

짜릿짜릿 전자회로 DIY 3판
Make: Electronics 3/E



Make: Electronics 3/E

by Charles Platt

© 2023 Insight Press

Authorized Korean translation of the English edition of *Make: Electronics, 3rd Edition*,

ISBN 9781680456875 © 2021 Helpful Corporation. All rights reserved.

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.

짜릿짜릿 전자회로 DIY 3판: 뜯고 태우고 맛보고, 몸으로 배우는

전자책 1쇄 발행 2023년 3월 24일 지은이 찰스 플랫 옮긴이 이하영 펴낸이 한기성 펴낸곳 (주)도서출판인사이트 편집 문선미
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 ISBN 978-89-6626-395-0



짜릿짜릿 전자회로 DIY 3판

찰스 플랫 지음 | 이하영 옮김

차례

옮긴이의 글	vi
들어가는 글: 이 책을 즐기는 방법	viii
1장 기본적인 내용	1
실험 1 전기의 맛을 보자!	10
실험 2 흐름 따라가기	16
실험 3 전압에 대한 모든 것	28
실험 4 열과 전력	38
실험 5 전지를 만들어 보자	45
2장 스위칭	51
실험 6 스위치로 연결하기	61
실험 7 릴레이 조사하기	74
실험 8 릴레이 오실레이터	80
실험 9 시간과 커패시터	95
실험 10 트랜지스터를 이용한 스위칭	105
실험 11 빛과 소리	117
3장 납땀하기	135
실험 12 두 전선 연결하기	145

실험 13	LED를 구워 보자	156
실험 14	웨어러블 멀티바이브레이터	158

4장 칩스 아호이! 165

실험 15	펄스 방출하기	170
실험 16	음조 정하기	183
실험 17	침입 경보 장치	195
실험 18	반응속도 대결! 반사신경 테스트	213
실험 19	논리를 배워 보자	226
실험 20	잠금 해제 장치	238
실험 21	퀴즈쇼 버저	251
실험 22	플리핑과 바운싱	259
실험 23	멋진 주사위	264

5장 이제 뭘 할까? 281

실험 24	자력	291
실험 25	탁상용 발전기	295
실험 26	스피커 망가뜨리기	303
실험 27	코일이 반응하도록 만들어 보자	307
실험 28	납땀과 전원이 없는 라디오	310
실험 29	하드웨어가 소프트웨어를 만날 때	318
실험 30	더 멋진 주사위	333
실험 31	학습 과정	345

부록A 세부 사양 359

부록B 공급업체 371

찾아보기		384
------	--	-----

옮긴이의 글

찰스 플랫이 돌아왔다.

이 책이 전자회로를 공부하기에 얼마나 좋은지는 많은 판매부수와 사람들의 정성어린 후기로도 알 수 있을 것이다. 이미 이 책의 이전 판으로 공부를 했던 독자라면 더 말할 것도 없겠다. 그러나 초판의 번역본을 바탕으로 2판을 번역한 역자로서 1판보다는 2판이, 2판보다는 3판이 낫다고 감히 말해본다.

2판을 번역할 당시 찰스 플랫이 얼마나 글을 잘 쓰고 독자들에게 친절한지, 내용을 쉽게 전달할 수 있도록 얼마나 고심했는지를 느낄 수 있었기에 이런 부분을 독자들에게 잘 전달할 수 있기를 바라며 작업했던 기억이 난다. 이 점은 3판에서도 그대로다. 여전히 그는 “실패 좀 하면 어때, 거기서 배우면 되지” 하며 어깨를 두드려 주는 친구처럼 말을 건넨다. 프로젝트도, 책의 구성도 큰 틀에서 보자면 그다지 달라지지 않았다.

그럼에도 3판은 그 이전 판보다 더 좋아졌다. 어렵다는 의견이 있었던 부분을 더 상세히 풀어쓰거나 최신 경향에 맞게 내용을 업데이트하기도 하고, 회로도도 도해를 더 보기 좋은 것으로 교체하고, 단종된 부품이 있을 경우 부품을 바꾸

거나 회로 전체를 새롭게 만들기도 했다. 이처럼 내용도 물론 좋아졌지만 3판이 더 좋은 책이 될 수 있었던 데는 플랫의 성실함과 문제를 해결해 나가는 접근 방식 자체도 큰 몫을 한다.

플랫의 이런 면을 확인할 수 있는 대표적인 예가 주사위 회로의 ‘무작위성’ 오류 문제다. 2판을 읽었던 독자라면 플랫이 독자로부터 이 문제를 지적 받아 해결하려 했던 일을 기억하고 있을 것이다. 당시 그는 여러 가지 방법을 시도해본 후에 최종적으로 오류를 일으키는 원인이 된 부품(커패시터)을 회로에서 제외시키는 것으로 문제를 해결했다.

그런데 이런 해결책은 성에 차지 않았는지, 플랫은 독자들로부터 받은 메일과 전문가의 자문과 인터넷 검색 결과를 검토해 더 나은 회로를 만들어냈다. 이뿐 아니라 해당 아이디어를 채택하거나 채택하지 않은 이유도 하나하나 설명해 준다. 덕분에 회로의 완성도가 한 단계 높아진 건 물론이지만, 플랫이 문제에 접근하고, 실패하고, 도움을 구하고, 또 실패하고, 그러다 결국은 문제를 해결하는지 그의 머릿속을 들여다 보듯이 따라 갈 수 있다. 무엇보다 귀중한 경험이다.

이런 내용들이 책 전체에서 불쑥불쑥 등장한다. 책을 읽어 나가다 보면 다음에는 어떤 회로를 만들까, 어떤 실험을 할까도 기대되지만 또 어딘가에서 플렛의 실패담이 등장하지 않을까 기다려지기까지 한다. 사실 나는 플렛의 다음 판

을 벌써부터 기대하고 있다. 이 책을 읽고 나면 독자 여러분의 마음도 나와 크게 다르지 않을 것이다.

- 이하영

들어가는 글: 이 책을 즐기는 방법

《짜릿짜릿 전자회로 DIY》는 실험을 먼저 시작하고 여기에서 이론을 알아내는 방법을 선호한다. 이를 ‘발견을 통한 배움’이라고 부른다. 이론을 먼저 배운 뒤 이를 검증하는 실험을 하는 다른 이론서와는 다르다.

내가 발견을 통한 배움 방식을 선호하는 이유는 두 가지다.

- 더 재미있다.
- 현실 세계에서 과학이 발전해 온 방식과 비슷하다.

