

# Simulujeme a kreslíme elektrické obvody

Leoš Dvořák

KDF MFF UK Praha

Abstrakt

*Příspěvek ukazuje, jak lze simulovat jednoduché i složitější elektrické obvody (stejnoseměrné i střídavé) pomocí simulátoru Circuitjs. Příspěvek popisuje jak samotný simulátor, tak sadu jednoduchých simulací vytvořených pro potřeby dílny. V druhé části příspěvek upozorňuje na program ProfiCAD, kterým lze pohodlně malovat schémata elektrických obvodů.*

## Simulátory elektrických obvodů

Zcela úvodem zdůrazněme jednu – snad samozřejmou – poznámku:

Simulacemi rozhodně nechceme nahrazovat  
pokusy se skutečnými elektrickými obvody!

Mohou však sloužit jako vhodné doplnění pokusů a pomoci lépe pochopit, jak elektrické obvody fungují a co se v nich odehrává.

Programů pro simulaci elektrických obvodů je celá řada. Najdeme simulátory jednoduché, hodně názorné a „obrázkové“, s nimiž mohou pracovat i mladší žáci – viz např. [1], kde mezi součástky kromě věcí jako drát a žárovka patří třeba i tužka, bankovka, ale také ruka nebo pes (!). Na druhou stranu existují i výkonné profesionální simulátory, jejichž cena ale může jít do stovek i tisíců Euro, viz např. přehled [2].

### Simulátor, s nímž jsme na dílně pracovali my

Na dílně jsme využívali simulátor **Circuitjs** autora Paula Falstada (a dalších spoluautorů), někdy nazývaný jen **Circuit Simulator**. Jeho online verze je k dispozici na webové stránce [3]. Na ní simulaci spustíte jednoduše ve webovém prohlížeči.

K dispozici je i offline verze pro Windows; tu lze stáhnout ze stránky [4]. (Jsou na ní i verze pro Mac a Linux, ty jsem ale nezkoušel.) Pro potřeby dílny na Dílnách Heuréky 2022 jsem verzi pro Windows drobně doplnil jednak úpravami češtiny a také přidáním sady jednoduchých simulací, které by mohly najít využití ve výuce. Tato verze je k dispozici na webové stránce [5].

Simulátor **Circuitjs** je k dispozici zcela volně, bez poplatků.

### Jak simulátor **Circuitjs** nainstalovat na PC

Velmi snadno; fakticky se daný program nijak neinstaluje. Stažený zazipovaný soubor (ten na stránce [5] se jmenuje circuitSimulator.zip) prostě „rozzipujeme“ (což umí samotné Windows, po kliknutí pravým tlačítkem myši volbou Extrahovat vše). Necháme jej „extrahovat“ (tj. rozzipovat) do vhodného adresáře, kde jej budeme spouštět. Pak již stačí ve zvoleném adresáři spustit program **circuitjs1.exe**. (Že si pro jeho spuštění můžeme na ploše či jinde vytvořit zástupce, jistě netřeba připomínat.)

## Po spuštění simulace

Program standardně začíná simulovat chování kmitavého obvodu. (Při spuštění pomocí zástupce mu lze vnutit i jiný obvod, s tím se ještě seznámíme.)

Okénko se simulací ukazuje obrázek. Simulace po spuštění běží; zastavíme ji kliknutím na tlačítko **RUN/Stop**.

Běh simulace se zastaví a tlačítko zčervená.

Poznamenejme, že pokud program stáhnete z anglických stránek autora, poběží na začátku v angličtině, navíc pozadí okna bude nejspíše černé. Toto můžete změnit v menu **Možnosti** (v anglické verzi se samozřejmě položka menu jmenuje **Options**).

V daném menu můžeme nastavit víc věcí, jak to ukazuje následující obrázek.

Nechcete-li mít pozadí černé, zaškrtněte **Bílé pozadí** (v angličtině **White Background**), na obrázku už je zaškrtnuto.

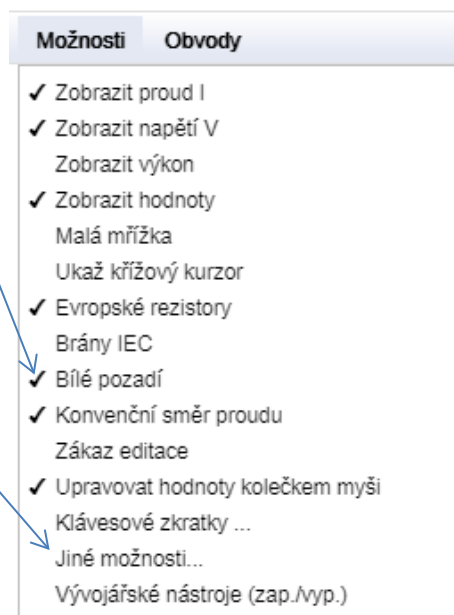
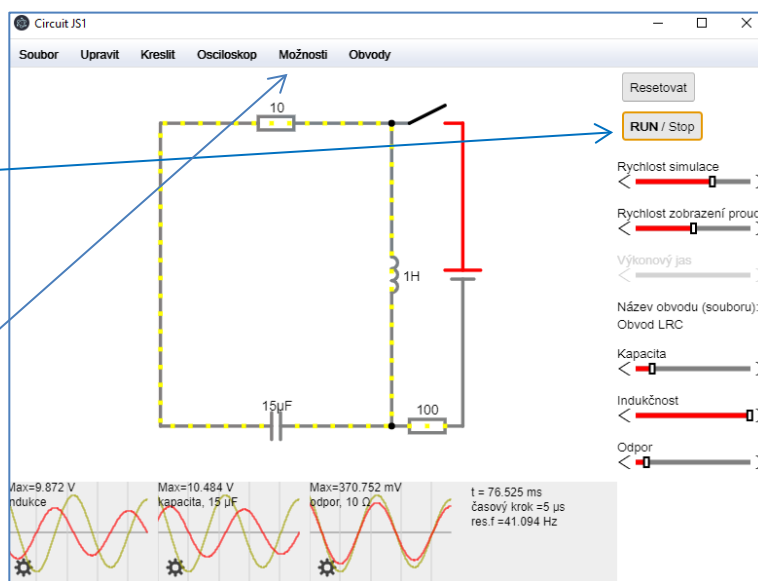
Jazyk nastavíme v podmenu **Jiné možnosti** (Other Options). V něm zvolíme **Nastav jazyk** (Change Language).

Z nabídky si pak už snadno vybereme (třeba polštinu nebo norštinu, chcete-li; jazyků je na výběr 13).

Při změně jazyka program požádá o souhlas s „restartováním“, ale rozběhne se pak prakticky okamžitě.

V menu Možnosti se ještě přesvědčte, že je zatržena položka **Evropské rezistory**, jinak budou rezistory, jak je zvykem v anglosaských zemích, kresleny „zubatě“.

Z položek tohoto menu stojí za pozornost ještě **Konvenční směr proudu**. Když je tato položka zaškrtnuta, zobrazuje se směr proudu od plus k minus, tedy obráceně, než ve vodiči tečou elektrony. Chcete-li zobrazit pohyb elektronů, tuto položku „odškrtněte“.



## Jak vybírat z hotových simulací

Z předem připravených elektrických obvodů si můžeme vybrat v menu **Obvody**. Již ve standardní verzi simulátor nabízí takřka nepřebornou řadu obvodů. Přibližně jsem jich napočítal asi 250, takže si nejspíš vyberou i „profíci“.

Pro dílnu na Dílnách Heuréky bylo speciálně připraveno přes pětadvacet obvodů doplněných stručným popisem. Najdete je také v menu **Obvody**, hned na začátku, viz obrázek ukazující daná podmenu:

Obvody	
Příklady pro Dílnu Heuréky	01 Rozsvítíte žárovku
Základy	02 Měříme a nastavujeme hodnoty
~ AC obvody	03 Časový průběh proudu žárovkou
Pasivní filtry	04 Časový průběh proudu žárovkou a odporu žárovky
Ostatní pasivní obvody	05 Měníme napětí zdroje posuvníkem
Diody	06 Proud rezistorem
Operační zesilovače	07 Ohmův zákon
Tranzistory	08 Proud rezistorem (obě polarity napětí)
MOSFETY	09 Proud žárovkou
Čip časovače 555	10 Proud LEDkou
Aktivní filtry	11 Voltampérová charakteristika LED automaticky
Logické rodiny	12 Dvě LED antiparalelně
Kombinovaná logika	13 Dvě žárovky v sérii
Sekvenční logika	14 Hříčka: řetěz rezistorů
Analogový / digitální	15 Rezistor v obvodu střídavého proudu
Měníče výkonu	16 Kondenzátor v obvodu střídavého proudu
Fázově vázané smyčky	16a Kondenzátor v obvodu stř. proudu - změna f
Přenosové linky	17 Cívka v obvodu střídavého proudu
Různá zařízení	17a Cívka v obvodu střídavého proudu - změna f
Prázdný obvod	18 RLC kmitavý obvod - buzený
	19 Transformátor: transformace napětí
	19a Transformátor: napětí a proudy na primáru a sekundáru
	19b Transformátor podrobněji - s možností vypnout zátěž
	20 Jednocestný usměrňovač
	20a Jednocestný usměrňovač s filtračním kondenzátorem
	21 Graetzův (tj. dvojcestný) usměrňovač
	21a Graetzův usměrňovač - názornější barvy ukazující napětí
	22 Tranzistor zesiluje proud
	23 Stiskem tlačítka rozsvítíte žárovku
	23a Stiskem tlačítka zhasnete žárovku
	24 Zapnutím napětí zhasnete žárovku
	25 Zesilovač střídavého napětí s tranzistorem
	25a Zesilovač střídavého napětí - spektrum výst. napětí

Je třeba zdůraznit, že tyto připravené obvody představují nabídku, z níž si můžete vybírat; rozhodně nejde o to, že právě tyto simulace byste měli ve výuce elektřiny a magnetismu probírat, či dokonce probírat je v uvedeném pořadí. Účelem je hlavně ukázat možnosti daného simulátoru na konkrétních příkladech. Zda a jaké simulace si pro svou výuku vyberete a jak je použijete, je jen na vás.

