

Martin Malý

# Hradla, volty, jednočipy

Úvod do bastlení



# HRADLA, VOLTY, JEDNOČIPY

## Úvod do bastlení

Martin Malý

Vydavatel:  
CZ.NIC, z. s. p. o.  
Milešovská 5, 130 00 Praha 3  
Edice CZ.NIC  
www.nic.cz

1. vydání, Praha 2017  
Kniha vyšla jako 16. publikace v Edici CZ.NIC.  
ISBN 978-80-88168-26-3

© 2017 Martin Malý

Toto autorské dílo podléhá licenci Creative Commons BY-ND 3.0 CZ (<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/cz/>), a to za předpokladu, že zůstane zachováno označení autora díla a prvního vydavatele díla, sdružení CZ.NIC, z. s. p. o. Dílo může být překládáno a následně šířeno v písemné či elektronické formě na území kteréhokoliv státu.



— Martin Malý

# Hradla, volty, jednočipy

Úvod do bastlení

— Edice CZ.NIC



# **Poděkování**



## **Poděkování**

Děkuji všem, kdo se na vzniku této knihy podíleli, ať už přímo, nebo nepřímo.

Děkuji lidem z Edice CZ.NIC, jejíž laskavou péčí kniha vyšla.

Děkuji Petrovi Koubskému, který mě před mnoha lety pošťouchl k tomu, že vůbec píšu.

Děkuji všem „betatesterům“, kteří četli rukopis a poslali mi k němu svoje připomínky, jmenovitě pánové Michal Valášek, Peter Kmet a Martin Javorek.

Děkuji Štěpánovi Bechynskému, Vladimíru Šuvarinovi, Jakubu Goldmannovi a dalším lidem, kteří mě při psaní podpořili radou, připomínkou a vlídným slovem.

Děkuji všem lidem, které na serveru Zonky.cz zaujal tenhle nápad a umožnili mi téměř půlroční tvůrčí prázdniny!

Děkuji svojí přítelkyni. Nebýt její tolerance, pochopení a neustálého povzbuzování, tak bych nic nenapsal!

*Rád bych tuto knihu dedikoval člověku, který pro mne v mládí představoval opravdového hrdinu číslicového věku, člověku, který se zapsal do dějin československé výpočetní techniky jako konstruktér několika počítačů a jehož konstrukce a články mi byly vzorem a první učebnicí počítačové techniky – panu Eduardu Smutnému. Děkuju*



— Poděkování

# **Předmluva vydavatele**



## **Předmluva vydavatele**

Bývaly časy, kdy se pravý muž poznal podle skvrn od oleje na oblečení a schopnosti kdykoliv rozmontovat a často i zpět smontovat automobil. Tyhle časy minuly, vytlačila je doba řízeného vstříkovaní a dílů, které se mění kus za kus. A nejenom v automobilu.

A tak na tištěném spoji vidíte jeden spálený váleček a říkáte si, že by přeci mohlo stačit jej nahradit jiným podobným válečkem. Nebo, možná i jen přešlemovat pozici drátkem jako to dělával děda v pojistkové skříní, když něco v domácí elektrotechnice nefungovalo.

Záhy ověříte empiricky, nebo možná vezmete za dané moje tvrzení, že doba přeci jen už o něco pokročila a ne na vše stačí kus drátu. Přesně v rozhraní mezi dobou pokročilou a dobou minulou leží tato kniha. Z minulosti si bere tvůrčí zápal. Schopnost nerezignovat nad úkolem překračujícím pípnutí bezkontaktní platební karty v platebním terminálu. Pokus pochopit klubka drátů. A propojuje ji s dobou moderní, s mikroprocesory, řádky softwarového kódu, Vašimi nápady a samozřejmě se Sítí sítí, Internetem.

Touto knihou Vás autor vezme na procházku do světa nápadů, které střídá realizace. Přestanete být pouhým konzumentem, stanete se autorem, spolutvůrcem, nebo prostě jen napříště budete schopni opravit ten váleček, co se mu mimochodem říká odpor, i když se správně jmenuje rezistor.

Hezké snění a tvůrčí zápal přeje

**Patrick Zandl, CZ.NIC**

*Praha, 20. listopadu 2017*



# **Předmluva mentora**



## **Předmluva mentora**

Bývaly časy, kdy nejsnazší způsob, jak přijít k osobnímu počítači, byl postavit si ho. Bývaly časy, kdy u nás bylo víc bastlířů než hráčů počítačových her; napřed jste museli dobastlit, abyste měli na čem hrát.

Bastlit, pokud to slovo už nebo ještě neznáte, znamená: vymýšlet, stavět, drátovat a letovat, zapojovat a rozpojovat, měřit, přemýšlet a drbat se na hlavě a nadávat a nespát, kreslit a škrtat. Užitečný stručný výraz pro velmi komplexní činnost.

Samosebou to byly pitomé časy. Nedostávalo se v nich nejen osobních počítačů, ale taky svobody slova, toaletního papíru a mnoha dalších užitečných komodit. Udržet si čisté svědomí a čistý zadek vyžadovalo opatrnost a vynalézavost. Jen hlupák by chtěl, aby se ta doba vrátila. (Že je u nás takových hlupáků hodně, to by patřilo do předmluvy k nějaké úplně jiné knížce.)

Kdo ale bastlířskou érou prošel, získal důležitý poznatek: elektronika je jeden ze způsobů, jak se naučit myslet.

Co tím chci říci? Existují různé způsoby, jak pochopit logiku světa a odnést si to pochopení z jednoho oboru do druhého. Nechtějte, abych podrobně popsal, co to je logika světa, protože to nedovedu; určitě do ní patří základy skutečné formální logiky, ale také pochopení věcí jako zákony zachování (neboli: vždy je něco za něco), vězňovo dilema (neboli: z některých pastí se dostaneš jen tak, že je redefinuješ), zlaté pravidlo morálky (neboli: všechno se ti vrátí). Nikde se to nenaučíte jako celek, ale jsou obory, jejichž osvojení vám velmi pomůže, naučí vás logice, pečlivosti i pokoře. Patří k nim – podle mne – třeba matematika, jakýkoli cizí jazyk, výchova dětí, bojové sporty, horolezectví, fyzika a biologie, téměř jakákoli řemeslo, které se dělá rukama a vzniká při ní uspořádanější soustava, než jaká byla předtím. Nepatří k nim – opět podle mne – ekonomie, filozofie, míčové hry, marketing, literatura a kupodivu také většina programování. Tím ty druhé obory nesnižují, jen upozorňují na rozdíl.

Elektrotechnika, elektronika a číslicová technika v sobě šťastným způsobem spojuje přírodní vědy, matematiku, řemeslo a pokoru. K osvojení logiky světa je proto obzvlášť vhodná. Měli byste si ji vyzkoušet, i když ji k ničemu potřebovat a používat nebudete. Měli byste si ji vyzkoušet, protože je to pro vás dobré a zdravé. A když říkám vyzkoušet, míním tím: rukama. Nestačí číst, je třeba vzít skutečné součástky a začít skutečně stavět a měřit, dělat chyby a odhalovat je.

