용할 수 있다. 코드의 상당 부분을 복사하지만 않는다면 직접 연락을 취해 사용 허가를 받을 필요가 없

1 <https://hackaday.com/>

2 <http://www.instructables.com/>

다. 예를 들어, 이 책에 나온 몇 부분의 코드를 사용해서 프로그램을 작성한다면 사용 허가를 받을 필요가 없다. 그러나 오라일리 도서에서 제공되는 예제 CD를 판매하거나 배포하려면 허가가 필요하다. 이 책을 언급하고 예제 코드를 인용해서 질문을 하는 경우라면 허가가 필요 없다. 그렇지만 이 책의 예제 코드 중 상당 분량을 판매하는 제품의 문서에 수록하려면 허가가 필요하다.

이 도서의 내용을 사용하는 이가 저작자를 표시해 준다면 감사한 일이지만, 우리 쪽에서 반드시 표시하도록 요구하지는 않는다. 저작자 표시에는 제목, 저자, 출판사, ISBN이 포함된다. 예를 들어, “Electronics Cookbook by Simon Monk (O’Reilly). Copyright 2017 Simon Monk, 978-1-491-95340-2”<sup>3</sup>라고 표시할 수 있다.

코드 예제의 사용이 공정 사용 범위를 벗어나거나 허가를 받아야 할 것 같다면 언제든지 [permissions@oreilly.com](mailto:permissions@oreilly.com)로 연락하기 바란다.

3 (옮긴이) 번역서의 경우 『전자공학 만능 레시피』(사이먼 몽크 지음, 이하영 옮김, 인사이트, 2018)로 표시해준다면 감사하겠다.



---

# 이론 1

---

## 1.0 개요

이 책은 기본적으로 이론보다는 실습을 다루고 있지만 어쩔 수 없이 다루어야 하는 이론적인 측면이 몇 가지 있다.

특히 전압, 전류, 저항 간의 관계를 이해하고 있다면, 다른 내용을 이해하기가 훨씬 쉬울 것이다.

마찬가지로, 전력, 전압, 전류 간의 관계도 반복해서 등장한다.

## 1.1 전류 이해하기

### 문제

전자공학에서 전류(current)가 의미하는 바를 알고 싶다.

### 해결책

전류를 뜻하는 영어 단어인 current가 흐름이라는 뜻을 지닌 것에서도 알 수 있듯이, 전자공학에서 전류란 강의 흐름과 비슷하다고 할 수 있다. 파이프에서 물이 흐르는 세기는 1초당 파이프의 한 지점을 지나가는 물의 양으로 생각할 수 있다. 이 세기는 초당 수십, 수백 리터가 될 수도 있다.

전자공학에서 전류는 1초당 전선의 한 지점을 지나가는 전자가 지니는 전하의 양을 뜻한다(그림 1-1). 전류의 단위는 암페어이며 간단히 amp 또는 단위 A로 나타낼 수 있다.

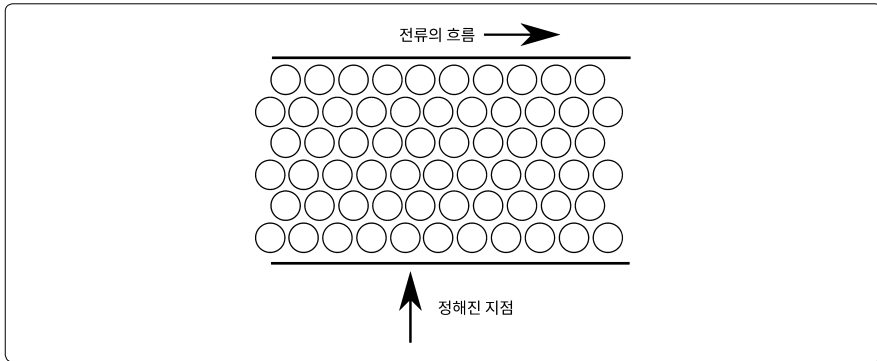


그림 1-1 전선을 흐르는 전류

## 논의 사항

많은 경우 회로에서 1A는 상당히 큰 전류이기 때문에 A보다 mA(밀리암페어, 1/1,000A) 단위를 자주 보게 될 것이다.