Všechny obvody také můžete upravovat, přepisovat v nich komentáře i texty zobrazené v okně simulace, vytvářet jejich varianty – prostě přizpůsobit si vše svým potřebám a své výuce.

Upravené nebo nově vytvořené obvody můžete ukládat a pak zase nahrávat. (Menu **Soubor** nabízí několik možností.) I tyto obvody pak můžete přidat do menu **Obvody** – naučíme se, jak na to.

## Spouštíme a ovládáme simulaci

Ovládání simulace si ukážeme na jednodušším příkladu, než je zmíněný kmitavý obvod. Vybereme si z nabídky pro dílnu hned první simulaci: **01 Rozsviďte žárovku**. Uvidíme okno, které ukazuje obrázek:



Ještě než simulaci spustíme, máme k dispozici následující možnosti ovládání:

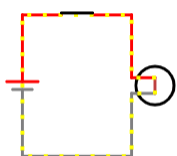
- **Zoomování:** Je-li text nebo zobrazený obvod příliš malý (někdy se to stává), můžeme celý obsah okna zvětšovat nebo zmenšovat kolečkem myši. (Zoomovat lze také v menu **Upravit**, tam najdeme i příslušné klávesové zkratky.)
- **Posouvání:** Když při zoomování vyjede třeba část textu mimo okno, můžeme posouvat celý obsah okna myši, když přitom držíme klávesu Alt nebo stisknuté kolečko myši.
- Samozřejmě lze také celé okno programu standardně zvětšovat, zmenšovat nebo posouvat na obrazovce. (Připomínat snad nemusíme, že program ukončíme kliknutím na křížek v pravém horním rohu okna nebo stiskem Alt F4. ☺ )
- **Zobrazení informací o prvcích obvodu:** V šedém obdélníčku u spodního kraje okna se vypisují informace týkající se prvku obvodu, na který ukážete myši. (To platí i za běhu simulace; když neukazujete na nic, vypisuje se čas a časový krok, tak jak to ukazuje obrázek výše.)

Simulaci spustíte tlačítkem **Run/STOP**. Když simulace neběží, je červené, když běží, tlačítko je šedé a nápis se drobně změní na RUN/Stop; kliknutím na něj simulaci zase zastavíte. Přepínat mezi během a zastavením se dá i na klávesnici stiskem mezerníku. Když je simulace spuštěna, v šedém obdélníčku se ukazuje běžící čas. Tlačítko **Resetovat** nastaví čas na nulu.

## Jak vypadá běh simulace a jak ho ovládat

V naší úvodní simulaci po spuštění neteče žárovkou proud – jak by také mohl, když spínač je rozeprtý. Spínač zapnete, když na něj klepnete myší (levým tlačítkem).

(Upozornění: Může se vám stát, že při stisknutí levém tlačítku pohnete myší a tím spínač přetáhnete kousek stranou, což přeruší obvod. Pokud se vám to „povede“, spínač zase přetáhněte na původní místo. Za chvíli se naučíme, jak celý obvod „zamknout“, aby se součástky nedaly přesouvat.)



Po sepnutí spínače v simulaci žárovka svítí (změní barvu z černé na bílou), viz obrázek vlevo. Průchod proudu je indikován posouvajícími se čárkami. Navíc barva vodičů a částí součástek ukazuje napětí, které na nich je. (Typicky jde o napětí vůči zápornému pólu baterie. I na obrázku je vidět, že kladný pól baterie je zobrazen červeně. Znárodnění napětí barvami i zobrazení průchodu proudu jde vypnout, to se také naučíme.)

Pomocí posuvníků v pravé části okna můžeme ovládat:

- Rychlost simulace, tj. rychlost běhu času v simulaci.
- Rychlost, jakou se zobrazuje tok proudu vodiči. (Přitom stále platí, že větší proud se zobrazuje rychlejším pohybem čárek.)

RUN / Stop

Rychlost simulace



Rychlost zobrazení proudu



Nastavte pomalou rychlost simulace (posunem posuvníku doleva) a zapínejte a vypínejte spínač. Uvidíte, že žárovka se nerozsvěcí a nezhasíná okamžitě. Stejně jako u reálné žárovky to vláknku chvíli trvá. (Simulátor se zde chová realističtěji, než některé jednoduché webové aplikace „obrázkově“ simulující elektrické obvody; u nich je často rozsvícení a zhasnutí žárovky okamžité.)

## Nastavení parametrů součástek

V pozastavené simulaci poklepte myší třeba na zdroj napětí. (Poklepání = dvojklik tedy rychlé „ťuk ťuk“ levým tlačítkem.) V okénku, které se otevře (viz obrázek vpravo), můžete nastavit například velikost napětí zdroje. Mohli byste si také vybrat, že místo stejnosměrného zdroje chcete střídavý, k dispozici jsou různé průběhy, nejen sinusový.

**Upravit komponentu**

(ve W)

Jmenovité napětí (ve V)

Doba zahřívání

Doba chladnutí (s)

Aplikovat OK zrušení

Při poklepání na žárovku můžete nastavit její jmenovité napětí a příkon. (Ne přímo jmenovitý proud žárovkou, ale ten spočtete z napětí a příkonu.) Zadat můžete také dobu zahřívání a chladnutí žárovky, viz obrázek vlevo.

**Upravit komponentu**

Napětí

Signál

= DC posunutí offset (V)

Aplikovat OK zrušení

Když poklepete na vodič ve spodní části obvodu, máte možnost nechat za běhu vypisovat například proud daným vodičem. (A také napětí, ale to se v daném případě bere vzhledem k zápornému pólu zdroje, takže by ukazovalo stále 0 V.) Proud se bude vypisovat nad daným vodičem. Obrázky k tomu už zde neuvádíme, vyzkoušejte si tuto možnost sami.

Když poklepete na nějaký nápis, budete moci změnit příslušný text a velikost jeho písma.

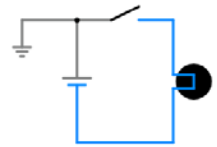
## Posouvání součástek

Pokud na nějaký text nebo prvek obvodu klepnete a držíte levé tlačítko myši, můžete ho myší posouvat.

**Posouvání součástek jde zakázat:** V menu **Možnosti** zaškrtněte položku **Zákaz editace**. V levém horním rohu okénka se objeví ikona zámečku (ne budovy, ale visacího zámku ☺) a součástky už nechtěně neposunete. Ovšem pozor: Přijdete tím současně o možnost nastavovat parametry součástek!

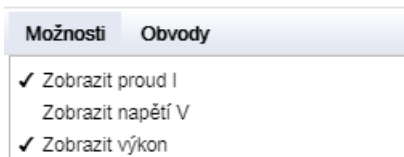
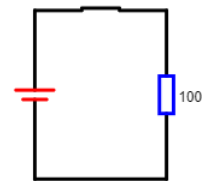
**K barevnému znázornění napětí ev. výkonu** (při prvních pokusech se simulátorem můžete přeskochit)

Jak už jsme zmínili, barvou se vyznačuje napětí na vodičích a součástkách v obvodu. Červená barva znamená kladnou polaritu, modrá zápornou. Bere se napětí „vůči zemi“, což je většinou záporný pól zdroje napětí v obvodu. (Když jsou ovšem dva zdroje zapojeny do série, je touto „zemí“ vodič, který je spojuje. Těžko říct, jak je to obecně.) Chceme-li mít jistotu, že se napětí bude brát vůči určitému bodu v obvodu, spojíme s ním značku uzemnění. Příklad ukazuje obrázek vpravo, oproti „zemí“ má teď záporný pól baterie záporné napětí.



Barvy označující napětí můžeme měnit v menu **Možnosti | Jiné možnosti...** Pokud nám barevné značení napětí vadí a chceme mít vodiče stále jen černou barvou, pak v menu **Možnosti** „odškrtneme“ položku **Zobrazit napětí V**.

Barevně můžeme zobrazit také to, zda určitá součástka dodává nebo spotřebovává výkon. Pokud dodává (například zdroj napětí, ale třeba také nabitý kondenzátor), bude zobrazena červeně, pokud spotřebovává, modře.



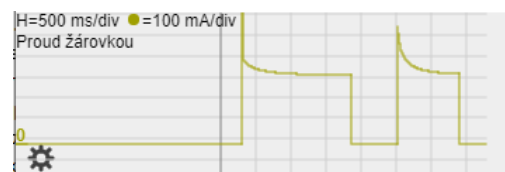
Výkon se takto zobrazí, když v menu **Možnosti** zaškrtneme položku **Zobrazit výkon**. Přitom se ovšem automaticky „odškrtně“ položka **Zobrazit napětí V** – barevně tedy simulátor zobrazuje buď napětí anebo výkon. Při zobrazení výkonu barvami je také

v činnosti jinak neaktivní posuvník „Výkonový jas“ na pravé straně okénka. Jím můžeme nastavit intenzitu barvy v závislosti na výkonu. (Nezdá se však, že by tohle byla funkce, kterou využijeme příliš často.)

