

CHARLES PETZOLD

K



Ó



D

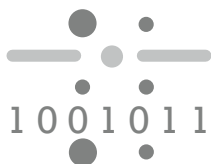


Skrytý jazyk počítačového
hardwaru a softwaru

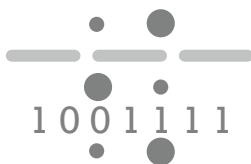


CHARLES PETZOLD

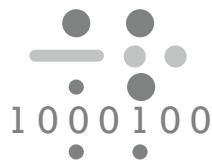
K



Ó



D



Skrytý jazyk počítačového
hardwaru a softwaru

Grada Publishing

CHARLES PETZOLD

KÓD

Skrytý jazyk počítačového hardwaru a softwaru

Z anglického originálu *Code: The Hidden Language of Computer Hardware and Software, 2nd Edition*, vydaného nakladatelstvím *Microsoft Press / Pearson Education* v roce 2023 přeložil Jan Voves

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 234 264 401
jako svou 9963. publikaci

Odpovědná redaktorka Dana Šťastná Flídrová
Sazba Eva Hradiláková
Počet stran 456
První vydání, Praha 2025
Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod a.s.

Copyright © 2023 by Charles Petzold
Authorized translation from the English language edition, entitled CODE: The Hidden Language of Computer Hardware and Software 2nd Edition by Charles Petzold, published by Pearson Education, Inc., publishing as Microsoft Press.

Czech language edition Copyright © Grada Publishing, a.s., 2025

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy
Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.
Automatizovaná analýza textů nebo dat ve smyslu čl. 4 směrnice 2019/790/EU a použití této knihy k trénování AI jsou bez souhlasu nositele práv zakázány.
Na obrázcích, schématech či v tabulkách jsou použity jak české, tak anglické výrazy, které jsou však i pro české uživatele běžné nebo které jsou autorem či překladatelem vysvětleny v textu.

ISBN 978-80-271-7872-8 (pdf)
ISBN 978-80-271-5169-1 (print)

Obsah

Předmluva k druhému vydání	7
O autorovi	11
Kapitola 1 Nejlepší kamarádi	13
Kapitola 2 Kódy a kombinace	19
Kapitola 3 Braillovo písmo a dvojkové kódy	24
Kapitola 4 Anatomie svítilny	32
Kapitola 5 Komunikace za roh	40
Kapitola 6 Logika s přepínači	49
Kapitola 7 Telegrafy a relé	65
Kapitola 8 Relé a hradla	71
Kapitola 9 Našich deset číslic	95
Kapitola 10 Alternativní desítky	102
Kapitola 11 Bit po bitu	120
Kapitola 12 Bajty a šestnáctková soustava	141
Kapitola 13 Od ASCII k Unicode	151
Kapitola 14 Sčítání pomocí logických hradel	170
Kapitola 15 Je to realizovatelné?	184
Kapitola 16 Ale co s tím odčítáním?	197
Kapitola 17 Zpětná vazba a klopné obvody	212
Kapitola 18 Postavme hodiny!	239
Kapitola 19 Sestavení paměti	262
Kapitola 20 Automatizace aritmetiky	283
Kapitola 21 Aritmeticko-logická jednotka	306

Kapitola 22	Registry a sběrnice	324
Kapitola 23	Řídicí signály CPU	342
Kapitola 24	Smyčky, skoky a volání	364
Kapitola 25	Periferní zařízení	388
Kapitola 26	Operační systém	398
Kapitola 27	Kódování	410
Kapitola 28	Světový mozek	432
Rejstřík		445

Předmluva k druhému vydání

První vydání této knihy vyšlo v září 1999. S velkou radostí jsem si uvědomil, že jsem konečně napsal knihu, kterou už nikdy nebude třeba přepracovávat! To bylo v příkrém rozporu s mou první knihou, která se zabývala programováním aplikací pro Microsoft Windows. Ta se za pouhých deset let dočkala již pěti vydání. Moje druhá kniha *Správce prezentací v operačním systému O2/2* zastarala mnohem rychleji. Ale *Kód*, tím jsem si byl jistý, vydrží navždy.

Mým původním záměrem bylo začít s velmi jednoduchými koncepty, ale postupně se dopracovat k velmi hlubokému pochopení fungování digitálních počítačů. Při tomto postupném zvyšování znalostí jsem chtěl používat co nejméně metafor, analogií a hloupých ilustrací a místo toho používat jazyk a symboly skutečných inženýrů, kteří navrhují a staví počítače. Měl jsem také v rukávu velmi chytrý trik: používal jsem starobylé technologie k demonstraci univerzálních principů za předpokladu, že tyto starobylé technologie jsou již dostatečně staré a už více nezestárnou. Bylo to, jako bych psal knihu o spalovacím motoru, ale na základě Fordu Model T.

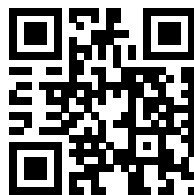
Stále si myslím, že můj přístup byl správný, ale v některých detailech jsem se mýlil. S přibývajícími lety se na knize začalo projevovat její stáří. Některé kulturní odkazy začaly být zastaralé. Telefony a prsty nahradily klávesnice a myši. Internet v roce 1999 jistě existoval, ale nebyl ani zdaleka takový, jakým se nakonec stal. Unicode – kódování textu, které umožňuje jednotnou reprezentaci všech světových jazyků i emoji – dostal v prvním vydání méně než stránku. A o JavaScriptu, programovacím jazyku, který se stal na webu všudypřítomným, nebyla zmínka vůbec.

Tyto problémy by se pravděpodobně daly snadno odstranit, ale v prvním vydání existoval ještě jeden aspekt, který mi stále vadil. Chtěl jsem ukázat fungování skutečného procesoru – centrální procesorové jednotky, která tvoří mozek, srdce a duši počítače –, ale v prvním vydání se mi to úplně nepovedlo. Měl jsem pocit, že jsem se tomuto zásadnímu průlommu přiblížil, ale pak jsem to vzdal. Čtenáři si zřejmě nestěžovali, ale pro mě to byl do očí bijící nedostatek.

Tento nedostatek byl v tomto druhém vydání odstraněn. Proto je o 70 stran delší. Ano, je to delší cesta, ale pokud se mnou budete procházet stránky tohoto druhého vydání, ponoříme se mnohem hlouběji do vnitřností procesoru. Jestli to pro vás bude příjemnější zážitek, nebo ne, to nevím. Pokud budete mít pocit, že se utopíte, vylezte prosím na vzduch. Pokud však zvládnete kapitulu 24, měli byste se cítit docela pyšně a jistě vás potěší, že zbytek knihy už bude hračka.

Doprovodné webové stránky

První vydání *Kódu* používalo červenou barvu v obvodevých schématech pro označení toku elektřiny. Ve druhém vydání je to také tak, ale fungování těchto obvodů je nyní znázorněno i graficky interaktivnějším způsobem na nové webové stránce CodeHiddenLanguage.com.



Tuto webovou stránku vám občas připomeneme na stránkách této knihy, ale používáme také speciální ikonu, kterou vidíte na okraji tohoto odstavce. Kdykoli se tato ikona objeví – obvykle v doprovodu schématu obvodu – můžete si na webových stránkách prohlédnout fungování obvodu. (Pro ty, kteří touží po technickém zázemí, uvádím, že jsem tuto webovou grafiku naprogramoval v jazyce JavaScript pomocí prvku HTML5 canvas.)



Webové stránky CodeHiddenLanguage.com jsou zcela zdarma. Není zde žádný obsah, jenž by byl přístupný až po zaplacení a jediná reklama, kterou uvidíte, je na samotnou knihu. V několika příkladech web používá soubory cookie, ale pouze proto, aby umožnil uložení některých informací do vašeho počítače. Webové stránky vás nesledují ani nedělají nic špatného. Webové stránky budu používat také pro upřesnění nebo opravy materiálů v knize.

Odpovědní lidé

Jméno jednoho z lidí, kteří jsou za tuto knihu zodpovědní, je uvedeno na obálce; někteří další jsou neméně nepostradatelní, ale objevují se až v tiráži na samém konci této knihy.

Zejména bych chtěl vyzdvihnout výkonnou redaktorku Haze Humbertovou, která mě oslovila ohledně možnosti druhého vydání přesně ve chvíli, kdy jsem na to byl připraven. Práci jsem zahájil v lednu 2021 a ona nás obratně provedla celým utrpením, i když kniha měla několik měsíců po uzávěrce a já potřeboval ujištění, že jsem úplně nepřešlápl.

Redaktorkou prvního vydání byla Kathleen Atkinsová, která také pochopila, o co se snažím, a poskytla mi mnoho příjemných hodin spolupráce. Mou tehdejší agentkou byla Claudette Mooreová, která také viděla hodnotu takové knihy a přesvědčila nakladatelství Microsoft Press, aby ji vydalo.

Technickým redaktorem prvního vydání byl Jim Fuchs, který, jak si vzpomínám, vychytil spoustu trapných chyb. Při druhém vydání techničtí recenzenti Mark Seemann a Larry O'Brien také zachytili několik nedopatření a pomohli mi, aby tyto stránky byly lepší než bez jejich pomoci.

Myslel jsem si, že jsem už před desetiletími pochopil rozdíl mezi slovy „skládat“ a „tvořit“, ale zřejmě tomu tak není. Oprava takových chyb byla neocenitelným přínosem editora Scouta Festy. Vždy jsem se spoléhal na laskavost editorů, kteří příliš často zůstávají anonymními cizinci, ale neúnavně bojují proti nepřesnostem a zneužívání jazyka. Za všechny chyby, které v této knize zůstaly, nesu výhradně odpovědnost já.

Chtěl bych znovu poděkovat svým beta čtenářům prvního vydání: Sheryl Cantorové, Janu Eastlundovi, zesnulému Peteru Goldemanovi, Lynn Magalské a Deirdre Sinnottové (která se později stala mou ženou).

Četné ilustrace v prvním vydání jsou dílem zesnulého Joela Panchota, který, jak jsem pochopil, byl na svou práci na této knize po zásluze hrdý. Mnohé z jeho ilustrací zůstaly zachovány, ale potřeba dalších schémat obvodů mě přiměla k tomu, abych v zájmu jednotnosti všechna zapojení přepracoval.

(Další technické informace: Tyto ilustrace byly vygenerovány programem, který jsem napsal v jazyce C# pomocí grafické knihovny SkiaSharp pro generování souborů Scalable Vector Graphics. Pod vedením hlavní produkční obsahu Tracey Cromové byly soubory SVG převedeny do zapouzdřeného PostScriptu pro nastavení stránek pomocí Adobe InDesign.)

A nakonec

Tuto knihu chci věnovat dvěma nejdůležitějším ženám v mém životě. Moje matka bojovala s nepřízní osudu, která by slabšího člověka zničila. Dala mému životu pevný směr, aniž by mě kdy brzdila. Během psaní této knihy jsme oslavili její 95. (a poslední) narozeniny.

Moje žena Deirdre Sinnottová je pro mne zásadním člověkem a stále jsem na ni hrdý pro její úspěchy, podporu a lásku.

A také děkuji čtenářům prvního vydání, jejichž laskavá zpětná vazba byla mimořádně potěšující.

Charles Petzold

9. května 2022

Závazek společnosti Pearson

Diverzita, rovnost a začleňování

Společnost Pearson se snaží vytvářet obsah bez předsudků, který odráží různost všech studentů. Bereme v úvahu mnoho rozmanitostí, mimo jiné včetně rasy, etnického původu, pohlaví, socioekonomického statusu, schopností, věku, sexuální orientace a náboženského či politického přesvědčení.