실험과학에서 관찰은 일부 자연 현상을 새롭게 이해하는 계기가 될 수 있다. 전자공학을 배우는 사람이라고 해서 비슷한 경험을 하지 못할 이유가 뭐가 있겠는가? 미리 답을 알고 시작하는 것보다 부품이 작동하는 방식을 발견하는 쪽이 내겐 더 흥미롭게 느껴진다.

이 접근 방식의 유일한 단점이라면 그 가치를 충분히 누리기 위해 프로젝트를 직접 만들어 봐야 한다는 것이다. 다행히도 부품 공급업체에서 이 책을 위한 키트를 개발해 준 덕분에 비교적

저렴한 가격으로 필요한 모든 것을 한번에 구입할 수 있다.

3판에서 바뀐 내용

이 책의 1판과 2판은 수십만 부가 판매되었으며, 여러 나라에서 번역서로 출간되기도 했다. 이러한 성공이 계속 이어질 수 있으려면 독자의 요구를 만족시켜야만 한다고 생각했다. 따라서 이를 염두에 두고 3판을 집필했다.

본문은 상당 부분을 다시 썼고, 회로도도 도해는 대부분 새롭게 바꾸었다. 브레드보드 배치도는 부품을 더 선명하게 보여줄 수 있는 이미지를 사용했다. 추천하는 도구에 대한 정보도 수정했는데, 일부는 독자의 피드백을 받아 작성했다.

사진 중 상당수는 더 선명한 것으로 교체했고, 실험 중 일부는 독자의 피드백을 받아 수정했다. 프로젝트 몇 가지는 부품을 더 적게 쓸 수 있도록 회로를 다시 설계했다. 아두이노를 소개하는 마지막 3개 장은 수정하고, 추가로 다른 유형의 마이크로컨트롤러도 간단히 소개했다.

이 책의 키트 공급 업체와 협력해서 실험에 필요한 부품의 범위를 줄이고 단순화했기 때문

에 더 저렴한 비용으로 실험이 가능하다.

2판용 키트로는 3판의 실험을 온전히 진행할 수 없다. 이 점은 뒤에서도 계속 언급하는데, 독자들이 키트를 잘못 구매해 부품이 책과 정확히 일치하지 않는다는 것을 깨닫고 상심할까봐 그랬다. 그러니 키트를 구입할 때는 '3판'이라는 단어가 있는지 주의 깊게 살펴보자.

이 책의 목적

누구나 전자기기를 사용하지만 그 안에서 어떤 일이 벌어지는지는 잘 모른다.

그걸 알아야 할 필요가 있나 생각할지도 모르겠다. 내연기관의 작동 원리를 이해하지 못한다고 해서 운전하는 데 지장이 생기는 것도 아니다. 그렇다면 어째서 전기와 전자회로에 대해 배워야 할까?

나는 세 가지 이유가 있다고 생각한다.

- 기술의 작동 원리를 알면 세상에 지배되지 않으면서 세상을 더 잘 통제할 수 있다. 또, 문제를 맞닥뜨렸을 때 좌절하지 않고 해결할 수 있다.
- 제대로만 접근한다면 전자기학을 배우는 일이 즐거울 수 있다. 게다가 아주 저렴하게 즐길 수 있는 취미다.
- 전자회로에 대한 지식은 직장에서 자신의 가치를 높여줄 수 있으며 완전히 새로운 직업의 길로 이끌어 줄지도 모른다.

뜯고 태우고 맛보기

발견을 통한 배움에서 한 가지 중요한 점은 실수를 할 마음가짐을 가져야 한다는 점이다. 회로가 작동하지 않거나 부품이 타버릴 수도 있다.

나는 이 점을 긍정적으로 평가한다. 실수는 무언가를 배울 수 있는 귀중한 방법이기 때문이다. 그러니 부품을 뜯고 태우고 맛보면서 어떻게 작동하는지, 어떤 한계를 지니고 있는지 직접 확인해 보길 바란다. 이 책에서는 아주 낮은 전압을 사용하기 때문에, 민감한 부품이 손상될 수는 있어도 크게 다칠 염려는 없다.

실수를 두려워하지 말자. 트랜지스터와 LED는 비싸지 않고 교체하기도 쉽다.

배우기가 어렵진 않을까?

이 책은 사전 지식이 전혀 없는 상태의 독자를 타겟으로 한다. 초반의 실험 몇 가지는 정말 단순해서 만능기판이나 납땀인두를 사용할 필요조차 없다.

개념들은 이해하기 어렵지 않다고 생각한다. 물론 전자기학을 정식으로 공부해서 자신만의 회로를 설계하려는 목표를 가지고 있다면 그 목표를 이루기는 조금 힘들 수 있다. 이 책에서는 이론을 최소화했고 필요한 계산이라고는 사칙연산 정도밖에 없다.

이 책의 구성 방식

대부분의 정보는 길라잡이 형식으로 제공되며, 나중에 참조할 수 있도록 몇 개의 장으로 구분했다.

개념과 주제의 설명은 앞에서 말한 내용을 바탕으로 덧붙이는 식이다. 따라서 무작위로 책을 읽어도 되겠지만 뒤로 넘어갈수록 실험을 진행할 때 앞에서 배운 지식이 필요해진다. 그러니 가급적 많이 뛰어넘지 말고 순서대로 공부해 나가길 바란다.

문제가 생겼을 때 해결 방법

동작하는 회로를 만드는 방법은 보통 한 가지인데, 회로의 동작을 방해하는 실수는 수백 가지다. 그러니 체계적으로 작업을 하지 않는다면 바람직한 결과를 기대하기 어렵다.

회로가 제대로 동작하지 않으면 얼마나 답답할지 알고 있지만, 그렇다고 짜증만 내고 있으면 역효과가 날 뿐이다. 문제를 찾기 위해서 모든 부분을 하나하나 체계적으로 조사할 수밖에 없다.

이 책의 모든 실험은 대상 시험(bench-test)을 거쳤다. 따라서 책의 회로가 제대로 작동하지 않는다면 다음과 같은 문제가 발생했을 가능성이 높다.

- 배선에서 실수를 했다. 배선 오류는 누구나 쉽게 하는 실수다. 나도 오늘 배선 실수를 했다. 이럴 경우 30분 정도 작업대를 벗어나서 다른 일을 하고 돌아와 다시 보길 바란다. 오류를 찾을 가능성이 높아진다.
- 트랜지스터나 칩과 같은 부품에 과부하가 걸려서 더 이상 작동하지 않을 수 있다. 만일을 위해 여분의 부품을 보관해 두자.
- 부품과 브레드보드의 연결이 좋지 않을 수 있다.

느슨하게 연결된 부품을 흔들어 보고, 전압을 측정하고, 필요하다면 주요 부품을 살짝 옆으로 옮겨보자.