## 참고 사항

- 단위와 mA에서처럼 단위에 붙는 접두어의 목록은 부록 D를 참고한다.
- 회로에서의 전류에 대해 더 알고 싶다면 레시피 1.4를 참고한다.

## 1.2 전압 이해하기

### 문제

전자공학에서 **전압(voltage)**이 의미하는 바를 알고 싶다.

### 해결책

레시피 1.1에서 전하가 이동하는 속도를 전류라고 부르는 이유를 살펴보았다. 전류가 흐르려면 흐름에 영향을 미치는 원인이 있어야 한다. 수도관이라면 한쪽이 다른 쪽보다 높을 때 낮은 곳으로 물이 흐를 수 있다.

전압을 수도관에서의 높이와 비슷하다고 생각하면 이해하기가 쉽다. 높이라는 것은 상대적인 개념이기 때문에, 물이 파이프를 흐르는 속도는 해수면을 기준으로 한 파이프의 높이가 아니라 파이프의 한쪽 끝과 다른 쪽 끝의 높이 차에 의해 결정된다(그림 1-2).

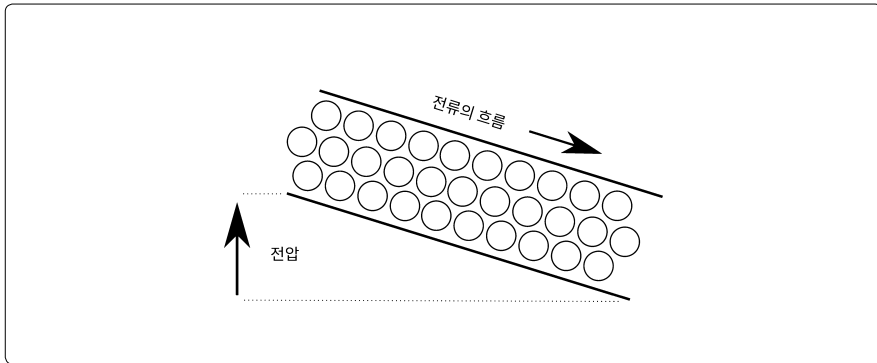


그림 1-2 전압을 높이에 비유해 나타냈다.

전압이라는 용어는 전선의 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝까지의 전압을 뜻할 수도 있고, 배터리의 한쪽 단자에서 다른 쪽 단자까지의 전압을 뜻할 수도 있다. 공통적인 특성은 전압의 조건이 충족되려면 두 지점이 있어야 한다는 점이다. 두 지점 중 전압이 더 높은 쪽을 양의 전압(positive voltage)이라고 하고, 기호로는 +로 나타낸다.

전압의 차로 인해 전선에서는 전류가 흐른다. 전선의 한쪽 끝과 다른 쪽 끝의 전압 간에 차이가 없다면 전류는 흐르지 않는다.

전압의 단위는 볼트(V)다. AA 배터리의 단자 사이에 걸리는 전압은 1.5V다. 아두이노는 5V에서, 라즈베리 파이는 3.3V에서 작동한다. 그러나 라즈베리 파이에서 요구하는 전원은 5V이며, 인가된 5V의 전압은 3.3V로 낮춰 사용된다.

## 논의 사항

가끔은 전압이 전자회로에 위치한 두 지점 간의 전위차가 아니라 한 지점의 값을 나타낼 때 사용되는 것처럼 느껴질 때가 있다. 이런 경우 전압은 회로의 한 지점에서의 전위와 접지 사이의 전위차를 뜻한다. 접지(약어로 GND)는 회로의 모든 지점에 대해 전압을 측정하는 기준이 되는 전압이다. 접지는 0V라고 볼 수 있다.

## 참고 사항

전압에 대해 더 알고 싶다면 레시피 1.5를 참고한다.

## 1.3 전압, 전류, 저항 계산하기

### 문제

어딘가에 인가된 전압이 그 내부를 지나는 전류의 흐름을 어떻게 제어하는지 알고 싶다.

### 해결책

옴의 법칙을 사용하자.