Vzdělání je mocnou silou, která v našem světě přispívá k rovnosti a změně. Má potenciál poskytovat příležitosti, které zlepšují život a umožňují ekonomickou mobilitu. Při spolupráci s autory na tvorbě obsahu pro každý produkt a službu si uvědomujeme svou odpovědnost za to, abychom prokázali inkluzivitu a zahrnuli různorodé vzdělání, aby každý mohl prostřednictvím vzdělávání využít svůj potenciál. Jako přední světová vzdělávací společnost máme povinnost pomáhat prosazovat změny a naplňovat náš záměr pomáhat více lidem vytvářet pro sebe lepší život a vytvářet lepší svět. Naší ambicí je cílevědomě přispívat ke světu, ve kterém:

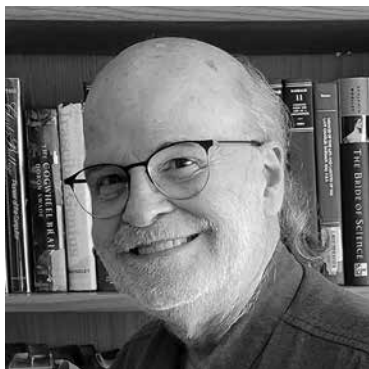
- každý má rovnou a celoživotní příležitost uspět prostřednictvím učení;
- naše vzdělávací produkty a služby jsou inkluzivní a reprezentují bohatou rozmanitost studentů;
- náš vzdělávací obsah přesně reflektuje historii a zkušenosti studentů, kterým sloužíme;
- náš vzdělávací obsah podněcuje hlubší diskuse se studenty a motivuje je k rozšíření vlastního vzdělání (a pohledu na svět).

Přestože se snažíme prezentovat objektivní obsah, rádi vyslechneme jakékoli vaše otázky nebo potřeby týkající se tohoto produktu společnosti Pearson, abychom je mohli prozkoumat a řešit.

V případě obav z možné podjatosti nás prosím kontaktujte na adrese

<https://www.pearson.com/report-bias.html>.

O autorovi



Charles Petzold je také autorem knihy *The Annotated Turing: A Guided Tour through Alan Turing's Historic Paper on Computability and the Turing Machine* česky *Okomentovaný Touring: Průvodce historickým článkem Alana Turinga o počítatelnosti a Turingově stroji* (Wiley, 2008). Napsal řadu dalších knih, které se většinou týkají programování aplikací pro Microsoft Windows, a jsou proto nyní již zastaralé. Žije v New Yorku se svou ženou, historičkou a spisovatelkou Deirdre Sinnottovou a se

svou rodinou, tvořenou dvěma kočkami Honey a Heidi. Jeho webové stránky jsou www.charlespetzold.com.

Nejlepší kamarádi

Je vám deset. Váš nejlepší kamarád bydlí přes ulici. Navzájem vidíte do oken svých pokojů. Každou noc, jakmile vás rodiče (jako vždy nehorázně brzy) pošlou do postele, máte ještě chuť sdílet různé myšlenky, postřehy, tajemství, drby, vtipy a sny. Nikdo vám to nemůže mít za zlé. Chuť ke komunikaci je koneckonců jedna z nejlidštějších vlastností.

Zatímco světla ve vašich pokojích stále svítí, vy a váš kamarád na sebe můžete mávat z oken a pomocí různých gest a primitivní řeči těla si sdělit jednu nebo dvě myšlenky. Sofistikovanější výměny názorů jsou ale obtížné. Jakmile rodiče zavěsí „zhasnout!“, jsou zapotřebí méně nápadná řešení.

Jak komunikovat? Pokud máte to štěstí, že máte ve věku deseti let mobilní telefon, mohl by možná fungovat tajný hovor nebo nenápadné textové zprávy. Ale co když vaši rodiče mají ve zvyku mobilní telefony před spaním zabavovat, nebo dokonce vypínat Wi-Fi? Ložnice bez elektronické komunikace je opravdu velmi izolovaná místnost.

Co když ale vy a váš nejlepší přítel vlastníte kapesní svítilny neboli baterky? Každý ví, že baterky byly vynalezeny, aby umožnily dětem číst knihy pod peřinou. Baterky se také perfektně hodí pro komunikaci po setmění. Jsou dostatečně tiché a jejich světlo je vysoce směrové, takže pravděpodobně nepronikne pod dveře ložnice, aby upozornilo vaše podezřívavé blízké.

Je možné baterky přimět k tomu, aby mluvily? Určitě to stojí za pokus. V první třídě jste se naučili psát na papír písmena a slova, takže využití této znalosti pomocí baterky vypadá jako rozumný nápad. Jediné, co musíte udělat, je stát u okna a nakreslit písmena pomocí světla. Pro O zapněte baterku, udělejte ve vzduchu kruh a baterku zase vypněte. Pro písmeno I provedete svislý tah. Rychle ale zjistíte, že tato metoda je k ničemu. Když sledujete, jak baterka vašeho kamaráda opisuje ve vzduchu kruhy a čáry, uvidíte, že je příliš těžké sestavit ve vaší hlavě více tahů dohromady. Světelné kruhy a čáry prostě nejsou dostatečně přesné.

Možná jste kdysi viděli film, ve kterém si námořníci přes moře signalizovali pomocí blikajících světél. V jiném filmu si špión nastavoval zrcadlo tak, aby odráželo

sluneční světlo do místnosti, kde ležel zajatý další špión. Možná je to řešení. Nejprve tedy vymyslíte jednoduchou metodu: Každé písmeno abecedy odpovídá sérii bliknutí baterky. Písmeno A je 1 bliknutí, B jsou 2 bliknutí, C jsou 3 bliknutí a tak dále, až do 26 bliknutí pro Z. Například anglické slovo „bad“ (česky „špatný, špatně“) jsou 2 bliknutí, 1 bliknutí a 4 bliknutí s malými pauzami mezi písmeny, takže si slovo nespletete se 7 bliknutími odpovídajícími písmenu G. Mezi slovy vždy uděláte delší pauzu.

Vypadá to slibně. Dobrou zprávou je, že už nemusíte mávat baterkou ve vzduchu. Vše, co musíte udělat, je blikat. Špatná zpráva je to, že jedna z prvních zpráv, kterou se pokusíte poslat („*Jak se máš?*“) bude v angličtině („*How are you?*“) vyžadovat 131 záblesků světla! Navíc jste zapomněli na interpunkci, takže není jasné, kolik bliknutí odpovídá otazníku.

Jste ale blízko. Určitě si říkáte, že se tento problém musel někdo snažit vyřešit už dříve, a máte naprostou pravdu. Při návštěvě knihovny nebo při hledání na internetu objevíte úžasný vynález známý jako Morseova abeceda (morseovka). Je to přesně to, co jste hledali, i když se teď musíte znovu naučit „psát“ všechna písmena abecedy.

Je tu ale jeden rozdíl: V systému, který jste vynalezli, každému písmenu abecedy odpovídá určitý počet bliknutí, od 1 bliknutí pro A po 26 bliknutí pro Z. V Morseově abecedě máte dva druhy bliknutí – krátké a dlouhé. To samozřejmě činí Morseovu abecedu komplikovanější, ale ve skutečnosti se ukazuje, že její použití je mnohem efektivnější. Věta „*Jak se máš?*“ („*How are you?*“) nyní vyžaduje 32 bliknutí (některá krátká, některá dlouhá) místo 131, a to včetně kódu pro otazník. Když se lidé baví o tom, jak Morseova abeceda funguje, nemluví o „krátkých a dlouhých bliknutích“. Místo toho používají označení „tečky“ a „čárky“ (v angličtině „*dots*“ a „*dash*“, což zmaneně spíše pomlčku než čárku, jak se tradičně – ale vlastně nepřesně – v češtině u morseovky používá. Budeme tedy v této knize častěji místo označení čárka, vyhrazeném pro diakritiku a interpunkci, používat v tomto smyslu slovo pomlčka. Pozn. red.). Je to příhodný způsob, jak zobrazit kódy v písemné formě. V Morseově abecedě odpovídá každé písmeno abecedy krátké řadě teček a čárek (pomlček), jak můžete vidět v tabulce na protější straně.

Přestože Morseova abeceda nemá s počítači absolutně nic společného, seznámení se s povahou kódů je nezbytným předpokladem pro dosažení hlubokého porozumění skrytým jazykům a vnitřním strukturám počítačového hardwaru a softwaru.

V této knize slovo „kód“ obvykle znamená systém pro přenos informace mezi lidmi, mezi lidmi a počítači, nebo uvnitř samotných počítačů. Kód nám umožňuje komunikovat. Některé kódy jsou tajné, ale většina z nich ne. Ve skutečnosti musí být většina kódů dobře pochopitelná, protože jsou základem lidské komunikace.

Zvuky, které vydáváme ústy, abychom vytvořili slova, tvoří kód. Ten je běžně

A	•—	J	•---	S	•••
B	--••	K	--•—	T	—
C	--•—	L	••••	U	••—
D	--••	M	--	V	•••—
E	•	N	--•	W	••—
F	••—•	O	---	X	--••—
G	--•	P	•---•	Y	--•---
H	••••	Q	--••—	Z	--•••
I	••	R	•••		

srozumitelný každému, kdo slyší náš hlas a rozumí jazyku, kterým mluvíme. Tento kód nazýváme „mluvené slovo“ nebo „řeč“.

V komunitách neslyšících existují různé znakové jazyky, v nichž se pomocí rukou a paží vytvářejí pohyby a gesta, která vyjadřují jednotlivá písmena, slova nebo pojmy. V Severní Americe jsou běžné dva systémy: americký znakový jazyk (ASL), který vyvinuli na počátku 19. století v Americké škole pro neslyšící, a Langue des signes Québécoise (LSQ), což je varianta francouzského znakového jazyka.

Pro slova psaná na papíře nebo jiných médiích používáme jiný kód, který se nazývá „psané slovo“ nebo „text“. Text lze psát nebo z jednotlivých písmen (liter) sestavovat ručně a poté tisknout v novinách, časopisech a knihách, nebo zobrazit digitálně na řadě zařízení. V mnoha jazycích existuje silná shoda mezi řečí a textem. Například v češtině nebo angličtině písmena a skupiny písmen odpovídají (více či méně) zvukům řeči.

U osob se zrakovým postižením lze psané slovo nahradit Braillovým písmem, které používá systém vystouplých bodů odpovídající písmenům, skupinám písmen a celým slovům. (Podrobněji se Braillovým písmem budu zabývat v kapitole 3.)

Pokud je třeba řeč velmi rychle přepsat do textu, hodí se těsnopis. U soudů nebo při generování skrytých titulků pro televizní zpravodajství nebo pro sportovní pořady v reálném čase používají stenografové stenotypový stroj se zjednodušenou klávesnicí s vlastními kódy odpovídajícími textu.

Pro komunikaci mezi sebou používáme celou řadu různých kódů, protože některé jsou pohodlnější než jiné. Kód řeči nelze uložit na papír, proto se místo toho použije kód psaného slova. Tichá výměna informací na dálku ve tmě pomocí řeči nebo psaného slova není možná. Vhodnou alternativou je právě například Morseova abeceda. Kód je užitečný, pokud slouží účelu, který jiný kód nesplní.

Jak uvidíme, k ukládání a předávání textu, čísel, zvuků, obrázku a videí v počítačích se používají také různé typy kódů. Kódy se používají i pro instrukce v samotném počítači. Počítače si příliš neumí poradit s lidskými kódy, protože nedokážou

přesně napodobit způsob, jak lidé využívají své oči, uši, ústa a prsty. Naučit počítače mluvit je obtížné, a přesvědčit je, aby rozuměly promluvě, je ještě těžší.

Dosáhli jsme však značného pokroku. Počítače nyní dokážou mnoho typů informací používaných v lidské komunikaci zachycovat, ukládat, vykreslovat a manipulovat s nimi, včetně informací vizuálních (text a obrázky), sluchových (mluvené slovo, zvuky a hudba) nebo kombinace obojího (animace a videa). Všechny tyto typy informací vyžadují své vlastní kódy.