오류를 찾아내는 방법은 책의 후반부에 더 자세히 소개한다. 여기서 이 주제를 언급한 이유는 회로가 작동하지 않았을 때 의지할 수 있는 마지막 수단을 알려주기 위해서다. 대부분의 작가들과 달리 나는 내게 직접 연락할 수 있는 이메일 주소를 공개하고 있다. 다만 연락하기 전에 다음 몇 가지 지침을 따라 주길 바란다.

질문하기

시간이 많은 건 아니지만 나는 가급적 모든 메일에 답장을 보내려 노력한다. 그러니 인내심을 가지고 기다려 주기 바란다. 메일을 받은 당일에 답장을 보내기도 하지만 어떤 때는 일주일도 걸리기도 한다.

메일을 보낼 때는 다음 사항을 지켜 주기 바란다.

- 작동하지 않는 프로젝트의 사진을 첨부한다. 이때 사진으로 저항의 줄무늬 색상 등 세부사항을 확인할 수 있어야 한다.
- 진행하고 있는 프로젝트의 이름과 수록된 책의 제목을 함께 명시한다. 전자부품에 관해 쓴 책이 여러 권이기 때문에 어떤 책의 프로젝트인지까지 언급해야 한다.
- 문제를 명확하게 설명해야 한다! 의사에게 신체 증상을 설명하고 진단을 요청할 때처럼 문

제에 대해 자세히 알려 주어야 한다.

내 메일 주소는 다음과 같다.

make.electronics@gmail.com

메일 제목에 HELP라고 명시해 주기 바란다.

오류 보고하기

내가 책을 쓸 때는 여러분이 회로를 만들 때보다 더 많은 실수를 검토한다. 오류를 최소화하기 위해 최선을 다했지만, 그럼에도 오류가 남아 있다면 알려주기 바란다. 오류는 내 개인 메일로 보내도 되고, 정오표 페이지에 글을 올려도 된다. 내게 메일을 쓰면 답장을 받을 수 있으며, 필요한 경우 그 문제에 대해 이야기를 나눌 수도 있다. 정오표를 이용한다면 다른 사람들이 올려놓은 오류 내용을 확인할 수 있어, 같은 오류가 발생했다면 바로 해결할 수 있다. 마찬가지로 여러분이 오류를 새로 발견해 올린다면 다른 사람들에게 도움이 될 수도 있다. 정오표 주소는 다음과 같다.

URL www.oreilly.com/catalog/errata.csp?isbn=9781680456875

업데이트된 내용 받아보기

문제나 요구사항이 없는 사람이라도 내게 메일 주소를 등록해 주기 바란다. 메일은 다음에서 명시한 것 이외의 용도로 사용하지 않는다.

- 이 책이나 이 책의 다음 단계인 《짜릿짜릿 전자회로 DIY 플러스》에서 심각한 오류가 발견되면 이 사실을 알리고 해결책을 제공한다.
- 이 책이나 《짜릿짜릿 전자회로 DIY 플러스》의 부품 키트에 오류가 발견되거나 문제가 생기면 이 사실을 알린다.
- 이 책이나 《짜릿짜릿 전자회로 DIY 플러스》를 완전히 새롭게 개정하거나 다른 책을 출간하면 이 사실을 알린다. 이러한 알림은 1~2년에 한 번 정도밖에 보내지 않을 것이다.

메일 주소는 이 외의 용도로는 사용하지 않으며, 누군가에게 판매하거나 공유하지도 않는다. (사실 메일 주소를 판매하는 법도, 사고자 하는 사람도 모른다.)

메일을 등록한 독자에게는 공개한 적 없는 전자회로 프로젝트의 제작 과정을 담은 2페이지짜리 PDF 파일을 보내준다. 프로젝트는 재미있고 독특하면서 상대적으로 쉽다. 메일을 등록한 독자만 파일을 받을 수 있을 것이다.

내가 이처럼 참여를 독려하는 이유는 오류를 발견했을 때 이를 알려줄 방법이 없기 때문이다. 여러분이 혼자서 애쓰다가 뒤늦게 오류를 발견하는 걸 방지하고 싶다. 이는 내 명성에 좋지 않은 영향을 미치기 때문에 여러분이 불만을 느낄 만한 상황은 피하고 싶다.

다음의 주소로 제목만 적어 메일을 보내면 된다(원한다면 의견을 남겨도 된다).

make.electronics@gmail.com

제목은 반드시 REGISTER라고 써야 한다.

메일은 내가 직접 처리한다. 등록만 하는 독자라도 개인적으로 답메일을 받고 싶어하기 때문이다. 바로 처리되는 자동 등록 과정을 기대하면 안 된다! 내가 휴가를 간다면 ‘특별 보너스 프로젝트’를 2주 이상 받지 못 할 수도 있다. 그래도 언젠가는 받게 된다. 내가 혼자서 메일을 처리하기 때문에 늦어지는 건 이해해 주길 바란다.

공개 게시판에 글 올리기

책에 불만을 느끼면 불평을 하고 싶을 수 있다. 이때 불만을 표출하는 방법 중 하나가 인터넷, 그중에서도 아마존의 독자 리뷰에 글을 올리는 것이다. 이런 마음이 들었다면 그 불만 사항을 해결할 수 있는지 확인할 수 있도록 부디 내게 먼저 연락해 주기 바란다.

독자가 지닌 권력을 충분히 알고 이를 공정하게 사용해 주면 좋겠다. 부정적인 의견은 하나만 있어도 생각보다 큰 영향을 미칠 수 있다. 단 하나의 부정적인 의견이 여러 개의 긍정적인 의견을 눌러버릴 수 있다. 한두 번이기는 하지만 인터넷에서 부품을 찾지 못했다든가 하는 소소한 이유로 짜증이 난 독자들이 부정적인 의견을 남긴 적이 있다. 내게 질문을 남겼다면 기꺼이 도움을 주었을 것이다.

내 수입의 많은 부분이 인터넷 판매로부터 나오며, 따라서 책에 달린 별 4개 반의 평점은 중요하다. 물론 단순히 이 책의 집필 방식이 싫다면 그때는 마음 편히 그렇다고 의견을 남겨도 된다.

한 걸음 더 나아가 보기

이 책을 끝까지 공부한 독자라면 전자회로의 여러 기본 개념을 익혔을 것이다. 여기서 한발 더 나아가고 싶다면 《짜릿짜릿 전자회로 DIY 플러스》를 보면 좋다. 조금 더 어렵기는 하지만 이 책에서와 마찬가지로 ‘발견을 통한 학습’ 방법으로 공부할 수 있다. 이 책까지 마치면 전자기학에 대한 이해도가 ‘중급’ 수준에 도달할 수 있도록 구성했다.

