http://www.ksi.mff.cuni.cz/~svoboda/courses/232-NSWI170/

Cvičení

NSWI170: Počítačové systémy

2023/24 LS

Martin Svoboda
martin.svoboda@matfyz.cuni.cz

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta

Cvičení 1: **Základy jazyků C a C++**

Používané nástroje

Mattermost

- https://ulita.ms.mff.cuni.cz/mattermost/
  - .../ar2324ls/channels/nswi170-compsys-svoboda

ReCodEx

- https://recodex.mff.cuni.cz/

Online C++ kompilátory

- https://www.online-cpp.com/
- https://onecompiler.com/cpp/
- …

Arduino IDE

- https://www.arduino.cc/en/software/

P11: Hello World

Naprogramujte jednoduchou **Hello World** aplikaci

- Aneb na standardní výstup vypíšeme pozdrav *Hello World*
- Menší nápověda
  - `#include <cstdio>`
  - `int main(int argc, char** argv) { ... }`
  - `int main() { ... }`
  - `printf("...");`
  - `\n`

P12: Vánoční stromeček

Vypište na standardní výstup **vánoční stromeček**

- Velikost stromečku je určena jeho výškou
  - V každé úrovni vypíšeme příslušný počet **hvězdiček**
  - Ty navíc zleva zarovnáme pomocí mezer
- Ukázka výstupu pro stromeček velikosti 4

```
   *
  ***
 *****
*******
```

- Kód vhodně dekomponujeme do jednotlivých funkcí
- Opět menší nápověda
  - `printf("%c", '...');`
  - `for (int i = 0; i < height; ++i) { ... }`

P13: Celočíselný průměr

Spočítejte **celočíselný průměr** zadaných přirozených čísel

- Vstup předpokládejme v podobě lokální proměnné
  - `int numbers[] = { 6, 10, 12, 8 };`
  - `int size = sizeof(numbers) / sizeof(numbers[0]);`
- Nejprve spočítáme příslušný průměr
- Vypíšeme jej pomocí odpovídajícího počtu **hvězdiček**
  - Např. `*********`
- Nápověda

```
int average(
    const int numbers[], int count
) { ... }
```

P14: Klouzavý průměr

Spočítejte **klouzavé průměry** zadaných přirozených čísel

- Vstup předpokládejme v podobě konstantního výrazu
  - `constexpr int numbers[] = { 3, 8, 5, 7, 2, 5 };`
- Ukázka očekávaného výstupu
  - Pro výše uvedená vstupní čísla a okénko velikosti 3

```
*****
******
****
****
```

- Doporučené rozhraní
  -
```
void averages(
  const int numbers[], int count, int window
) { ... }
```

Cvičení 2: **Arduino: Diody**

Arduino

Platforma Arduino

- **Arduino UNO**
  - Základní deska, 14 digitálních a 6 analogových pinů
  - CPU ATmega328P, 16 MHz, FLASH memory 32 kB
- **Funduino**
  - Multifunction shield
  - Diody, tlačítka, segmentový displej, …
- Dokumentace
  - https://docs.arduino.cc/
  - https://www.arduino.cc/reference/
  - http://kabinet.fyzika.net/dilna/ARDUINO/funduino-popis.php

Arduino

Arduino IDE

- Základní ovládání
  - Ctrl + S = uložení souboru (přípona `*.ino`)
  - Ctrl + R = kompilace programu
  - Ctrl + U = nahrání programu do Arduina

Struktura programu

- Funkce `void setup();`
  - Spustí se jednou při startu
  - Obsahuje nejrůznější inicializace
    - Např. nastavení módů pinů, počátečních hodnot, …
- Funkce `void loop();`
  - Obsahuje vlastní výkonný kód
  - Spouští se neustále dokola, přibližně 1000× za sekundu

Arduino: Diody

Diody D1 až D4

- Dostupné přes piny 13 až 10
  - **Konstanty pro čísla pinů** `led1_pin`, `led2_pin`, …, `led4_pin`
- Pro označení diod budeme používat **logická čísla 0 až 3**
  - Kvůli dosažení vyšší úrovně abstrakce
- **Inicializace programu**
  - Nastavení módů pinů
  - `void pinMode(pin, OUTPUT);`
  - Explicitní vypnutí všech diod
- **Ovládání diody**
  - Zápis `LOW` (zapnutí) / `HIGH` (vypnutí) na příslušný pin
  - `void digitalWrite(pin, value);`