Chtěl jsem dodat, že je to dnes nesrovnatelně lehčí než v Ěře Chybějícího Toaletního Papíru, ale to by nebylo přesné. Nesrovnatelně lehčí je začít, dojít na startovní čáru. Obchody jsou plné součástek a předpřipravených stavebnic. Existují skvělé věcičky jako Arduino a Raspberry Pi a Lego Robotics. Existují zázračné vynálezy jako nepájivé kontaktní pole, což je pomůcka, za kterou bych řekněme v roce 1980 dal téměř cokoli.



Ale tím to končí. Kirchhoffovy zákony jsou pořád stejné, právě tak Booleovu algebru neokecáte tehdy, dnes ani za tisíc let. Musíte projít stejnou cestou, kterou prošli všichni ostatní.

Je to skvělá cesta.

Knížka, kterou držíte v ruce, je turistickým (jen místy lezeckým) průvodcem po této cestě. Po dlouhé době někdo sepsal původní českou knihu o elektronice a číslicové technice, knihu dokonale uzpůsobenou současným podmínkám a možnostem, knihu informačně bohatou a přitom vtipnou a laskavou. Mám radost z každého dobrého výkladu jakékoli problematiky – radost vzácnou, protože moc často si ji člověk neužije. Kniha Martina Malého ji nabízí v míře vrchovaté. Jestli o elektronice nic nevíte, nezmeškejte tuhle výjimečnou příležitost.

A jestli o elektronice víte něco nebo i hodně, pak zas nezmeškejte příležitost podívat se na dobře známé věci jinýma očima – a možná se i seznámit s tím, co je nového, s čím vším si můžete hrát.

Protože elektronika je především ohromná zábava, nekonečná stavebnice, obrovský prostor na hraní a vymýšlení. Život je krátký a všichni si musíme vybírat, co si do něj pustíme a co ne. Já se velmi přimlouvám za elektroniku. Zkuste to.

**Petr Koubský**

*9. listopadu 2017*

# **Výmluvy místo předmluvy**



## Výmluvy místo předmluvy

*Znáte Archimédův zákon?*

„No jistě,“ řeknete, „to zná přeci každý, každý ví, že těleso ponořené do kapaliny je nadnášeno silou, která se rovná váze kapaliny tělesem vytlačené!“ To pokud jste chodili do školy dřív.

Pokud jste mladší, znáte možná variantu „Těleso ponořené v kapalině je nadlehčováno hydrostatickou vztlakovou silou, jejíž velikost se rovná tíze kapaliny stejného objemu, jako je objem ponořené části.“

Určitě si vzpomenete i na to, jak jste se ho učili: jako básničku. K tomu jste viděli pár malůvek na tabuli – obdélník je těleso, síla  $F$  sem, objem  $V$  tam, spočítat, vynásobit – bude to plavat? A pane Lorenc, uvezu to?

Kolik z vás si vybaví, že fyzikář přinesl do místnosti lavór s vodou a ukazoval, jak plave plechový hrníček a jak plave sklo? A jak se koule potopí a dutá ne, protože každá váží jinak? Kolik z vás přišlo domů a řeklo si: Aha, proto poloprázdná láhev od limonády plave ve vodě!

Většina dětí umí Archimédův zákon odříkat. Chápu i ty síly a objemy a vzorečky, protože se je naučí. Mají ale problém ho použít.

Nebojte, nejsme v tom sami. O tomtéž psal už Feynman ve svých slavných knížkách. V Brazílii se učila fyzika tak, že studenti dokázali odříkat, co je to Brewsterův úhel, ale nedokázali poučku použít na to, aby vyřešili prostý problém: kde najít v přírodě zdroj polarizovaného světla. I když se oknem dívali na to, jak se slunce odráží ve vodách zálivu.

Nebo to s těmi čtverci nad odvěsnami – já si jako dítě nedokázal představit, jak sčítám čtverce. Ale znám to v téhle podobě, snad jako všichni. Pak jsem se naučil, že jde o druhé mocniny. Věřte nebo ne, to grafické znázornění, s těmi čtverečky, jsem viděl až dlouho po škole, až na internetu.

Nebo Ohmův zákon. Všichni se ho učili, všichni věděli, že „ho musíte znát, i kdyby o půlnoci...“ a tak dále. Ale k čemu vám kdy byl, ptám se? V té podobě, v jaké se učí, tedy že  $U$  rovná se  $I$  krát  $R$ , ho moc neužijete. Musíte si ho zažít.

Dnes se všude mluví o internetu věci a lidé, chytrí a vzdělaní, se pouští do elektronických projektů a vlastních konstrukcí, protože cítí buď příležitost, nebo jen obyčejné okouzlení a radost z toho, když něco vlastními rukami uděláte. A spousta z nich chodí za mnou a ptá se: „Jak to vlastně funguje?“ Já jim vždycky říkám, že to je úplně jednoduché, když si to sami vyzkouší a nebojí se zeptat. Ukážu jim, jak jednoduché je zapojit LED, aby svítila, a pak se zeptám: „A co kdybych tu LED zapojil obráceně?“ V tu chvíli se na mne podívají a řeknou:

„Nevím. Co by se stalo?“

Čekají, že jim to řeknu, ale já jim to nechci říkat. Já chci, aby to sami zjistili, a pak se mě zeptali: Proč to tak je? A proč LED vedle sebe svítí jinak než když jsou za sebou? Teprve teď, když se ptají „proč“, jim začnu vysvětlovat teorii, protože už narazili na otázku, na kterou jim teorie dá odpověď. Začít nejdřív teorií, to je jako začínat odpovědí...

Já věřím, že elektronika je nejen zábavná a tajemná a plná skvělých možností, ale taky snadná na pochopení, pokud se vykládá trochu jinak než od teorie ke vzorečkům. Věřím, že ji dokážu vysvětlit i vám, a že vám ji vysvětlím tak, že se v ní neztratíte. Víím, že můj postup nesedne každému, že někdo chce spíš ta skripta a sednout si na ně a naučit se to po svém a pochopit to vlastním způsobem. Pro takové lidi moje knížka není moc vhodná. A není ani vhodná pro malé děti, od toho jsou knihy jiné.

Věřím, že základy číslicové techniky a číslicové obvody jsou natolik zajímavá oblast, že se vyplatí investovat několik stokrát do součástek a začít experimentovat. Tato kniha vám může být decentním průvodcem, ale nepovede vás za ruku. Není to ani učebnice elektrotechniky se spoustou teorie. Snažil jsem se projít cestou od svícení LEDkou až někde k mikroprocesorům a návrhu počítačů. Cestou úmyslně opomím spoustu zajímavých oblastí, jako je audiotekniky nebo vysokofrekvenční technika, a z teorie vysvětluju pouhé nezbytné minimum. Nejde mi o to udělat z vás, čtenářů, elektroinženýry, ale povzbudit vás k vlastním pokusům, vzbudit zájem, nasměrovat... Pokud vás číslicová technika zaujme natolik, že budete chtít vědět víc a tato kniha vám už bude malá, budu jen rád.