Dokonce i tabulka Morseovy abecedy, kterou jste právě viděli, je sama o sobě kódem svého druhu. Tabulka ukazuje, že každé písmeno reprezentuje řada teček a pomlček (či chcete-li čárek). Jenže ve skutečnosti nemůžeme posílat tečky a pomlčky. Při komunikaci Morseovy abecedy pomocí baterky tečky a pomlčky odpovídají blikání.

Vysílání Morseovy abecedy pomocí baterky vyžaduje její zapnutí a rychlé vypnutí pro tečku, pro pomlčku bude interval mezi zapnutím a vypnutím delší. K odeslání například písmene A baterku nejdříve rychle zapnete a vypnete, pak ji zase zapnete, vypnete o něco později, a pak uděláte pauzu před dalším znakem. Podle konvence by pomlčka měla být asi třikrát delší než tečka. Když osoba na přijímající straně vidí krátké bliknutí a dlouhé bliknutí, tak ví, že je to písmeno A.

Pauzy mezi tečkami a čárkami Morseovy abecedy jsou klíčové. Když například pošlete A, baterka by měla být mezi tečkou a pomlčkou zhasnutá po dobu rovnající se přibližně jedné tečce. Písmena ve slovech jsou oddělena delšími pauzami, které se rovnají přibližně délce jedné pomlčky. Zde je například Morseova abeceda pro anglický pozdrav „hello“ („ahoj“), která ilustruje pauzy mezi písmeny:

●●●● ● ●■■■■ ●■■■■ ■■■■■

Slova jsou oddělena mezerou o délce dvou pomlček. Zde je kód pro anglický pozdrav „hi there“:

●●●● ●● ■■■ ●●●● ● ●■■■ ●

Doba, během níž je svítilna zapnutá a vypnutá, není pevně stanovena. Všechny časy jsou relativní k délce tečky, která závisí na tom, jak rychle pracuje spínač svítilny, a také na tom, jak rychle si odesílatel Morseovy abecedy dokáže zapamatovat kód pro konkrétní písmeno. Pomlčka u rychlého odesílatele může mít stejnou délku jako tečka u odesílatele pomalého. Tento malý problém by mohl způsobit, že čtení zprávy v morseovce bude obtížné, ale po jednom nebo dvou písmenech osoba na přijímací straně obvykle dokáže určit, co je tečka a co je pomlčka.

Definice Morseovy abecedy – a *definicí* myslím to, že různé sekvence teček a pomlček odpovídají jednotlivým písmenům – vypadá stejně náhodná jako rozložení písmen na klávesnici počítače. Při bližším zkoumání tomu tak ale úplně není.

Jednodušší a kratší kódy jsou přiřazeny k častěji používaným písmenům abecedy, jako jsou E a T. Hráči *Scrabblu* a fanoušci *Wheel of Fortune* by si toho mohli všimnout hned. Méně obvyklá písmena, jako je Q a Z (za která dostanete 10 bodů ve hře *Scrabble* a v hádankách *Wheel of Fortune*, se objevují zřídka), mají delší kódy.

Téměř každý něco z morseovky ovládá. Tři tečky, tři pomlčky a tři tečky znamenají SOS, mezinárodní tísňový signál. SOS není zkratka pro cokoli – je to prostě snadno zapamatovatelná posloupnost Morseovy abecedy. Během druhé světové války se některé rozhlasové stanice BBC zahajovaly vysílání prvními tóny Beethovenovy páté symfonie: TA DA DA DÁÁÁÁÁÁ. V době, kdy ji Beethoven skládal, netušil, že tato hudba bude jednoho dne Morseovým kódem pro písmeno V, tedy „vítězství“, anglicky „victory“.

Jednou z nevýhod Morseovy abecedy je, že nerozlišuje mezi velkými a malými písmeny. Ale kromě toho, že reprezentuje písmena, nabízí Morseova abeceda pomocí řady pěti teček a pomlček také kódy pro čísla:

1	•— — — —	6	— — ••••
2	•• — — —	7	— — — •••
3	••• — —	8	— — — — ••
4	•••• —	9	— — — — — •
5	•••••	0	— — — — —

Tyto kódy pro čísla jsou alespoň o něco uspořádanější než kódy pro písmena. Většina interpunkčních znamének používá pět, šest nebo sedm teček a pomlček:

.	• — • — • —	'	• — — — — •
,	— — •• — —	(	— • — — •
?	•• — — ••	)	— • — — — —
:	— — — — ••	=	— •••• —
;	— • — — — —	+	• — ••••
-	— •••• —	\$	•••• — — — —
/	— •• — — •	¶	• — — — — •
"	• — •• — — •	—	•• — — — —

Pro písmena s diakritikou z některých evropských jazyků (a také pro těsnopisné sekvence ke speciálním účelům) jsou definovány další kódy. Jednou z takových zkratkových sekvencí je například SOS kód: předpokládá se, že se bude posílat nepřetržitě, pouze s jednotečkovou pauzou mezi třemi písmeny.

Zjistíte také, že vysílat morseovku bude pro vás a vašeho kamaráda mnohem snazší, pokud použijete baterku vyrobenou speciálně pro tento účel. Kromě normálního

posuvného vypínače tyto svítlny obsahují také spínací tlačítko, které jednoduše stisknete a uvolníte, abyste svítlnu zapnuli a vypnuli. S trochou cviku můžete být schopni dosáhnout odesílání a přijímání rychlostí 5 až 10 slov za minutu – i když je to stále mnohem pomalejší než promluva (kde se pohybujeme kolem 100 slov za minutu).

Když se konečně vy a váš nejlepší kamarád naučíte nazpaměť morseovku (protože to je jediný způsob, jak se můžete zdokonalit v jejím odesílání a přijímání), můžete ji použít také vokálně jako náhradu normální řeči. Pro maximální rychlost tečku vyslovíte jako *TA* (nebo *DA* pro poslední tečku písmene) a pomlčku jako *TÁ*, např. *TA-TA-TA-TÁ* pro písmeno *V*. Morseova abeceda redukuje psaný jazyk na tečky a pomlčky, mluvená verze kódu redukuje řeč na pouhé dvě slabiky.

Klíčové je zde slovo *dvě*. Dva typy bliknutí, dvě slabiky, dvě různá cokoliv mohou ve vhodných kombinacích zprostředkovat opravdu všechny typy informací.

Kódy a kombinace

Morseovu abecedu vynalezl kolem roku 1837 **Samuel Finley Breese Morse** (1791–1872), s nímž se podrobněji setkáme v této knize později. Dále byla rozvíjena jinými lidmi, zejména **Alfredem Vailem** (1807–1859) a vyvinula se do několika různých verzí.

Systém popsany v této publikaci má formální název *mezinárodní Morseova abeceda*. Vynález Morseovy abecedy jde ruku v ruce s vynálezem telegrafu, který v této knize také podrobněji prozkoumám později. Stejně jako Morseova abeceda poskytuje dobrý úvod do povahy kódů, telegraf obsahuje hardware, který dokáže napodobit fungování počítače.

Pro většinu lidí je snazší Morseovu abecedu odeslat než přijmout. I když neznáte Morseovu abecedu nazpaměť, můžete jednoduše použít tuto tabulku, kterou jste viděli v předchozí kapitole, uspořádanou znovu v abecedním pořadí:

A	•—	J	•— — —	S	• • •
B	— • • •	K	— • —	T	—
C	— • — •	L	• — • •	U	• • —
D	— • •	M	— —	V	• • • —
E	•	N	— •	W	• — —
F	• • — •	O	— — —	X	— • • —
G	— — •	P	• — — •	Y	— • — —
H	• • • •	Q	— — • —	Z	— — • •
I	• •	R	• — •		

Přijmout Morseovu abecedu a přeložit ji zpět do slov je těžší a časově náročnější než její odesílání, protože musíte pracovat zpětně, abyste zjistili písmeno, které odpovídá konkrétní kódové posloupnosti teček a čárek. Pokud si kódy nepamatujete a obdržíte pomlčku – tečku – pomlčku – pomlčku, musíte prohledat tabulky písmen, než konečně zjistíte, že je to písmeno Y.

Problém je v tom, že máme tabulku, která poskytuje tento překlad:

Písmena abecedy → tečky a pomlčky v Morseově abecedě

Nemáme ale tabulku, která by nám umožňovala vrátit se zpět:

Tečky a pomlčky → písmena abecedy

V raných fázích učení Morseovy abecedy by taková tabulka byla jistě užitečná. Ale není vůbec zřejmé, jak bychom ji mohli zkonstruovat. V těch tečkách a čárkách, není nic, co bychom mohli seřadit podle abecedy.

Zapomeňme tedy na abecední pořadí. Lepší přístup k uspořádání kódů může možná spočívat v jejich seskupení podle toho, kolik teček a pomlček mají. Například sekvence Morseovy abecedy, která obsahuje jednu tečku nebo jednu pomlčku, může představovat pouze dvě písmena, kterými jsou E a T:

•	E
—	T

Kombinace přesně dvou teček nebo pomlček poskytuje další čtyři písmena I, A, N a M:

••	I	—•	N
•—	A	——	M

Vzor tří teček nebo pomlček nám dává osm dalších písmen:

•••	S	—••	D
••—	U	—•—	K
•—•	R	—••	G
•—	W	—	O

A nakonec, pokud chceme toto cvičení ukončit, než se budeme zabývat čísly a interpunkčními znaménky, je tu sekvence čtyř teček a pomlček umožňující dalších 16 znaků:

••••	H	—•••	B
•••—	V	—••—	X
••—•	F	—•—•	C
••—	Ü	—•—	Y
•—••	L	—•••	Z
•—•—	Ä	—•—	Q
•—••	P	—•—•	Ö
•—	J	—•—	Š

Dohromady tyto čtyři tabulky obsahují 2 plus 4 plus 8 plus 16 kódů pro celkem 30 písmen. To je o 4 více, než je potřeba pro 26 písmen latinské abecedy. Z tohoto důvodu si všimněte, že čtyři kódy v poslední tabulce jsou pro písmena s diakritikou: tři s přehláskami (Ü, Ä, Ö) a jedno se cedillou (§).

Když vám někdo posílá zprávu morseovkou, mohou vám tyto čtyři tabulky jistě pomoci. Poté, co obdržíte kód pro konkrétní písmeno, víte, kolik má teček a pomlček a můžete se na něj alespoň podívat ve správné tabulce. Každá tabulka je uspořádána metodicky. Začíná kódem se všemi tečkami vlevo nahoře a končí kódem se všemi pomlčkami v pravém dolním rohu.

