

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

ELEKTRONICKÁ HRA LOGIC

ELECTRONIC GAME LOGIC

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

SEMESTRAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Renata Zemanová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.

BRNO 2020

Semestrální práce

bakalářský studijní program **Mikroelektronika a technologie**

Ústav mikroelektroniky

Studentka: Renata Zemanová

ID: 211251

Ročník: 3

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Elektronická hra Logic

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s principem hry Logic. Navrhněte a realizujte elektronickou verzi této hry s různými úrovněmi obtížnosti a v praxi ověřte funkčnost vašeho řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 21.9.2020

Termín odevzdání: 18.12.2020

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou semestrální práci na téma „Název studentské práce“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené semestrální práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této semestrální práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora

Obsah

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam výpisů

Úvod

Úvod studentské práce, např. . .

Tato práce se věnuje oblasti **DSP!** (**DSP!**), zejména jevům, které nastanou při nedodržení Nyquistovy podmínky pro ***symfvz!*** (**symfvz!**).¹

Šablona je nastavena na *dvoustranný tisk*. Pokud máte nějaký závažný důvod sázet (a zejména tisknout) jednostranně, nezapomeňte si přepnout volbu **twoside** na **oneside!**

¹Tato věta je pouze ukázkou použití příkazů pro sazbu zkratk.

1 Pravidla hry

Logic je desková hra pro dva hráče. Jeden hráč určí hledanou kombinaci, dále bude označován jako hráč A, a druhý tuto kombinaci za pomoci logických úvah a vyhodnocení hráčem A hledá, dále bude označován jako hráč B.

Hráči si určí herní pozice. Hráč A vybere barvy a následně je v určitém pořadí vloží do zadávacího pole a zakryje je, aby tuto kombinaci spoluhráč neviděl. Hráč B je v této chvíli otočen. Hráč B následně zvolí náhodnou kombinaci barev a pozic. Po ukončení tahu nechá hráče A, aby tah vyhodnotil. Hráč A vyhodnotí tah následujícím způsobem. Pokud hráč B vložil správnou barvu na správnou pozici, tak vloží do vyhodnocovací sekce černý kolík. Pokud vložil barvu, která se v zadání vyskytuje, ale vložil ji na nesprávnou pozici, tak vloží bílý kolík. Pokud zůstanou některé pozice neobsazené, tak to znamená, že daná barva se v zadání nevyskytuje. Poté začne hráč B na základě vyhodnocení a svých všech předchozích tahů hledat kombinaci.

Cílem hry je nalézt správnou kombinaci dříve, než skončí plocha herního pole.

Těžší varianta spočívá v možnosti absence barvy - v zadání je mezera.

2 Popis zapojení

2.1 Procesor

Byl vybrán procesor ESP32-PICO-D4.

Tento procesor obsahuje [?]:

- WiFi,
- Bluetooth,
- procesor,
- průměrný odběr proudu 80 mA,
- 32 GPIO pinů,
- dvoujádrový 32bitový procesor Xtensa LX6,
- 520 kB SRAM,
- 16 MB FLASH.

Napájecí napětí tohoto procesoru je od 3,0 do 3,6 V [?]. ESP32-PICO má vyvedeno 32 GPIO pinů, které je možno softwarově nastavit jako vstupní nebo výstupní. Na tyto piny lze poté připojit různá zařízení. Vstupním senzorem může být typicky tlačítko a výstupním indikátorem např. LED. Tato zařízení zprostředkovávají komunikaci mezi procesorem a okolním světem.

Zapojení pinu EN bylo převzato ze schématu [?].

GPIO piny IO16 a IO17 nemohou být použity, protože ESP32-PICO má na těchto pinech připojenou flash paměť [?]. Pokud by na tento pin bylo něco připojeno, tak by se procesor nedostal do své paměti. Nahraný program do procesoru by tedy nemohl být načten a DPS by ztratila svoji funkci.

GPIO piny IO34 a vyšší jsou pouze vstupní [?]. Vstupní piny nemají softwarově zapojitelný pullup rezistor. Pokud je tedy zapotřebí pullup rezistor, musí se fyzicky zapojit.