Myslím si, že úplně nejlepší způsob, jak se něco učít, je zkusit si to. Vlastní zkušenost je k nezaplacení. Ale víím, že součástky něco stojí, navíc nepřijdou hned, tak jsem využil volně dostupného emulátoru elektronických obvodů, v němž si můžete zkusit probírané věci zapojit, nebo i vytvořit vlastní konstrukci. Nemusíte si kvůli tomu nic instalovat do počítače, stačí vám jen moderní internetový prohlížeč.

Ke knize jsem připravil i materiály pro další studium, dokumenty ke stažení a zdrojové kódy příkladů. Rozhodl jsem se nezaplácávat drahý papír v knize sáhodlouhými výpisy programů, které vy budete dlouze přepisovat. Místo toho naleznete vše potřebné, včetně výše zmíněného emulátoru, na <https://elektroknihy.cz> – a navíc s opravenými chybami.

—

Kdysi mi jeden známý říkal: „Já dokážu zapojit cokoli podle schématu, ale vůbec nevím, jak na to autor přišel, že to má být takhle! Co potřebuju vědět k tomu, abych to taky dokázal vymyslet?“

V téhle knížce si to povíme. Projdeme si spolu světem elektroniky a číslicové techniky. Nebude to úplně tak, jak to učí ve škole, a spoustu teorie vynecháme. Asi před vámi otevřu víc otázek, než položím odpovědí. Chci, abyste na konci mohli říct nejen „dokážu něco vymyslet a postavit“, ale hlavně „zajímá mě to“ a „mám chuť se do toho pustit!“

Máte chuť se do toho pustit?

— Výmluvy místo předmluvy

# Obsah





<b>Poděkování</b>	<b>7</b>
<b>Předmluva vydavatele</b>	<b>11</b>
<b>Předmluva mentora</b>	<b>15</b>
<b>Výmluvy místo předmluvy</b>	<b>19</b>
<b>1 Budu velkým elektronikem a budu stavět hrozně cool obvody!</b>	<b>35</b>
1.1 Blikač	35
1.2 „Dílna“	36
1.3 Kde nakoupit součástky?	40
1.4 Nákupní seznam: Součástky pro blikač	42
1.4.1 LED	42
1.4.2 Rezistory	42
1.4.3 Kondenzátory	43
1.4.4 Integrované obvody	44
<b>2 Postavte si blikač - teď už to snad půjde lépe</b>	<b>47</b>
2.1 Který rezistor je ten pravý?	50
2.2 Měření multimetrem	50
2.3 LED podrobněji	53
<b>3 Hlava, koleno, zem...</b>	<b>59</b>
3.1 „Nemá to něco společného s atomy?“	60
3.2 Napětí	61
3.3 Proud	63
3.4 Vodič a nevodič	64
3.5 Odpor	64
3.6 Měření, měření!	65
3.7 Ohmův zákon	66
3.8 Výkon	67
3.9 ... a malé opáčko	69
3.9.1 Násobky a podíly	69
3.10 Zkratky u značení	70
3.11 Vyvolená čísla	70
3.12 Pro lepší představu	72
3.13 Střídavý proud	73
3.14 Zkrat	74
3.15 Multimetr jako zkrat?	75
3.16 Elektromagnetická indukce	76

3.17 Značky pro schémata	77
3.17.1 Kroužek, nebo ne?	82
<b>4 Zdroje napětí</b>	<b>85</b>
4.1 Společná zem	87
<b>5 Vedle sebe, za sebou</b>	<b>91</b>
5.1 Svítilna s LEDkou	91
5.2 Sériové zapojení	92
5.3 Dělič napětí	93
5.4 Paralelní zapojení	94
5.5 Kirchhof 2	96
5.6 Baterie sériově – paralelně	97
5.7 Potenciometr	97
5.8 Úbytek napětí na LED	99
5.9 Co jsou vlastně ty diody zač?	101
5.10 Datasheet	103
<b>6 Základní elektronické součástky</b>	<b>107</b>
6.1 Rezistor	107
6.2 Kondenzátor	108
6.3 Cívka	110
6.4 Transformátor	111
6.4.1 DC měnič	112
6.4.2 Stabilizátor	112
6.4.3 7805	113
<b>7 Polovodiče</b>	<b>117</b>
7.1 P-N přechod	119
7.2 Dioda	120
7.3 Tranzistor	121
7.4 Rozsvítíme prstem LED!	123
7.4.1 Více světla!	126
7.5 Tranzistor řízený polem (FET)	126
7.6 Šoupejte nožkou...	128
7.7 MOSFET	129
7.7.1 Co je to CMOS?	131
7.8 A to je všechno s polovodiči?	131
<b>8 Pouzdra elektronických součástek</b>	<b>135</b>
8.1 Co je to SMT a THT	136

8.2 DIP, DIL	136
8.3 Co s těmi ostatními?	137
8.3.1 Praktické tipy	138
<b>9 Blikač s Arduinem</b>	<b>141</b>
9.1 Když se řekne Arduino	141
9.2 Programování Arduina	144
9.3 Blikání Arduinem	145
9.4 Krok zpět k drátům	146
9.5 Arduino a EduShield	149
<b>10 Fotorezistor</b>	<b>153</b>
10.1 Obrácená logika	154
10.2 Trimry	155
10.3 Lepší řešení detektoru tmy	156
10.4 Fotorezistor a Arduino	157
<b>11 Termistor</b>	<b>163</b>
<b>12 LM35</b>	<b>167</b>
<b>13 „Jak naučit kámen počítat“</b>	<b>171</b>
13.1 Stavebnice	171
13.2 Logické funkce	172
13.2.1 Digitální, nebo analogové?	172
13.2.2 Dvojková soustava	173
13.2.3 Šestnáctková soustava	174
13.2.4 Zpátky k technice	175
13.3 TTL a CMOS	175
13.3.1 Propojení CMOS a TTL	179
13.4 Operace s bity	179
13.5 Booleova algebra, výroková logika	179
13.6 Logika v číslicové technice	182
13.7 U-káz-ka! U-káz-ka!	184
13.8 Tlačítko a přepínač	186
13.9 Pull Up a Pull Down	188
13.10 Pomalé tlačítko	191
13.11 Schmittův obvod	192
13.12 Blokovací kondenzátor	194
13.13 Buzení z Arduina	194