P21: Rozsvícení diody

Rozsviťte konkrétní vybranou diodu

- Nejprve připojíme soubor s definicemi potřebných konstant
  - `#include "funshield.h"`
  - https://www.ksi.mff.cuni.cz/teaching/nswi170-web/downloads/Funshield.zip
  - Soubor `funshield.h` umístíme do adresáře našeho projektu
- **Překladové pole** z čísel diod na čísla pinů
  - `constexpr int diodePins[] = { led1_pin, led2_pin, led3_pin, led4_pin };`
- Potřebný kód zapouzdříme do následujících funkcí
  - `void diodeInitialize(int number);`
  - `void diodeChange(int number, bool state);`
- Nakonec vše otestujeme zapnutím jedné konkrétní diody

P22: Rozblikání diody

Rozblikejte konkrétní vybranou diodu

- Nejprve jednotlivé **diody reprezentujeme pomocí objektů**
  - Tedy instancí vhodně navržené třídy
    - Ta bude obsahovat nejenom potřebné datové položky, …
    - … ale také zapouzdří požadovanou funkcionalitu
  - **Instance diod budeme držet v globálním poli**
    - `Diode diodes[diodesCount];`
    - Inicializace pak provedeme v rámci funkce `setup()`
- Následně vybranou diodu rozblikáme
  - Zatím jen naivním způsobem
  - `diodes[1].change((millis() / 500) % 2 == 0);`

P22: Rozblikání diody

Kostra třídy pro reprezentaci diody

```
class Diode {
private:
  int diodeNumber_;
  bool currentState_;
public:
  void initialize(int diodeNumber) {
    ...
  }
  void change(bool newState) {
    ...
  }
  void change() {
    ...
  }
};
```

P23: Kontrola časování

Rozblikejte konkrétní vybranou diodu (pokračování)

- Tentokráte však použijeme **mechanismus kontroly časování**
  - `unsigned long currentTime = millis();`
    - Vrátí aktuální **systémový čas** v milisekundách
  - Základní myšlenka detekce okamžiku další události
    - `if (currentTime - previousTime >= periodLength) { ... }`
  - Ve skutečnosti ale musíme hlídat i **přetečení hodnoty času**
    - To nastane přibližně po 50 dnech
    - Trik pro zjištění maximální hodnoty: `~(unsigned long)0`
- Celý mechanismus **zapouzdříme do třídy `Timer`**
  - Pamatovat si budeme čas předchozí události
- Kód opět otestujeme

P24: Železniční semafor

Rozblikejte železniční semafor

- Aneb střídavě budeme rozsvěcovat dvojice sousedních diod

Cvičení 3: **Arduino: Tlačítka**

Arduino: Tlačítka

Tlačítka B1 až B3

- Piny `button1_pin`, `button2_pin` a `button3_pin`
  - Opět ale chceme pracovat na vyšší úrovni abstrakce
  - Aneb používat pro tlačítka **logická čísla 0 až 2**
- **Inicializace tlačítek**
  - `void pinMode(pin, INPUT);`
- **Detekce stisknutí**
  - Čtení `LOW` (stisknuto) / `HIGH` (uvolněno) na příslušném pinu
  - `int digitalRead(pin);`