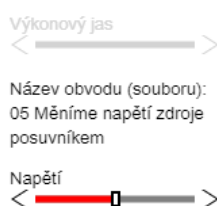
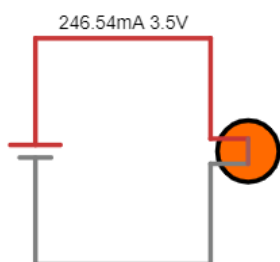
## Co dalšího simulátor nabízí

Další vlastnosti simulátoru objevíme asi nejnázorněji pomocí dalších připravených obvodů. Vyzkoušejte si (nejlépe asi postupně) ty, které vás zaujmou. S možnostmi simulátoru nás seznámí zejména:

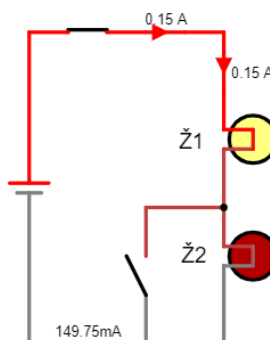
- Obvod **03 Časový průběh proudu žárovkou** ukáže, že lze mít v simulaci „osciloskop“, tedy graf, který ukazuje časový průběh nějaké veličiny. Graf je spojen s nějakým prvkem obvodu, třeba s žárovkou nebo i s vodičem.



- Vlastnosti „osciloskopu“ (tedy grafu) lze nastavovat a měnit kliknutím na zubaté kolečko v jeho levém dolním rohu nebo po stisku pravého tlačítka myši kliknutím na Vlastnosti.
- V obvodu **04 Časový průběh proudu žárovkou a odporu žárovky** uvidíme, že takových „osciloskopů“ můžeme mít v simulaci víc. (Všimněte si, že v pozastavení běhu můžeme z grafů odečítat hodnoty; čas je přitom shodný v obou grafech.)
- V obvodu **05 Měníme napětí zdroje posuvníkem** poznáme, že parametry součástek lze měnit pomocí posuvníků. Po kliknutí na zdroj pravým tlačítkem myši a volbou **Posuvníky** v lokálním menu lze v okénku nastavovat meze hodnot a další parametry daného posuvníku. (Zadáváme také označení daného posuvníku. V příkladu na obrázku vpravo jsme do příslušného políčka napsali Napětí – jinak by tam bylo implicitně napsáno Voltage.)



- Posuvníků může být v simulaci také víc, viz třeba obvod **06 Proud rezistorem**, kde vidíme, že s rostoucím napětím proud roste a s rostoucím odporem naopak klesá; hodnoty napětí a proudu jsou přitom zobrazeny u vodiče.
- V obvodech **08, 09 a 10 (Proud rezistorem, Proud žárovkou a Proud LEDkou)** poznáme, že graf nemusí být jen závislostí na čase – vykreslujeme zde závislost  $I = I(U)$ , tedy voltampérovou charakteristiku. Při změně napětí posuvníkem, tedy „manuálně“ ovšem napětí většinou měníme trochu trhaně, což díky tepelné setrvačnosti žárovky znamená, že výsledný graf je „zubatý“.
- Je proto lepší, aby se napětí měnilo plynule automaticky – pro proud LEDkou to ukazují obvody **11 a 12 (Voltampérová charakteristika LED automaticky a Dvě LED antiparalelně)**.
- V obvodu **13 Dvě žárovky sériově** vidíme, že „osciloskopy“ nemusejí být jen u spodního okraje okna, ale může jít i o „malé osciloskopy“ umístěné třeba u příslušných součástek. A hlavně si můžeme vyzkoušet, jak se mění proud při zkratování jedné z žárovek a pak při opětovném rozepnutí spínače, který ji zkratoval.



- Obvod **14** vychází z úlohy, která je spíše hříčkou: spočíst odpor nekonečného řetězce stejných rezistorů. (Analytické řešení dá výsledek  $(1+\sqrt{5})/2 R \doteq 1,61803 R$ .) Ukazuje také, že mezi měřicími přístroji v obvodech může být i ohmmetr. (Pozn.: Tato úloha zřejmě nemá žádné praktické využití, může ale sloužit pro „potrénování mozku“ na trochu pokročilejší středoškolské úrovni. Klidně ji ale ignorujte.)

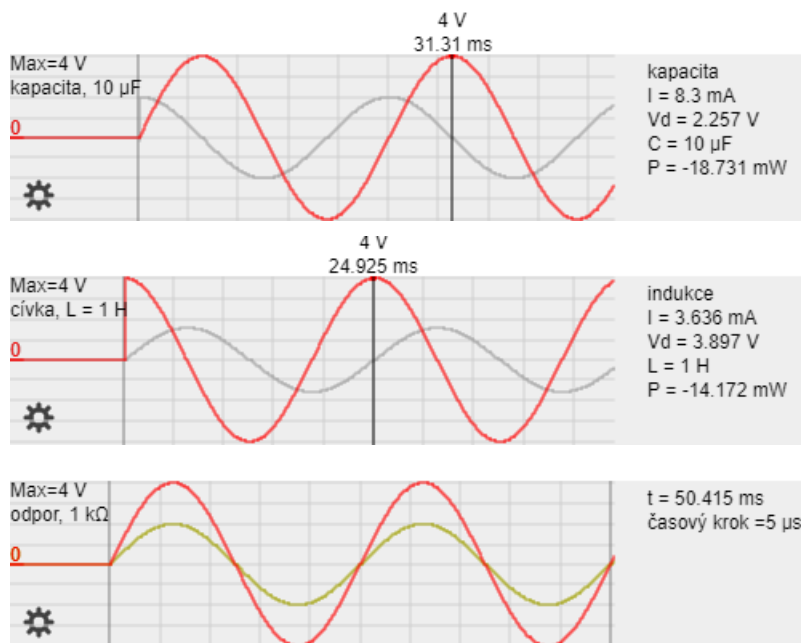
- ... a pak už tam máme obvody ukazující chování obvodů se střídavými proudy... vyberte si z nich, co je vám libo. I na ZŠ z nich mohou být názorné třeba usměrňovače, tedy obvody **20**, **20a** a **21**.
- Končíme několika jednoduchými obvody s jedním tranzistorem (v jednom případě se dvěma tranzistory), které ilustrují základní chování této součástky. Poslední dva příklady jsou určeny těm, kdo by chtěli ilustrovat princip jednotranzistorového zesilovače střídavého napětí, důležitost nastavení pracovního bodu a skutečnost, že při přebuzení je signál na výstupu zkreslený. (Tohle patrně nebudou ukazovat všichni fyzikáři, ale asi jen ti, jimž je práce s tranzistory trochu blízká.)

Obvodů by se určitě dalo přidat ještě víc, ale na jednu dílnu a na seznámení se simulátorem tohle snad stačí. Ostatně, jak už bylo řečeno výše, se simulátorem je dodáno na dvě stě padesát hotových simulací, takže budete-li chtít vidět simulaci třeba astabilního multivibrátoru (podobného, jaký jsme na jedné z Dílen Heuréky stavěli v roce 2019), máte ji tam.

A ještě jedna drobnost, která se může hodit:

### Můžete spustit víc simulací

V menu **Soubor** volbou **Nové okno programu** otevřete nové okno simulátoru, takže můžete ukazovat a porovnávat dvě simulace. Může se to hodit, třeba když porovnááte vzájemné zpoždění střídavého napětí a proudu v obvodech s kondenzátorem a cívkou (obvody **16** a **17**). Oken můžete otevřít i víc, třeba když budete chtít současně ukázat, jak se chová v obvodu střídavého proudu rezistor. „Osciloskopy“ ze třech uvedených simulací mohou vypadat takto:



Časové průběhy napětí (červeně) a proud (šedě resp. žlutozeleně) v obvodech střídavého proudu s kondenzátorem, cívkou a rezistorem.



Hotové simulace nám ale nemusí vždy stačit. A uživat jen věci připravené někým jiným třeba může být časem nuda... Pojdme se proto podívat, jak můžeme vytvořit vlastní nové simulace.

## Vytváříme nové simulace

Když chceme začít vytvářet nový obvod, nejdřív si pro něj připravíme prázdné okno. A to buď v menu **Soubor** položkou **Nový prázdný obvod**, nebo alternativně v menu **Obvody** položkou **Prázdný obvod**.

Pak přidáváme prvky, které chceme v obvodu mít. Vybíráme je z menu **Kreslit**. Jak ukazuje obrázek, nabídka je široká.

Například ve skupině **Pasivní součásti** najdeme kondenzátory, cívky, ale i vypínače, přepínače, tlačítka, potenciometr a třeba i jiskřiště.

Ve skupině **Generátory a zdroje napětí** pak stejnosměrné i střídavé zdroje napětí, ale také značku pro zem a leccos dalšího.

Pod trochu kryptickým názvem skupiny **Výstupy a štítky** se skrývají LED dioda a žárovka, ale třeba i voltmetr a ampérmetr (byť nebudou vykresleny značkami, na které jsme zvyklí). Najdeme tu ale také kreslení čar a psaní textů.