2.2 Napájení

2.2.1 v0.0

2.2.2 v1.0

Ve verzi 1.0 bylo napájení předěláno. Napájení v této verzi neprobíhá přes baterie, ale pouze přes USB konektor. Byl zvolen konektor USB Micro. Výhody:

- Absence nabíjecího obvodu,
- absence hlídání stavu nabití baterie,

- absence ochrany proti přepólování (USB konektor je uzpůsoben svým tvarem, aby uživatel nemohl napájení přepólovat.),

• .

Nevýhody:

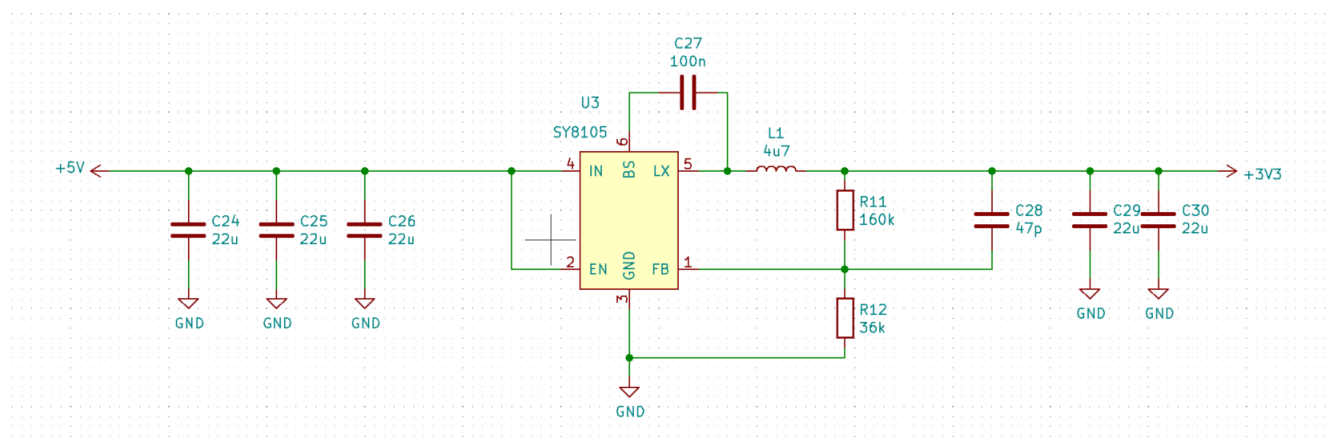
- Předpokládá se, že uživatel vlastní powerbanku.

2.3 Stepdown

Procesor ESP32-PICO-D4 má napájecí napětí 3,3 V. Napětí z powerbanky přes USB je 5 V. Proto je tedy zapotřebí zapojit stepdown, který bude vytvářet napájecí napětí pro procesor.

Jako stepdown byl zvolen čip SY8105. Parametry čipu SY8105 [?]:

- Vstupní napětí 1,5 - 18 V,
- výstupní proud 5 A,
- pouzdro TSOT23-6.



Obr. 2.1: Schéma zapojení čipu SY8105 [?].

Výstupní napětí je závislé na poměru odporů R11 a R12. Nastavené velikosti odporů jsou pro výstupní napětí 3,3 V pro procesor ESP32-PICO.

2.4 Převodník z USB na RS-232

Procesor ESP32-PICO používá jako komunikační rozhraní linku RS-232. Programování ale probíhá přes USB, které toto rozhraní nemá. Proto bylo potřeba použít převodník z USB na rozhraní RS-232. Pro převod z USB na RS-232 byl použit čip CP2102.

Parametry čipu CP2102 [citace]:

-

Čip CP2102 zároveň převádí logiku 0 - 5 V na logiku 0 - 3,3 V [?].

Jeho zapojení bylo převzato z datasheetu [citace / devkit - možná jsem to vzala z devkitu].

Z USB jsou signály D+ a D- připojeny k čipu CP2102. Tento čip tento signál převede na signály RX a TX, které mají výstup na pinech RXD a TXD. Následně jsou tyto signály připojeny k procesoru ESP32-PICO. Signály RX a TX se musí překřížit – RX CP2102 se připojí na TX ESP32-PICO a TX CP2102 se připojí na RX ESP32-PICO.