Vidíte nějakou pravidelnost ve velikosti čtyř tabulek? Každá tabulka má dvakrát tolik kódů než tabulka před ní. To dává smysl: Každá tabulka má všechny kódy v předchozí tabulce následované tečkou a všechny kódy v poli předchozí tabulky následované pomlčkou. Tento zajímavý trend můžeme shrnout takto:

Počet teček a pomlček	Počet kódů
1	2
2	4
3	8
4	16

Každá ze čtyř tabulek má dvakrát více kódů než tabulka před ní, takže pokud má první tabulka 2 kódy, druhá tabulka má 2×2 kódy a třetí tabulka má $2 \times 2 \times 2$ kódy. Zde je další způsob, jak to ukázat:

Počet teček a pomlček	Počet kódů
1	2
2	2×2
3	$2 \times 2 \times 2$
4	$2 \times 2 \times 2 \times 2$

Jakmile máme co do činění s číslem vynásobeným sebou samým, můžeme začít používat exponenty pro zobrazení mocnin. Například $2 \times 2 \times 2 \times 2$ lze zapsat jako 2^4 (2 na 4. mocninu). Čísla 2, 4, 8 a 16 jsou všechna mocniny 2, protože je můžete vy počítat vynásobením 2 samou sebou. Je to možné zobrazit také takto:

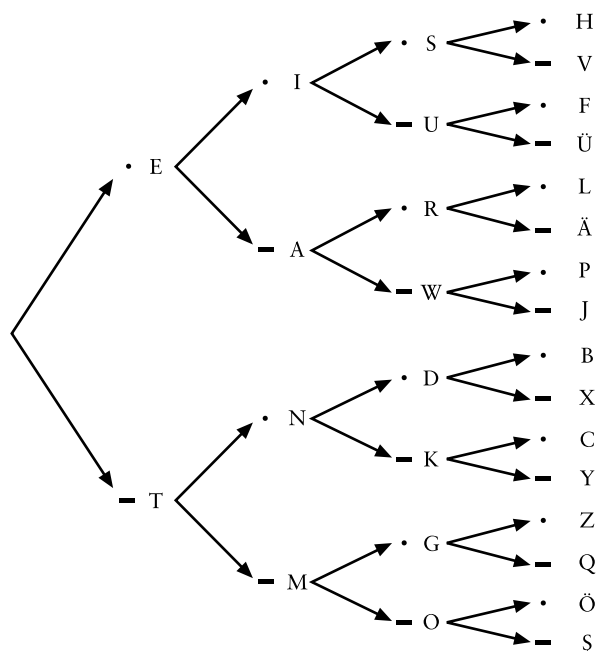
Počet teček a pomlček	Počet kódů
1	2^1
2	2^2
3	2^3
4	2^4

Tato tabulka je velmi jednoduchá. Počet kódů je jednoduše mocnina 2 odpovídající počtu teček a pomlček:

$$\text{počet kódů} = 2^{\text{počet teček a pomlček}}$$

Mocniny 2 mají tendenci se v kódech hojně objevovat a zvláště v této knize. Další příklad uvidíte v příští kapitole.

Chcete-li proces dekódování Morseovy abecedy ještě více usnadnit, můžete nakreslit něco jako zde zobrazený velký stromový diagram.



Tento diagram znázorňuje písmena, která vyplývají z každé konkrétní posloupnosti teček a pomlček. Chcete-li dekódovat konkrétní sekvenci, sledujte šipky zleva doprava. Předpokládejme například, že chcete vědět, které písmeno odpovídá kódu tečka-pomlčka-tečka. Začněte vlevo a vyberte tečku; pak pokračujte v pohybu doprava podél šipek a vyberte pomlčku a pak další tečku. Je to písmeno R, zobrazené vedle třetí tečky.

Když se nad tím zamyslíte, konstrukce takové tabulky byla pravděpodobně nutná pro definování Morseovy abecedy. Zprv zajišťuje, že neuděláte hloupou chybu a nepoužijte stejný kód pro dvě různá písmena! Zadržte si jistotu, že použijete všechny možné kódy, aniž byste museli použít sekvence teček a pomlček zbytečně dlouhé.

S rizikem, že tato tabulka přesáhne hranice tištěné stránky, bychom v tom mohli pokračovat pro kódy s pěti tečkami a pomlčkami. Sekvence pěti teček a pomlček

nám dává 32 ($2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ nebo 2^5) dalších kódů. Normálně by to stačilo na symboly deseti číslic a 16 interpunkčních znamének definovaných v Morseově abecedě. Číslo jsou skutečně zakódována pomocí pěti teček a pomlček. Ale mnoho dalších kódů, které používají sekvenci pěti teček a pomlček představuje písmena s diakritikou, nikoli interpunkční znaménka.

Chcete-li zahrnout všechna interpunkční znaménka, musí být systém rozšířen na šest teček a pomlček, což nám dává 64 ($2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ nebo 2^6) dalších kódů pro celkový součet $2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64$, tedy 126 znaků. To je pro Morseovu abecedu přehnané, protože mnoho z těchto delších kódů ponechává *nedefinovaných* – v tomto kontextu odkazují na kód, který nic nezastupuje. Pokud jste dostávali Morseovu abecedu a přijali jste nedefinovaný kód, můžete si být docela jisti, že někdo udělal chybu.

Protože jsme byli dost chytří na to, abychom vyvinuli tento malý vzorec,

$$\text{počet kódů} = 2^{\text{počet teček a pomlček}}$$

mohli bychom pokračovat ve zjišťování, kolik kódů získáme z delšího používání sekvence:

Počet teček a čárek	Počet kódů
1	$2^1 = 2$
2	$2^2 = 4$
3	$2^3 = 8$
4	$2^4 = 16$
5	$2^5 = 32$
6	$2^6 = 64$
7	$2^7 = 128$
8	$2^8 = 256$
9	$2^9 = 512$
10	$2^{10} = 1024$

Naštěstí nemusíme vypisovat všechny možné kódy, aby se zjistilo, kolik jich bude. Jediné, co musíme udělat, je vynásobit 2 samu sebou, znovu a znovu.

Říká se, že Morseova abeceda je dvojková, protože součásti kódu se skládají pouze ze dvou věcí – tečky a pomlčky. Je to podobné jako u mince, která může přistát pouze na panna nebo na orlu. Mince, které jsou hozeny desetkrát, mohou mít 1024 různých sekvencí panna a orel.

Kombinace dvojkových objektů (např. mincí) a dvojkových kódů (např. Morseova abeceda) jsou vždy popsány mocninami dvou. Dvojka je v této knize velmi důležitým číslem.

Braillovo písmo a dvojkové kódy

Samuel Morse nebyl prvním, kdo úspěšně převedl písmena psaného textu do interpretovatelného kódu. Nebyl ani prvním člověkem, kterého bychom si měli zapamatovat spíše díky pojmenování jeho kódu než jako pro něho samého. Tato pocta patří slepému francouzskému mladíkovi, který se narodil 18 let po Morseovi, ale jenž se ve svém věku prosadil velmi vyzrálé. O jeho životě víme málo, ale to, co je známo, vytváří působivý příběh.

Louis Braille se narodil v roce 1809 ve francouzském Coupvray, pouhých 40 kilometrů východně od Paříže. Jeho otec byl výrobce strojů. Ve svých třech letech – to je ve věku, kdy by si chlapci neměli hrát v dílně svého otce – si omylem zapíchl špičatý nástroj do oka. Rána se zanítla a infekce se mu rozšířila i do druhého oka a zanechala ho úplně slepého. Většina lidí, kteří trpí takovým osudem, bývá odsouzena k životu v nevědomosti a chudobě. Intelligence mladého Louise a jeho touha učit se byly ale brzy rozpoznány.

Díky vesnickému faráři a učiteli navštěvoval školu nejprve ve vesnici s ostatními dětmi a pak byl poslán v deseti letech do Královského institutu pro nevidomou mládež v Paříži.

Hlavní překážkou ve vzdělávání nevidomých dětí je nedostatečný přístup k tištěným textům. **Valentin Haüy** (1745–1822), zakladatel Pařížské školy, vynalezl systém ražení písmen na papír ve velkém zaobleném písmu, které lze přecíst hmatem. Tento systém byl ale velmi komplikovaný a touto metodou bylo vyrobeno jen několik knih.

Vidoucí Haüy uvízl v paradigmatu. Pro něj bylo A prostě A. Písmeno A musí vypadat (nebo být pociťováno hmatem) jako písmeno A. (Pokud by dostal baterku, aby se dorozumíval, mohl se pokusit kreslit písmena do vzduchu, jako jsme to dělali my, než jsme zjistili, že to moc dobře nefunguje.) Haüy si pravděpodobně



neuvědomil, že pro nevidomé může být vhodnější jiný typ kódu, zcela odlišný od reliéfních písmen.

Alternativní typ kódu pocházel z neočekávaného zdroje. **Charles Barbier**, kapitán francouzské armády, vymyslel v roce 1815 systém písma, který byl později nazván „*écriture nocturne*“, neboli „*noční psaní*“. Toto písmo používalo vzor vystouplých teček na silném papíře a bylo určeno pro vojáky při předávání vzkazů ve tmě, když bylo nutné zůstat v tichosti. Vojáci mohli tyto tečky vytvořit do zadní strany papíru pomocí stylusu podobného šídlu. Vystouplé tečky pak bylo možné číst prsty.

Louis Braille se seznámil s Barbierovým systémem ve svých 12 letech. Líbilo se mu použití vyvýšených teček, a to nejen pro snadné čtení prsty, ale také proto, že se snadno *psalo*. Student ve třídě vybavený papírem a stylusem si mohl dělat poznámky a číst je.

Braille usilovně pracoval na zlepšení systému a během tří let (ve věku pouhých 15 let) přišel s vlastním systémem, jehož základy se používají dodnes. Po mnoho let byl systém znám pouze ve škole, ale postupně se dostal do zbytku světa. V roce 1835 Louis Braille onemocněl tuberkulózou, na niž nakonec krátce po svých 43. narozeninách v roce 1852 zemřel.

Dnes nevidomým osobám v přístupu k psanému textu pomocí různých verzí Braillova písma konkurují audioknihy. Braillovo písmo ale zůstává neocenitelným systémem a jediným způsobem čtení pro lidi, kteří jsou jak nevidomí, tak neslyšící. V posledních desetiletích se Braillovo písmo stalo veřejnosti známějším, protože například výtahy a bankomaty používají Braillovo písmo k tomu, aby byly přístupnější i pro nevidomé či slabozraké.

V této kapitole rozeberu Braillovo písmo a ukážu vám, jak se používá. Nemusíte se *učit* Braillovo písmo nazpaměť. Jediným účelem tohoto cvičení je získat další vhled do problematiky povahy kódů.

V Braillově písmu je každý symbol používaný v normálním psaném textu – konkrétně písmena, číslice a interpunkční znaménka – kódován jako jedna nebo více vyvýšených teček v základním šestiznaku – v buňce 2×3 . Buňky jsou běžně číslovány 1 až 6:

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | ○ | ○ | 4 |
| 2 | ○ | ○ | 5 |
| 3 | ○ | ○ | 6 |

Pro vyražení bodů Braillova písma do papíru byly vyvinuty speciální psací stroje a v dnešní době to dělají ražby řízené počítačem. Vzhledem k tomu, že ražba v Braillově písmu, byť jen na pár stránkách této knihy, by byla neúměrně drahá, použil

jsem notaci běžnou pro zobrazování Braillova písma na vytištěné stránce. V tomto zápisu je zobrazeno všech šest teček v buňce. Velké tečky označují části buňky, kde je papír zvednutý a bod plastický. Malé tečky označují části buňky, které jsou ploché. Například v Braillově znaku

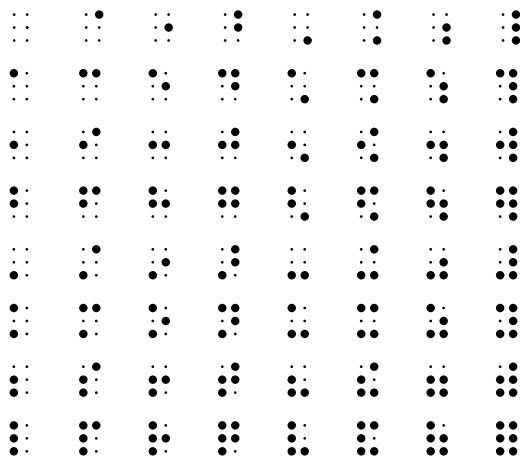


jsou tečky vyvýšené 1, 3 a 5, ale body 2, 4 a 6 nikoli.

Co by nás v tuto chvíli mělo zajímat, je to, že tečky jsou „dvojkové“. Konkrétní tečka je buď plochá, nebo vyvýšená. To znamená, že můžeme použít to, co jsme se dozvěděli o Morseově abecedě a o dvojkových kombinacích, i pro Braillovo písmo. My víme, že existuje šest teček a že každá tečka může být buď plochá, nebo vyvýšená. Celkový počet kombinací šesti plochých a vyvýšených teček je tedy $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ nebo 2^6 nebo 64.

System Braillova písma je tedy schopen reprezentovat 64 jedinečných kódů.