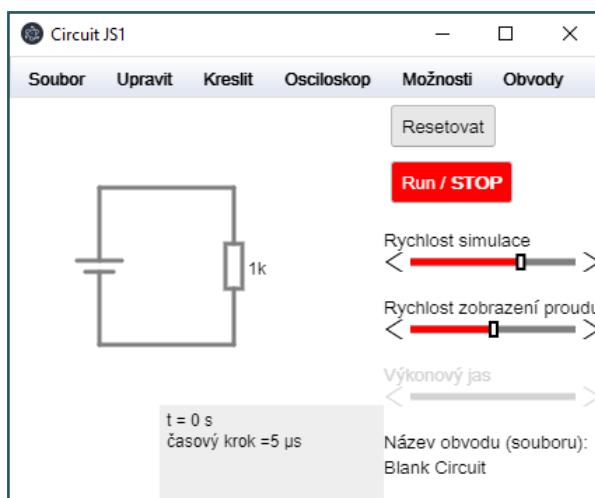
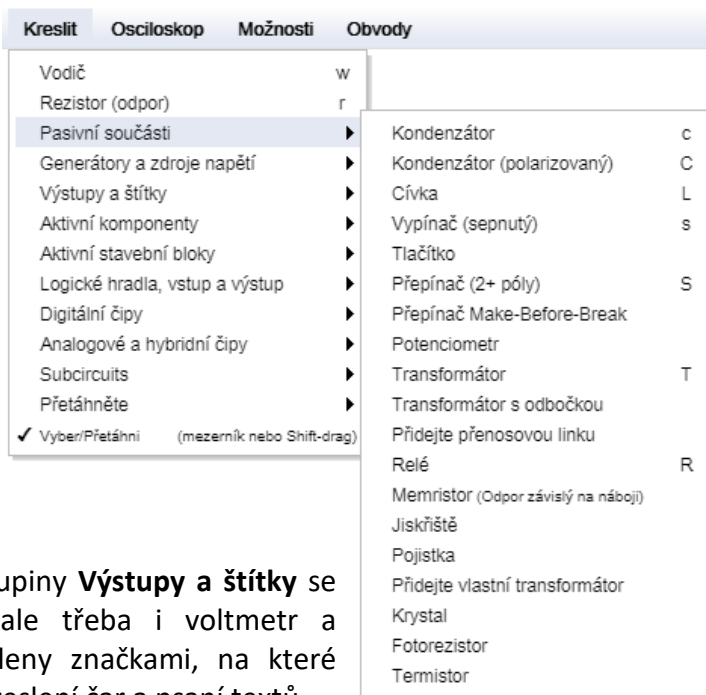
A tak dále...

## Vytváříme (kreslíme) obvod

Zkuste si pro začátek vytvořit co nejjednodušší obvod – třeba jen rezistor připojený ke zdroji napětí, jak to ukazuje obrázek.

Z menu **Kreslit** vyberete, jakou součástku chcete do obvodu vložit, pak ukážete myši na místo, kam chcete vložit jeden její konec (kurzor má přitom tvar křížku), stisknete levé tlačítko myši, táhnete a pak pustíte. Koncové body součástek jsou v síti (neviditelného) rastru, takže se k sobě snadno napojují.

Když se s polohou vývodu součástky netrefíme, nic se neděje, polohu součástky můžeme změnit a její vývody podle potřeby natáhnout.



Upozornění: Dokud má kurzor tvar křížku, začne se při stisku levého tlačítka myši a potažení kreslit naposledy zvolená značka. To se někdy hodí – například když chceme kreslit více vodičů. Když ale chceme součástky označit (například proto, abychom je mohli někam přetahovat nebo přetahovat jejich koncové body), musíme kurzor změnit na normální tvar šipky. To uděláme stiskem klávesy **Esc**.

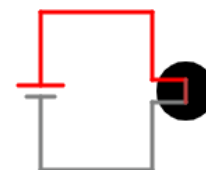
### Klávesové zkratky pro kreslení součástek

Jak naznačují písmena v menu **Kreslit**, některé součástky můžeme vybrat pomocí zkratek, jen stiskem klávesy. Například pro kreslení vodiče (tedy drátu, anglicky wire) stiskneme **w**, pro kreslení rezistoru klávesu **r**. Pro kreslení zdroje napětí (baterie resp. článku) stiskneme malé **v**.

Klávesové zkratky můžeme upravovat: v menu **Možnosti** zvolte položku **Klávesové zkratky...** Například můžeme nastavit, aby zkratkou pro kreslení voltmetru bylo velké **V**. Ovšem pozor! Zkratka bude fungovat, ale „náповěda“ v menu Kreslit se nezmění, čili u položky Voltmetr se nám neobjeví písmeno V napovídající zkratku. (Naopak písmeno V zůstane v „náповědě“ u položky Zdroj napětí DC = (1 vývod). To je zdroj, který má záporný pól propojen se zemí, aniž by to bylo ve schématu vyznačeno. V simulacích pro výuku fyziky ho nejspíš nebudeme využívat, mohlo by to být pro žáky a studenty matoucí.)

### Co nastavit před spuštěním simulace

Když nakreslíme obvod a spustíme simulaci, nemusí se vždy chovat podle našeho očekávání. Například už jeden z nejjednodušších obvodů: žárovka připojená k baterii. Rozběhneme simulaci – a žárovka je stále tmavá. Co je špatně? Inu, je potřeba nastavit vhodné parametry.



#### Nastavení časového kroku

Jednak musíme nastavit vhodný časový krok. Simulátor standardně bere hodnotu časového kroku 5  $\mu\text{s}$ . Doba zahřívání žárovky je standardně nastavena na 400 ms. (To zjistíme, když na žárovku klikneme pravým tlačítkem myši a z lokálního menu zvolíme „Upravit“.) Při sledování simulace by proto trvalo dlouho, než by se žárovka začala zahřívát. Pět mikrosekund je vhodný časový krok například pro děje ve střídavých obvodech s frekvencí třeba jeden kilohertz, ale poměr  $400 \text{ ms} / 5 \mu\text{s} = 8 \cdot 10^4$ , takže žárovka se významněji zahřeje až za skoro sto tisíc kroků – a to simulátoru chvíli trvá. Můžeme sice posuvníkem zvýšit rychlost simulace, ale jednodušší je nastavit pro tuto simulaci delší časový krok, například 5 milisekund. Dělá se to v menu **Možnosti | Jiné možnosti....** V okénku, které se otevře, je to hned první položka. Místo 5u, které je tam napsané (symbol „u“ zde nahrazuje „ $\mu$ “) tu napíšeme 5m.

**Upravit komponentu**

Velikost časového kroku (v sekundách, m=mili, u=mikro)

Rozsah pro barvu napětí (V)

Změnit jazyk

Barva pro kladné hodnoty

## Nastavení parametrů součástek

Ani po úpravě časového kroku by však žárovka nesvítla. Standardní hodnoty, které simulátor užívá pro žárovku, jsou totiž: jmenovité napětí = 120 V, výkon = 100 W. Standardní napětí stejnosměrného zdroje je přitom 5 V. A pětivoltovou baterií žárovku na sto dvacet voltů opravdu nerozsvítíme.

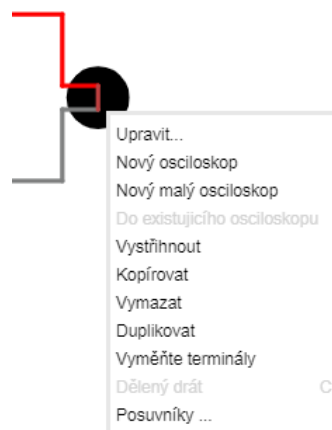
Takže změníme parametry žárovky. Už výše jsme ukazovali, že stačí na žárovku poklepat levým tlačítkem myši.

Druhou možností je klepnout na ni pravým tlačítkem a z malého lokálního menu vybrat položku **Upravit**.

V okénku, které se otevře, zadáme výkon žárovky (třeba 1 W) a její jmenovité napětí (asi 5 V, abychom ji mohli připojit k pětivoltovému zdroji).

Upozornění:

Pokud nastavíme nevhodné parametry, může simulátor dávat nerealistické výsledky, třeba veliké proudy tekoucí žárovkou, k tomu se ještě za chvíli dostaneme podrobněji.



## Jak ukládat vytvořené obvody

Podobně jako v jiných programech je v menu **Soubor** položka **Uložit jako...** Při opakovaném ukládání funguje i položka **Uložit** se standardní klávesovou zkratkou **Ctrl+S**.

Při ukládání simulátor nenabízí žádnou příponu souboru; pokud ji k názvu ukládaného souboru nepřipíšeme, bude jeho název bez přípony. Fakticky se ovšem obvody ukládají ve formátu textových souborů – takže je vhodné dávat jim příponu **.txt**. Pak se do nich můžeme podívat i textovým editorem, třeba Poznámkovým blokem (Notepadem) nebo programem PSPad Editor. (V tom, jak jsou součástky a spoje v uloženém souboru popsány, se dá kupodivu i trochu vyznat, hlavně ale můžeme na začátek souborů dopsat komentáře, viz dále.)

Můžete též zvolit možnost **Exportovat jako text...** Program nabídne zkopírování textu do Schránky (Copy to Clipboard), z ní pak můžeme text popisující daný obvod vložit kamkoli.

Uložený soubor samozřejmě můžeme do simulátoru opět nahrát volbou **Otevřít soubor...** (Volba **Importovat z textu** umožní přímo do textového okénka zkopírovat text ze Schránky (Clipboardu). Tuto možnost ale asi využijeme spíše zřídka.)

