Vysoké učení technické v Brně
Fakulta informačních technologií

Mikroprocesorové a vestavěné systémy

Rozpoznávanie znakovej abecedy a zobrazovanie na 7-segmentovom displeji typu flipdot

2024 Michal Balogh (xbalog06)

Obsah

1 Úvod

Zadaním bolo využiť zaujímavý typ elektromechanického displeja typu flip-dots a demonštrovať jeho využitie. Na vypracovanie som mal k dispozícii displej s rozmermi 4 riadky, každý po 7 znakov. Základným zadaním bolo zobrazenie jednoduchých správ a meranej teploty a vlhkosti. Po splnení tohto zadania som vytvoril neurónovú sieť, ktorá rozpoznáva písmená znakovej abecedy. Tieto dáta sú potom zobrazované na displeji.

2 Video k projektu

Fungovanie projektu si môžete pozrieť vo videu na nasledovnom odkaze: YouTube video.

3 Vybavenie

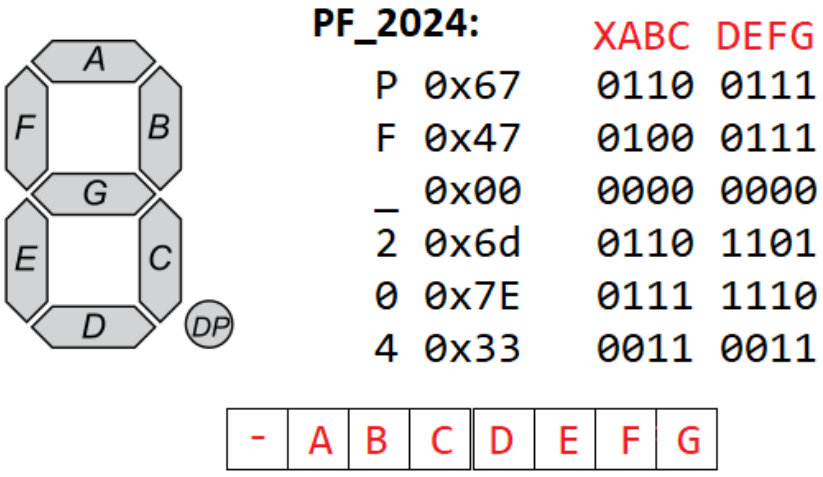
3.1 7-segmentový displej typu flip-dots

S displejom sa dá komunikovať pomocou prevodníka RS-485, rýchlosťou 57600 baudov. Znaky na displeji sa nedajú nastaviť jednotlivo, ale naraz pomocou dátového rámca, ktorý špecifikuje výrobca[1]:

```
+-------+----------+---------+----------------+-------+
| 0x80  | Command  | Address |      Data      | 0x8F  |
+-------+----------+---------+----------------+-------+
```

Na začiatku je hlavička `0x80`. `Command` špecifikuje, ktorý typ displeja bude prijímať dátový rámec. Pre typ displeja, s ktorým som pracoval (4x7), je príkaz `0x83` – posiela 28 Bajtov dát a refreshne displej. Refresh znamená, že dáta sa rovno zobrazia na displeji. Adresu používam `0xFF` – čiže broadcast. Dáta sú o veľkosti 4x7 Bajtov. Jeden Bajt predstavuje 7 segmentov. Na konci je ešte päta `0x8F`.

Nastavenie jedného znaku je dané siedmimi bitmi. Na obrázku môžeme vidieť, ktoré bity nastavujú ktoré segmenty, a príklad, ako nastaviť nápis `PF 2024`.



Obr. 1: Kódovanie segmentov

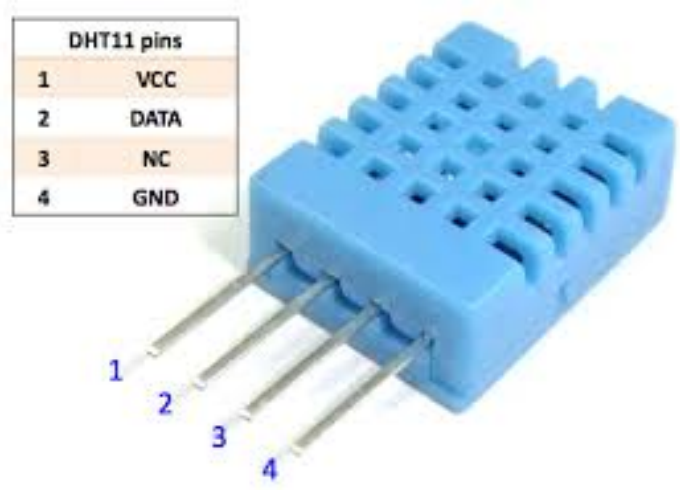
[1] `https://cdck-file-uploads-europe1.s3.dualstack.eu-west-1.amazonaws.com/arduino/original/4X/3/5/2/352c3c32d1ddcd251f45966920b16b53f3214f32.pdf`