<b>14 Kombinační logika</b>	<b>199</b>
14.1 De Morganův zákon	200
14.2 XOR	203
14.3 Logické funkce dvou proměnných	204
14.4 Vícestupová hradla	206
14.5 Mimochodem, když máme NAND, co ty ostatní?	206
14.6 Zjednodušování logických výrazů	208
14.7 AND-OR-INVERT	208
14.8 Multiplexor	209
14.9 Proč slučujeme přes OR?	211
14.10 Dekodér (demultiplexor) „1-z-N“	211
14.11 Vícebitové varianty	212
14.12 Otevřený kolektor, třetí stav, OE	212
14.13 Dekodéry	215
14.14 Pojdme, budeme už fakt něco počítat!	217
14.15 Aritmeticko-logická jednotka (ALU)	222
<b>15 Sedmisegmentovky LED</b>	<b>227</b>
15.0.1 Mimochodem...	230
15.1 Víc sedmisegmentovek...	232
<b>16 Jak vypadá hradlo uvnitř</b>	<b>237</b>
16.1 Proč zapojovat blokovací kondenzátory k napájení	240
16.2 Negované signály	240
16.3 MOS, CMOS	240
<b>17 „Plnou parou vzad!“ - „Ale jak daleko?“</b>	<b>245</b>
17.1 Ještě pípat!	247
<b>18 Zpětná vazba</b>	<b>253</b>
18.1 Astabi-cože?	254
18.2 Blikač	255
18.3 Krystalový oscilátor DIL	257
18.4 Monostabilní klopný obvod	259
18.5 Detektor pohybu	262
18.6 Bistabilní klopný obvod R-S	264
18.6.1 Klopný obvod s hradly NAND	266
18.7 Zakázané kombinace, zpětná vazba, ...	266
18.8 Hodiny	268
18.9 Synchronní / Asynchronní	269
18.10 Symbol pro klopný obvod	270

18.11 Reálný klopný obvod D: 7474	270
18.12 Reálný latch 7475	274
<b>19 Panna, nebo orel?</b>	<b>277</b>
19. 1 Náhoda? Nemyslím si...	278
19.1.1 Jaké hodnoty RC zvolit, když vím jen to, že součin má být XYZ?	279
19.2 Střída	279
19.3 PWM	281
19.4 Dělení kmitočtů	282
19.4.1 Násobení kmitočtu?	283
19.5 Klopný obvod T	284
19.6 Klopný obvod J-K	285
<b>20 Čítače</b>	<b>289</b>
20.1 Čítač s nulováním	290
20.2 Čítače v praxi	292
20.3 Hrací kostka	295
20.3.1 Reálná kostka	297
20.3.2 Vyjádření logických výrazů	299
20.3.3 Montážní OR	300
20.3.4 Zobrazovací obvod hrací kostky	301
20.3.5 Dekodér hrací kostky	302
20.4 Další čítače	303
20.5 Ještě nějaké čítače?	305
20.5.1 Johnsonův kód	306
20.5.2 Grayův kód	306
20.6 Rotační enkodér	308
20.7 Čítač s dekodérem 1-z-10 typu 744017	309
20.8 Počítadlo k autodráze	310
<b>21 Posuvné registry</b>	<b>315</b>
<b>22 Paralelní a sériová rozhraní</b>	<b>319</b>
22.1 Buzení displeje ze sedmisegmentovek	322
22.2 Posuvný řadič SIPO 74HCT595	324
<b>23 Sériová komunikace</b>	<b>329</b>
23.1 Sériová sběrnice SPI	329
23.2 Sériová sběrnice I <sup>2</sup> C	332
23.3 Prakticky...	334
23.4 EduShield a displej	336

23.5 RS-232, UART, Serial...	337
23.6 Převodník USB na sériové rozhraní	340
23.7 1-Wire	341
<b>24 Paměti</b>	<b>345</b>
24.1 7489 - 64 bitů RAM	346
24.2 Dynamická RAM	348
24.3 ROM, PROM a další	349
24.4 To nejlepší z obou světů	351
24.5 Několik tipů k pamětem	353
24.6 Jak se zapisuje do EEPROM či FLASH?	353
24.7 Sériové paměti	355
<b>25 Sériová paměť prakticky</b>	<b>361</b>
<b>26 Hodiny reálného času</b>	<b>367</b>
<b>27 Paměťové karty</b>	<b>371</b>
<b>28 Logický analyzátor, logická sonda</b>	<b>375</b>
<b>29 Elektronika a svět kolem nás</b>	<b>379</b>
29.1 Ovládáme přírodu elektronikou	379
29.1.1 Elektromagnety	379
29.1.2 Motory	380
29.1.3 Relé	383
29.1.4 Darlington, FET, Tyristor	384
29.1.5 Servo	385
29.1.6 Krokový motor	386
29.1.7 Světlo	386
29.1.8 Peltierův článek, topná spirála	387
29.1.9 Reproduktor	388
29.2 Příroda ovládá elektroniku	389
29.2.1 Tlačítka a klávesy	389
29.2.2 Dotyk	389
29.2.3 Světlo - fotorezistor, fotodiody, line tracking	390
29.2.4 Magnetismus	391
29.2.5 Otáčení, posun	391
29.2.6 Poloha, zrychlení	392
29.2.7 Zvuk	392
29.2.8 Teplota, vlhkost	393

29.2.9 Vzdálenost	393
29.2.10 Tlak	394
29.2.11 Plyn	394
29.2.12 GPS	394
<b>30 Meteostanice</b>	<b>399</b>
30.1 Výběr součástek	399
30.2 Špinavej trik	399
30.3 Stavíme z polotovarů	400
<b>31 Bezdrátový přenos dat</b>	<b>407</b>
31.1 Vysílání na 433 MHz	408
31.2 nRF24L01+	409
<b>32 Procesory, počítače, mikrořadiče</b>	<b>415</b>
32.1 Mikroprocesor 8080A	416
32.1.1 Ready / Wait	418
32.1.2 Hold (DMA)	418
32.2 Přerušení	418
32.2.1 Nemaskovatelné přerušení	419
32.3 Periferie	419
32.4 Složitější periferie	420
32.5 Jednočipový mikropočítač	422
31.5.1 Harvard vs von Neumann	423
32.6 Atmel AVR	423
32.6.1 RISC	423
32.6.2 Vnitřní uspořádání ATmega328	424
32.7 Další mikrokontroléry	425
32.7.1 ARM	426
32.7.2 PIC	426
32.7.3 8051/8052	426
32.8 Tak málo nožiček...	426
32.9 Programování jednočipů	427
<b>33 Displeje</b>	<b>431</b>
33.1 Znakový displej 1602, 2004	431
33.2 Grafický displej 12864	433
33.3 Další displeje	434
33.4 Bezdrátový displej k naší meteostanici	434



