

MICROCONTROLLER AUDIOSTIMULATION FOR BRAIN FMRI EXAMINATIONS

Marika Sobotková

Bachelor (3), FEEC BUT

E-mail: xsobot22@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Sekora

E-mail: sekora@feec.vutbr.cz

Abstract: During fMRI acquisition of task related data the variability of time lag between the audio stimulus demand and its actual playback causes a huge problem for precise data analysis. The lag is probably arised because of using standard PC for whole stimulation management, where is not possible to achieve absolute control of stimuli timing. The developed device for audio stimulation based on Arduino Due microcontroller solves that problem. The control of the audio stimuli playback is realized by external trigger. All together allows to avoid variable and high lag of audio stimulation.

Keywords: audio stimulation, functional magnetic resonance, microcontroller, Arduino

1 ÚVOD

V neurovědním výzkumu se při zkoumání lidského mozku měří buď tzv. klidová data, nebo úkolová data, na kterých se sleduje reakce mozku na určitý podnět. Podněty mohou být např. vizuální nebo akustické.[1]

Při použití konvenčních nástrojů pro tvorbu stimulačního protokolu je člověk omezen tím, že jsou tato řešení závislá na použití počítače s určitým operačním systémem (dále jen OS) a stimulační program pak prostřednictvím OS přistupuje k jednotlivým periferiím, zde např. ke zvukové kartě. Vzniká tak situace, kdy výzkumník nemá přímou kontrolu nad časováním daného stimulu, protože čas od požadavku na spuštění daného audio podnětu a jeho skutečná reprodukce je velmi variabilní a v podstatě nepredikovatelný. Tím vzniká nedefinovatelné zpoždění v řádu jednotek až desítek milisekund. To např. znemožňuje výzkum evokovaných potenciálů [2] z mozku při audiostimulaci. Je třeba proto co nejvíce „obejít“ software počítače a generovat podněty maximálně hardwarovou cestou. Vzniká tím požadavek na tvorbu zařízení pro přehrávání stimulačních audiozáznamů v reálném čase a v požadované Hi-Fi kvalitě, které se maximálně vyčlení z vlivu OS a časově variabilních procesů, např. dekomprese zvukového záznamu.

2 ZAŘÍZENÍ PRO AUDIOSTIMULACI

Počítač, na kterém probíhá záznam měřených hodnot, bude nadále využíván pouze jako jakýsi nástroj pro značkování, kdy má být podnět generován, a řízení. Požadavek na spuštění daného podnětu vyše stimulační software přes USB port do zařízení, které se na základě přijatého kódu postará o reprodukci vybraného audio stimulu. USB zaručuje odeslání i přijetí dat ve stejném pořadí, v jakém byla odeslána, a s konstantním zpožděním. Tímto způsobem je dodrženo optimální časování jednotlivých stimulů a správné vkládání stimulačních značek do záznamu, což umožňuje mnohem přesnější analýzu dat.

Vlastní zvukové záznamy jsou uloženy na paměťové kartě v tomto samostatném zařízení, takže nedochází k přenosu jiných dat mezi počítačem a zařízením, než jednoduchého krátkého protokolu, který

definuje, jaký záznam se má přehrát, případně zda má být provedena jiná funkce. Formát uložených skladeb je v „raw“ formátu, aby bylo odstraněno možné neměřitelné zpoždění vzniklé dekompresí zvukového souboru.

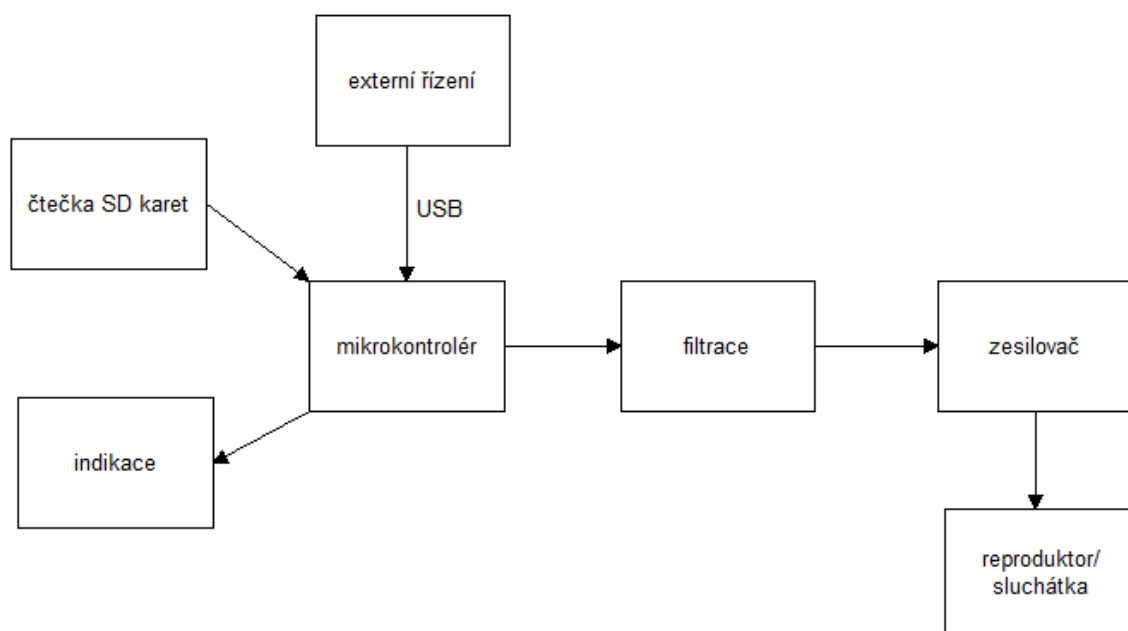
2.1 ZAŘÍZENÍ

Samotné zařízení je postaveno na mikrokontroléru open-source platformy Arduino, konkrétně modelové řadě Due. Mikroprocesor použitý v řadě Due jako jediný z rodiny Arduino disponuje dostatečným výkonem pro přehrávání audio záznamu v požadované kvalitě, tedy $f_{vz} = 44100\text{Hz}$, 16 bitů a stereo. Zpracovaný záznam je převeden jako audio signál pomocí výstupů PWM, kdy je dolní propustí vyhlazen na analogový zvukový záznam.