‘고급’ 수준의 안내서를 쓸 능력은 없기 때문에 《짜릿짜릿 전자회로 DIY 플러스 플러스》 같은 제목의 책은 나오지 않을 것이다.

참고 서적으로 내가 쓴 《전자 부품 백과사전》을 구입해도 된다. 이 책은 세 권으로 구성되어 있으며 그중 두 권은 프레드릭 얀슨이라는 아주 똑똑한 연구원과 공동으로 집필했다. 이 책에서는 부품을 카테고리별로 정리해 두었다. 따라서 책에서 부품을 하나 찾았는데 원하는 점이 일치하지 않는다면, 바로 옆에서 다른 부품을 찾아볼 수 있다. 그 부품에 대해 들어본 적이 없더라도 여러분이 맞닥뜨린 문제에 해결책이 되어줄지 모른다.

또, 나이가 어리고 집중할 수 있는 시간이 짧은 독자를 위해 《Easy Electronics(쉬운 전자공학, 국내 미출간)》이라는 제목의 얇은 책도 출간했다. 해당 도서에 대한 키트도 판매하고 있으며, 프로젝트는 아주 쉬워서 회로를 만들 때 도구가 필요 없다. 도구 없이 회로를 직접 만들 수 있는 책이라고 생각하면 된다.

무언가를 만드는 데 관심이 있다면 《메이커의

똑딱똑딱 목공 도구》를 추천하고 싶다. 이 책은 수공구 사용 안내서로 《짜릿짜릿 전자회로 DIY》와 마찬가지로 직접 만들어 보는 식의 접근 방식을 사용한다. 이 책은 손톱(hand saw) 사용

법에서 시작해서 전자부품 프로젝트에 사용하기 좋은 작은 상자를 플라스틱으로 만드는 법까지 다룬다.

- 찰스 플랫

1장에는 실험 1~5가 실려 있다.

실험 1에서는 말 그대로 전기 맛을 보여줄 생 각이다! 전류를 경험해 보고 전기저항의 특성도 알아보자.

실험 2와 3에서는 계측기를 사용해서 전압과 전류를 측정한다. 실험 4에서는 전력량을 계산 해 본다. LED를 태우고 퓨즈를 끊기도 할 텐데, 그 과정을 통해 전자공학의 기본 법칙을 추론해 낼 수 있을 것이다.

실험 5에서는 일상에서 사용하는 물건으로 탁자 위에서 전기를 생성하는 재미를 느껴 보자.

여기서 소개하는 실험을 해나가다 보면 중요한 개념 몇 가지를 명확히 정립할 수 있다. 어느 정도 지식이 있는 사람이라도 뒷부분으로 넘어 가기 전에 시도해 보기를 바란다.

1장에 필요한 물품

각 장을 시작할 때 필요한 공구, 장비, 부품, 물품을 사진과 함께 설명한다. 이러한 물건을 사 본 경험이 없는 독자를 위해 359쪽 부록 A에 자세한 설명을 실어 두었다. 부품과 물품을 살 때 참고할 수 있는 온라인이나 오프라인 매장은 371쪽

부록 B에 소개했다.

부품을 하나하나 구입하는 것이 내키지 않는다면 이 책의 프로젝트에 필요한 부품으로 구성된 키트를 구매할 수도 있다. 최소 두 종이 판매 중이다. 키트는 별도의 공급업체에서 제작했다. 내가 이에 대한 권리 권한이나 금전적 이해관계는 없지만 키트에 부품이 제대로 갖추어졌는지는 확인했다. 공급업체 목록은 부록 B에 수록되어 있다.

키트 판매업체에서 해외로 제품을 배송해 줄 수는 있겠지만, 아쉽게도 미국 우편 서비스는 정부 보조금을 받지 않기 때문에 다른 국가로 물품을 배송하는 비용이 많이 든다. 미국 외의 지역에 거주하는 독자라면 키트 대신 배송료가 낮고 부품 자체가 더 저렴한 아시아 공급업체에서 개별 부품을 사는 편이 더 나올 수 있다.

계측기(멀티미터)

휴대용 계측기(multimeter)는 전자공학을 배울 때 가장 기본적인 도구이다. 의사가 MRI 기계를 사용해 인체 내부에서 일어나는 일을 확인할 수 있는 것처럼 계측기로 회로 내부에서 어떤 일이

일어나고 있는지 알 수 있다.

계측기를 뜻하는 영어 단어 multimeter에서 multi는 여러 측정을 할 수 있다는 뜻으로, 그중 가장 중요한 것이 전압, 전류, 전기저항이다. 처음에는 복잡하거나 두렵다고 느낄 수 있지만 실제로는 최신 전화기보다 간단하고 카메라만큼 사용하기 쉽다.

필요한 계측기 유형은 디지털 디스플레이 화면이 있는 디지털 계측기일 것이다. 가끔 눈금 위로 바늘이 움직이는 아날로그 계측기를 보게 될 수도 있겠지만 사용이 쉽지 않아서 추천하지는 않는다.

그림 1-1은 내가 본 계측기 중 가장 작고 단순한 제품 중 하나다. 사양은 부록 B에 수록한 이 책의 키트 제조업체 중 하나에서 정했지만, 이와 유사한 계측기는 온라인에서 쉽게 찾을 수 있다. 지출을 최소화하고 싶다면 이 정도의 제품으로도 1~30번까지 모든 실험을 할 수 있다. 이 제품을 선택한다면 계측기에 관한 나머지 부분은 건너뛰어도 된다. 그렇지만 비용을 조금 더 들일



그림 1-1 기본 기능만 갖춘 디지털 계측기. 바탕의 정사각형은 한 변이 1인치(2.5cm)이다.

때 어떤 이점을 얻을 수 있는지 궁금하다면 계속 읽어 보자.

자동 vs. 수동

더 비싼 계측기에서 가장 눈에 띄는 기능이라고 하면 뭐니 뭐니 해도 자동 범위 조정이라고 할 수 있다. 설명을 돕기 위해 온도를 측정한다고 상상해 보자. 오븐의 온도계라면 섭씨 90~260도 범위에서 3도 이내의 정확도로도 충분할 것이다. 그러나 체온을 측정한다면 범위가 섭씨 35~41도로 좁기 때문에 정확도가 0.1도 정도는 되어야 한다.

전자 장치에서 전압이나 그 외의 값을 측정할 때도 상황은 비슷하다. 때로는 작은 숫자와 높은 정확도가 필요하지만 큰 숫자가 필요하다면 낮은 정확도로 만족해야 할 때도 있다.