옴의 법칙에 따르면 전선이나 전자부품을 통과하는 전류(I)는 전선이나 부품에 걸리는 전압(V)을 부품의 저항(R)으로 나눈 값이 된다. 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I = \frac{V}{R}$$

구하고자 하는 값이 전압(V)이라면, 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = I \times R$$

저항을 통과하는 전류와 저항에 걸리는 전압을 안다면, 저항은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$R = \frac{V}{I}$$

### 논의 사항

저항이란 물질이 전류의 흐름을 방해하는 성질을 말한다. 전선의 저항은 낮아야 하며, 이는 보통 전선을 통과해 흐르는 전류의 흐름이 불필요하게 지연되기를 바라지 않기 때문이다. 전선의 길이가 일정하면, 두께가 두꺼워질수록 저항이 줄어든다. 따라서 손전등 안의 전구(또는 LED)와 배터리를 연결하는 수십 센티미터의 얇은 전선의 저항 값이 0.1Ω에서 1Ω 사이라고 하면, AC 콘센트에 꽂는 전기 주전자의 두꺼운 케이블 전선의 경우 저항은 몇 밀리옴(mΩ)에 불과할 수 있다.

회로의 일부를 지나가는 전류량을 제한하고 싶을 때 가장 흔히 사용하는 방법은 저항이라는 부품의 형태로 저항값을 추가하는 것이다.



그림 1-3은 저항(지그재그 선)과 저항을 통과하는 전류(I), 저항에 인가된 전압(V)을 보여 준다.

1.5V 배터리를 100Ω 저항에 그림 1-4와 같이 연결했다고 해 보자. 그리스 문자 Ω(옴)은 저항의 단위인 옴(ohm)을 나타내는 기호로 사용된다.

옴의 법칙을 사용하면 전류는 저항에 걸리는 전압을 저항의 저항값으로 나누어 구할 수 있다(전선의 저항은 0이라고 가정할 수 있다), 따라서,  $I = 1.5/100 = 0.015A$  또는 15mA다.

### 참고 사항

- 회로의 저항과 전선을 통과해 흐르는 전류에 일어나는 일을 알고 싶다면 레시피 1.4를 참고한다.
- 전류, 전압, 전력 간의 관계를 알고 싶다면 레시피 1.6을 참고한다.

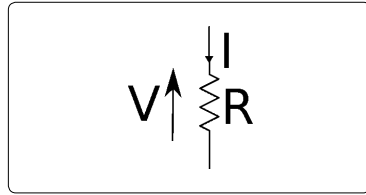


그림 1-3 전압, 전류, 저항

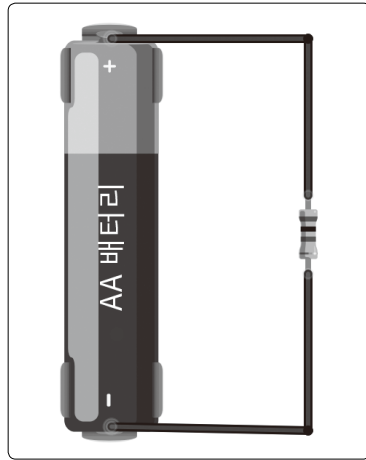


그림 1-4 배터리와 저항

## 1.4 회로의 한 지점에서 전류 계산하기

### 문제

회로의 한 지점을 통과해 흐르는 전류의 크기를 알고 싶다.

### 해결책

키르히호프의 전류 법칙(Kirchhoff's Current Law)을 사용하자.

간단히 설명하면, 키르히호프의 전류 법칙은 회로의 한 지점에서 이곳으로 들어오는 전류의 크기와 이곳에서 나가는 전류의 크기가 같음을 말한다.

### 논의 사항

예를 들어 그림 1-5에서 저항 2개를 병렬로 연결하고 배터리로 전압을 공급했다고 해 보자(그림 1-5의 왼편에 위치한 배터리의 회로도 기호를 확인하자).