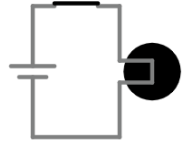
Zvolíme-li **Exportovat jako obrázek...**, umožní uložit obrázek obvodu (včetně barevného značení napětí a proudů a grafů „lokálních osciloskopů“, ovšem bez grafu u spodního okraje okna) ve formátu **png**. (Ovšem s průhledným pozadím, takže třeba při zobrazení v aplikaci Fotky je pozadí černé.)

Při volbě **Uložit jako SVG...** v menu Soubor můžeme obrázek obvodu uložit ve vektorovém formátu SVG. Ten lze načíst například do programu Corel Draw – ovšem zkušenost ukázala, že výsledek může vypadat jinak, než to bylo v okně simulátoru. (Například v obvodu 13 Dvě žárovky v sérii, byly v Corelu oba grafy přes sebe. S trochou námahy lze příslušné části obrázku oddělit a přesunout, kam je potřeba, ale je to dost nepohodlné.)

## A ještě jedna speciální možnost exportu

Když v menu **Soubor** zvolíme položku **Exportovat jako odkaz...**, nabídne nám simulátor možnost zkopírovat do schránky text, který i pro jednoduchý obvod s baterií, žárovkou a spínačem vypadá docela krypticky:

file:///C:/DobreProgramy/CircuitSimulator/resources/app/war/circuitjs.html?ctz=CQAgjCAMB0I3BWcMBMcUHYMGZIA4UA2ATmIxAUgoqoQFMBaMMAKADdxIUQUAWKsF3C9eUMf2pUp0BCwDunbnyooEhHhMgsweCKvVgRPNRqkhcAydfExeLAM6Lho-c7FUAZgEMANvbosQA



Sám o sobě tento odkaz nefunguje. Ale když v něm část na prvním řádku před otazníkem nahradíme webovou adresou daného simulátoru (odkazovali jsme na ni v úvodu), tedy <http://falstad.com/circuit/circuitjs.html>, získáme webový odkaz:

<http://falstad.com/circuit/circuitjs.html?ctz=CQAgjCAMB0I3BWcMBMcUHYMGZIA4UA2ATmIxAUgoqoQFMBaMMAKADdxIUQUAWKsF3C9eUMf2pUp0BCwDunbnyooEhHhMgsweCKvVgRPNRqkhcAydfExeLAM6Lho-c7FUAZgEMANvbosQA>

A ten když zadáme do webového prohlížeče, rozběhneme v něm simulátor – a to pro daný obvod. (Tedy v našem případě pro obvod s baterií, žárovkou a spínačem.) Jakou to má výhodu? Docela zajímavou:

Tímto způsobem můžeme spustit danou simulaci i na tabletu nebo chytrém telefonu.

Je ovšem pravda, že ovládání simulace na malé obrazovce není příliš pohodlné a třeba přidat ovládání novým posuvníkem bez myši zřejmě nejde.

## Poznámky pro ty, kdo se chtějí „vrtat hlouběji“ v techničtějších záležitostech

### Do uloženého souboru můžeme připsat komentáře

Na začátek textového souboru s obvodem můžeme dodatečně napsat komentáře. V nich můžeme například popsat, o jaký obvod jde, k čemu ho užít apod. To se může hodit – pokud se k danému obvodu vrátíme třeba za rok, nemusíme hloubat, k čemu jsme danou simulaci zamýšleli apod.

```
Pro Dílny Heuréký 2022: Simulujeme elektrické obvody
(Jednoduché simulace se simulátorem circuitjs1)
(Leoš Dvořák)

01 Rozsviňte žárovku!

Jednoduchý obvod s baterií, žárovkou a spínačem.
Snižíme-li rychlost simulace, je vidět postupné rozsvícení a zhasínání žárovky.

$ 1 0.005 10.20027730826997 50 6 50 5e-11
v -32 400 -32 256 0 0 40 6 0 0 0.5
181 80 256 80 400 0 300.0000000000023 2 6 0.4 0.4
s -32 256 80 256 0 1 false
w -32 400 80 400 0
x -20 80 146 83 4 14 Začínáme\sse\ssimulacemi...
x -180 155 127 158 4 14 Kliknutím\sna\stlačítka\sRun/STOP\sspustíte\ssimulaci.
x -180 180 107 183 4 14 Kliknutím\sna\sspínač\sho\szapnete\snebo\svypnete.
x -180 205 182 208 4 14 Pak\szkuste\sposuvníkem\směnit\s(změnit)\srychlost\ssimulace.
x -150 125 -2 128 4 18 Rozsviňte\sžárovku!
```

Komentáře píšeme na začátek souboru, před řádek začínající symbolem dolaru (\$). Řádků s komentáři může být víc. Při načtení takového souboru simulátor tyto komentáře ignoruje. Ovšem pozor: Když daný soubor načtete do simulátoru a pak znovu uložíte, komentáře už tam nebudou, simulátor uloží až vše od řádku začínajícího dolarem.

## Kde jsou uloženy obvody, které simulátor nabízí v menu Obvody

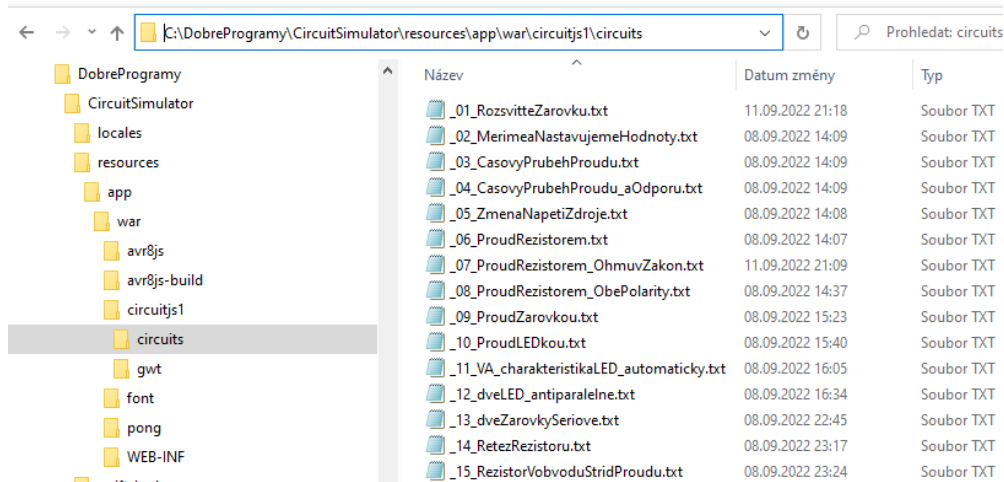
Obvody najdeme v podadresářích složky, v níž máte program circuitjs1.exe. Dejme tomu, že ho máte ve složce

C: \DobreProgramy\CircuitSimulator.

Pak soubory s obvody budou v adresáři

C: \DobreProgramy\CircuitSimulator\resources\app\war\circuitjs1\circuits

Máte-li simulátor nainstalovaný z odkazu [5], můžete se podívat, že v tomto podadresáři najdete např. soubor \_01\_RozsvitkeZarovku.txt a další soubory pro naši dílnu.



V daném adresáři je také přes dvě stě padesát souborů obvodů dodaných autory simulátoru. A můžete si zde ukládat i soubory vlastní, zejména pokud budete chtít, aby se také nabízely v menu **Obvody**. Jinak si je samozřejmě můžete ukládat v libovolném jiném adresáři.

## Jak se soubory s obvody dostanou do nabídky v menu Obvody

Ve složce C:\DobreProgramy\CircuitSimulator\resources\app\war\circuitjs1 (tedy o úroveň výše, než kde jsou soubory s obvody) je soubor **setuplist.txt**.

Když si ho otevřete, bude vám vše jasné. Pokud máte simulátor doplněný obvody pro naši dílnu, vypadá začátek souboru takto:

```
setuplist.txt - Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
### setuplist.txt first line must be a comment
+Příklady pro Dílnu Heuréky
_01_RozsvitkeZarovku.txt 01 Rozsvitke žárovku
_02_MerimeaNastavujemeHodnoty.txt 02 Měříme a nastavujeme hodnoty
_03_CasovyPrubehProudu.txt 03 Časový průběh proudu žárovkou
_04_CasovyPrubehProudu_aOdporu.txt 04 Časový průběh proudu žárovkou a odporu žárovky
_05_ZmenaNapetiZdroje.txt 05 Měníme napětí zdroje posuvníkem
_06_ProudRezistorem.txt 06 Proud rezistorem
_07_ProudRezistorem_OhmuvZakon.txt 07 Ohmův zákon
_08_ProudRezistorem_ObePolarity.txt 08 Proud rezistorem (obě polarity napětí)
_09_ProudZarovkou.txt 09 Proud žárovkou
_10_ProudLEDkou.txt 10 Proud LEDkou
```

V souboru setuplist.txt je ovšem dále i seznam všech dalších obvodů dodávaných se samotným simulátorem. Pro ukázkou uvedeme další kousek tohoto souboru:

```
_25_ZesilovacStridavehoNapeti.txt 25 Zesilovač střídavého napětí s tranzistorem
_25a_ZesilovacStridavehoNapeti_spektrum.txt 25a Zesilovač střídavého napětí - spel
-
+Basics
ohms.txt Ohm's Law
resistors.txt Resistors
cap.txt Capacitor
induct.txt Inductor
>lrc.txt LRC Circuit
voldivide.txt Voltage Divider
pot.txt Potentiometer
potdivide.txt Potentiometer Divider
thevenin.txt Thevenin's Theorem
norton.txt Norton's Theorem
-
+A/C Circuits
capac.txt Capacitor
inductac.txt Inductor
capmultcaps.txt Caps of Various Capacitances
```

Řádky začínající symbolem plus (+) uvozují vždy skupinu obvodů. Na řádcích identifikujících jednotlivé obvody je vždy název souboru s tímto obvodem a pak po mezeře text, který se objeví v menu, kde si obvody vybíráme.