수동 범위 조정 계측기를 사용할 때는 측정 전에 다이얼을 돌려 값의 범위를 먼저 선택해 주어야 한다. 예를 들어, 1.5볼트 AA 전지의 전압을 테스트하려면 계측기가 최대 2볼트까지 측정할 수 있도록 범위를 설정해야 실제 전압을 적당한 정확도로 측정할 수 있다.

자동 범위 조정 계측기는 알아서 전압을 감지해 적절한 범위를 선택한다. 알아서 적절한 범위를 선택해 준다니 좋아 보인다. 게다가 자동 계측기의 가격도 점점 낮아지고 있다. 하지만 나는 자동 계측기를 선호하지 않는다. 이런 제품은 사용 범위를 감지하는 데 몇 초씩 잡아먹는다.(내가 참을성이 없는 편이라 건디기 힘들다.) 또 범위를 직접 선택한 게 아니라서 디스플레이 화면에

표시되는 숫자의 단위가 무엇인지 바로 알 수 없다. 예를 들어 화면에 1.48이 표시되었다면 이 값은 볼트값일까 아니면 밀리볼트값일까? 화면에 작게 V나 mV로 단위가 표시되지만, 깜빡 잊고 단위를 보지 않으면 실수할 수 있다.

- 나는 수동 계측기를 사용하는 쪽을 추천한다. 오류가 생길 가능성이 작고, 비슷한 성능의 자동 계측기보다 비용도 저렴하다. 나만큼 참을성이 없는 사람이라면 답답함도 덜 느낄 것이다.

인터넷 사이트에 올라온 사진을 보고 계측기가 자동인지 수동인지 어떻게 구별할 수 있을까? 계측기에 자동 범위 조정 기능이 있다면 보통은 제품 설명에 이를 명시해 두지만, 분명히 명시되지 않은 경우라면 전면부 다이얼을 확인한다. 자동 계측기는 전면부에 숫자가 많지 않아서 그림 1-2의 계측기와 비슷해 보일 수 있다. 수동 계측기는 그림 1-3과 더 비슷해 보인다.

이후의 설명은 대부분 수동 계측기에 관한 것이다.

가격

계측기를 살 때 얼마를 지출할지 조언하는 것은 자동차 구매에 관해 조언하는 것과 같다. 가장 싼 차량과 아주 이국적인 차량 모델은 가격 차이가 100배가 날 수도 있다. 계측기도 마찬가지다. 가격은 시간이 지나면서 달라질 수도 있다.

그림 1-1의 계측기를 기준 모델로 삼아 이야



그림 1-2 자동 계측기.



그림 1-3 수동 계측기.

기를 계속해 보자. 이보다 비싼 계측기를 사면 어떤 장점이 있을까?

장점 중 하나는 수명이다. 내가 기준 모델을 오래 사용해 보지는 않았지만 보통 이런 제품은 계측기 전면부에 있는 선택 스위치 접합부가 시간이 지나면서 마모될 수 있다. 전자 장치에 대한 관심이 오래갈지 아직 잘 모르겠다면 이 문제는 그다지 중요하지 않을 수 있다.

비용을 더 많이 지불하면 기능이 더 많은 계측기를 살 수 있지만, 이를 잘 설명하기는 쉽지 않다. 기능을 설명하려면 용어도 알아야 하는데 ‘트랜지스터 테스트’란 말은 고사하고 전압과 암페어조차 아직 설명하지 않았기 때문이다. 따라서

계측기 전면부의 다이얼 주변에서 볼 수 있는 기호와 약어만 소개하고 중요한 항목이 무엇인지만 우선 설명한다. 이들의 정확한 의미는 책을 계속 읽어 나가면서 배울 것이다.

그림 1-4에서 빨간색으로 표시된 항목은 필수이다. 검은색은 있으면 좋지만, 이 책의 실험에 꼭 필요한 건 아니다.

다이얼 위치			
V	전압 (전기의 압력)	A	전류 (전기의 흐름)
Ω	전기저항 (단위: 옴)	mA	밀리암페어 (0.001암페어)
⎓ 또는 F	정전용량 (단위: 패럿)	Hz	전기 주파수 (단위: 헤르츠)
≡	직류(DC)	~	교류(AC)
▶	다이오드 테스트	⎓	전지 테스트
📶 또는 🎵	연속성 테스트 (계측기가 울린다)	hFE 그리고/또는 NPN PNP	트랜지스터 테스트

그림 1-4 계측기에서 가장 흔히 사용하며 선택 가능한 기호와 약어. 빨간색으로 표시한 항목은 꼭 필요하다.

계측기 제조업체는 지속적으로 사람들의 눈길을 끄는 기능을 추가하고 있지만 그중 상당수가 그다지 유용하지 않다. 다음은 실제로 필요하지 않은 기능의 예이다.

- NCV(no contact voltage)는 ‘무접촉 전압’ 테스트를 뜻한다. 전기 콘센트나 전선 근처에 계측기를 가져다 대면 전기가 흐르는지 확인

할 수 있다. 그러나 이 기능을 이 책에서 사용할 일이 없다.

- 온도 측정. 측정기로 부품의 과열 여부를 확인할 수도 있지만, 이 책에서는 손가락으로 부품을 만져 보는 것으로도 충분하다.
- 최대/최소(Max/Min) 및 정지(Hold) 버튼. 빠르게 변하는 값을 확인할 때 유용하지만 이 책에서는 필요없는 기능이다.
- 표시 화면의 백라이트 기능. 부품을 사용해 작업할 때는 보통 꽤많은 탁상용 램프를 사용하기 마련이다. 따라서 계측기의 백라이트가 있을 필요는 없다.

그림 1-4 중 위에서부터 3줄까지 6개의 문자와 기호 앞에는 종종 승수(multiplier)가 붙는다. 예를 들어, m은 1,000분의 1의 값을 표시하는 승수이므로 mV라는 용어는 1볼트의 1,000의 1에 해당하는 1밀리볼트(millivolt)를 뜻한다. 그리스 문자 μ (발음은 ‘뮤’)는 1,000,000분의 1을 뜻하는 승수이므로 용어 μ A는 1암페어의 1,000,000분의 1에 해당하는 1마이크로암페어(microamp)를 뜻한다. 승수는 그림 1-5에 정리해 두었다.

- 소문자 m은 ‘1,000으로 나눈다’, 대문자 M은 ‘1,000,000을 곱한다’는 뜻이다. 둘을 혼동하지 않도록 주의하자!

그림 1-5의 아래는 계측기에서 볼 수 있는 값의 범위를 보여 준다. 계측기 중에는 2로 시작하는 범위가 아니라 40, 400, 4K처럼 4로 시작하는

범위를 사용하는 제품도 있다. 어떤 계측기는 6으로 시작하는 범위값을 사용하기도 한다. 이 책의 실험에는 어느 쪽을 사용하든 크게 차이는 없다고 생각한다.