LED D10 a D11 slouží k indikaci komunikace. Jsou zapojeny podle datasheetu [?]. Pokud je do procesoru nahráván program, tak LED D10 a D11 blikají.

2.5 LED

Byly vybrány LED typu WS2812C. Tento typ LED je určen pro přenosná zařízení, díky jejich nízké spotřebě. Každá LED má v sobě procesor, který slouží pro zpracování dat. LED přebírají informaci o barvě v RGB formátu. Tyto LED byly vybrány z důvodu nízké spotřeby a také kvůli jednoduchému přístupu z pohledu programování. LED WS2812C se zapojují za sebou přes piny DATA OUT a DATA IN. Každá LED si přebere data, která jsou pro ni a zbytek pošle další LED.

Parametry LED WS2812C [citace]:

-

Porovnání WS2812C s WS2812B:

Ke každé LED je připojen na napájení filtrační kondenzátor [citace na doporučení z datasheetu], aby LED svítily kontinuálně a nedostal se jim na napájení žádný šum.

2.5.1 Rozdělení

LED jsou rozděleny do tří skupin. Skupina LED pro zadání, skupina LED pro herní pole a skupina LED pro zobrazení vyhodnocení tahu. Skupina LED pro zadání obsahuje 4 LED a skupiny pro herní pole a pro vyhodnocení každá 40 LED.

2.6 Zapínání LED

DPS je navrhována pro přenosnou aplikaci, a proto je potřeba zajistit její co nejnižší odběr.

LED mají určitou spotřebu, i když zrovna nesvítí žádnou barvou. Proto je herní pole dohromady s vyhodnocovacími LED rozděleno na 3 části. Do první části patří LED se zadáním a první 4 čtveřice LED z herního pole a z vyhodnocení. Do druhé

části patří další 3 čtveřice LED z herního pole a z vyhodnocení. Do třetí části patří poslední 3 čtveřice LED z herního pole a z vyhodnocení.

Těmto 3 částem je postupně zapínáno napájecí napětí. Každé části se zapne napájení až pokud se hráč dostane do fáze, kdy danou oblast bude potřebovat. K zapínání dochází softwarově spínáním GPIO pinem procesoru.

Ke spínání slouží obvody s MOSFET tranzistory. MOSFET tranzistory byly zvoleny pro jejich nulovou spotřebu, narozdíl od bipolárních tranzistorů.

2.6.1 Popis funkce

2.7 Spínací prvky

Přepínač SW1 slouží pro zapínání celé DPS. Tento přepínač připojuje napájecí napětí 5 V z USB k celému zbytku DPS.

Tlačítka slouží pro ovládání hry. Ke každému tlačítku je připojen kondenzátor o hodnotě 100 nF. Tento kondenzátor slouží pro filtraci zákmitů při zmáčknutí tlačítka. Filtrace se proto nemusí řešit softwarově.

2.8 PowerLED

Diody D1 a D2 slouží pro indikaci přítomnosti napájecího napětí. Dioda D1 indikuje přítomnost napájecího napětí 5 V a dioda D2 indikuje přítomnost napájecího napětí 3,3 V.

3 Popis DPS

DPS je navržena v programu KiCad a její parametry jsou určeny pro výrobu i osazení ve firmě JLCPCB [?]. Výrobní podklady proto musely být navrženy v souladu s jejich výrobními možnostmi [?].

DPS má 4 vrstvy. Vnitřní vrstvy slouží pro napájení a vnější pro signálové dráhy. V jedné vnitřní vrstvě je po celé její ploše rozlité GND a ve druhé vnitřní vrstvě jsou rozlita jednotlivá napájecí napětí.

Na vrchní straně jsou umístěny i plošky pro osazení SMD součástek, protože firma JLCPCB osazuje pouze SMD součástky z jedné strany. THT součástky jsou připraveny na ruční pájení.