Tady je všech 64:



Není nutné, aby se v Braillově písmu používalo všech 64 kódů, ale 64 je rozhodně horní hranice stanovená vzorem šesti teček.

Abychom mohli začít rozebírat kód Braillova písma, podívejme se na základní malá písmena abecedy:

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
u	v	x	y	z					

Například fráze „*ty a já*“ (v angličtině „*you and me*“) v Braillově písmu vypadá takto:

Všimněte si, že buňky pro každé písmeno ve slově jsou odděleny malou mezerou; mezi slovy se používá větší mezera (v podstatě buňka bez vyvýšených teček).

To je základ Braillova písma, jak ho Louis Braille vymyslel, a platí tak stále pro písmena latinské abecedy. Louis Braille také vymyslel kódy pro písmena s diakritikou, běžná ve francouzštině. Všimněte si, že neexistuje žádný kód pro W, který se v klasické francouzštině nepoužívá. (Nebojte se, písmeno se nakonec objeví.) V tuto chvíli bylo využito pouze 25 z 64 možných kódů.

Při bližším zkoumání objevíte v Braillově písmu určitý systém pro 25 malých písmen. První řádek (písmena A až J) používá pouze první čtyři místa v buňce – body 1, 2, 4 a 5.

Druhý řádek (písmena K až T) duplikuje první řádek s tím rozdílem, že bod 3 je také vyvýšený. Třetí řádek (U až Z) je opět stejný s tím rozdílem, že body 3 a 6 jsou vyvýšené.

Louis Braille původně navrhl svůj systém pro ruční děrování. Věděl, že to pravděpodobně nebude příliš přesné, a tak chytře definoval 25 malých písmen způsobem, který snižuje nejednoznačnost. Například z 64 možných Braillových kódů má šest z nich jednu vyvýšenou tečku. Pro malá písmena se ale používá pouze jeden z nich, konkrétně pro písmeno A. Čtyři z 64 kódů mají dvě sousední svislé tečky, ale opět se používá pouze jeden, pro písmeno B. Tři kódy mají dvě sousední vodorovné tečky, ale používá se pouze jeden, pro písmeno C.

To, co Louis Braille skutečně definoval, je sbírka jedinečných tvarů, které by stále znamenaly to samé, i kdyby se na stránce trochu posunuly. Písmeno A je jedna

vyvýšená tečka, B jsou dvě svisle sousedící tečky, C jsou dvě vodorovně sousedící tečky a tak dále.

Kódy jsou často náchylné k chybám. Chyba, ke které dojde při psaní kódu (například, když student Braillova písma vyznačuje tečky na papíře), se nazývá *chyba kódování*. Chyba vzniklá při čtení kódu se nazývá *chyba při dekódování*. Kromě toho může dojít také k *chybám při přenosu* – například když je plocha obsahující Braillovo písmo nějakým způsobem poškozena.

Složitější kódy často obsahují různé typy vestavěné korekce chyb. V tomto smyslu je Braillovo písmo, jak ho původně definoval Louis Braille, sofistikovaným kódovacím systémem: Brailův systém je založen na redundanci, která umožňuje malou přesnost při děrování a čtení bodů.

Od dob Louise Brailly byl jeho kód různě rozšiřován, včetně systémů pro zápis matematiky a hudby. V současné době se systém, který se nejčastěji používá v publikovaných anglických textech, nazývá „*Grade 2 Braille*“. Toto „*Braillovo písmo 2. stupně*“ používá mnoho zkratek, aby se spotřebovalo méně papíru a zrychlilo se čtení. Například pokud se kódy písmen objevují samy o sobě, znamenají běžná slova. Následující tři řádky ukazují tyto kódy anglických slov:

⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
(none)	but	can	do	every	from	go	have	(none)	just
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
knowledge	like	more	not	(none)	people	quite	rather	so	that
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
us	very	it	you	as	and	for	of	the	with

Spojení „*ty a já*“ („*you and me*“) lze tedy zapsat Braillovým písmem 2. stupně takto:

⠠ ⠠ ⠠ ⠠

Zatím jsem popsal 31 kódů – mezery mezi slovy bez zvýrazněných teček a tři řady po deseti kódech pro písmena a slova. Stále jsme se nepřiblížili k 64 kódům, které jsou teoreticky k dispozici. V Braillově písmu 2. stupně není nic zbytečné, jak uvidíme.

Kódy pro písmena A až J lze kombinovat se zvýšenou tečkou 6. Ty se většinou používají pro zkracování písmen v rámci slov a patří sem také W a zkratka jiného slova:

ch	gh	sh	th	wh	ed	er	ou	ow	w

(or "will")

Například anglické slovo „about“ (česky „o“ nebo „okolo“) je možné v Braillově písmu 2. stupně zapsat tímto způsobem:

Další krok přináší určitou potenciální nejednoznačnost, která v původní formulaci Louise Brailla chybí. Kódy pro písmena a až j lze také účinně snížit tak, aby se používaly pouze tečky 2, 3, 5 a 6. Tyto kódy představují v závislosti na kontextu některá interpunkční znaménka a zkratky:

ea	bb	cc	dis	en	to	gg	his	in	was
,	;	:	.		!	()	"		"

První čtyři z těchto kódů jsou čárka, středník, dvojtečka a tečka. Všimněte si, že stejný kód se používá pro levou i pravou závorku, ale pro otevřené a uzavřené uvozovky se používají dva různé kódy. Protože tyto kódy mohou být zaměněny za písmena a až j, mají smysl pouze v širším kontextu mezi ostatními písmeny. Zatím máme 51 kódů. Následujících šest kódů používá různé nepoužívané kombinace teček 3, 4, 5 a 6 k vyjádření zkratk a některých interpunkčních znamének:

st	ing	ble	ar	'	com
/		#			-

Kód pro hashtag # („ble“) je velmi důležitý, protože pokud není součástí slova, znamená to, že následující kódy je třeba interpretovat jako čísla. Tyto číselné kódy jsou stejné jako kódy pro písmena A až J:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Tato posloupnost kódů

znamená číslo 256.

Pokud jste to sledovali, potřebujeme ještě sedm kódů, abychom dosáhli maximálního počtu 64. Tady jsou:



První z nich (vystoupí tečka 4) se používá jako indikátor přízvuku. Ostatní se používají jako předpony pro některé spojky a také pro některé další účely: Pokud jsou zvednuté tečky 4 a 6 (pátý kód v této řadě), jedná se v závislosti na kontextu o číselnou desetinnou čárku nebo indikátor důrazu. Když jsou tečky 5 a 6 zvednuté (šestý kód), jedná se o písmenný indikátor, který je opakem číselného indikátoru.

A konečně (pokud vás zajímá, jak Braillovo písmo kóduje velká písmena) máme tečku 6 – indikátor velkých písmen. Ta označuje, že následující písmeno je velké. Jméno původního tvůrce tohoto systému můžeme zapsat například takto



Tato sekvence začíná velkým indikátorem, následuje písmeno *l*, zkratka *ou*, písmena *i* a *s*, mezera, další velký indikátor a písmena *b*, *r*, *a*, *i*, *l*, *l*, *e*. (Ve skutečnosti se název může ještě více zkrátit odstraněním posledních dvou písmen, která se ve francouzštině nevyslovují, nebo psaním „*brl*“.)

V souhrnu jsme viděli, jak šest dvojkových prvků (teček) dává 64 možných kódů a žádný další. Náhodou se stává, že mnoho z těchto 64 kódů má dvojí funkci v závislosti na kontextu. Zvláště zajímavý je číselný indikátor spolu s písmenným indikátorem, který ruší číselný indikátor. Tyto kódy mění význam kódů, které po nich následují – z písmen na čísla a z čísel zpět na písmena. Takové kódy se často označují jako *posunovací kódy*. Mění význam všech následujících kódů, dokud není posun zrušen.

Kód pro velká písmena se podobá podržení klávesy „shift“ na počítačové klávesnici a je tak pojmenován proto, že ekvivalentní klávesa na starých psacích strojích mechanicky posouvala mechanismus pro psaní velkých písmen.

Indikátor velkého písmena v Braillově písmu znamená, že následující písmeno (a pouze následující písmeno) by mělo být velké, nikoli malé. Takový kód se nazývá *únikový (escape) kód*. Únikové kódy umožňují „uniknout“ z běžné interpretace kódu a interpretovat jej jinak. Posunovací a únikové kódy jsou běžné, když jsou psané jazyky reprezentovány dvojkovými kódy, ale mohou přinášet komplikace, protože jednotlivé kódy nelze interpretovat samostatně bez znalosti toho, jaké kódy předcházely.

Již v roce 1855 začali někteří zastánci Braillova písma rozšiřovat systém o další řádek se dvěma tečkami. Osmitečkové Braillovo písmo se používalo pro některé speciální účely, například pro hudbu, stenografii a japonské znaky kandži. Vzhledem k tomu, že se počet jedinečných kódů zvýšil na 2^8 , respektive 256, byl také výhodný v některých počítačových aplikacích, protože umožnil, aby malá a velká písmena, číslice a interpunkční znaménka měla své vlastní jedinečné kódy bez nepříjemných posunovacích a únikových kódů.

Anatomie svítilny

Svítilny jsou užitečné pro řadu úkolů, z nichž čtení pod pokrývkou a odesílání kódovaných zpráv jsou jen dva z nich. Běžná baterka pro domácnost může být také středem pozornosti v názorné přednášce o všudypřítomné věci známé jako elektřina.

Elektřina je úžasný fenomén, který dokáže být všestranně užitečný, i když zůstává do značné míry tajemný, dokonce i pro lidi, kteří předstírají, že vědí, jak funguje. Naštěstí potřebujeme jen několik základních představ, abychom pochopili to, jak se elektřina používá uvnitř počítačů.

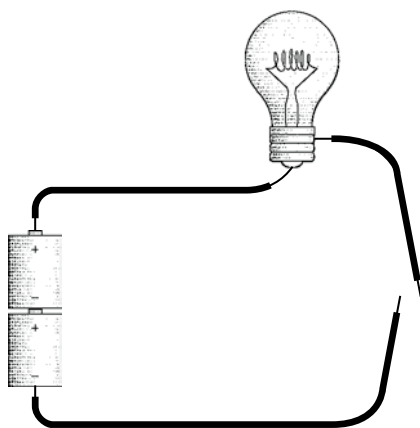
Svítilna je jistě jedním z jednodušších elektrických spotřebičů, které se nacházejí ve většině domácností. Rozeberte typickou baterku a zjistíte, že se skládá z jedné nebo více baterií, žárovky, vypínače, několika kovových kusů a pouzdra, které drží vše pohromadě. V dnešní době většina svítilen používá světelné diody (LED), ale jednou z výhod zastaralých žárovek je, že můžete vidět dovnitř skleněné baňky:



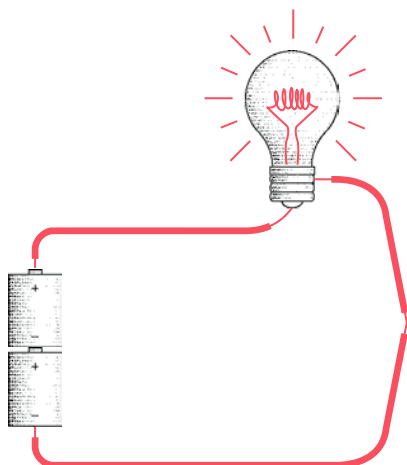
Většina Američanů věří, že žárovku vynalezl **Thomas Alva Edison** (1847–1931), zatímco Britové jsou si zcela jisti, že za to může **Joseph Swan** (1828–1914). Po pravdě řečeno, mnoho jiných vědců a vynálezců učinilo zásadní pokroky již před Edisonem nebo Swanem.