P31: Stisknutí tlačítka

Signalizujte stav stisknutí tlačítka rozsvícením příslušné diody

- **Překladové pole** pro čísla pinů tlačítek
  - ```
    constexpr int buttonPins[] =
        { button1_pin, button2_pin, button3_pin };
    ```
- Veškerou funkcionalitu zapouzdříme do vlastní třídy
  - A to podobně jako u diod
    ```

P32: Ovládání diod

Stisknutím tlačítka změňte stav příslušné diody

- Aneb danou diodu zapneme / vypneme
  - Nezáleží na tom, po jak dlouhou dobu bude tlačítko stisknuto

P33: Odskakování tlačítka

Vyřešte problém špatné detekce stisknutí tlačítka

- Ten je způsoben mechanickými vlastnostmi tlačítek
  - Mohou totiž sama od sebe generovat **krátké zákmity**
- Velmi krátké změny stavu proto jednoduše **odfiltrujeme**
  - Aneb budeme je ignorovat
  - Předpokládejme konkrétně interval např. 10 ms
- Současně stávající kód refaktorujeme
  - Nově **vyčleníme funkci tlačítka na detekci vzniku události** stisknutí / uvolnění a **oddělíme ji od dotazů na tyto události**
    - To umožní i opakované dotazy během jedné iterace hlavní smyčky `loop`

P34: Binární rozklad

Pomocí diod zobrazujte hodnotu inkrementovaného počítadla

- Počítadlo začíná na 0 a inkrementuje se o 1 každou 1 sekundu
  - Povolené hodnoty počítadla jsou jen v intervalu 0 až 15
    - Při přetečení se vrátíme zpět na 0
- Pomocí diod vždy **zobrazíme nejnižší 4 bity aktuálního čísla**
  - Bit 1 diodu rozsvítí, bit 0 naopak zhasne
  - Např. pro číslo $5_{10} = 101_2$ zobrazíme `0101`
    - Aneb dioda číslo 0 nesvítí, 1 ano, 2 ne, 3 ano
  - Menší nápověda
    - Bitová konjunkce `x & 1`, bitový posun `x << 1`
- Veškerou funkcionalitu počítadla zapouzdříme do vlastní třídy
- Stisknutí tlačítka B1 způsobí resetování aktuální hodnoty na 0

Cvičení 4: **Arduino: Displej I**

Arduino: Sériová linka

Sériová linka

- **Inicializace** obousměrného spojení
  - Náš program: funkce `setup`
    - `Serial.begin(9600);`
  - Arduino IDE: Tools > Serial Monitor
    - Nastavit stejnou rychlost
- **Posílání textu**
  - Funkce `Serial.print(…)` nebo `println(…)`
    - Různé varianty pro čísla, symboly nebo celé řetězce

P41: Jednoduchý časovač

Pomocí sériové linky vypisujte aktuální čas

- Aneb jeho hodnotu pravidelně posílejte z Arduina do počítače
  - A to každou sekundu
  - Hodnotu ořízneme na celé sekundy

Arduino: Displej

Segmentový displej

- **Piny** `latch_pin`, `data_pin` a `clock_pin`
  - Inicializujeme je v módu `OUTPUT`
- Postup **zobrazení konkrétního glyfu**
  - Zavřeme zámek
    - `digitalWrite(latch_pin, LOW);`
  - **Pošleme masku glyfu**
    - `shiftOut(data_pin, clock_pin, MSBFIRST, glyphMask);`
  - **Pošleme masku pozice**
    - `shiftOut(data_pin, clock_pin, MSBFIRST, positionMask);`
  - Otevřeme zámek
    - `digitalWrite(latch_pin, HIGH);`

Arduino: Displej

Segmentový displej (pokračování)

- **Reprezentace glyfu**
  - `byte glyphMask = 0bHGFEDCBA;`
    - Popíšeme stav každého jednotlivého segmentu
    - Bit `0` (svítí), bit `1` (nesvítí)
    - Mapování segmentů: od horního (`A`) ve směru hodinových ručiček, následně prostřední příčka (`G`), nakonec tečka (`H`)
- **Reprezentace pozice**
  - `byte positionMask = 0b0000LKJI;`
    - Pozice očíslujeme zprava doleva logickými čísly 0 (`L`) až 3 (`I`)
    - Bit `0` (neaktivní), bit `1` (aktivní)
    - V masce lze ve skutečnosti aktivovat i více pozic najednou
- **Smazání displeje** (v rámci inicializace)
  - Glyf s maskou `0b11111111` na pozicích `0b00001111`

P42: Ovládání displeje

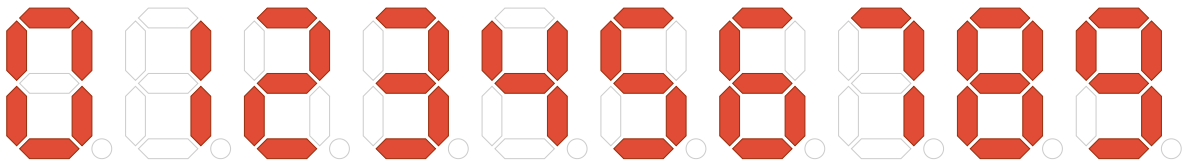
Zobrazte vybraný glyf na vybrané pozici segmentového displeje

- Glyf bude zadaný maskou
- Pozice logickým číslem

P43: Zobrazení číslic

Zobrazte vybranou číslici na dané pozici displeje

- Nejprve zkonstruujeme masky glyfů jednotlivých číslic
  - ```
    constexpr byte digitGlyphs[] = {
      0b11000000, // 0
      ...
    };
    ```
  - Vložíme je do **překladového pole** z číslic do masek



- Následně vše experimentálně otestujeme
  - Na jedné vybrané pozici zobrazíme číslici odpovídající poslední cifře hodnoty aktuálního času v sekundách
    ```

P44: Jednociferný čítač

Zobrazte hodnotu jednociferného čítače stisků tlačítka

- Čítač tedy může nabývat jen hodnot od 0 do 9
  - Aktuální hodnotu zobrazíme na jedné vybrané pozici
    - Na začátku to bude pozice 0
- Počítadlo se ovládá pomocí tlačítek takto
  - Tlačítko B1: **inkrementace** počítadla
  - Tlačítko B3: cyklická **změna pozice** (její posunutí o 1 doleva)
  - Předpokládáme jen jednoduchý stisk bez opakování