Signálové dráhy jsou vedeny tenkou dráhou a napájecí dráhy jsou vedeny tlustší dráhou. V signálových drahách tečou zanedbatelné proudy, proto mohou být co nejtenčí. Výrobce umožňuje vyrobit nejtenčí dráhu u čtyřvrstvé DPS 0,09 mm [?]. Aby nebyly použity krajní hodnoty, byla zvolena šířka signálové dráhy 0,150 mm.

Kondenzátory u procesoru ESP32-PICO a u čipu CP2102 musí být umístěny co nejbližší jejich pouzdrů. Tyto kondenzátory slouží pro filtraci šumu na napájení.

Dráhy od USB k čipu CP2102 D+ a D- fungují jako diferenciální pár. Proto musejí být jejich dráhy vedeny vedle sebe a blízko u sebe.

Rozložení počátek k čipu SY8105 na DPS může velmi ovlivnit jeho funkčnost. Rozložení a zapojení stepdownu bylo převzato z datasheetu [?].

LED jsou rozděleny do 3 skupin, aby se hra co nejvíce podobala deskové hře. LED pro zadání jsou v horní části DPS. V levém sloupci pod zadáním jsou LED, které slouží jako herní pole, a v pravém sloupci jsou LED pro vyhodnocení tahu.

4 Oživení DPS

DPS přijde z výroby ve stavu, kdy jsou osazeny pouze SMD komponenty.

Poté je nutné ručně osadit THT součástky, tj. vypínač, tlačítka a konektor USB micro. Připojení DPS přes USB k powerbance, nebo do počítače, se rozsvítí LED D1 a D2, které indikují přítomnost napájecího napětí. LED D2 zároveň značí, že stepdown je funkční.

4.1 Nabíjecí obvod

Pro nabíjecí obvod byl zvolen čip TP4056. Jeho zapojení bylo převzato z datasheetu [citace]. Velikost rezistoru R_{PROG} se volí podle nabíjecího proudu. Tabulka rezistorů R_{PROG} .. [citace]

Tab. 4.1: Nastavení nabíjecího proudu rezitorem R_{PROG}

R_{PROG} [kOhm]	Nabíjecí proud [mA]
10	130
5	250
4	300
3	400
2	580
1,66	690
1,5	780
1,33	900
1,2	1000

Nabíjení baterií by mělo probíhat při 0,5C, tudíž pro 18650 je to cca 0,5 A. Proto byl zvolen rezitor R_{prog} 2 kOhm.

5 Oživování

Po dodání DPS z výroby byly zapájeny THT komponenty (pouzdro na baterii, USB konektor, tlačítka a vypínač). Po zapojení baterií 18650 do pouzdra se rozsvítí zelená LED D1, která indikuje přítomnost napájecího napětí. Po připojení k počítači přes USB se rozsvítí LED D9. Ta signalizuje nabíjení baterií. Pokud se rozsvítí LED D8, znamená to, že baterie jsou nabité.

6 Ovládání hry

První verze je připravena jako hra pro jednoho hráče.

Po zapnutí DPS stikneme tlačítko "Nová hra". V této chvíli se vygeneruje zadání, které není vidět, a na první herní LED se rozbliká kurzor. Kurzorem lze pohybovat pomocí tlačítek "Šipka vpravo" a "Šipka vlevo". Barvy LED se nastavují tlačítky ve spodní části DPS, které jsou barevně označené. Po ukončení tahu stiskneme tlačítko "Potvrdit tah". Proběhne vyhodnocení a zobrazí se na vyhodnocovacích LED. Kurzor se posune na první LED v dalším řádku. Po zadání správné kombinace barev a jejich pozic se rozsvítí zadání a hra je u konce. Pro novou hru stiskneme tlačítko "Nová hra" a pro ukončení tlačítko "Konec". Při stisku tlačítka "Konec" zhasnou všechny herní, vyhodnocovací LED i LED pro zadání. Poté je DPS připravena pro vypnutí vypínačem. V této fázi lze zároveň stisknout tlačítko "Nová hra".

Závěr

Byla vytvořena elektronická hra Logic. Tato hra vychází z původní deskové hry. Knoflíky jsou nahrazeny LED a ovládání je pomocí tlačítek.