Uvnitř žárovky je vlákno vyrobené z wolframu, které svítí, když je elektřina zapojena. Žárovka je naplněna inertním plynem, aby se zabránilo spálení wolframového vlákna při jeho zahřátí. Oba konce tohoto vlákna jsou spojeny tenkými drátky, které jsou připevněny k trubkové základně žárovky a ke kovovému výstupku dole.

Můžete si vyrobit vlastní baterku bez ozdůbek tím, že odstraníte vše kromě baterií a žárovky. Budete také potřebovat nějaké krátké kousky izolovaného drátu (s izolací odstraněnou na koncích) a dostatek rukou, abyste to udrželi pohromadě:



Všimněte si dvou volných konců vodičů v pravé části schématu. To je náš spínač. Za předpokladu, že jsou baterie v pořádku a žárovka není spálená, světlo se rozsvítí, jakmile spojíte tyto dva volné konce:



V této knize používáme používá červenou barvu k označení, že dráty protéká elektřina a žárovka svítí.

To, co jsme zde zkonstruovali, je jednoduchý elektrický obvod. První, čeho je si třeba všimnout, je to, že obvod tvoří uzavřený kruh. Žárovka se rozsvítí pouze v případě, že cesta od baterií k vodičům, k žárovce, ke spínači a zpět do baterie je nepřerušená. Jakékoli přerušení tohoto obvodu způsobí, že žárovka zhasne. Účelem přepínače je řídit tento proces.

Kruhová povaha elektrického obvodu naznačuje, že se v obvodu něco pohybuje, možná jako voda protékající potrubím. Tato analogie „vody a potrubí“ se běžně používá při vysvětlování toho, jak elektřina funguje, ale nakonec, jak to bývá se všemi analogiemi, se tato představa zhroutí. Elektřina se nepodobá ničemu jinému v tomto

vesmíru a my se s ní musíme konfrontovat s dodržením jejích vlastních podmínek.

Jeden z přístupů k pochopení fungování elektřiny se nazývá elektronová teorie, která vysvětluje elektřinu jako pohyb elektronů. Jak víme, veškerá hmota – věci, které můžeme vidět a cítit (ne vždy) – je složena z extrémně malých věcí zvaných atomy. Každý atom se skládá ze tří typů částic. Ty se nazývají neutrony, protony a elektrony.

Někdy je atom zobrazován jako malá sluneční soustava s neutrony a protony vázanými do jádra a elektrony rotujícími kolem jádra jako planety kolem Slunce. To je ale zastaralý model.

Počet elektronů v atomu je obvykle stejný jako počet protonů. Za určitých okolností mohou být elektrony z atomu uvolněny. Tak vzniká elektřina.

Slova elektron a elektřina pocházejí ze starověké řečtiny. Slovo *hlektron* (*elektron*) je kupodivu řecké slovo pro „jantar“, ztuhlou mizu stromů. Původ tohoto nepravděpodobného pojmenování je v tom, že staří Řekové experimentovali s třením jantaru vlnou, což produkuje něco, čemu dnes říkáme statická elektřina. Tření vlny po povrchu jantaru způsobí, že vlna zachytí elektrony z jantaru. Vlna skončí s více elektrony než protony a jantar skončí s méně elektrony než protony. V modernějších experimentech si koberce sbírají elektrony z podrážek našich bot.

Protony a elektrony mají vlastnost zvanou náboj. Říká se, že protony mají kladný náboj (+) a elektrony mají náboj záporný (-). Symboly v označení ale neznamenají plus a minus v aritmetickém smyslu, nebo že protony mají něco, co elektrony nemají. Symboly „+“ a „-“ jednoduše označují to, že protony a elektrony jsou v určitém smyslu opačné. Tato opačná charakteristika se projevuje v tom, jaký mají protony a elektrony vzájemný vztah.

Protony a elektrony jsou nejšťastnější a nejstabilnější, když existují společně ve stejném počtu. Nerovnováha protonů a elektronů bude vyžadovat pokus o nápravu. Pokud koberec zachytí elektrony z vašich bot, nakonec se ale vše vyrovná, když se něčeho dotknete a ucítíte jiskru. Tu jiskru statické elektřiny způsobil pohyb elektronů oklikou od koberce přes vaše tělo a zpátky k botám.

Statická elektřina se neomezuje pouze na malé jiskry produkované prsty dotýkajícími se klik dveří. Během bouřek se v dolní části mraků hromadí elektrony, zatímco vrcholky mraků je ztrácejí. Nakonec je nerovnováha vyrovnána bleskem. Blesk je mnoho elektronů, velmi rychle se pohybujících z jednoho místa na druhé.

Elektřina v obvodu baterky je samozřejmě mnohem lépe vychovaná než jiskra nebo blesk. Světlo svítí stabilně a nepřetržitě, protože elektrony jen tak nepřeskakují z jednoho místa na druhé. Když jeden atom v obvodu ztratí elektron ve prospěch jiného atomu v okolí, zachytí další elektron ze sousedního atomu, který uchopí elektron z jiného sousedního atomu a tak dále. Elektřina v obvodu je průchod elektronů z atomu na atom.

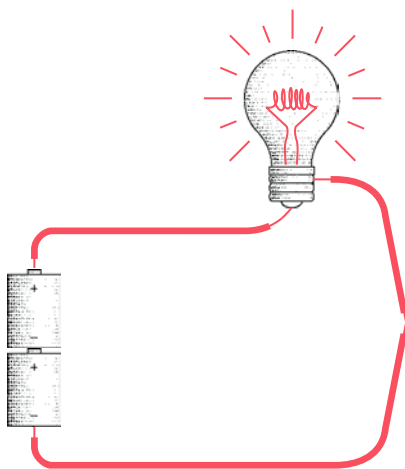
To se nestane samo od sebe. Nemůžeme jen tak zadržet nějakou starou hromádku věcí a očekávat, že vznikne nějaká elektřina. Potřebujeme něco, co by urychlilo pohyb elektronů v obvodu. Pokud se ohlédneme za naším schématem baterky bez ozdůbek, můžeme s jistotou předpokládat, že věc, která způsobuje pohyb elektřiny, nejsou dráty ani žárovka. Pravděpodobně je to baterie.

Baterie používané ve svítilnách jsou obvykle válcové a označené D, C, A, AA nebo AAA v závislosti na velikosti. Plochý konec baterie je označen znaménkem mínus (-); na druhém konci je malý výstupek označený znaménkem plus (+).

Baterie vyrábějí elektřinu chemickou reakcí. Chemikálie v bateriích jsou voleny tak, aby reakce mezi nimi generovaly dodatečné elektrony v části baterie označené znaménkem mínus (nazývané záporný pól nebo anoda) a měly nedostatek elektronů na druhé straně baterie (kladný pól nebo katoda). Tímto způsobem se chemická energie přeměňuje na energii elektrickou.

Baterie používané ve svítilnách generují přibližně 1,5 voltu elektřiny. Brzy vysvětlím, co to znamená.

Chemická reakce nemůže pokračovat, pokud neexistuje nějaký způsob, jak přebytečné elektrony odebrat ze záporného pólu baterie a doručit je zpět na kladný pól. K tomu dochází u elektrického obvodu, který propojuje dvě svorky. Elektrony cestují podél tohoto obvodu proti směru hodinových ručiček:

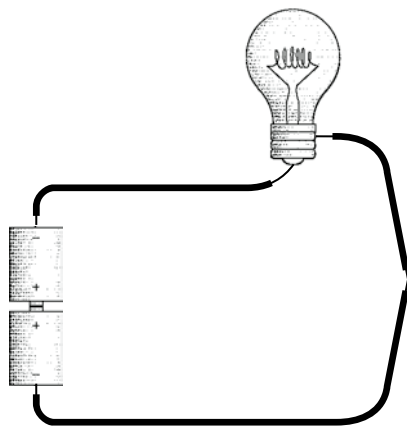


Elektrony z chemických látek v bateriích by se nemusely tak volně mísit s elektrony v měděných vodičích, kdyby nebylo jednoduché skutečnosti: všechny elektrony, ať už se nacházejí kdekoli, jsou identické. Neexistuje nic, co by odlišovalo měděný elektron od jakéhokoli jiného elektronu.

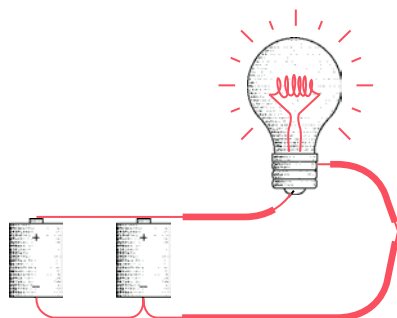
Všimněte si, že obě baterie směřují stejným směrem. Pozitivní konec spodní baterie odebírá elektrony ze záporného konce horní baterie. Je to, jako by se dvě baterie

spojily do jedné větší baterie s kladným pólem na jednom konci a záporným pólem na konci druhém. Kombinovaná baterie má 3 volty oproti původnímu 1,5 voltu.

Pokud otočíme jednu z baterií vzhůru nohama, obvod nebude fungovat:



Oba kladné konce baterie potřebují elektrony pro chemické reakce, ale elektrony se k nim nemohou dostat, protože jsou kladné konce propojené. Pokud jsou oba kladné konce baterie spojeny, měly by být spojeny i oba záporné konce:



To funguje. Říká se, že baterie jsou zapojeny paralelně a nikoli v sérii, jak bylo ukázáno dříve. Výsledné napětí je 1,5 voltu, což je stejné jako napětí každé z baterií. Světlo bude pravděpodobně stále svítit, ale ne tak jasně jako se dvěma bateriemi v sérii. Baterie ale vydrží dvojnásobnou dobu.

Obvykle rádi chápeme baterii jako zdroj elektřiny v obvodu. Viděli jsme však, že obvod může být také chápán jako způsob, jak umožnit, aby probíhaly chemické reakce uvnitř baterie. Obvod odebírá elektrony od záporného konce baterie a dodává je do kladného pólu na konci baterie. Reakce v baterii pokračují, dokud nejsou všechny chemikálie vyčerpané, načež baterii řádně zlikvidujete nebo ji dobijete.

Elektrony protékají dráty a žárovkou od záporného konce baterie ke kladnému konci. Ale proč potřebujeme dráty? Nemůže elektřina proudit jen vzduchem? Ano

i ne. Ano, elektřina může proudit vzduchem (zejména vlhkým vzduchem), jinak by nebyly vidět blesky. Elektřina však vzduchem neproudí příliš snadno.

Některé látky jsou pro přenos elektřiny výrazně lepší než jiné. Schopnost prvku přenášet elektřinu souvisí s jeho subatomární strukturou. Elektrony obklopují jádro v různých úrovních, nazývaných orbity. Atom, který má ve svém vnějším orbitu jen jeden elektron, se ho může snadno vzdát, což je nezbytné k přenosu elektřiny. Tyto látky umožňují přenos elektřiny, a proto jsou označovány jako vodiče. Nejlepší vodiče jsou měď, stříbro a zlato. Není náhoda, že tyto tři prvky se nacházejí ve stejném sloupci periodické tabulky. Měď je nejběžnější látkou pro výrobu drátů.

Opakem vodivosti je odpor. Některé látky jsou odolnější vůči průchodu elektřiny než ostatní, a ty jsou známé jako rezistory. Pokud má látka velmi vysokou odolnost – to znamená, vůbec nevede elektřinu – je známá jako izolant. Kaučuk a plasty jsou dobrými izolanty, a proto se tyto látky často používají k obalení drátů. Tkanina a dřevo jsou také dobrými izolanty, stejně jako suchý vzduch. Pokud je ale napětí dostatečně vysoké, elektřinu pak vede téměř cokoliv.

Měď má velmi nízký odpor, ale stále určitý odpor má. Čím delší je drát, tím vyšší je jeho odpor. Pokud byste zkusili zapojit baterku pomocí drátů, které by byly kilometry dlouhé, odpor v drátech by byl tak vysoký, že by baterka nefungovala.