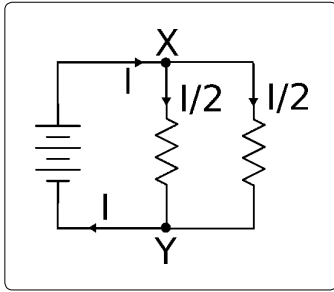


그림 1-5 병렬로 연결된 저항

점 X에서 전류 I는 배터리로부터 점 X로 흘러 들어가지만, 점 X로부터 나가는 전선은 2개다. 연결된 두 저항의 크기가 같다고 할 때, 각 전선에는 전류의 절반( $I/2$ )이 통과해 지나간다.

점 Y에서 두 전선은 다시 만나며, 이때 두 곳으로부터 점 Y로 각각 흘러 들어오는  $I/2$ 의 전류는 합해지기 때문에 Y로부터 흘러 나오는 전류의 크기는 I가 된다.

## 참고 사항

- 키르히호프의 전압 법칙은 레시피 1.5를 참고한다.
- 저항의 병렬 연결에 대한 자세한 설명은 레시피 2.5를 참고한다.

## 1.5 회로에서의 전압 계산하기

### 문제

회로 주변에서 전압을 더하는 원리를 알고 싶다.

### 해결책

키르히호프의 전압 법칙(Kirchhoff's Voltage Law)을 사용해 본다.

전압 법칙에 따르면 회로의 여러 지점 간의 전압(양의 전압과 음의 전압)을 모두 더하면 0이 된다.

### 논의 사항

그림 1-6은 저항 2개를 배터리에 직렬로 연결한 모습을 보여 준다. 이때, 두 저항의 값은 같다고 가정한다.

언뜻 보면 키르히호프의 전압 법칙의 적용 방식을 분명히 알기가 쉽지 않지만, 전압의 극성을 생각해 보면 이해가 쉬워진다. 왼쪽에 위치한 배터리가 공급하는 전압  $V$ 는 각각의 저항에 인가

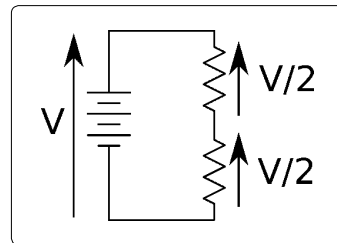


그림 1-6 직렬로 연결된 저항

되는 전압( $V/2$ )을 합한 값과 크기는 같고 방향은 반대(화살표 방향 확인)가 된다.

이는 V가 저항에 걸리는 두 전압(각각 V/2)과 균형을 이루어야 한다고 생각할 수도 있다. 다시 말해,  $V=V/2+V/2$  또는  $V-(V/2+V/2)=0$ 으로 나타낼 수 있다.

## 참고 사항

- 이러한 방식으로 한 쌍의 저항을 배열하면 전압을 낮출 수 있다(레시피 2.6 참고).
- 키르히호프의 전류 법칙은 레시피 1.4를 참고한다.

## 1.6 전력 이해하기

### 문제

전자공학에서 **전력(power)**의 의미를 알고 싶다.

### 해결책

전자공학에서 전력은 전기에너지가 다른 형태의 에너지(보통 열)로 전환되는 비율을 뜻한다. 전력의 측정 단위는 초당 에너지(J/s)이며, 와트(W)도 사용된다.

레시피 1.3의 그림 1-4와 같이 저항을 연결하면, 저항은 열을 발생시키며, 발생하는 열이 상당하면 저항이 뜨거워진다. 이때 열로 전환되는 전력의 크기는 다음의 식을 사용해서 계산할 수 있다.

$$P=I \times V$$

다시 말해, 전력(W)은 저항에 걸린 전압(V)을, 저항을 지나는 전류(I)와 곱한 값이 된다. 그림 1-4의 예에서 저항에 걸리는 전압이 1.5V, 저항을 통과하는 전류가 15mA라고 할 때 전력으로 인해 발생하는 열은  $1.5V \times 15mA = 22.5mW$ 가 된다.

### 논의 사항

저항의 크기와 저항에 걸리는 전압의 크기를 알고 있다면 옴의 법칙과  $P=IV$ 라는 공식을 결합한 다음의 식을 사용할 수 있다.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$V=1.5V$ 이고  $R=100\Omega$ 일 때, 전력은  $1.5V \times 1.5V/100\Omega = 22.5mW$ 가 된다.

## 참고 사항

- 옴의 법칙은 레시피 1.3을 참고한다.