Literatura

- [1] Espressif Systems: *ESP32-PICO-D4* Poslední aktualizace 2019 [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-pico-d4_datasheet_en.pdf.
- [2] JLCPCB: *JLCPCB* [cit. 23. 11. 2020]. Dostupné z URL: <https://jlcpcb.com/>.
- [3] JLCPCB: *PCB Capabilities* [cit. 23. 11. 2020]. Dostupné z URL: <https://jlcpcb.com/capabilities/Capabilities>.
- [4] SILERGY: *Aplocation Note:AN_SY8105*[cit. 24. 11. 2020].*Dostupné z URL :* https://www.silergy.com/Products/AN_S_Y8105/AN_S_Y8105.pdf.
- Silicon Laboratories Inc.: *CP2102N Data Sheet* USA: Poslední aktualizace květen 2016 [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z URL: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/cp2102n-datasheet.pdf>.
- VUT v Brně: *Úprava, odevzdávání a zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací na VUT v Brně* [online]. Směrnice rektora č. 2/2009. Brno: 2009, poslední aktualizace 24. 3. 2009 [cit. 23. 10. 2015]. Dostupné z URL: <https://www.vutbr.cz/uredni-deska/vnitрни-predpisy-a-dokumenty/smernice-rektora>
- ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. 40 stran. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- ČSN ISO 7144 (010161) *Dokumentace – Formální úprava disertací a podobných dokumentů*. 24 stran. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- ČSN ISO 31-11 *Veličiny a jednotky – část 11: Matematické znaky a značky používané ve fyzikálních vědách a v technice*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- BIERNÁTOVÁ, O., SKŮPA, J.: *Bibliografické odkazy a citace dokumentů dle ČSN ISO 690 (01 0197) platné od 1. dubna 2011* [online]. 2011, poslední aktualizace 2. 9. 2011 [cit. 19. 10. 2011]. Dostupné z URL: <http://www.citace.com/CSN-ISO-690.pdf>
- Pravidla českého pravopisu*. Zpracoval kolektiv autorů. 1. vydání. Olomouc: FIN PUBLISHING, 1998. 575 s. ISBN 80-86002-40-3.
- WALTER, G. G.; SHEN, X. *Wavelets and Other Orthogonal Systems*. 2. vyd. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2000. 392 s. ISBN 1-58488-227-1

SVÁČINA, J. Dispersion Characteristics of Multilayered Slotlines – a Simple Approach. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 1999, vol. 47, no. 9, s. 1826–1829. ISSN 0018-9480.

RAJMIC, P.; SYSEL, P. Wavelet Spectrum Thresholding Rules. In *Proceedings of the International Conference Research in Telecommunication Technology*, Žilina: Žilina University, 2002. s. 60–63. ISBN 80-7100-991-1.

Seznam symbolů, veličin a zkratk

Šířka levého sloupce Seznamu symbolů, veličin a zkratk je určena šířkou parametru prostředí `acronym` (viz řádek 1 výpisu zdrojáku na str. ??)

KolikMista pouze ukázka vyhrazeného místa

DPS Deska plošného spoje

LED Light Emitting Diode

THT Through-hole technology (Vývodová technologie součástek)

f_{vz} vzorkovací kmitočet

Seznam příloh

A Některé příkazy balíčku thesis

A.1 Příkazy pro sazbu veličin a jednotek

Tab. A.1: Přehled příkazů pro matematické prostředí

Příkaz	Příklad	Zdroj příkladu	Význam
<code>\textind{...}</code>	β_{\max}	<code> \$\beta_{\textind{max}}\$ </code>	textový index
<code>\const{...}</code>	U_{in}	<code> \$\const{U}_{\textind{in}}\$ </code>	konstantní veličina
<code>\var{...}</code>	u_{in}	<code> \$\var{u}_{\textind{in}}\$ </code>	proměnná veličina
<code>\complex{...}</code>	\mathbf{u}_{in}	<code> \$\complex{u}_{\textind{in}}\$ </code>	komplexní veličina
<code>\vect{...}</code>	\mathbf{y}	<code> \$\vect{y}\$ </code>	vektor
<code>\mat{...}</code>	\mathbf{Z}	<code> \$\mat{Z}\$ </code>	matice
<code>\unit{...}</code>	kV	<code> \$\unit{kV}\$ </code> či <code> \unit{kV} </code>	jednotka