Cvičení 5: **Arduino: Displej II**

P51: Zobrazení čísel

Naprogramujte zobrazování celých čísel na segmentovém displeji

- Předpokládáme nezáporná celá čísla od 0 do 9999
  - Zobrazené číslo bude vždy zarovnané doprava
  - Zatím budeme zobrazovat i úvodní nuly
    - Např. `0025` pro číslo 25
- **Použijeme myšlenku časového multiplexu**
  - V každém běhu funkce loop aktivujeme jen jednu pozici displeje
- Rozšířený displej naprogramujeme pomocí dědičnosti
  - `class NumericDisplay : public Display { ... }`
- Volání inicializační funkce základního displeje zřetězíme
  - `Display::initialize();`

P52: Záporná čísla

Rozšiřte náš numerický displej o podporu záporných čísel

- Nově tedy budeme uvažovat čísla od -999 do 9999
  - Symbol − se zobrazí hned před první platnou číslicí
- Současně přestaneme zobrazovat **zbytečné úvodní nuly**

P53: Jednoduchý časovač

Zobrazujte na displeji aktuální čas od začátku běhu programu

- Čas uvedeme v sekundách s přesností na 1 desetinné místo
  - Např.: `0.0` nebo `12.3`
  - Počet desetinných míst bude konfigurovatelný
    - Žádné nebo desetinná tečka na pozici 0 až 3
- Zobrazování tečky
  - Rozšíříme naši stávající funkci na zobrazování číslic
  - Kombinace více masek dosáhneme pomocí bitového `&`

P54: Rozšířené počítadlo

Zobrazte na displeji aktuální hodnotu vylepšeného počítadla

- Počítadlo může nabývat platných hodnot od -999 do 999
  - V případě přetečení se počítadlo zastaví na uvedené min / max hodnotě a dále se už zmenšovat / zvětšovat nebude
- Počítadlo budeme ovládat pomocí tlačítek
  - Tlačítka B1 a B2: **inkrementace** / **dekrementace** počítadla
  - Tlačítko B3: cyklická **změna pozice**
- Změna hodnoty probíhá vždy o +/- 1 v daném řádu
  - Tedy +/- 1, 10 nebo 100 podle aktuálně nastavené pozice
- **Aktivní pozici** označíme na displeji pomocí tečky

Cvičení 6: **Arduino: Displej III**

P61: Zobrazení znaků

Rozšiřte náš displej o podporu zobrazování vybraných znaků

- Konkrétně chceme pracovat s následujícími znaky
  - **Písmena** anglické abecedy (case-insensitive)
    - Masky glyfů jsou ve startovacím balíčku v ReCodExu
  - **Číslice** `0` až `9`
  - **Mezera** `_` pro jakýkoli bílý znak
  - Nějaký speciální unikátní glyf pro všechny ostatní znaky
- Předpokládejme např. následující rozhraní
  - `void showChar(char symbol, int position)`
- Užitečné funkce a triky
  - `isAlpha`, `isDigit`, `isSpace`, `isUpperCase`
  - `symbol - 'A'` apod. pro výpočet indexu do pole masek glyfů
- Nově navrženou funkcionalitu experimentálně otestujeme

P62: Zobrazení textu

Rozšiřte náš displej o podporu zobrazení textového řetězce

- Předpokládáme řetězce (maximální) délky 4
  - Řetězec na displeji zarovnáme doleva
    - V případě potřeby jej tedy zprava doplníme mezerami
  - Delší řetězec ořízneme a nadbytečné znaky ignorujeme
- Opět využijeme dědičnost
  - `class TextDisplay : public Display { ... }`
- Triky pro práci s řetězci
  - `char* p` vs. `const char* p`
  - `*p != '\0'`
  - `*p++`
- Použijeme rovněž i myšlenku časového multiplexu
- Nově navrženou funkcionalitu experimentálně otestujeme

P63: Běžící text

Naprogramujte mechanismus pro zobrazování běžících zpráv

- Předpokládáme zatím jen fixně zadaný textový řetězec
  - Jeho délka může být libovolná, klidně i nulová
  - Na displeji vždy zobrazíme výřez 4 aktuálních znaků
  - Začneme jen s prvním symbolem umístěným úplně vpravo
  - Výřez pak v pravidelných intervalech posouváme doleva
  - Za koncem řetězce vždy přidáme 4 oddělovací mezery
  - Po zobrazení celé zprávy skončíme a očekáváme další vstup
- Podporovat budeme následující veřejné rozhraní
  - `void setText(const char* string);`
  - `bool finished();`
- Nově navrženou funkcionalitu experimentálně otestujeme

P64: Běžící zprávy

Rozšiřte náš mechanismus pro postupné zobrazování více zpráv

- Tyto zprávy budou definovány pomocí konstantního pole
  - ```
    constexpr char* inputMessages[] = {
      "Hello World",
      ...
    };
    ```
- Zobrazovat je pak budeme postupně cyklicky
    ```