Čím silnější je drát, tím nižší je jeho odpor. To může být poněkud neintuitivní. Možná si představíte, že tlustý drát vyžaduje mnohem více elektřiny, aby byl „naplněn“. Ale ve skutečnosti tloušťka drátu umožňuje volně se pohybovat mnohem většímu počtu elektronů.

Zmínil jsem se o napětí, ale nedefinoval jsem ho. Co to znamená, když má baterie 1,5 voltu? Napětí pojmenované po hraběti **Alessandro Voltovi** (1745–1827), který v roce 1800 vynalezl první baterii, je jedním ze složitějších pojmů elementární elektřiny. Napětí označuje potenciál pro vykonání práce. Napětí existuje bez ohledu na to, zda je k baterii něco připojeno nebo ne.

Vezměme si cihlu. Cihla, která sedí na podlaze, má velmi malý potenciál. Držíte-li cihlu v ruce metr nad podlahou, má potenciál větší. Vše, co musíte udělat, abyste si tento potenciál uvědomili, je upustit cihlu. Cihla držená v ruce na vrcholu vysoké budovy má ještě mnohem větší potenciál. Ve všech třech případech držíte cihlu a ona nedělá nic, ale její potenciál je různý.

Mnohem jednodušším pojmem v elektřině je pojem proud. Proud souvisí s počtem elektronů, které se skutečně pohybují v obvodu. Proud se měří v ampérech, pojmenovaných po **André-Marie Ampèrovi** (1775–1836). Chcete-li získat jeden ampér proudu, potřebujete více než 6 trilionů elektronů protékajících kolem určitého bodu za sekundu. To je 6 následovaných 18 nulami, neboli 6 miliard miliard.

Pomáhá zde analogie s vodou a potrubím: Proud je podobný množství vody

protékající potrubím. Napětí je podobné tlaku vody. Odpor je podobný šířce trubky – čím užší je trubka, tím větší je její odpor. Takže čím větší je tlak vody, tím více vody protéká potrubím. Čím užší je potrubí, tím méně vody jím protéká. Množství vody protékající potrubím (proud) je přímo úměrné tlaku vody (napětí) a a nepřímo úměrné štíhlosti trubky (odpor).

V elektřině můžete vypočítat, kolik proudu protéká obvodem, pokud znáte napětí a odpor. Odpor – vlastnost látky, která brání toku elektronů – se měří v ohmech, pojmenovaných po **Georgu Simonu Ohmovi** (1789–1854), který také definoval slavný Ohmův zákon. Tento zákon říká:

$$I = U / R$$

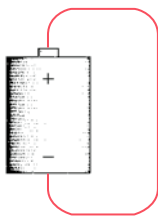
kde I se tradičně používá k označení proudu v ampérech, U se používá pro označení napětí (znamená elektromotorickou sílu) a R je odpor.

Podívejme se například na baterii, která jen tak leží a není k ničemu připojena:



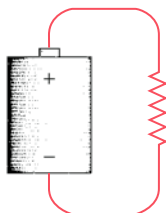
Napětí U je 1,5. To je potenciál pro vykonání práce. Ale protože kladné a záporné póly jsou spojeny pouze vzduchem, odpor (symbol R) je velmi, velmi, velmi vysoký, což znamená, že proud (I) se rovná 1,5 voltu děleno velkým číslem. To znamená, že proud je téměř nulový.

Nyní spojme kladný a záporný pól krátkým kouskem měděného drátu (a od této chvíle nebude izolace na vodičích zobrazena):



Tomu se říká zkrat. Napětí je stále 1,5, ale odpor je nyní velmi, velmi nízký. Proud je 1,5 voltu děleno velmi malým číslem. To znamená, že proud bude velmi, velmi vysoký. Vodičem bude protékat spousta a spousta elektronů. Ve skutečnosti bude skutečný proud omezen fyzickou velikostí baterie. Baterie pravděpodobně nebude schopna dodávat tak vysoký proud a napětí klesne pod hodnotu 1,5 V. Pokud je baterie dostatečně velká, vodič se zahřívá, protože elektrická energie se mění na teplo. Pokud se drát velmi zahřeje, začne skutečně žhnout a může se dokonce roztavit.

Většina obvodů se nachází někde mezi těmito dvěma extrémy. Můžeme je symbolizovat takto:



Elektrotechnici znají klikatou čáru jako symbol rezistoru. Zde znamená, že obvod má odpor, který není ani příliš nízký, ani příliš vysoký.

Pokud má vodič nízký odpor, může se zahřát a začít žhavit. Takto funguje žárovka.

Vlákno, které se běžně nachází v žárovkách ve svítilnách, má odpor přibližně 4 ohmy. Pokud svítilna vyžaduje dvě baterie připojené ke konci, proud je 3 volty děleno 4 ohmy, tedy 0,75 ampéru, což lze vyjádřit také jako 750 miliampér. To znamená, že každou sekundu protéká žárovkou více než 4,5 kvintilionu elektronů. Odpor vlákna způsobuje, že se elektrická energie přeměňuje na světlo a teplo.

Dalším běžným měřítkem elektrické energie je watt, pojmenovaný po **Jamesovi Wattovi** (1736–1819), který je známý především díky své práci na parním stroji. Watt je měřítkem výkonu (P) a lze ho vypočítat jako

$$P = U \times I$$

Hodnoty 3 V a 0,75 A naší svítilny naznačují, že máme co do činění s 2, 25wattovou žárovkou. LED diody obecně nahrazují žárovky, protože dokážou vydávat stejné množství světla při menším zahřívání a nižším příkonu. Účty za elektřinu se odvíjejí od wattů, takže snížení příkonu žárovek šetří peníze i životní prostředí.

Nyní jsme zdánlivě analyzovali vše, co se týká svítilny – baterie, drátů i žárovky. Zapomněli jsme ale na to nejdůležitější!

Ano, spínač. Spínač řídí, zda v obvodu proudí elektřina, nebo ne. Když spínač umožňuje průtok elektřiny, říká se, že je zapnutý nebo sepnutý. Vypnutý neboli rozpojený spínač neumožňuje průtok elektřiny. Spínač je buď zapnutý, nebo vypnutý. Proud buď teče, nebo neteče. Buď se žárovka rozsvítí, nebo ne.

Stejně jako dvojkové kódy vynalezené Morseem a Braillem, i tato jednoduchá blikáčka buď svítí, nebo nesvítí. Neexistuje žádný mezistupeň. Tato podobnost mezi dvojkovými kódy a jednoduchými elektrickými obvody se v následujících kapitolách ukáže jako velmi užitečná.

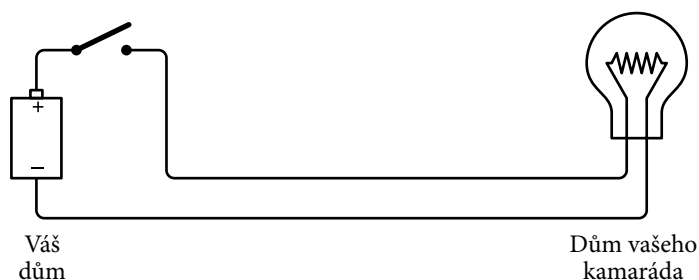
Komunikace za roh

Je vám 12 let. Jednoho hrozného dne se rodina vašeho nejlepšího kamaráda přestěhuje do jiného města. Občas si s kamarádem napíšete e-mail nebo pošlete esemesku, ale není to tak vzrušující jako ty noční seance s baterkami blikajícími morseovku. Váš druhý nejlepší kamarád, který bydlí ve vedlejší domě, se nakonec stane vašim novým nejlepším kamarádem. Je čas naučit vašeho nového nejlepšího kamaráda morseovku a nechat opět blikat noční baterky.

Problém je, že okno pokoje vašeho nového nejlepšího kamaráda není vidět z okna vašeho pokoje. Domy jsou vedle sebe, ale okna pokojů směřují stejným směrem. Pokud nepřijdete na způsob, jak venku nainstalovat několik zrcadel, budou nyní baterky pro komunikaci po setmění nedostatečné.

Nebo snad ano?

Možná jste se do té doby naučili něco o elektřině, a tak se rozhodnete vyrobit si vlastní baterky z baterií, žárovek, vypínačů a drátů. Při prvním pokusu zapojíte baterie a vypínač ve svém pokoji. Dva dráty vyvedete z okna, protáhnete plotem a zavedete do pokoje vašeho kamaráda, kde je připojíte k žárovce:



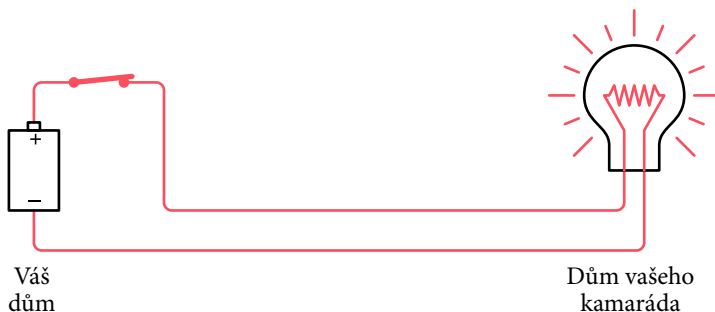
Od této chvíle budou obvody znázorněny spíše symbolicky než reálně. Ačkoli ukazují pouze jednu baterii, ve skutečnosti můžete používat dvě. V tomto a v budoucích schématech bude takto označen rozpojený spínač:



A takto sepnutý spínač:

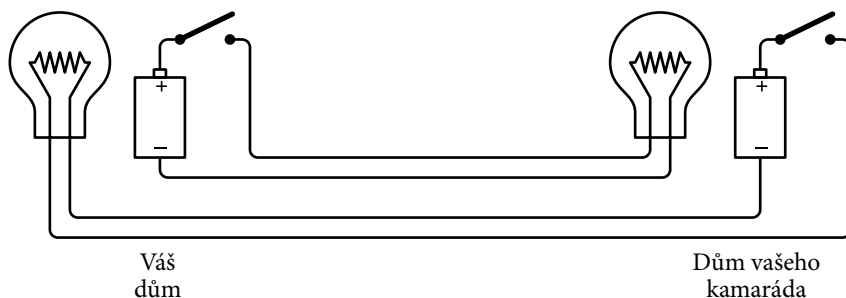


Svítilna v této kapitole funguje stejně jako svítilna vyobrazená v předchozí kapitole s tím rozdílem, že vodiče spojující jednotlivé komponenty jsou nyní o něco delší. Když zapnete vypínač na svém konci, rozsvítí se světlo u vašeho kamaráda:



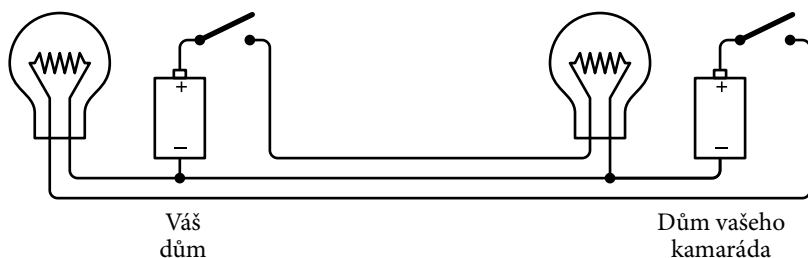
Nyní můžete posílat zprávy pomocí morseovky.

Jakmile budete mít jednu svítilnu funkční, můžete zapojit další svítilnu na dlouhou vzdálenost, aby vám mohl posílat zprávy také váš kamarád:



Gratulujeme! Právě jste sestavili obousměrný telegrafní systém. Všimněte si, že se jedná o dva identické obvody, které jsou na sobě zcela nezávislé. Teoreticky můžete posílat zprávu svému kamarádovi, zatímco váš kamarád posílá zprávu vám, i když pro váš mozek může být obtížné číst a posílat zprávy současně.