Zvukový záznam na výstupu je dále zpracován audio-zesilovačem, zde konkrétně LM386, který slouží k impedančnímu přizpůsobení připojené zátěži — sluchátka nebo reproduktor, dále k nastavení požadovaného zesílení. Z důvodu požadovaného stereo výstupu budou použity dva zesilovače.

Zvukové stimulační nahrávky, které jsou uloženy na SD kartě, jsou načítány pomocí připojené čtečky SD karet. Komunikace mezi modulem čtečky a mikrokontrolérem probíhá po integrované sběrnici SPI [3], tedy opět na ryze hardwarové úrovni.

Navržené zařízení, včetně vazby na řídicí počítač (resp. osobní počítač pro záznam dat) je vyobrazeno v následujícím blokovém schématu.



Obrázek 1: Blokové schéma navrženého zařízení pro audiostimulaci

2.2 ŘÍZENÍ

Předpokladem pro návrh řídicí části je, že při práci se zvukovým záznamem jsou využívány 4 základní funkce — přehrávání PLAY, pozastavení přehrávání PAUSE, pokračování v přehrávání CONTINUE a ukončení přehrávání STOP. Tyto funkce byly definovány jako požadavky vyšetřujícího pracoviště. Řízení je uskutečňováno pomocí 16bitového slova, které je rozděleno na 3 části. První částí je první bit, tzv. inicializační bit, který má vždy hodnotu „logická jedna“. Druhou částí je druhý a třetí

bit, které určují danou funkci. Pro přehrání skladby je použita dvojice bitů „11“, pro pozastavení přehrávání „10“, pro pokračování přehrávání „01“ a pro zastavení přehrávání „00“. Třetí a poslední částí je 13 nižších bitů. Touto sérií bitů je již přímo určeno číslo skladby, která má být přehrána. Představuje tak binární hodnotu, která koresponduje s číslem skladby na paměťovém mediu (samozřejmě pro přiblížení uživateli jsou skladby uloženy v dekadické soustavě).

2.3 SESTAVENÍ PROTOKOLU

Princip sestavení, resp. čtení protokolu je postaven na následujícím algoritmu. Namísto bitových operací (vyčleňování a posouvání části bitového slova) byla volena jednoduchá matematická operace postavena na porovnávání a odečítání čísel. Pro každou z výše uvedených funkcí existuje určité základní 16bitové slovo. Pro zjednodušení je nyní převedeno do hexadecimální soustavy. Uživatel pomocí svého programu vygeneruje požadavek, který sestává z kódu skladby a funkce. Toto zadané číslo se porovná se základními hodnotami, definovanými pro PLAY, PAUSE, CONTINUE a STOP a skladbu číslo 0. Porovnáním hodnoty s hodnotou funkce dojde k přiřazení správné funkce a číslo skladby získáme odečtením základní hodnoty pro danou funkci od zadaného čísla. Jelikož je vyžadována pouze jednosměrná komunikace mezi počítačem a zařízením, bude přehrávání skladby, pozastavení a zastavení přehrávání doprovázeno indikací pomocí LCD, aby měl uživatel přehled o správné funkci zařízení.

Součástí řídicího softwaru je také inicializace SD karty, kontrola typu formátu skladeb, kontrola existence vybrané skladby. V případě chyby v některé výše jmenované části dojde k zobrazení konkrétní chybové hlášky na LCD.

3 ZÁVĚR

Podle požadavků pro zlepšení reprodukovatelnosti a správnosti dat při vyšetření funkční magnetickou rezonancí doprovázené stimulací zvukovými podněty bylo navrženo zařízení pro audiostimulaci. Zařízení je založeno na mikrokontroléru Arduino Due, což umožňuje eliminovat vliv PC v rámci celé přenosové cesty, konkrétně je tedy eliminováno nedefinovatelné zpoždění. Počítač je potom využíván pouze jako akviziční zařízení pro data generovaná z fMRI a ve vztahu k audiostimulaci pouze řídí okamžik spuštění audio stimulu. Kompatibilita s komunikačním rozhraním PC je zajištěna pomocí USB. Navržené zařízení umožňuje uživateli přehrávání audio stimulů s malým, a navíc konstantním zpožděním od požadavku na jejich spuštění, což umožňuje efektivně zaznamenávat značky v záznamu fMRI právě v místech, kde uživatel bude potřebovat audio stimul spustit.

REFERENCE

- [1] Chlebus, Pavel, Mikl, Michal, Brázdil, Milan, Krupa, Petr: Funkční magnetická rezonance: Úvod do problematiky. [pdf]. Neurologie pro praxi. 2008, 2005(3/2005): 6. Dostupné z URL: <http://fmri.mchmi.com/articles/chlebus_prehled.pdf>.
- [2] Bareš, Martin: Kognitivní evokované potenciály. [pdf]., Brno 2011 Dostupné z URL: <<http://www.prolekare.cz/pdf?id=36052>>.
- [3] SPI library. Arduino [online]. Dostupné z URL: <<https://www.arduino.cc/en/Reference/SPI>>.