Menu **Obvody** tedy můžete předělávat dle libosti – cokoli z něj vypouštět, přejmenovávat a přidávat tam obvody vlastní. Změny v menu **Obvody** se ale projeví, až když simulátor zavřete a zase spustíte.

### Jak opravit češtinu v položkách menu

Ve složce C:\DobreProgramy\CircuitSimulator\Resources\app\war\circuitjs1 (o níž jsme už mluvili výše) je soubor **locale\_csx.txt**, kde jsou anglické názvy a vedle nich po rovnítku české ekvivalenty.

Jak jsou zde zadány české ekvivalenty k anglickým názvům, je zřejmé, když se podíváme třeba na začátek souboru:

```
"Internal Node"="vnitřní uzel"
"Noise"="Šum"
" bad connection"="špatné spojení"
" bad connections"=" špatná spojení"
" mA/V"=" mA/V"
" out"=" ven"
" to "=" na"
" W average"=" W průměr"
"# of Bits"="# bitů"
"# of Data Points"="počet datových bodů"
```

Na řádku je vždy v uvozovkách původní anglický název a pak po rovnítku v uvozovkách český text, který chceme v dané položce menu mít.

Najdete-li někde v menu chybný či nevhodný název, můžete ho tedy sami opravit. Pokud někde v menu zůstal ještě anglický název, pak ho patrně v souboru locale\_csx.txt nenajdete. V tom případě ho do souboru směle v uvozovkách na nový řádek dopište a za něj po rovnítku napište (samozřejmě v uvozovkách) vhodný český ekvivalent.

## Jak pomocí zástupce spustit simulátor se zvoleným obvodem

Když pro spuštění simulátoru vytvoříme zástupce (třeba na ploše) a necháme si zobrazit jeho vlastnosti (tlačnutím na ikonu zástupce pravým tlačítkem myši a volbou položky Vlastnosti v lokálním menu), můžeme v řádku Cíl za text zadávající, který program spouštíme, napsat po mezeře soubor s obvodem, jehož simulaci chceme „rozjet“. Příklad:

C:\DobreProgramy\CircuitSimulator\circuitjs1.exe resources\app\war\circuitjs1\circuits\\_01\_RozsvitteZarovku.txt

## Budme se vědomi omezení simulátoru

### Varování a upozornění: simulátor Circuitjs nehlídá všechny parametry

Pokusy s nastavováním parametrů žárovky nám ukážou, že simulátor se přece jen někdy nechová úplně realisticky. Například když zadáme jmenovité napětí žárovky 1 V a napětí zdroje 5 V, reálná žárovka by se samozřejmě přepálila. Simulátor však nechá žárovku svítit a vypočte, že proud by byl skoro 4 A (pro žárovku s příkonem 1 W) a teplota žárovky by byla přes padesát tisíc stupňů (!). Tady je simulátor samozřejmě „úplně vedle“. Vždyť například Wikipedie nás informuje, že teplota varu wolframu je necelých 6 tisíc Kelvinů.

Poučení: Nevěřme slepě výsledkům získaným ze simulací a kontrolujme, jestli nejsou překročeny mezní parametry součástek. (Anebo si pořídme lepší simulátory, které parametry součástek hlídají...)

Ohledně přepálení žárovky nás tedy simulátor těžce zklamal. Nutno připustit, že v tomto ohledu jsou některé „názorné“ a „obrázkové“ applety pro simulace lepší a přepálení žárovky ukážou. Na druhou stranu často se žárovkou pracují, jako by měla konstantní odpor, což není pravda. Zkuste si ke zdroji napětí připojit jednu žárovku a pak dvě stejné do série zapojené žárovky. A měřte přitom proud. U skutečných žárovek rozhodně nebude poměr proudů 2:1 – a tohle simulátor Circuitjs při simulaci ukáže velmi dobře. (Viz třeba obvod 13 Dvě žárovky v sérii.)

## Závěrem k simulacím

Navzdory omezením uvedeným výše se simulátor circuitjs jeví velmi dobrým a užitečným nástrojem pro zkoumání a ilustraci fungování řady jednoduchých i složitějších elektrických obvodů.

Jak už bylo zdůrazněno v úvodu, simulace by neměly nahrazovat reálné pokusy a měření. Při chápání funkce stejnosměrných i střídavých elektrických obvodů a vlastností jejich komponent však mohou nám i našim žákům a studentům při rozumném používání významně pomoci.

Cílem dílny i tohoto textu bylo ukázat, jak s daným simulátorem začít pracovat. Další poučení můžete hledat ve stručných instrukcích [6] k užívání simulátoru nebo v podrobnějším manuálu [7]. Na leccos nepochybně přijdete sami při „hraní si“ i při vážnější práci se simulátorem. Tak ať vám dobře slouží!

## Kreslení elektrických obvodů

Tato část příspěvku už bude stručnější. Jejím cílem je upozornit na program **ProfiCAD** [8] a na možnosti jeho využití pro pohodlné kreslení schémat elektrických a elektronických obvodů. (Nejde o reklamu, nejsem tvůrcii programu nijak honorován ☺, ale mám s jeho využitím dobré zkušenosti, a tak by bylo škoda se o ně nepodělit.)

Ve zdrojovém kódu webové stránky [8] najdeme větu „Nejlepší program pro elektrotechnické kreslení, je ale úspěšně využíván i pro hydraulické, pneumatické a jiné druhy technické dokumentace.“ Je fakt, že ProfiCAD lze využít pro technickou dokumentaci elektrických a dalších zařízení, tam se uplatní jeho plná, placená verze.

Ovšem volně (tedy zdarma) je k dispozici ve verzi „pro domácnost“ – a i ta nám velmi dobře poslouží pro kreslení schémat, která se hodí do výuky, při tvorbě různých výukových materiálů apod. (Poznámka: Jde o verzi pro nekomerční užití a provozovat bychom ji měli jen doma. Pro školy je ProfiCAD k dispozici v multilicenci za rozumnou cenu, viz [9].)

### Proč kreslit schémata ve speciálním programu

Mohli byste se ptát, proč shánět a učit se nějaký zvláštní program. Vždyť jednoduchá schémata lze v libovolném grafickém programu.

Jenže: V těchto programech pro obecné kreslení musíme každou značku součástky kreslit z úseček, kroužků a podobných základních tvarů. A když ve schématu značku přesuneme na jiné místo, musíme překreslovat i vodiče, které k ní vedou. Naproti tomu ProfiCAD:

- Má připravenou řadu značek jednotlivých součástek.
- Při přesunu značky součástky automaticky přesouvá a natahuje přívodní vodiče.

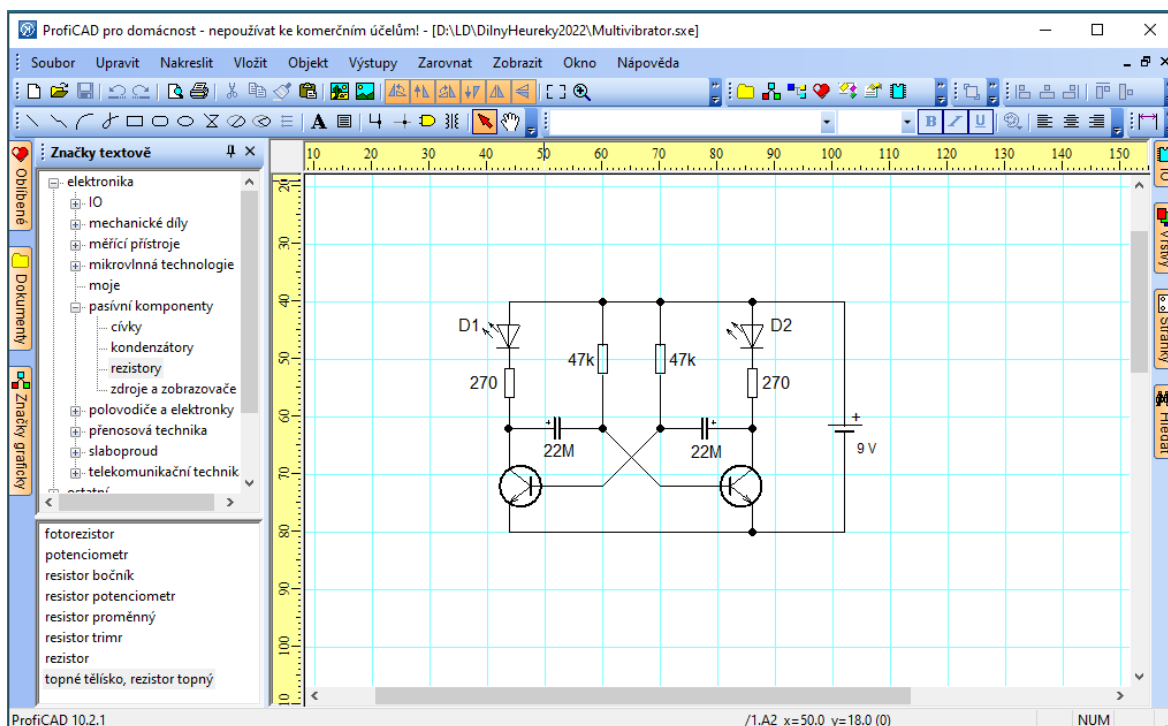
Navíc, pokud chceme značku nějak upravit (modifikovat) nebo nakreslit novou, lze to v ProfiCADu udělat. Ke značce také můžeme jednoduše psát označení součástky a její hodnotu – a příslušné texty se při posouvání součástku přemísťují spolu s ní.