Možná také zjistíte, že na vzdálenost mezi oběma domy nepotřebujete tolik kabelů. Tímto zapojením můžete jeden ze čtyř vodičů eliminovat:

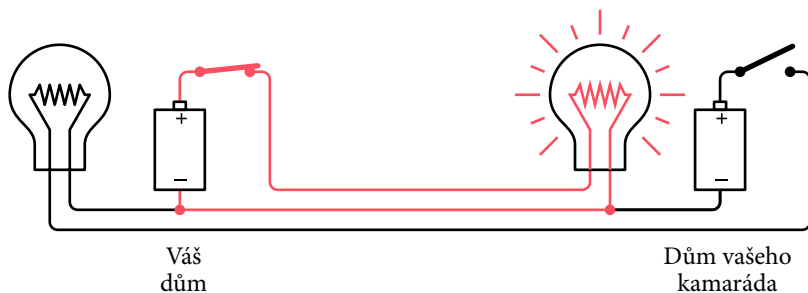


V této knize jsou navzájem propojené vodiče symbolizovány malou tečkou na místě spojení. Na tomto schématu jsou dvě taková spojení, jedno pod baterií u vás doma a druhé pod žárovkou u vašeho kamaráda.

Všimněte si, že záporné póly obou baterií jsou nyní spojeny. Oba kruhové obvody (baterie – spínač – žárovka – baterie) stále fungují nezávisle, i když jsou nyní spojeny.

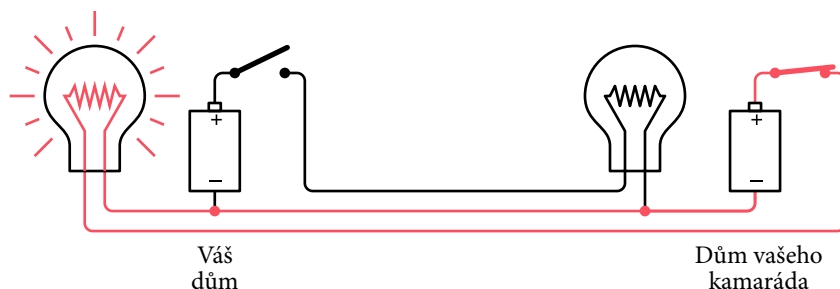
Tento spoj mezi oběma obvody se nazývá společný vodič. V tomto obvodu se společný vodič táhne mezi dvěma body propojení vodičů, od bodu, kde jsou připojeny žárovka a baterie nejvíce vlevo, až po bod, kde jsou připojeny žárovka a baterie nejvíce vpravo.

Abychom se ujistili, že se neděje nic nečekaného, podíváme se na zapojení podrobněji. Za prvé, když sepnete spínač na své straně, žárovka v domě vašeho kamaráda se rozsvítí. Červené vodiče ukazují tok elektřiny v obvodu:

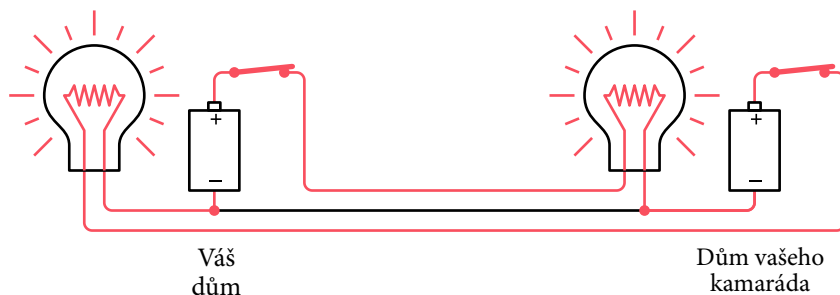


V druhé části obvodu neproudí žádná elektřina, protože elektrony nemají kam přejít, obvod není uzavřen.

Když vy nevysíláte, ale vysílá váš přítel, vypínač v domě vašeho přítele ovládá žárovku ve vašem domě. Červené vodiče opět ukazují, jak v obvodu proudí elektrina:



Když se vy a váš kamarád snažíte odeslat zprávy současně, někdy jsou oba spínače rozpojené, někdy je jeden spínač sepnutý, ale druhý rozpojený, a někdy jsou oba spínače sepnuté. Pokud jsou oba spínače sepnuté, vypadá tok elektriny v obvodu takto:



Zajímavé je, že když svítí obě žárovky, neprotéká společnou částí obvodu žádný proud.

Použitím společného spoje (vodiče) pro spojení dvou samostatných obvodů do jednoho jsme snížili počet elektrických přípojek mezi oběma domy ze čtyř na tři vodiče, a snížili jsme tak náklady na vedení o 25 procent.

Pokud bychom museli navlékat dráty na velmi dlouhou vzdálenost, mohli bychom být v pokušení ještě více snížit náklady na kabeláž tím, že odstraníme další drát. To bohužel není u 1,5voltových D článků a malých žárovek možné. Pokud bychom však měli co do činění se 100voltovými bateriemi a mnohem většími žárovkami, určitě by to šlo.

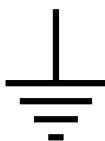
Zde je použitý trik: Jakmile vytvoříte společný vodič, nemusíte pro něj používat drát. Drát můžete nahradit něčím jiným. A to, čím ho můžete nahradit, je obří koule o průměru přibližně 12 742 km složená z kovu, hornin, vody a organického materiálu. Tato obří koule je nám známa jako Země.

Když jsem v předchozí kapitole popisoval dobré vodiče, zmínil jsem stříbro, měď a zlato, ale ne šterk a hlinu. Ve skutečnosti zemina není tak skvělým vodičem, i když některé druhy zeminy (například vlhká půda) jsou lepší než jiné (například suchý písek). Ale o vodičích jsme se naučili jednu věc: čím větší, tím lepší. Velmi tlustý vodič vede mnohem lépe než velmi tenký. V tom vyniká Země. Je opravdu velmi velká.

Chcete-li použít zem jako vodič, nemůžete pouze zapíchnout malý drát do země vedle rostlin rajčat. Musíte použít něco, co udržuje podstatný kontakt se zemí, a tím mám na mysli vodič s velkým povrchem. Jedním z dobrých řešení je měděná tyč o délce alespoň 2,5 metru a průměru 13 milimetrů. To poskytuje přibližně 1000 čtverečních centimetrů kontaktu se zemí. Tyč můžete zakopat do země pomocí kladiva a potom k ní připojit vodič. Nebo pokud je potrubí studené vody ve vašem domě vyrobeno z mědi a vychází ze země mimo dům, můžete k němu připojit drát.

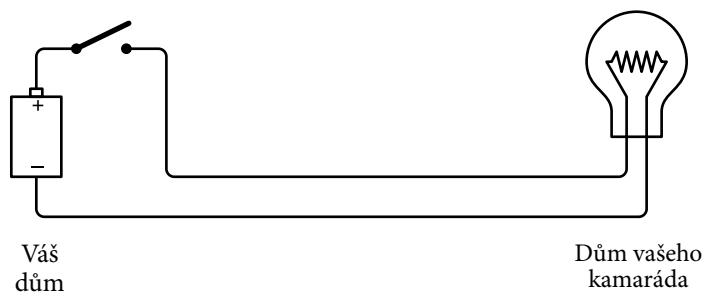
Elektrický kontakt se zemí se v Anglii nazývá *earth* (česky *zem*), v Americe *ground* (česky také *zem*) a v Česku *uzemnění*. Kolem slova *zem* panuje trochu zmatek, protože se často používá také pro označení části obvodu, které říkáme společný vodič. V této kapitole (a dokud neuvedu jinak) je *zem* fyzickým spojením se zemí.

Když se kreslí elektrické obvody, používá se tento symbol pro znázornění uzemnění:



Elektrikáři tento symbol používají, protože se jim nechce věnovat čas kreslení osmimetrového měděného sloupu zakopaného v zemi. O obvodu připojeném k tomuto sloupu se říká, že je „připojen k zemi“ nebo „uzemněn“.

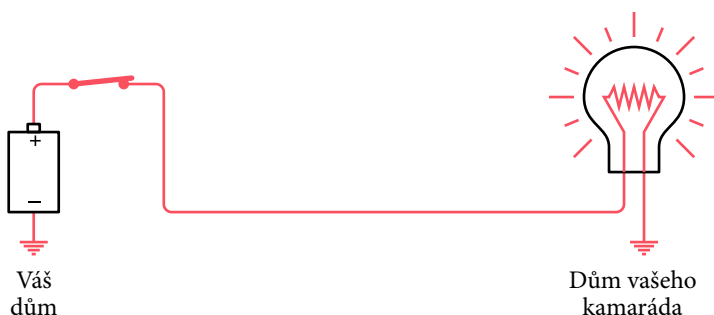
Podívejme se, jak to funguje. Tuto kapitolu jsme zahájili tímto pohledem na jednosměrnou komunikaci:



Pokud byste používali vysokonapěťové baterie a žárovky, stačil by vám mezi vaším domem a domem vašeho kamaráda pouze jeden vodič, protože jako jednu z přípojek byste mohli použít zem:



Když zapnete vypínač, proudí elektrina takto:



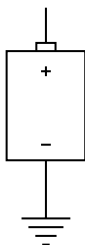
Elektrony vycházejí ze země v domě vašeho přítele, projdou žárovkou a drátem, projdou vypínačem ve vašem domě a pak se dostanou do kladného pólu baterie. Elektrony ze záporného pólu baterie jdou do země.

Můžete si také představit, jak elektrony přeskakují z měděné tyče zakopané na dvoře vašeho domu do země a pak se prohánějí zemí, aby se dostaly k měděné tyči zakopané na dvoře domu vašeho kamaráda. Když si však uvědomíte, že země plní stejnou funkci pro mnoho tisíc elektrických obvodů po celém světě, můžete se ptát: Jak elektrony vědí, kam mají jít? No, zřejmě neví. Mnohem vhodnější se zdá být jiný obraz Země.

Ano, Země je masivním vodičem elektriny, ale lze ji také považovat za zdroj elektronů i za jejich zásobárnu. *Země je pro elektrony jako oceán pro kapky vody.* Země je prakticky neomezeným zdrojem elektronů a zároveň obrovským mořem elektronů.

Země však má určitý odpor. Proto nemůžeme použít uzemnění, abychom snížili potřebu kabeláže, pokud si hrajeme s 1,5voltovými bateriemi a žárovkami. Země má pro nízkonapěťové baterie jednoduše příliš velký odpor.

Všimněte si, že na předchozích dvou schématech je baterie se záporným pólem připojeným k zemi:



Tuto baterii již nebudu kreslit připojenou k zemi. Místo toho použiji tvar velkého písmene V, které znamená napětí. Vodič vycházející z velkého V je stejný jako vodič připojený ke kladnému pólu baterie, jejíž záporný pól je spojen se zemí. Jednosměrný žárovkový telegraf nyní vypadá takto:



Písmeno V znamená napětí, ale v jistém smyslu může znamenat i vakuum. V si můžete představit jako elektronový vysavač a zemi jako oceán elektronů. Elektronové vakuum táhne elektrony ze země přes obvod a cestou vykonává práci (například rozsvítí žárovku).

Země se někdy označuje také jako bod *nulového potenciálu*. To znamená, že na ní není přítomno žádné napětí. Napětí – jak jsem vysvětlil dříve – je potenciál pro konání práce, podobně jako cihla zavěšená ve vzduchu je potenciální zdroj energie. Nulový potenciál je jako cihla ležící na zemi – už nemá kam spadnout.

V kapitole 4 jsme si jako jedné z prvních věcí všimli, že obvody tvoří uzavřené kruhy. Náš nový obvod vůbec nevypadá jako kruh. Přesto jím je. „V“ byste mohli nahradit baterií se záporným pólem připojeným k zemi a pak byste mohli nakreslit vodič spojující všechna místa, kde vidíte symbol země. Skončili byste se stejným schématem, s jakým jsme v této kapitole začali.