A.2 Příkazy pro sazbu symbolů

Byl vybrán procesor ESP32-PICO-D4. Tento procesor obsahuje:

- `\E`, `\eul` – sazba Eulerova čísla: e ,
- `\J`, `\jmag`, `\I`, `\imag` – sazba imaginární jednotky: j , i ,
- `\dif` – sazba diferenciálu: d ,
- `\sinc` – sazba funkce: sinc ,
- `\mikro` – sazba symbolu mikro stojatým písmem¹: μ ,
- `\uppi` – sazba symbolu π (stojaté řecké pí, na rozdíl od `\pi`, což sází π).

Všechny symboly jsou určeny pro matematický mód, vyjma `\mikro`, jenž je použitelný rovněž v textovém módu.

¹znak pochází z balíčku `textcomp`

B Druhá příloha



Obr. B.1: Zlepšené Wilsonovo proudové zrcadlo.

Pro sazbu vektorových obrázků přímo v \LaTeX je možné doporučit balíček `TikZ`. Příklady sazby je možné najít na `\TeX`ample. Pro vyzkoušení je možné použít programy `QTikz` nebo `TikzEdt`.

C Příklad sazby zdrojových kódů

C.1 Balíček listings

Pro vysázení zdrojových souborů je možné použít balíček `listings`. Balíček zavádí nové prostředí `lstlisting` pro sazbu zdrojových kódů, jako například:

```
\section{Balíček lstlistings}
Pro vysázení zdrojových souborů je možné použít
  balíček \href{https://www.ctan.org/pkg/listings}%
  {\texttt{listings}}.
Balíček zavádí nové prostředí \texttt{lstlisting} pro
  sazbu zdrojových kódů.
```

Podporuje množství programovacích jazyků. Kód k vysázení může být načítán přímo ze zdrojových souborů. Umožňuje vkládat čísla řádků nebo vypisovat jen vybrané úseky kódu. Např.:

Zkratky jsou sázeny v prostředí `acronym`:

```
6 \begin{acronym}[KolikMista]
```

Šířka textu volitelného parametru `KolikMista` udává šířku prvního sloupce se zkratkami. Proto by měla být zadávána nejdelší zkratka nebo symbol. Příklad definice zkratky `symfvz!` je na výpisu ??.

Výpis C.1: Ukázka sazby zkratk

```
25 \acro{symfvz} % název
26 [\ensuremath{f\_}\textind{vz}]] % symbol
27 {vzorkovací kmitočety} % popis
```

Ukončení seznamu je provedeno ukončením prostředí:

```
26 [\ensuremath{f\_}\textind{vz}]] % symbol
27 {vzorkovací kmitočety} % popis
28 %%% esymfvz
29
30 \end{acronym}
```

Poznámka k výpisům s použitím volby jazyka czech nebo slovak:

Pokud Váš zdrojový kód obsahuje znak spojovníku `-`, pak překlad může skončit chybou. Ta je způsobena tím, že znak `-` je v českém nebo slovenském nastavení balíčku `babel` tzv. aktivním znakem. Přepněte znak `-` na neaktivní příkazem `\shorthandoff{-}` těsně před výpisem a hned za ním jej vraťte na aktivní příkazem `\shorthandon{-}`. Podobně jako to je ukázáno ve zdrojovém kódu šablony.

Na výpisu ?? naleznete příklad kódu pro Matlab, na výpisu ?? zase pro jazyk C.