### ProfiCAD se představuje

Jak už bylo řečeno, ProfiCAD si lze stáhnout ze stránky [9]. Pro seznamování s programem je vhodné si jej stáhnout a práci s ním samostatně vyzkoušet. (To jistě uděláte, i pokud uvažujete o následné koupi školní multilicence.) Instaluje se standardně, v tom by neměl být žádný problém. Problém není ani s jazykem, ProfiCAD je český produkt.

Základní představu o programu nám může dát obrázek okna spuštěného ProfiCADu s nějakým nakresleným obvodem – viz následující stránku. V našem případě jde o schéma multivibrátoru, který jsme stavěli na Dílnách Heuréky 2019. Množství ovládacích prvků programu možná vypadá na první pohled složitě, ale pro začátek potřebujeme jen některé – a ovládání je docela intuitivní.





Na začátku bude ovšem okno programu prázdné. Pokud není, pak v menu **Soubor** vyberte hned první položku **Nový** – totéž uděláte klepnutím na ikonu  vlevo na horním panelu.)

## Jak kreslit schémata

Do okna programu budeme umisťovat značky (symboly součástek) a jejich spoje. Poznamenejme, že oken můžeme mít víc, v tomto popisu si vystačíme s jedním.

### Jak vybírat značky (tedy symboly součástek) a umisťovat je do schématu

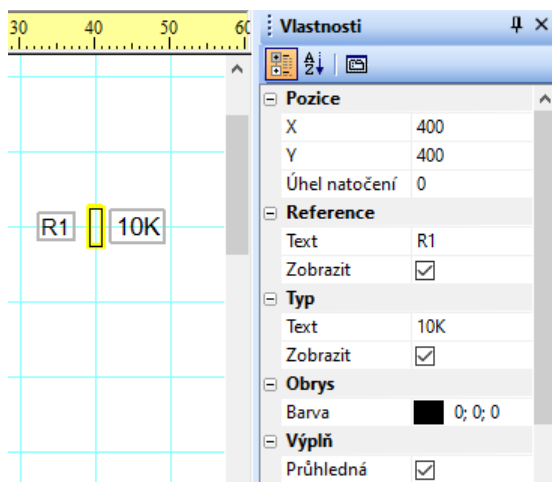
1. Vyberte značku z panelu **Značky textově**, viz obrázek výše.  
(Pokud panel není rozbalen, klepněte na příslušné „ouško“ na levém okraji okna. Kdyby tam nebylo, zvolte v menu **Zobrazit** položku **Panel** a klikněte na **Značky textově**.)
2. Myší se přesuňte do okna se schématem (nedržte přitom žádné tlačítko myši). Značku přesuňte na požadované místo.
3. Kliknutím pravým tlačítkem myši značku otočíme o 90°. (Lze opakovat.)
4. Kliknutím levým tlačítkem myši značku umístíme.
5. Značka zůstává vybraná, takže můžeme umisťovat další značky stejného typu. (Lze tak postupně nakreslit třeba deset rezistorů.) Výběr značky zrušíme klávesou **Esc**.

### Co můžeme dělat s nakreslenou značkou

Značku můžeme:


1. Chytit myší a přesunout. (A leccos dalšího – po označení značky ji lze otáčet nebo překloupat horizontálně či vertikálně.)
2. Dvojklikem na značku otevřeme panel vlastností dané součástky.  
(Panel je v okně vpravo – viz obrázek níže. Lze v něm zadat např. označení nebo hodnotu součástky a

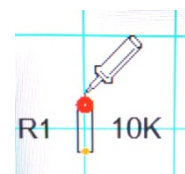
zaškrtnout, zda se mají tyto údaje ve schématu zobrazovat. Lze také zadat úhel natočení součástky a upravit její přesnou polohu.)



3. Popis značky (např. její hodnotu) lze chytit myší a nezávisle přesunout. (Přesouváme-li celou značku, přesouvají se současně i všechny texty k ní patřící. Pokud klepneme např. jen na popisek R1, můžeme ho posunovat vzhledem ke značce.)
4. Vybranou značku (je barevně zvýrazněna) lze stiskem klávesy **Delete** vymazat. (Značka se vybere, když na ni klikneme myší. Tažením myší se stisknutým levým tlačítkem vybereme více značek – všechny v obdélníku, který myší „orámujeme“.)

#### Jak kreslit spoje:

1. V menu **Vložit** vyberte položku **Spoj**. Alternativní (a rychlejší) je klepnout na ikonu  na horním panelu. (Pokud by příslušný panel nebyl vidět, ťukněte pravým tlačítkem myši na oblast horních panelů a v lokálním menu, které se ukáže, zaškrtněte položku **Tools**.)
2. Myší (kurzor má teď tvar páječky) najedte na vývod součástky, resp. přípojný bod, kde má spoj začínat – příslušný bod se zvýrazní červeně. Kliknutím levým tlačítkem myši tam připojíte začátek spoje.
3. Tažením myší kreslete spoj. Když kliknete levým tlačítkem, můžete změnit další směr spoje.
4. Spoj zakončete na vývodu (přípojném bodu) nějaké součástky nebo na jiném vodiči. (Červeně zvýrazněný bod značí, že tam můžete kliknout.)



Popis kreslení značek a spojů možná vypadá na první pohled složitě, ale je vlastně jednoduchý a přirozený. U většiny součástek je jasné, kde mají své přípojné body, i když ze značek vývody nijak „netrčí“.


Jak už bylo řečeno, když budete posouvat jednotlivé značky (součástky), spoje už na ně zůstanou připojené a příslušně se prodlužují nebo zkracují.

#### Kde najít nejdůležitější značky

Míníme tím značky, které se budou nejčastěji využívat ve schématech ve výuce fyziky. ProfiCAD totiž nabízí neuvěřitelné množství značek, celkem přes dva tisíce, z různých

oblastí, včetně telekomunikací, silnoproudu apod. Drtivou většinu značek zřejmě běžný učitel fyziky nezná a nepotřebuje. (Já zcela jistě ne.) A v téhle záplavě značek potřebujeme najít ty, které ve schématech využijeme.

Níže proto najdete stručný přehled, který nám může být průvodcem, kde důležité značky v nabídce **Značky textově** najdeme.

Jednotlivé dílčí nabídky v okénku **Značky textově** rozbalujeme ťuknutím na symbol . Zkuste si dle níže uvedeného přehledu najít třeba značku žárovky...

Následující výběr značek je nutně subjektivní, ale snad vám pomůže se v nabídce orientovat:

- elektronika – mechanické díly - konstrukční prvky:
  - svorka, kostra, ...
- elektronika – měřicí přístroje:
  - voltmetr, ...
- elektronika – pasivní komponenty:
  - cívky:
    - cívky s jádrem i bez
  - kondenzátory:
    - kondenzátory normální, elektrolytické, ladicí, ...
  - rezistory:
    - rezistor, potenciometr, fotorezistor, ...
  - zdroje a zobrazovače:
    - baterie, články
    - zdroj světla, žárovka, ...
- elektronika – polovodiče a elektronky:
  - diody:
    - dioda, LED, fotodiody, ...
  - tranzistory:
    - fototranzistor, tranzistor NPN i PNP (s pouzdrům i bez pouzdra), ...
- elektronika – slaboproud:
  - Arduino, ...
  - měření:
    - kruhová stupnice
- ostatní – jiné součástky:
  - OZ (operační zesilovač), doutnavka, bleskojistka, jiskřiště, ...
  - audio:
    - bzučák, reproduktor, mikrofon, sluchátko, zvonek, ...
  - pojistky
- ostatní – ostatní:
  - kladný pól, záporný pól, šipka, úhel, ...
- silnoproud – relé a mechanické spínače – spínače mechanické:
  - spínač, tlačítka
  - spínače mechanické – rotační:
    - přepínač páčkový, 1 až 7 pólů

Kromě textového výběru můžete využít i panelu **Značky graficky**, rozbalíte ho kliknutím na „ouško“ na levé postranní liště okna.

Pozor: Panely **Značky textově** i **Značky graficky** zavírejte kliknutím na symbol špendlíku vpravo na horní liště panelu. Pokud panel zavřete kliknutím na symbol křížku, zmizí i

„ouško“ vlevo a zobrazení panelu budete muset znovu aktivovat v menu **Zobrazit | Panel**. (Na co kliknout se dá pamatovat tak, že špendlíkem „připichujeme“ panel ve formě ouška k levé postranní liště.)

## Jak ukládat a exportovat vytvořená schémata

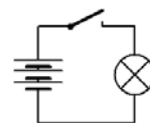
Nakreslené schéma můžeme samozřejmě **ukládat** (standardními zkratkami Ctrl+S resp. Ctrl+Shift+S, viz položky v menu **Soubor**). Ukládají se ve vlastním formátu ProfiCADu (přípona souboru je .sxe). Netřeba snad zdůrazňovat, že je velmi vhodné ukládat a zálohovat už rozpracovaná schémata.