## 1.7 교류

### 문제

전기에는 직류(direct current, DC)와 교류(alternating current, AC) 두 가지 맛이 있는데 그 차이를 알고 싶다.

### 해결책

이 앞의 모든 레시피에서는 DC가 사용된다고 가정했다. DC에서 전압은 일정하며, 보통 배터리에서 공급되는 전압을 생각하면 된다.

AC는 벽의 콘센트에서 공급되며, 전압은 낮출 수는 있지만(레시피 3.9 참고) 일반적으로 높은(그래서 위험한) 전압으로 공급된다. 한국에서는 220V의 전압이, 미국의 경우는 110V의 전압이, 대부분의 다른 나라에서는 220V나 240V의 전압이 공급된다.

### 논의 사항

AC(alternating current)에서 교차(交叉)를 뜻하는 alternating이라는 영어 단어를 사용하는 이유는 AC에서의 전류 방향이 매초 수차례 바뀌기 때문이다. 그림 1-7은 미국의 AC 콘센트에서 전류가 변화하는 모습을 나타낸 것이다.

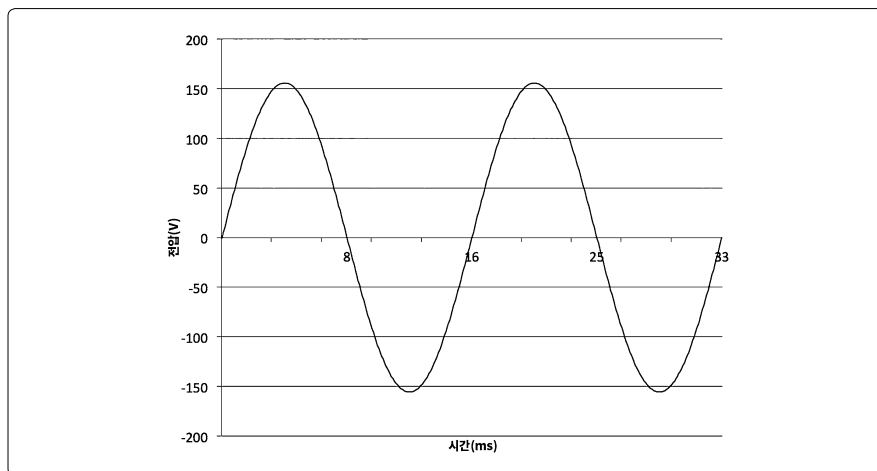


그림 1-7 교류

먼저 주목할 부분은 전압이 사인파의 형태를 띠면서 0V에서 완만하게 증가하다가 150V를 넘으면 떨어지기 시작해서 -150V로 줄어들었다가 다시 0V로 돌아가며, 이때 걸리는 시간은 16.6밀리초(ms, 1/1,000초)다. 여기까지가 파형이 완료되는 한번의 주기가 된다.

AC 주기(period, 파형 하나가 완료될 때까지 걸리는 시간)와 주파수(frequency, 초당 반복되는 주기 수)는 다음과 같이 계산한다.

$$\text{주파수} = \frac{1}{\text{주기}}$$

주파수의 단위는 헤르츠(Hz)다. 그림 1-7에서 AC의 주기는 16.6ms, 즉 0.0166초라는 것을 알 수 있기 때문에 주파수는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{주파수} = \frac{1}{\text{주기}} = \frac{1}{0.0166} \approx 60\text{Hz}$$

콘센트에서 나오는 AC는 실제로 최고점과 최저점 사이가 300V가 넘는 범위를 움직이는데 어째서 110V라고 칭하는지 궁금할 수 있다. 이 질문에 대해서는 110V라는 값이 동일한 전력량을 제공할 수 있는 DC 전압의 크기라고 대답할 수 있겠다. 110V는 RMS(root mean square) 또는 실효값이라고 부르며, 피크 전압을  $\sqrt{2}$ (약 1.41)로 나누어 구할 수 있다. 따라서 앞의 예에서, 155V의 피크 전압을 1.41로 나누면 그 값은 대략 110V RMS가 된다.

## 참고 사항

- AC의 사용에 대해서는 7장을 참고한다.