승수					
p	'피코'		m	'밀리'	
	1/1,000,000,000,000			1/1,000	
n	'나노'		k	'킬로'	
	1/1,000,000,000			x 1,000	
μ	'마이크로'		M	'메가'	
	1/1,000,000			x 1,000,000	
범위					
볼트(V) DC	200m	2	20	200	
볼트(V) AC	200m	2	20	200	
암페어(A) DC	200μ	2m	20m	200m	10 또는 20
암페어(A) AC	200μ	2m	20m	200m	10 또는 20
옴(Ω)	200	2K	20K	200K	2M 20M
패럿(F)	2n	20n	200n	2μ	20μ 200μ

그림 1-5 계측기에서 자주 사용하는 승수와 범위.

주어지는 범위가 넓은 편이 더 좋기는 하지만 이를 위해 비용을 더 많이 지불해야 할 수 있다. 빨간색으로 표시한 값이 가장 중요하고, 검은색 값은 선택 사항이라고 생각한다.

패럿(F) 값의 경우 해당 값을 계측하지 않는 계측기라면 표에서 표시한 범위는 무시한다. 그러나 패럿 값을 측정하는 계측기라면 해당 값을 확인할 수 있을 것이다.

이제 실생활에서 계측기 다이얼을 몇 가지 사용해서 범위가 어떤 식으로 표시되는지 알아보자. 그림 1-6에서 원형 다이얼 주변의 패넬은 몇 개의 구역으로 나누어져 있는데 V나 A 같은 문자와 기호로 구분된다. V는 볼트 구역이다. 이 범위는 AC와 DC에 모두 적용되며, AC와 DC는

빨간색 동그라미로 표시한 검은색 스위치로 선택할 수 있다. AC와 DC의 차이를 분명히 모른다면 이 기능이 지금 당장 중요하지는 않다. 그림 1-6의 계측기는 볼트 범위가 200mV에서 200V 이상까지 사용 가능하며, 따라서 그림 1-5에서 내가 제안한 범위보다 더 넓은 범위를 지원하는 더 우수한 제품임을 알 수 있다.



그림 1-6 이 책에서 필요한 기능을 모두 제공하는 계측기 다이얼.

다이얼 주위를 계속해 살펴보면 그림 1-4에서 보았던 주요 기능을 모두 갖추고 있으며(원으로 표시) 범위도 모두 표시되어 있음을 알 수 있다. 따라서 이 계측기는 꽤 잘 고른 듯하다.

이제 그림 1-7로 가 보자. 이 계측기에는 AC/DC 선택 스위치가 없다. 대신 다이얼에 각각에 해당하는 위치가 따로 존재한다. 왼쪽에는 문자 V에 DC를 뜻하는 기호가 붙어 있다. 오른쪽의 V에는 AC를 의미하는 물결선(~)이 붙어 있으며, 그 왼쪽으로 그에 해당하는 두 개의 다이얼 위치가 흰색으로 표시되어 있다. 600에 붙은 번개 표시는 '주의'하라는 의미로 붙여 놓은 것으로,



그림 1-7 이 계측기 다이얼을 살펴보면 중요한 기능이 일부 빠져 있는 것을 알 수 있다. 자세한 내용은 본문을 참조한다.

실제로 600볼트 전압을 측정할 때는 아주 조심해야 한다. 이 책에서는 낮은 전압이 더 중요한데, 이 계측기에는 낮은 범위의 AC 전압에 대해서는 따로 표시가 없다. 나는 이 점이 조금 불만이다. 예를 들어 타이머 칩의 출력 등 변동하는 전압을 측정하고 싶을 때 측정이 어려울 수 있다.

AC 암페어 측정 기능은 제공되지 않는 듯하다. DC 기호가 붙은 문자 A는 있지만 AC를 뜻하는 물결선이 붙은 문자 A는 보이지 않는다. 조금 실망스러운 부분이다.

이 계측기의 또 다른 단점은 패럿 단위의 커패시턴스를 측정할 수 없다는 것이다. 잠깐, 그렇다면 동그라미로 표시한 글자 F는 뭐란 말인가? 이건 패럿이 아니라 옆에 붙은 도(°) 기호에서 알 수 있듯이 '화씨(°F)'를 뜻한다. 혼동의 여지가 조금 있기는 하다. 특히 계측기에 온도 측정 탐침이 동봉되어 있지 않아서 이 기능을 사용할 방법이 없기 때문에 더 그렇다.

마지막으로 동그라미 친 곳은 2M으로, 측정

할 수 있는 최대 전기저항값이다. 실제로는 최댓값이 20M인 편이 좋다. 전반적으로, 이 계측기는 그다지 인상적이지 않다. 책의 실험에 사용할 수는 있겠지만 그림 1-1의 기본 모델보다 가격이 더 비싼데도 들인 돈에 비해 그만큼 값어치를 하지는 못한다.

그렇다면 얼마만큼 돈을 들이면 되는 걸까? 그림 1-1의 기본 모델 같은 계측기가 온라인에서 X원에 판매되고 있다고 가정해 보자. 그러면 2X원에서 4X원 정도에 내가 추천한 모든 기능을 담은 제품을 구입할 수 있다. 테스트 용도로 구입한 그림 1-3 계측기는 3X원 정도였으며, 작동에도 문제가 없었다. 금액대를 높여 고른 자동 범위 조정 기능이 있는 그림 1-2의 계측기의 가격은 6X원 정도이다.

이 글을 쓰고 있는 시점에서 가장 맘에 든 것은 그림 1-8의 계측기다. 화면에 네 자리 숫자가 보인다. 이보다 저렴한 계측기 중에도 네 자리 화면이 부착된 것도 있지만, 화면에 표시되는 숫자의 개수가 세 개에서 네 개가 된다고 해서 계측기 내부의 전자 장치의 정확도가 10배 올라간다는 뜻은 아니다. 정확도를 알려면 제조업체가 제



그림 1-8 이 제품은 그림 1-1의 제품보다 약 20배 더 비싸다.

공하는 사양을 주의 깊게 비교해야 한다. 이 책의 목적상 값이 네 자리까지 정확할 필요는 없다.

그림 1-8 계측기의 유일한 문제는 비용이 20X 원이라는 점이다. 그러나 이것을 장기 투자로 생각할 수 있다. 나는 이 제품의 정확도에 만족하며, 이런 만족도가 몇 년간 지속되기를 바란다. 그러나 전자장치에 대한 관심이 얼마나 지속될지 아직 모르겠다면 이러한 고려 사항들이 그다지 중요하지 않을 수 있다.