Výpis C.2: Příklad Schur-Cohnova testu stability v prostředí Matlab.

```
1 %% Příklad testování stability filtru
2
3 % koefficienty polynomu ve jmenovateli
4 a = [ 5, 11.2, 5.44, -0.384, -2.3552, -1.2288];
5 disp( 'Polynom:'); disp(poly2str( a, 'z'))
6
7 disp('Kontrola pomocí kořenů polynomu:');
8 zx = roots( a);
9 if( all( abs( zx) < 1))
10     disp('System je stabilní')
11 else
12     disp('System je nestabilní nebo na mezí stability');
13 end
14
15 disp(' '); disp('Kontrola pomocí Schur-Cohn:');
16 ma = zeros( length(a)-1,length(a));
17 ma(1,:) = a/a(1);
18 for( k = 1:length(a)-2)
19     aa = ma(k,1:end-k+1);
20     bb = fliplr( aa);
21     ma(k+1,1:end-k+1) = (aa-aa(end)*bb)/(1-aa(end)^2);
22 end
23
24 if( all( abs( diag( ma.'))))
25     disp('System je stabilní')
26 else
27     disp('System je nestabilní nebo na mezí stability');
28 end
```

Výpis C.3: Příklad implementace první kanonické formy v jazyce C.

<i>// první kanonická forma</i>	1
<u>short</u> fxdf2t(<u>short</u> coef[][5], <u>short</u> sample)	2
{	3
<u>static int</u> v1[SECTIONS] = {0,0}, v2[SECTIONS] = {0,0};	4
<u>int</u> x, y, accu;	5
<u>short</u> k;	6
	7
x = sample;	8
<u>for</u> (k = 0; k < SECTIONS; k++){	9
accu = v1[k] >> 1;	10
y = _sadd(accu, _smpy(coef[k][0], x));	11
y = _sshl(y, 1) >> 16;	12
	13
accu = v2[k] >> 1;	14
accu = _sadd(accu, _smpy(coef[k][1], x));	15
accu = _sadd(accu, _smpy(coef[k][2], y));	16
v1[k] = _sshl(accu, 1);	17
	18
accu = _smpy(coef[k][3], x);	19
accu = _sadd(accu, _smpy(coef[k][4], y));	20
v2[k] = _sshl(accu, 1);	21
	22
x = y;	23
}	24
<u>return</u> (y);	25
}	26

D Obsah přiloženého CD

Nezapomeňte uvést, co čtenář najde na přiloženém médiu. Je vhodné okomentovat obsah každého adresáře, specifikovat, který soubor obsahuje důležitá nastavení, který soubor je určen ke spuštění atd. Také je dobře napsat, v jaké verzi software byl kód testován (např. Matlab 2010b).

Pokud je souborů hodně a jsou organizovány ve více složkách, je možné pro výpis adresářové struktury použít balíček `dirtree`.

```
/ ..... kořenový adresář přiloženého CD
├── logo ..... loga školy a fakulty
│   ├── BUT_abbreviation_color_PANTONE_EN.pdf
│   ├── BUT_color_PANTONE_EN.pdf
│   ├── FEEC_abbreviation_color_PANTONE_EN.pdf
│   ├── FEKT_zkratka_barevne_PANTONE_CZ.pdf
│   ├── UTKO_color_PANTONE_CZ.pdf
│   ├── UTKO_color_PANTONE_EN.pdf
│   ├── VUT_barevne_PANTONE_CZ.pdf
│   ├── VUT_symbol_barevne_PANTONE_CZ.pdf
│   └── VUT_zkratka_barevne_PANTONE_CZ.pdf
├── obrazky ..... ostatní obrázky
│   ├── soucastky.png
│   ├── spoje.png
│   ├── ZlepseneWilsonovoZrcadloNPN.png
│   └── ZlepseneWilsonovoZrcadloPNP.png
├── pdf ..... pdf stránky generované informačním systémem
│   ├── student-desky.pdf
│   ├── student-titulka.pdf
│   └── student-zadani.pdf
├── text ..... zdrojové textové soubory
│   ├── literatura.tex
│   ├── prilohy.tex
│   ├── reseni.tex
│   ├── uvod.tex
│   ├── vysledky.tex
│   ├── zaver.tex
│   └── zkratky.tex
├── sablona-obhaj.tex ..... hlavní soubor pro sazbu prezentace k obhajobě
├── sablona-prace.tex ..... hlavní soubor pro sazbu kvalifikační práce
└── thesis.sty ..... balíček pro sazbu kvalifikačních prací
```