Na displeji nie je desatinná bodka, a teda MSB je ignorovaný a mal by byť nastavený na 0.

3.2 Kombinovaný senzor na teplotu a vlhkosť DHT11

Senzor DHT11 je jednoduchý kombinovaný senzor, ktorý meria teplotu v rozsahu 0 – 50 stupňov Celzia s presnosťou ±1 °C a vlhkosť v rozmedzí 20 – 90 % s presnosťou ±4 %. Existuje senzor DHT22 podobného druhu, ktorý by sa dal využiť na presnejšie merania, ale ja som mal k dispozícii tento.

Senzor má štyri vývody, z toho jeden je nezapojený, dva sú použité na napájanie v rozsahu 3 V až 5 V a jeden je dátový[2].



Obr. 2: DHT11 senzor

3.3 Prevodník RS485

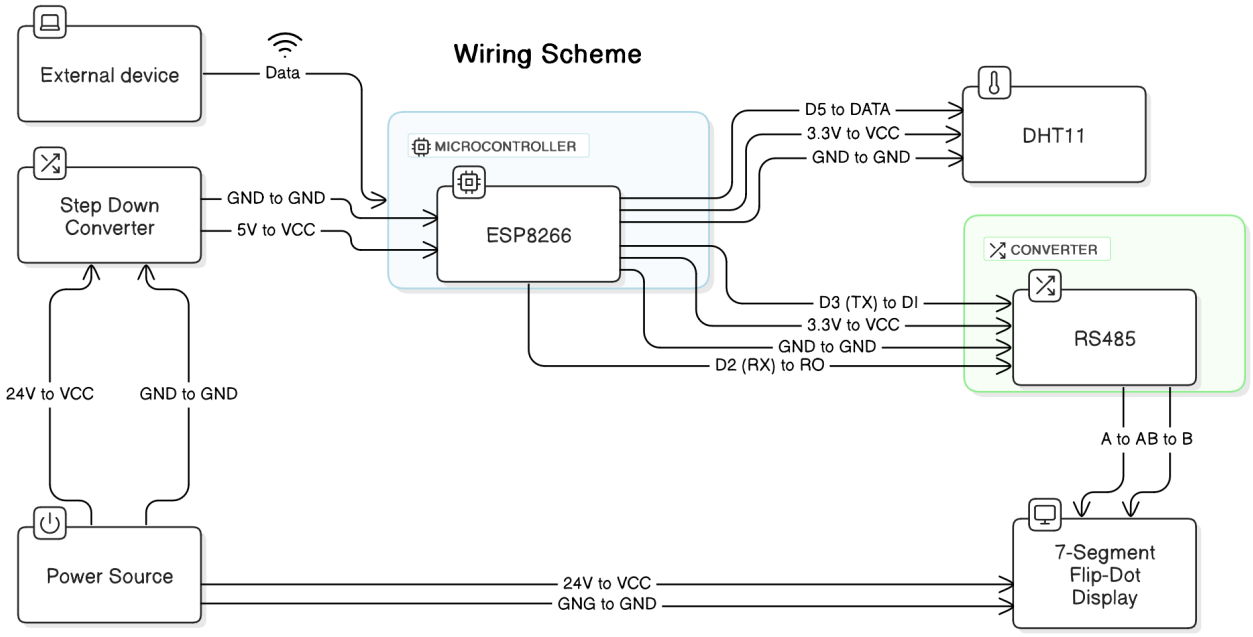
Pre komunikáciu s 7-segmentovým displejom je použitý prevodník RS-485. Je to prevodník linky UART na sériovú linku RS485. Linka je poloduplexná[3]. Linke treba okrem rýchlosti na 57600 baudov nastaviť aj ďalšie parametre: vypnúť paritný bit, nastaviť jeden stop bit a nastaviť 8 bitov na jeden Bajt. V jazyku C sa to dá nastaviť takto (knižnica `termios.h`):

```
tty.c_cflag &= PARENB;
tty.c_cflag &= CSTOPB;
tty.c_cflag &= CSIZE;
tty.c_cflag |= CS8;
```

Tento kód je implementovaný vo variante riešenia číslo 1, v súbore:
`./rpi4_py_c/serial_com_c/src/serial.c`.