Pro vkládání schémat do dokumentů v jiných programech je třeba schéma **exportovat**. To se dělá v menu **Výstupy** položkou **Exportovat jako obrázek**. (Ve starších verzích se položka jmenovala prostě Exportovat. Další možnosti exportu, např. do PDF, jsou k dispozici jen v placených verzích.)

Objeví se okénko, v němž nám ProfiCAD nabídne možnost exportovat například celý dokument, tedy celou stránku. Většinou však asi využijeme možnost exportovat **Využitou část dokumentu**. V okně pro ukládání pak pojmenujeme ukládaný soubor a vybereme si typ souboru. Standardně se nabízí **png**, další možnosti jsou **bmp** a **emf**.

Většinou pro export postačí formát **png**. Exportovaný obrázek do jiných programů vložíme běžným způsobem, jen pak vhodně nastavíme jeho velikost. (Máte-li nějakou dřívější verzi ProfiCADu, může velikost obrázku i jeho detaily záviset na tom, jaké zvětšení jste si v okně ProfiCADu nastavili, já jsem používal 300 %, pak byly značky dostatečně „hladké“. Ve verzi 11.5, kterou jsme používali na dílně, už na zvětšení v okně ProfiCADu podle mých zkušeností nezáleží.)

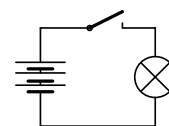
Některé šikmé čáry ve výsledném obrázku však mohou být poněkud „zubaté“. Když se exportovaný obrázek dostatečně zmenší, tak to nevádí. Například obrázek vpravo je zmenšený na 40 % a zřejmě je v této velikosti použitelný. Když si ale zvětšíme dokument třeba na 500 %, uvidíme, že šikmá čárka spínače a kružnice značky žárovky nejsou úplně hladké.



Při vyšších nárocích na kvalitu může být lepší volbou export do formátu **emf**. Ovšem pozor – zkušenost ukázala, že schéma exportované v tomto formátu nejde dobře vložit třeba do programu Corel Draw: ve výsledku chyběly některé čáry a značky. Je tedy třeba vždy vše vyzkoušet.

## Do Wordu (a nejen do něj) jde schéma dostat jednodušeji, a přitom kvalitně

Export schémat do Wordu lze zařídit jednoduše: V menu **Upravit** zvolte položku **Kopírovat do zásobníku jako obrázek**. Ve Wordu pak dané schéma vložte do dokumentu standardním způsobem, tedy Ctrl+V. Stejně jde schéma vložit do Excelu a Power Pointu; vše ověřeno ve starší verzi MS Office 2010. Vložené schéma má kvalitu jako při exportu přes formát emf.



## Manuál k programu ProfiCAD

K manuálu se dostaneme jednoduše v samotném ProfiCADu, prostě stiskem klávesy pro „help“, tedy **F1**. Manuál jde stáhnout i ve formátu pdf. Ve stávající verzi má 114 stran, takže se s ProfiCADem můžete seznámit opravdu do detailů.

V menu **Nápověda** program nabízí i další informace včetně instruktážních videí.

## Když chceme více...

... tak samozřejmě můžeme hledat poučení ve zmíněném manuálu, videích apod. Ale dvě užitečné věci ještě zmíníme zde.

### Knihovna značek – co to je, kde to je a k čemu nám může být dobré o tom vědět

V knihovně jsou uloženy značky všech součástek, které ProfiCAD nabízí. (Jde o soubory s příponou .ppd. Šlo by je otevřít jako textové soubory, ale to už by bylo opravdu jen pro ty z vás, kteří by chtěli, třeba ze zvědavosti, do věcí hlouběji „vrtat“.)

Co se může hodit, je možnost vytvořit si vlastní skupinu značek.

K tomu je potřeba vědět, ve kterém adresáři se knihovna značek nachází. V ProfiCADu to zjistíme v menu **Soubor | Nastavení**; v okně, které se otevře, vybereme **Systém – Cesty**. Cesta ke knihovně je tam napsána a lze ji dokonce hned otevřít. (V mém případě je C:\Users\Public\Documents\ProfiCAD Library.)

V daném adresáři jsou podadresáře představující jednotlivé skupiny značek. (Například skupina značek rezistory je v adresáři C:\Users\Public\Documents\ProfiCAD Library\elektronika\pasívní komponenty\rezistory.)

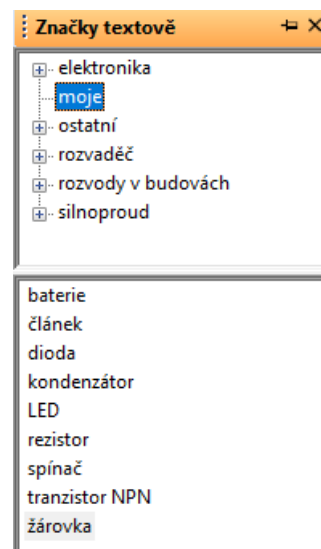
Jednoduše zde můžeme přidat další adresář, kam si zkopírujeme značky, které budeme často kreslit.

Například nový adresář C:\Users\Public\Documents\ProfiCAD Library\moje, kam byly přidány některé značky, umožňuje vybírat z těch několika, které jsou pro nás důležité – viz obrázek vpravo.

Značky přitom můžeme i přejmenovávat, prostě změníme jméno souboru. Například značku, která se původně nazývala „dioda luminiscenční“ jsme si přejmenovali jednoduše na LED. (Příslušný soubor se tedy jmenuje LED.ppd.)

Nových skupin značek můžeme samozřejmě založit i víc.

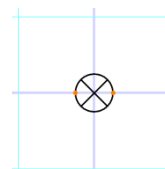
Ve vlastní skupině či ve vlastních skupinách značek si pak můžeme „dělat co chceme“ a nijak tím nenarušíme značky dodané s ProfiCADem. Můžeme třeba značky upravovat.



### Jak upravovat značky

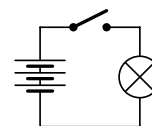
K úpravám značky se dostaneme tak, že při výběru značky z panelu dvakrát rychle klikneme na název značky (uděláme „dvojklik“).

Otevře se okno, které vypadá prakticky stejně jako okno, ve kterém kreslíme schémata. Je v něm ale zobrazena značka a oranžovými „puntíky“ jsou na ní označeny připojovací body.



Jednotlivé části značky (čáry, kružnice, kroužky apod.) můžeme vybrat kliknutím a posouvat, posouvat jejich koncové body apod. Jejich parametry (pozici, rozměry, barvu apod.) také můžeme nastavovat v panelu **Vlastnosti** na pravém kraji okna programu. Panel otevřeme dvojklikem na danou čáru.

V obrázku vpravo vidíme příklad, jak byla drobně upravena značka spínače. (Porovnejte s obrázkem na straně 25, rozdíl je opravdu jen malý.)



K usnadnění práce stačí někdy jen drobnost. Například u žárovky můžeme mít připojovací body nejen vlevo a vpravo, ale také nahoře a dole. (Žárovka samozřejmě nemá čtyři připojovací body, ale při kreslení schématu ji nemusíme natáčet...)

Při úpravách značek a připojovacích bodů ovšem musíme dát pozor, abychom velikost značky a umístění připojovacích bodů nezměnili tak, že by ty body byly mimo rastr, v němž se kreslí spojovací vodiče. Pokud se tak stane, spoje obvodu pak mohou být trochu „kostrbaté“.

## Závěr ke kreslení

Jak a čím budete schémata kreslit, je samozřejmě na vás. Ale program ProfiCAD je podle mých zkušeností opravdu dobrou pomůckou. Navíc se stále vyvíjí; v době psaní tohoto textu už existuje nová verze 12.0.1. Na webové stránce [10] je k dispozici popis novinek, které program umí.

Přeji vám příjemné a rychlé kreslení.

## Literatura

- [1] PHeT™ Interactive Simulations: Stavebnice obvodů DC. Dostupné online: [https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc\\_cs.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_cs.html)
- [2] eTechnopolis: 10 Best Circuit Simulation Software- 2022(Free and Paid). Dostupné online: <https://www.etechnophiles.com/best-circuit-simulation-software/>
- [3] Falstad P.: Circuit Simulator version 2.7.3.js. Dostupné online: <http://falstad.com/circuit/circuitjs.html>
- [4] <https://www.falstad.com/circuit/> (Programy ke stažení jsou na odkazu Standalone (offline) versions, což je stránka <https://www.falstad.com/circuit/offline/>.)
- [5] Dvořák L.: Pro dílnu Simulujeme a kreslíme elektrické obvody na konferenci Dílny Heuréky 2022. Dostupné online: <https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/simulator/>
- [6] Instrukce k užívání simulátoru circuitjs. Dostupné online: <https://www.falstad.com/circuit/directions.html>
- [7] Berisso K.: *An introduction to the Circuit Simulator Applet*. University of Memphis, 2018. Dostupné online: <https://www.memphis.edu/et/publications/index.php>
- [8] ProfiCAD. Dostupné online: <https://www.proficad.cz/>
- [9] Ceník programu ProfiCAD. Dostupné online: <https://www.proficad.cz/cenik.aspx#faq>
- [10] ProfiCAD. Novinky. Dostupné online: <https://www.proficad.cz/news/novinky.aspx>