위에서 제안한 내용을 모두 읽었는데도 여전히 어떤 계측기를 구입할지 확신이 서지 않는다면 실험 1, 2, 3, 4에서 계측기를 어떻게 사용하는지 조금 더 살펴본 뒤 결정해도 늦지 않다.

이것으로 계측기에 대한 자세한 설명은 마친다. 다른 제품의 구매 결정은 이보다 간단할 것이다.

보안경

전자부품으로 프로젝트를 진행하는 동안 눈이 다칠 위험에 노출되는 경우가 있다. 예를 들어, LED 등의 부품에서 부러지기 쉬운 전선이 튀어나온 곳을 자를 때, 이 잘린 부분이 얼굴로 날아올 수 있다.

저렴한 보안경이라도 적절한 보호 기능을 제공할 수 있으며, 보안경 대신 일반 안경을 쓸 수도 있다. 그림 1-9는 단순한 형태의 보안경을 보여준다.

테스트 리드

테스트 리드(test lead)는 처음의 몇 가지 실험에

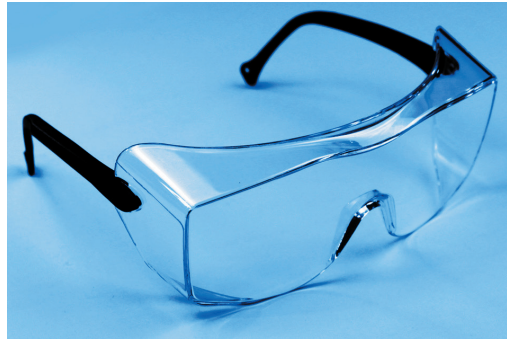


그림 1-9 보안경.

서 부품을 연결할 때 사용한다. 여기서 말하는 리드 유형은 ‘더블 엔드(double end)’ 유형이다.

분명 전선은 끝(end)부분이 2개(double)인 게 당연하지 않은가? 맞는 이야기다. 그렇지만 여기서 말하는 더블 엔드는 그림 1-10처럼 양쪽 끝에 ‘악어 클립’이 달린 전선을 말한다. 스프링을 사용한 악어 클립은 무언가를 단단히 고정해 전기 연결을 만들어 주기 때문에 양손을 자유롭게 사용할 수 있다. 이 책의 실험에서는 그림처럼 아주 짧은 길이의 리드를 사용하는 편이 좋다. 길어도 작동에는 문제가 없지만 쉽게 영킨다.

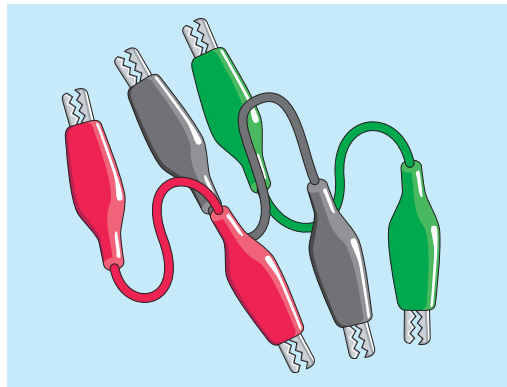


그림 1-10 테스트 리드.

양쪽 끝에 작은 단일 핀 플러그가 달린 점퍼선(jumper wire) 유형의 테스트 리드는 필요 없다.

전원 장치

이 책의 거의 모든 실험에서 전원은 9V를 사용한다. 슈퍼마켓이나 편의점에서 판매하는 일반적인 9V 알칼리 전지를 사용하면 된다. 이름 있는 브랜드의 제품일 필요는 없다. 뒤에서 AC 어댑터(AC adapter)로 업그레이드하겠지만 지금 당장은 9V 전지로 충분하다.

9V 전지에는 양극과 음극 단자가 있다. 둘을 혼동해서는 안 된다! 양극 단자가 분명히 표시되어 있지 않으면 빨간색 마커로 표시한다.

- 실험 1~4에서는 9V 알칼리 전지(alkaline battery)만 사용한다. 더 큰 전지나 9V 이상의 전지는 사용하지 않는다. 리튬 전지는 위험하기 때문에 이 책의 프로젝트에서는 절대 사용하지 않는다는 점에 주의하자.

전지 커넥터(선택 사항)

이 책의 그림에서는 9V 전지의 단자에 악어 클립 테스트 리드를 연결해 사용하지만, 더 단단히 연결하려면 전지 단자에 맞는 똑딱이와 끝부분이 벗겨진 전선 2개가 달린 커넥터를 구입해 사용할 수도 있다(그림 1-11).

퓨즈

퓨즈(fuse)는 회로에 지나치게 많은 전류가 흐를 때 이를 차단한다. 그림 1-12와 같은 원통형

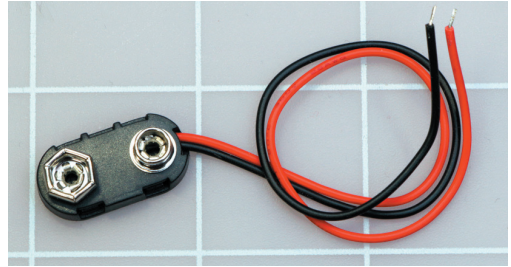


그림 1-11 9V 전지용 커넥터.

유리관 퓨즈나 자동차 부품 상점에서 파는 자동차용 퓨즈를 사용할 수 있다. 어떤 제품이든 정격 전류가 1A인 퓨즈 1개와 3A인 퓨즈 1개는 필요하다(원통형의 경우 끝의 금속 덮개 부분에 각각 1A와 3A라고 표시되어 있다). 그림은 직경이 5mm, 길이가 15mm인 2AG 사이즈 퓨즈를 확대한 모습이다.

원통형 퓨즈는 정격 전압이 보통 250V이지만 10V 이상인 제품도 있다. ('정격'이라는 용어는 제조업체가 해당 제품에 적정하다고 생각하는 최댓값을 의미한다.)

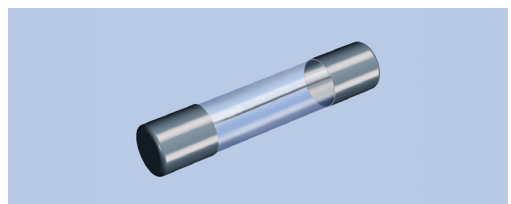


그림 1-12 직경 5mm, 길이 15mm의 2AG 사이즈 퓨즈를 확대한 모습.