[2] `https://arduinoposlovensky.sk/projekty/dht11-a-dht22/`
[3] `https://techfun.sk/produkt/rs485-prevodnik-s-cipom-max485esa/`

4 Schéma zapojenia



Obr. 3: Schéma zapojenia

5 Varianty riešenia

Postupne som skúšal rôzne riešenia a skončil som s troma rôznymi variantami:

- Varianta 1: rpi4 C+Python
- Varianta 2: rpi4 Python
- Varianta 3: esp8266 C+Python

5.1 Varianta 1: rpi4 C+Python

Implementačná platforma pre túto variantu je Raspberry Pi 4. Celá implementácia varianty 1 je v priečinku `rpi4_py_c`. S touto variantou som začal tým, že som nastavil sériovú komunikáciu s displejom, vytvoril funkcie na vytvorenie správy a nastavovanie jednotlivých znakov pomocou indexovania do 2D poľa displeja (4x7) a mapovania na konštantné definované symboly (viď obr. 1). Vytvoril som si pár príkladov (`examples.c`), kde sa posielali konštantné správy, a na nich som otestoval funkčnosť pripojenia na displej a správny formát dátového rámca správy.

Druhá časť tejto varianty je implementovaná v Pythone. Najprv som vytvoril dataset pre rozpoznávanie znakovej reči. Využil som ASL dataset a modul `Hands` z frameworku `Mediapipe`. Pomocou skriptu `train/reduce_dataset.py` som zredukoval počet obrázkov pre triedu v datasete na 200. Potom pomocou modulu `Hands` som z obrázkov datasetu extrahoval orientačné body z rúk. Konkrétne 21 bodov v 3D priestore a tie som uložil do `csv` súboru so 64 stĺpcami: 1 označenie znaku a 21×3 (x,y,z) súradníc. Vytvorenie datasetu je v súbore `train/create_hand_landmarks_dataset.py`. V súbore `train/ASL_handm_landmarks_dataset.py` je vytvorená PyTorch `Dataset` trieda `ASLLandmarkDataset`. Samotný model je v súbore `train/gesture_recognition_model` a tréningový skript je v súbore `train/train.py`.

Natrénovaný model je použitý na inferenciu v skripte `rpi4_py_c/gesture_recognizer_py/main.py`. Tento skript načíta model, otvorí kameru a pomocou modulu `Hands` z `Mediapipe` získa orientačné body ruky. Tieto body sú potom použité na predikciu znaku. Tento skript komunikuje s programom v C cez socket. `gesture_recognizer` posiela predikované znaky cez socket na program v C `serial_com_c`, ktorý posiela znaky na displej. `gesture_recognizer` taktiež vizualizuje znaky a obraz kamery.

Program treba spustiť v dvoch termináloch. V jednom treba spustiť `main.py` a v druhom `main.c`.

5.2 Varianta 2: rpi4 Python

V tejto variante beží celý program v Pythone na Raspberry Pi 4. Celý program je v priečinku `rpi4_py` a dá sa spustiť pomocou skriptu `main.py`. Tento skript podobne ako vo variante 1 načíta natrénovaný model, otvorí kameru a nastaví sériovú komunikáciu s displejom. Jediný rozdiel je, že dáta neposiela cez socket, ale priamo cez sériovú linku do displeja.