<b>34 Klávesnice</b>	<b>439</b>
34.1 Šetříme vývody	441
34.2 Připojujeme klávesnici od PC	442
34.3 Matice tlačítek	443
34.4 Postavte si třeba... kalkulačku?	444
<b>35 Osm tlačítek na třech vodičích</b>	<b>451</b>
35.1 Multiplexior / Demultiplexor	451
35.2 PISO a SPI	451
35.3 Analogová cesta	453
35.4 R-2R	455
<b>36 Joystick</b>	<b>459</b>
<b>37 ESP8266 WiFi</b>	<b>463</b>
37.1 Moduly ESP8266	463
37.2 Převodník napěťových úrovní	464
37.3 WeMos D1 Mini, NodeMCU	466
37.4 Bezdrátový teploměr s WiFi	467
37.5 Instalace podpory ESP8266 do Arduino IDE	467
37.6 WiFi Manager	469
37.7 Klient / server?	470
<b>38 Low Power</b>	<b>473</b>
38.1 Solární články	475
<b>39 Sigfox</b>	<b>479</b>
39.1 Co je to Sigfox?	479
39.2 Cloudový teploměr se Sigfoxem	480
39.3 Co s daty v Sigfoxu?	483
<b>40 Šťastnou cestu...</b>	<b>487</b>
<b>Přílohy</b>	<b>491</b>
Nástroje a weby	491
Nákupní seznam začínajícího hobby elektronika	492
EduShield	495
Nahrání firmware do EduShieldu	497
Turris Omnia pro experimenty s elektronikou	500
Karnaughova mapa	502
„Dobré rady nad zlato“ na jednom místě	506

**1 Budu velkým  
elektronikem a budu  
stavět hrozně cool  
obvody!**



## 1 Budu velkým elektronikem a budu stavět hrozně cool obvody!

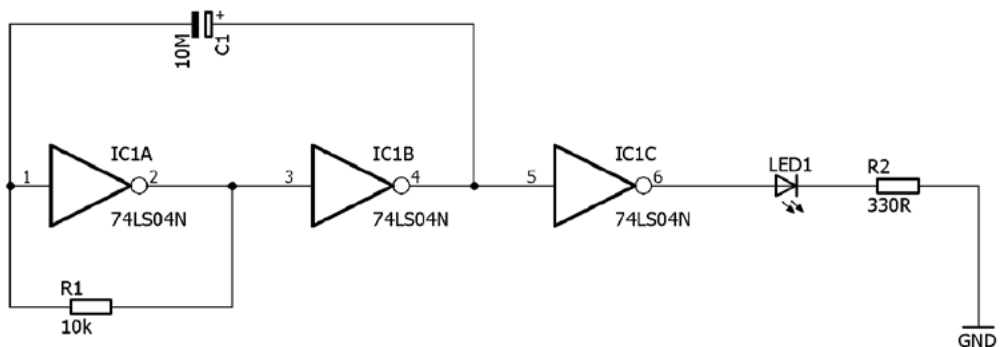
Naučit číslicovou techniku, říkáte? A základy elektroniky, říkáte? Však to není žádná složitá věc, to zvládneme. A ať se zbytečně nezdržujeme, tak rovnou začneme blikáčem, ne?

*Tuhle kapitolu můžete klidně vzít zlehka, letem světem, a později se k ní vrátit. Pokud nechápete, o čem je v ní řeč, neovadí. Zkuste si ji i tak alespoň přečíst, jak se říká, nasucho... Nebojte, hned za chvíli bude všechno jasnější!*

Jako programátoři začínají známým „Hello world“, tak se v elektronice používá blikání světlem. To je takový základ, který by každý měl znát, a kterým se vždycky začíná. Pojďme si to postavit, je to snadné.

### 1.1 Blikač

Blikač můžeme postavit mnoha způsoby a použít k tomu nejrůznější součástky. Dřív se používaly tranzistory, my se k nim taky dostaneme, ale pro začátek zvolíme složitější součástku, totiž integrovaný obvod. Konkrétně to bude obvod 7404 – vyrábí ho celá řada výrobců v nejrůznějších obměnách, my použijeme libovolný z nich – tedy 74LS04, 7404, 74HC04. Obvod se skládá z šesti invertorů, využijeme z nich polovinu, tedy tři. K tomu připojíme rezistor, elektrolytický kondenzátor, a jako indikaci použijeme LED s rezistorem v sérii. Takto:



🔗 <https://eknh.cz/ledblik>

Zapojení je velmi jednoduché, s danými hodnotami kmitá zhruba na frekvenci 4,5 Hz, takže záblesky jsou dobře vidět prostým okem. Postavte si ho na nepájivém kontaktním poli...

— 1 Budu velkým elektronikem a budu stavět hrozně cool obvody!

## Nebo něco není jasné?

Cože? Že **nic není jasné**? Že nevíte, co je integrovaný obvod, co znamenají ty značky, co je to to nepájivé kontaktní pole, co je rezistor, a vlastně z toho vysvětlení nechápete vůbec nic?

Tak to jste tu správně!

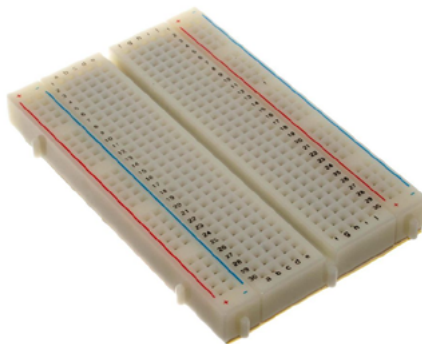
Začneme od počátku. Nebojte, ten blikáč si postavíme za chvíli, jen si nejdřív řekneme, co je co a jak na to.

## 1.2 „Dílna“

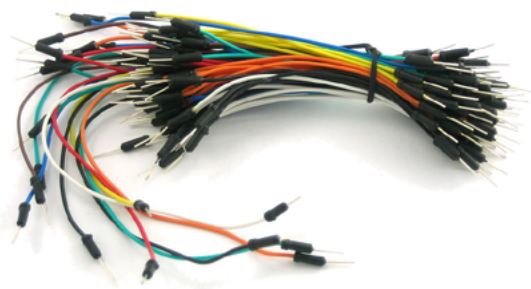
Být programátorem je velmi snadné. Stačí vám k tomu počítač a židle. Ani ten stůl není potřeba, zvládnete to totiž na koleni. Doslova. S elektronikou je to trochu těžší – minimálně ten stůl potřebujete, protože pracujete s malými součástkami a nechcete, aby vám padaly na koberec.

Neříkám, že potřebujete hned dílnu s ponkem a spoustou přístrojů, ale něco přeci jen mít musíte. V téhle knize vám budu ukazovat základy elektroniky, a budu se snažit, abyste se při tom neměli šanci ani zranit, ani zničit vybavení bytu. Bude vám stačit jen místo na stole, dostupná zásuvka, pořádné světlo a pár nástrojů a pomůcek. Něco z toho možná doma máte, pokud ne, tak to pořídíte v libovolném obchodě, ať už kamenném, nebo internetovém. Pár tipů najdete v další kapitole.