발광 다이오드

LED(light-emitting diode)로 더 잘 알려져 있으며, 다양한 형태와 유형으로 판매된다. 이 책에서 사용할 LED는 정확히 말하면 LED 인디케이터

(LED indicator)이다. 제품 카탈로그에는 보통 표준 스루홀 LED(standard through-hole LED)라고 나와 있다. 이 책의 1판과 2판에서는 직경이 5mm인 LED가 다루기 더 쉬울 거라고 했지만, 3판에서는 3mm LED를 추천한다. 회로에 부품이 밀집해 있는 경우 3mm 제품이 공간활용 면에서 사용하기 더 수월하기 때문이다. 그림 1-13은 흔히 사용하는 빨간색 LED를 보여 준다.

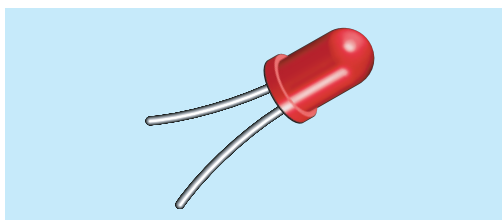


그림 1-13 표준 스루홀 LED 인디케이터를 확대한 모습.

이 책에서 나는 주로 빨간색 ‘일반’ LED를 사용한다. 빨간색은 다른 색상보다 낮은 전류와 전압에서 작동해서 좋다. 일부 실험에서는 이 점이 중요하게 작용하기도 한다. ‘일반’이라는 표현은 손쉽게 구입할 수 있는 가장 저렴한 제품이라는 뜻이다. 아주 다양한 응용 방식으로 사용하기 때문에 최소한 10개 정도 가지고 있으면 유용하다.

일반 LED 중에는 투명한 플라스틱이나 수지를 사용한 제품이 있는데 전원을 넣으면 색을 띠는 점이 신기하게 느껴질 수도 있다. 그 외에 그림 1-13과 같은 LED는 산란형(diffuse)이라고도 하며 실제 방출하는 빛과 동일한 색상으로 착색한 플라스틱이나 수지를 사용한다. 다른 조건이 동일하다면 투명 LED가 더 밝은 빛을 내지만 보기에는 산란형 LED가 더 좋다.

저항

회로에서 사용하는 여러 부품의 전압과 전류를 제한하려면 다양한 저항(resistor)이 필요하다. 그림 1-14는 저항 2개를 확대한 모습이다(각각의 실제 길이는 약 1.3cm를 넘지 않는다). 뒤에서 색 띠를 보고 각 저항의 저항값을 구하는 방법을 설명할 것이다. 저항의 몸통 색은 그다지 중요하지 않다.

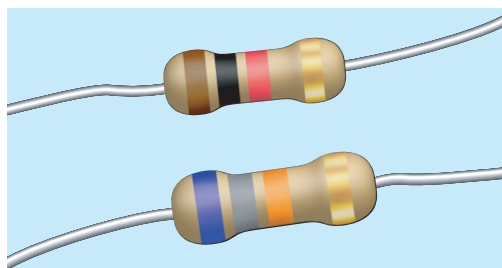


그림 1-14 두 가지 저항 샘플.

직접 저항을 구입하는 경우 크기가 너무 작고 값이 싸기 때문에 각 실험에서 정한 두세 가지 값의 저항만 구입하는 것은 어리석은 일이다. 여분 구매나 할인이 가능한 곳, 또는 이베이(eBay) 등의 사이트에서 대량 포장된 제품을 구입하자. 이 책의 각 실험에 필요한 저항의 부품값을 정확히 알고 싶다면 부록 A의 표를 확인한다.

철물

실험 5에서는 레몬 주스를 사용해 직접 전지를 만드는 법을 소개한다. 이 작은 프로젝트에는 구리 도금한 동전이나 표면이 구리로 된 물체와, 길이가 약 2.5cm인 플레이트 브라켓(그림 1-15) 등 아연으로 도금한 철물이 필요하다. 플레이트는

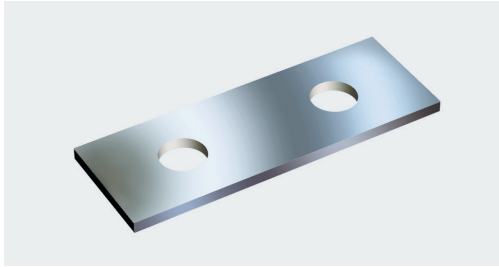


그림 1-15 아연 도금한 플레이트 브라켓. 길이가 약 2.5cm인 제품을 찾자. 작은 브라켓으로 대체할 수도 있다.

4개면 충분한데, 대신 작은 브라켓을 사용할 수도 있다. 이런 부품은 DIY 상점이면 어디서나 구입할 수 있다.

오래된 동전보다 새 동전이 때가 덜 타서 실험 효과가 더 좋다. 구리 도금 동전을 사용하지 않는 지역에 살고 있는 독자를 위해 부록 A의 구매 안내에서 대안을 몇 가지 소개해 두었다.

실험자 노트

매 실험마다 실험을 어떻게 설계했고 어떤 일이 일어났는지 기록해야 한다. 메모는 컴퓨터나 휴대폰으로도 할 수 있지만 옛날 방식의 종이 노트를 이용하는 것에는 몇 가지 장점이 있다. 항목을 업데이트하려고 앱을 실행할 필요가 없고, 실수로 데이터를 삭제할 위험이 없어 안전하다. 책상 구석에 놓고 쓰면 생각보다 유용할 것이다.

내 목록의 준비 물품은 이것으로 끝이다. 이제 실험을 시작해 보자!

실험 1 전기의 맛을 보자!

전기를 맛볼 수 있을까? 전기 맛은 몰라도 전기를 느껴볼 수는 있다. 이 프로젝트는 전지를 이용한 헛바닥 테스트를 통해 저항에 대해 알려 준다.

실험 준비물

- 9V 알칼리 전지 1개
- 계측기 1개

이거면 충분하다!

주의: 9V를 넘기지 않는다

9V 알칼리 전지를 사용하면 다칠 일이 없다. 이보다 전압이 더 높은 전지나 더 높은 전류가 흐를 수 있는 대용량 전지는 사용하지 않는다. 자동차용 전지나 경보 장치용 전지는 절대 사용해서는 안 된다! 또한 치아 교정 때문에 입 속에 금속 보철을 하고 있다면 전지가 보철에 닿지 않도록 주의해야 한다.

혀에 대고 테스트해 보자

헛바닥을 축축이 적신 다음 그림 1-16처럼 혀끝을 9V 전지의 금속 단자에 갖다 대보자. (혀가 이 그림만큼 크지 않을 수도 있다. 적어도 내 혀는 이 정도로 크지 않다. 어찌 됐든 혀의 크기는 이 실험의 성공 여부와 관계가 없다).

따끔한 느낌이 드는가? 이제 전지는 옆으로 치워 두고 혀를 내밀어 휴지로 혀끝의 침을 완전히