5.3 Varianta 3: esp8266 C+Python – Finálna varianta

Posledná varianta je implementovaná na platforme `ESP8266`. Implementáciu je možné nájsť v priečinku `esp8266`. Táto varianta je rozdelená na dve časti. Prvá časť je `server_gestures` implementovaná v Arduine. Táto časť slúži ako server. Pomocou Wi-Fi modulu sa pripojí do siete a čaká na dáta od klienta na určitej IP adrese a porte. Dáta od klienta posiela na sériovú linku a tie sa zobrazujú na displeji. Sériová linka je pripojená na prevodník RS485 na dátových pinoch D2 (TX) a D3 (RX). Veľkou výhodou tejto varianty je, že klient je úplne nezávislý od servera a môže byť implementovaný na akejkoľvek platforme a posielať v podstate hocijaké dáta. V mojom prípade som už využil natrénovaný model na rozpoznávanie znakov a posielal som predikované znaky na server. Ale klient sa dá vymeniť za hocijaký iný program, ktorý bude posielať znaky na server a ten ich bude zobrazovať na displeji. Okrem toho, v tejto variante je upravený beh programu na `ESP8266`. Po pripojení do siete sa vypíše animovaná uvítacia správa `HELLO`. Následne sa môže program dostať do dvoch stavov: stav `IDLE` a stav `CONNECTED`. Začína v stave `IDLE` a čaká na pripojenie zariadenia na konkrétny port. V tomto stave zobrazuje na displeji čas, teplotu a vlhkosť. Teplotu a vlhkosť získava zo senzoru DHT11. Senzor je zapojený do dátového pinu D5. Po pripojení zariadenia sa prejde do stavu `CONNECTED`, ktorý je signalizovaný blikajúcim kurzorom a začne prijímať dáta od klienta a zobrazovať ich na displeji. Po ukončení spojenia prejde zase do stavu `IDLE`.

6 Záver

Projekt bol náročný na vypracovanie, ale keďže bol veľmi zaujímavý, išlo to dobre. Najzložitejšou časťou bolo vymyslenie štruktúry programu – komunikácie medzi jednotlivými časťami. Najspokojnejší som s poslednou variantou, kde je spracovanie dát veľmi flexibilné a displej sa dá využiť na zobrazovanie hocijakého textu aj v iných projektoch. Okrem toho ďalšou zložitejšou časťou bolo nastavenie sériovej komunikácie s displejom a vytvorenie dátového rámca podľa špecifikácie. Na projekte som strávil vyše 40 hodín.

Autoevaluácia:

- **E**: 2b – keďže zadanie som si vymyslel sám, chcel som ho dotiahnuť do stavu, ktorý sa mi bude páčiť, a preto som aj vytvoril 3 rôzne varianty
- **F**: 5b – hlavne posledná varianta spĺňa všetky požiadavky zadania a okrem toho má rôzne bonusy, ako napríklad zaujímavé animácie

- **Q**: 2b
  - Užívateľská prívetivosť: užívateľ sa môže pripojiť buď so svojím programom a na jednoduché rozhranie posielať znaky na displej, alebo môže použiť môj program na rozpoznávanie znakov a posielať predikované znaky na displej, ktoré aj vidí na obrazovke, kde sa zobrazuje výstup
  - Spôsob implementácie: implementácia je rozdelená na dve časti, server a klient, ktoré sú nezávislé a komunikácia medzi nimi prebieha cez Wi-Fi
- **D**: 3b
  - Úvod do problému: Myslím si, že jasne popisujem, čo je cieľom projektu
  - Popis riešenia: Do detailu popisujem všetky 3 varianty a ich implementáciu
  - Zhodnotenie: Zhodnotenie je podrobné a obsahuje všetky potrebné časti
- **P**: 2b
  - Verím, že projekt odprezentujem dobre :) a prezentácia projektu samotného je pekná vizuálna, interaktívna a zaujímavá
- **SUM**: 14b

Zdroje

- `https://arduinoposlovensky.sk/projekty/dht11-a-dht22/`
- `https://techfun.sk/produkt/rs485-prevodnik-s-cipom-max485esa/`
- `https://papouch.com/prevodniky/rs485/`
- `https://learn.microsoft.com/en-us/windows/wsl/connect-usb`
- `https://blog.mbedded.ninja/programming/operating-systems/linux/linux-serial-ports-using-c-cpp/`
- `https://www.kaggle.com/datasets/grassknoted/asl-alphabet?\select=asl_alphabet_test`
- `https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp8266-\wifi-transceiver-review/`
- `https://randomnerdtutorials.com/esp32-ntp-client-date-time-\arduino-ide/`
- `https://projecthub.arduino.cc/arcaegecengiz/using-dht11-12f621`