Co tedy nakoupit? V první řadě **nepájivé kontaktní pole**. Anglicky se tomu říká *breadboard*, a je to deska s maticí otvorů, které jsou vždy po pěti propojené. Do těchto otvorů zasunujete vývody součástek a spojujete je pomocí drátků, pokud nevyjdou vývody do správné pětice. Díky tomu nemusíte pracovat s páječkou, a zároveň je zapojený obvod snadno rozebíratelný, takže můžete zapojení sestavovat a opět rozmontovávat bez rizika, že součástky třeba nadměrnou tepelnou zátěží poškodíte.



K nepájivému kontaktnímu poli je vhodná i sada **propojovacích vodičů**. V zásadě můžete použít jakýkoli izolovaný drát s tloušťkou kolem 0,3 mm, ale doporučím koupit speciální vodiče pro nepájivá kontaktní pole. Tyto vodiče mají na koncích plastové koncovky, díky kterým se snáze zastrkávají i vytahují. V ČR jsou z nějakého důvodu nehorázně drahé, ale pokud je koupíte přes internet z e-shopů v zahraničí, můžete se dostat na zlomek ceny. Hledejte *jumper wire* nebo *dupont wire*.



Když už budete kupovat propojovací vodiče, kupte si nejen „male-male“, tedy „samec-samec“, ale i „male-female“ a „female-female“. Tedy vodiče, které mají na jednom či obou koncích dutinky. Budou se hodit pro připojování modulů k Arduino.



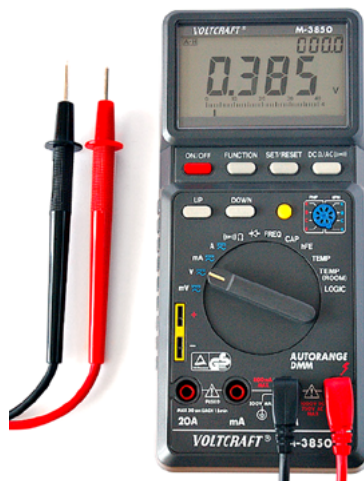
Budete potřebovat občas **malý šroubovák**, plochý i křížový – asi všichni máme nějaký takový doma, ale zde zdůrazňuju to „malý“. Nebo si rovnou vezměte celou sadu. Hodí se vám i **plochá pinzeta**. Nekupujte si nejlevnější z obyčejného plechu, u nich se snadno stane, že se ohnou a nedrží a jsou pak na vyhození. A pokud nemáte oči jako ostříž, oceníte **lupu**.

— 1 Budu velkým elektronikem a budu stavět hrozně cool obvody!



Další nezbytná věc jsou **malé kleště**, ideálně dvojce – jedny štípačky, jedny „obyčejné“. Po čase přijdete na to, že se vám budou hodit i kleště pro odizolování kabelů. Teď to ještě nezbytné není.

Co nezbytné je, to je **multimetr**. Kdysi se prodával krásný měřicí přístroj, jmenoval se Avomet a byl nehorázně drahý. Dnes si můžete koupit taky drahé měřicí přístroje, ale ze začátku vám naprosto bez problémů postačí digitální multimetr, který najdete v každém hobbymarketu. Multimetr je zařízení, které vám umožňuje měřit napětí, proud, odpor, a někdy i další veličiny. Multimetr je nezbytný, protože, jak se říká, bez měření není vědění! Sice existují způsoby, jak si podobná měřidla vyrobit či nahradit, ale do začátku je lepší si jedno prostě koupit.



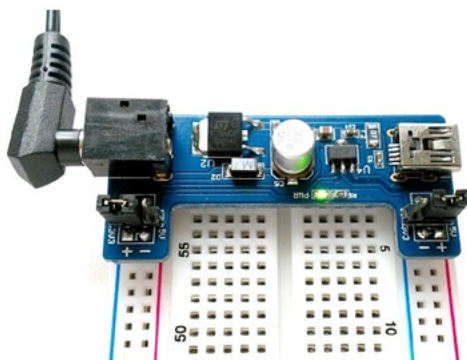
CC-BY-SA, autor André Karwath

— 1 Budu velkým elektronikem a budu stavět hrozně cool obvody!

Když už budete v tom hobbymarketu, kupte si i takové **plastové krabičky**, které se prodávají na různé šroubky a drobné věci, nebo kufřík s přihrádkami. Do nich si můžete dávat součástky, které se vám nebudou válet všude možně, nebudou se vám ztrácet a nešlápnete na ně.



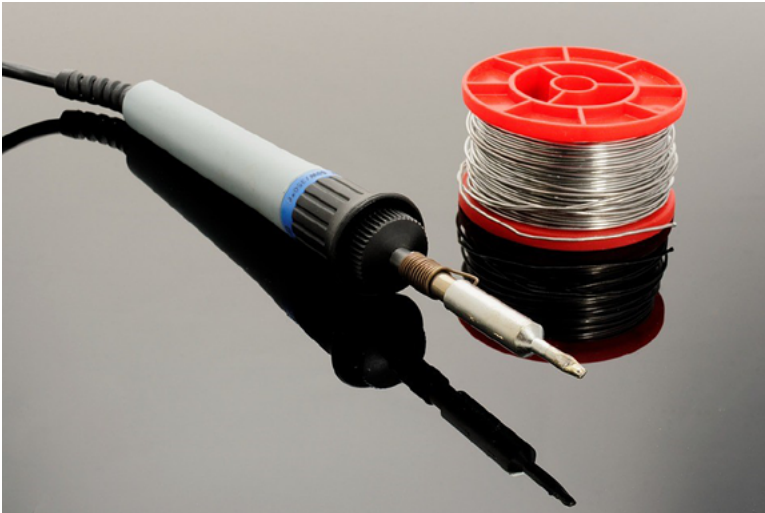
Aby bylo vůbec co měřit, potřebujete **zdroj**. My naštěstí budeme pracovat s elektronikou, která si vystačí s nízkým napětím pěti voltů. Je několik možných způsobů, jak toto napětí získat. Můžete si koupit laboratorní zdroj, ale ten stojí nemalé peníze. Můžete použít plochou baterii nebo tři monočlánky – ty dohromady dají jen 4,5 V, ale to většinou stačí. Na druhou stranu jsou tyto baterie velmi nepraktické, protože se po čase vybijí a můžete je zahodit. Nejvhodnější způsob, který vám doporučím, je použít nabíječku, která má konektor USB. USB totiž používá právě těch 5 voltů, takže nemusíme řešit stabilizaci napětí, zároveň dává i dostatečně velký proud, s nímž můžeme použít i některé náročné komponenty, jako displeje nebo bezdrátové komunikační moduly. Já používám přesně takový adaptér, a k němu speciální nástavec do nepájivého kontaktního pole. Další možnost, trochu nouzová, je použít Arduino nebo Raspberry a brát si napětí z něj.





— 1 Budu velkým elektronikem a budu stavět hrozně cool obvody!

Všimněte si, že jsem nezmínil **páječku**. Zatím ji nepotřebujete, základní zapojení si postavíte i bez ní. Až jednou přijde doba, kdy se bez ní neobejdete, tak vám doporučím – nekupujte si pistolovou traťopáječku, kupte si takovou, kde je stojánek a regulace teploty. Nemusí to stát majlant, nejlevnější stačí. A když už jsme u toho: ten přístroj je *páječka*, ačkoli tomu kdekdo říká *pájka*. *Pájka* je ve skutečnosti ta kovová slitina, kterou se letuje, čili pájí, a té se lidově říká *cín*, i když cín je jen jedna ze složek...



To je opravdu všechno. S tímhle vybavením se můžete pustit do objevování tajů elektřiny, elektroniky, mikroelektroniky, číslicové techniky – jak chcete... Teď už stačí jen nakoupit součástky.

### 1.3 Kde nakoupit součástky?

Tohle je docela podstatná kapitola. Kde nakoupit součástky a nástroje?

V České republice existují kamenné obchody se součástkami. Nejsou zdaleka v každém městě, ale naštěstí mívají i e-shop, takže si vybrané součástky můžete nechat poslat poštou. Velká výhoda těchto obchodů je, že vám součástky dojdou poměrně rychle – třeba do týdne. Další výhoda je při nákupu dražšího vybavení (pro tuto knihu dražší vybavení není potřeba, ale třeba jednou...) – máte ze zákona záruku na zakoupené zboží.

V ČR asi nejlépe fungují obchody GM Elektro, GES, TME a Tipa. Tyto obchody udržují široký sortiment, od objímek a drátů přes součástky až po nástroje, přístroje a další vybavení dílny.

— 1 Budu velkým elektronikem a budu stavět hrozně cool obvody!

Některé součástky lze nakoupit i ze zahraničních e-shopů, jako je Mouser a Digikey, ale tady je potřeba počítat s vyšším poštovním, které může být klidně i 1 500 Kč.

Specializované internetové obchody (Sparkfun, Adafruit, Seeedstudio) nabízejí spoustu velmi zajímavých součástek, senzorů a dalšího vybavení, ale problémem může být vyšší cena, vyšší poštovné, a občas i zdržení a další poplatky na celnici (clo + DPH).

Poslední možnost, kde nakoupit součástky ve velkém množství a levně, jsou obří internetové servery ebay.com a aliexpress.com, oba plně čínských prodejců součástek a různých klonů. Zde je potřeba určité obezřetnosti – někdy můžete koupit funkčně ekvivalentní věc, a jindy získáte klon, který bude špatně dílensky provedený, bude se přehřívat, nebude fungovat spolehlivě... Předem nelze říct. Na druhou stranu většina těchto obchodů má poštovné zdarma, a za cenu, za jakou koupíte v českém kamenném obchodě tři LED, máte z těchto obchodů celý sáček se stovkou kusů (100 pcs).

Další nevýhodou těchto obchodů je delší dodací lhůta – čekáte dva až šest týdnů. Já sám jsem si zde nakoupil většinu základních součástek, jako jsou rezistory, kondenzátory, LED, propojovací vodiče, nepájivá kontaktní pole, tlačítka... Upřímně – i kdybych měl z balíčku stovky tlačítek deset procent kazových, tak je s klidným svědomím vyhodím, protože celý balíček i s poštovním stál 25 Kč. Což je zhruba cena tří kusů týchž tlačítek v kamenném obchodě.

Ovšem samozřejmě můžete zapomenout na záruku. Vadné zboží zde těžko vyreklamujete (anebo se vám to při jeho ceně nevyplatí). U menších součástek však nebývá problém napsat obchodníkovi, ten nabídne raději refundaci peněz nebo zaslání nové sady, než aby přišel o zákazníka a dostal negativní hodnocení.

Na druhou stranu zažíváte až absurdní pocity, když si zde koupíte za cca dvacetikorunu svazek 75 propojovacích vodičů pro nepájivé kontaktní pole, a pak vidíte, že za tentýž svazek (i fotka odpovídá) chce nejmenovaný český internetový obchod okolo sto dvaceti korun. Podobné situace jsou s různými „sety“ a „začátečnickými kity“, kde je většinou taková všehochoť součástek a komponent – rezistory a kondenzátory různých hodnot, několik různobarevných LED atd. V českých obchodech není problém za takovou sadu dát i několik tisíc korun, z Číny vás to bude stát třeba okolo dvou set Kč. Ale zase platí: počkáte si delší čas. Pokud chcete koupit něco rychle, připlaťte si a objednejte v ČR.

A pokud vám aspoň trochu leží na srdci osud lidí, kteří se tu nějak snaží povzbuzovat kutilskou tvorbu, tak aspoň občas nakupte u nich (HW Kitchen, Hobbyrobot apod.) Ceny jsou vyšší, ale pokud tyto obchody nepřežijí, bude to škoda.

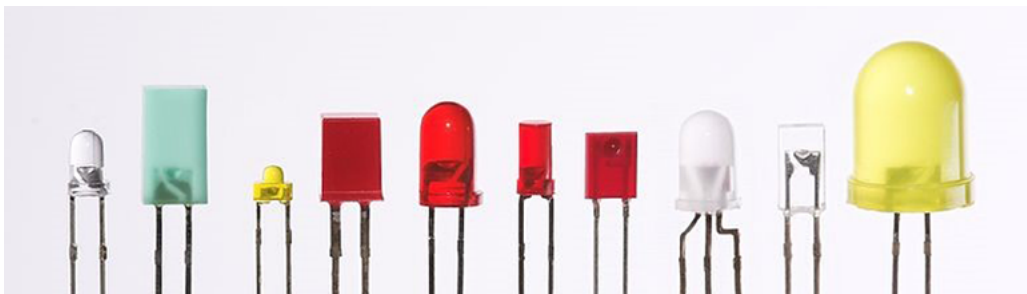
## 1.4 Nákupní seznam: Součástky pro blikáč

Bez součástek se neobejdete. Bez součástek si ani neblinknete, ani nezapínáte, bez součástek neuděláte nic. Nebudete potřebovat žádné složité ani drahé ani příliš náročné. Do začátku vám jich stačí jen několik základních, které vás nepřijdou na víc než na několik desítek korun.

### 1.4.1 LED

Především jsou to **LED**. LED je akronym anglických slov Light Emitting Diode, tedy „světlo vyzařující dioda“. Neříkejte proto prosím „LED dioda“, protože říkáte vlastně „světlo vyzařující dioda dioda“. Někteří obhajují slovní spojení „LED dioda“, kvůli tomu, že slovo „dioda“ můžete skloňovat: LED diodou, LED diody, ... *Já s dovolením sklouznu k nespisovnému, ale používanému výrazu LEDka.*

Ale zpět k věci: LED jsou v nejrůznějších barvách, nejčastěji červená, žlutá, zelená, modrá a bílá. Jsou i vícebarevné diody, dvoubarevné, trojbarevné (RGB – červená, zelená, modrá) i čtyřbarevné (RGBW – jako předchozí, ale navíc s bílou). Jsou diody se zabudovaným řídicím obvodem, který umožňuje sofistikované řízení, např. v různých LED páskách. Ale ty potřebovat nebudete. Kupte si do začátku úplně obyčejné jednobarevné LED, třeba pět kusů od každé barvy. Jestli zvolíte průměr 5 mm, nebo 3 mm, to je jedno. Ty větší líp „sednou do ruky“ při manipulaci, ty menší zase snáze dáte vedle sebe. Já používám pětimilimetrovou verzi...



CC-BY-SA, autor AFrank99

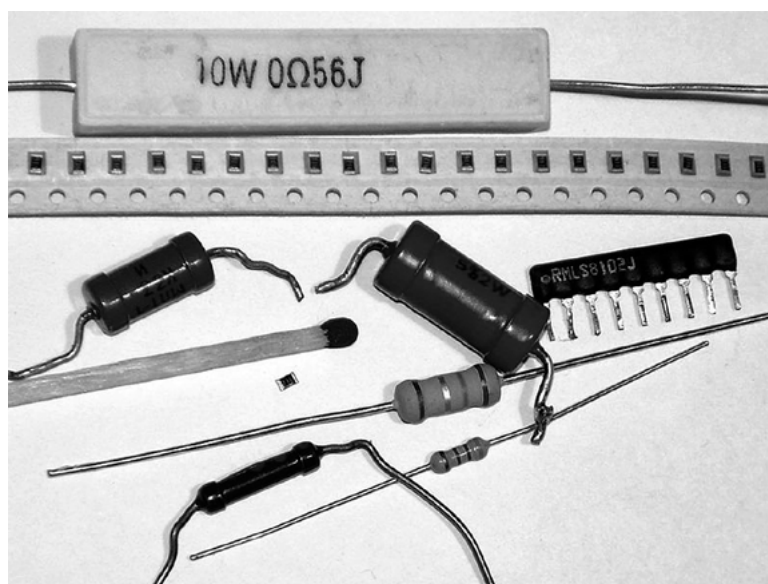
### 1.4.2 Rezistory

Další součástky, bez nichž se neobejdete, jsou **rezistory**. Dříve se jim říkalo také „odpory“. Jenže odpor je označení fyzikální veličiny (jednotka je ohm, značíme  $\Omega$ ), a pak to špatně vypadá, když říkáte „odpor s odporem 100 ohmů“. Asi jako „dvoumetrový metr“. Proto se používá označení „rezistor“.

— 1 Budu velkým elektronikem a budu stavět hrozně cool obvody!

Rezistory se třídí do různých skupin – podle výkonu, podle přesnosti, podle výrobní technologie... Pro naše potřeby postačí ty nejmenší, nejobyčejnější a nejlevnější, takže něco jako „uhlíkový rezistor 0,25 W“ nebo „metalizovaný rezistor 0,25 W“. V kusovém množství to jsou korunové položky. Existuje ale možnost nakoupit celé sady rezistorů, třeba 100–200 kusů s různými hodnotami odporů. Při nákupu z Číny vás celá taková sada vyjde třeba na dvacet korun (ovšem dodací lhůta je nepoměrně delší).

Pořídte si pro první pokusy rezistory o odporu 330 ohmů (označují se 330R), 1000 ohmů (1K) a 10 000 ohmů (10K). Kdo chce, pořídí si i 220R, 2K2, 4K7, 22K, ať můžeme experimentovat. Od každé velikosti tak deset kusů, ale víc se rozhodně neztratí. (O značení a jednotkách si za chvíli povíme víc.)

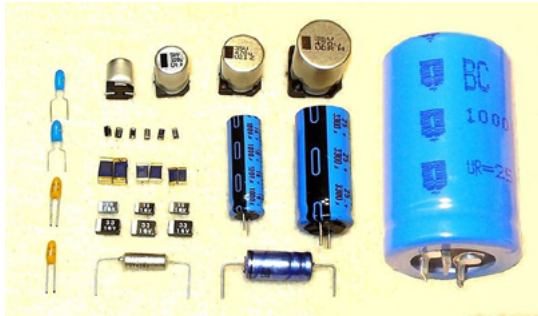


### 1.4.3 Kondenzátory

Kromě rezistorů budete potřebovat i **kondenzátory**. Základní vlastností kondenzátorů je jejich kapacita, která se měří ve faradech (značíme F). Ještě začátkem 90. let platilo, že nejčastější kapacity se udávají v pikofaradech, nanofaradech a mikrofaradech (bilióntina, miliardtina, milióntina), ovšem dnes jsou dostupné kondenzátory s kapacitou stovek faradů. V číslicové technice takové velké kapacity můžeme použít k napájení obvodů při výpadku, ale vy je teď potřebovat nebudete. Vystačíte si pro začátek s kapacitami 33 pikofaradů (pF), 100 nanofaradů (nF) a 10 mikrofaradů ( $\mu$ F; u tohoto se nenechte vylekat tím, že bude označený jako „elektrolytický“). Setkáte se taky

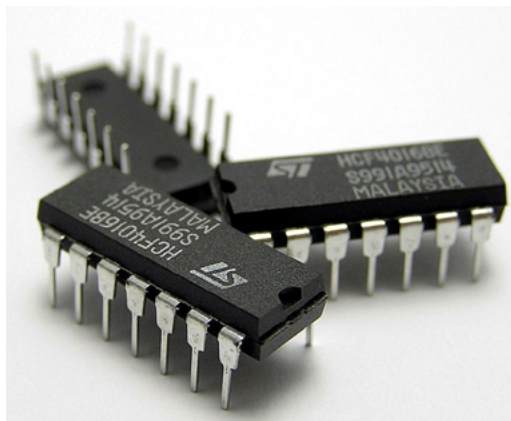
— 1 Budu velkým elektronikem a budu stavět hrozně cool obvody!

se starším označením 33, 100K a 10M. Opět vezměte ty nejlevnější, na experimenty budou stačit. Kapacity 33 pF a 100 nF vypadají jako malý polštářek, 10  $\mu$ F vypadá jako váleček.



#### 1.4.4 Integrované obvody

A když už jsme v tom, tak si kupte i dva integrované obvody. Jeden má označení 74HCT00, druhý 74HCT04. Pokud nebude k dispozici HCT, kupte klidně LS nebo ALS (74LS00, 74ALS04, ...) Pozor! Vybírejte takové, které jsou v pouzdře DIL (někdy značeno jako DIP). Takové můžete zastrčit do nepájivého kontaktního pole. Vyhněte se pouzdrům SO, ty jsou určené pro povrchovou montáž pájením.



Později budete potřebovat i další součástky – tranzistory, diody, integrované obvody. Jejich seznam najdete na konci knihy, abyste nemuseli kupovat každou součástku zvlášť. Teď si vystačíme s tím, co je výše napsané. Vážně!

Pojďme si tedy postavit ten blikáč...