

MODERNIZACE REFLEKTOMETRU OPTE-F3K

Rudolf Bayer

ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektroenergetiky
Technická 2, 166 27 Praha 6, Česká republika, k315.feld.cvut.cz
e-mail: bayerrud@fel.cvut.cz

Abstrakt

Tato práce popisuje stav projektu modernizace reflektometru. Nejprve je vysvětlena funkce reflektometru a propojení laboratorního pracoviště. Jsou zde uvedeny základní schopnosti původní vestavěné elektroniky reflektometru a potřeba její modernizace. Funkce nově navržené a vyrobené řídicí elektroniky jsou vysvětleny za pomoci aktuálních schémat použitých obvodů a tabulkou podporovaných příkazů.

Klíčová slova

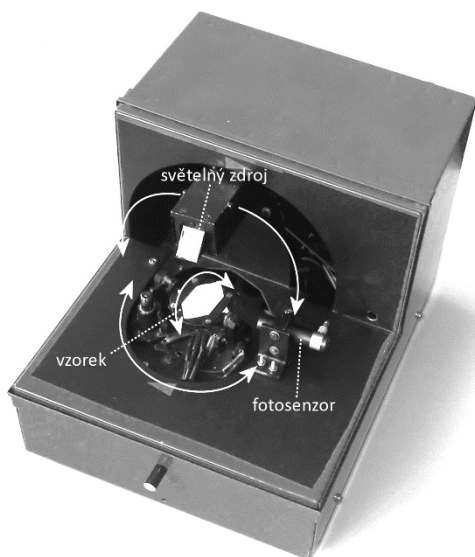
Reflektometr, OPTE-F3K, ATmega8L, FT232RL, kontrastoměr Brüel & Kjær typ 1100

1. Úvod

Prostřednictvím zraku získává člověk 80 až 90 % informací o svém okolním prostředí. Světlo vyzařované primárními světelnými zdroji (Slunce, kompaktní žárovka, atp.) interaguje s objekty, mění své vlastnosti a tím zprostředkuje informace o okolním světě pozorovateli. Jednou z důležitých interakcí světla s okolním prostředím je odraz od povrchu. Fotometrické vlastnosti povrchů materiálů jsou důležité zejména při výpočtech rozložení světelného toku v prostoru při návrhu osvětlovacích soustav.

2. OPTE-F3K

Měření odrazných vlastností povrchů materiálů lze provádět za pomoci reflektometrů. Katedra elektroenergetiky vlastní typ OPTE-F3K (viz obr. 1). Tento přístroj potřebuje pro měření odrazných vlastností povrchů materiálů jasoměr s externím čidlem. V případě OPTE-F3K je použit jasový kontrastoměr Brüel & Kjær typ 1100 (viz obr. 2). Jeho čidlo je zařazováno v reflektometru (na obr. 1 označeno jako fotosenzor) a kabelem veden signál do kontrastoměru. Zařízení je schopné měřit jasy až do 199 kcd/m² pod úhlem 3° [2].



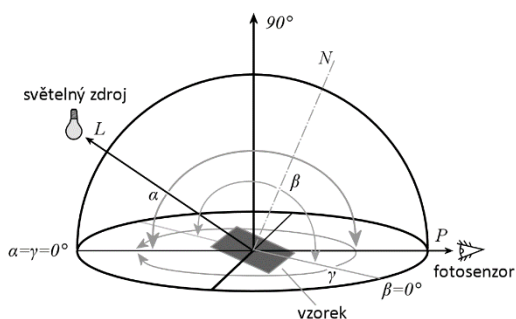
obr. 1: Reflektometr OPTE-F3K



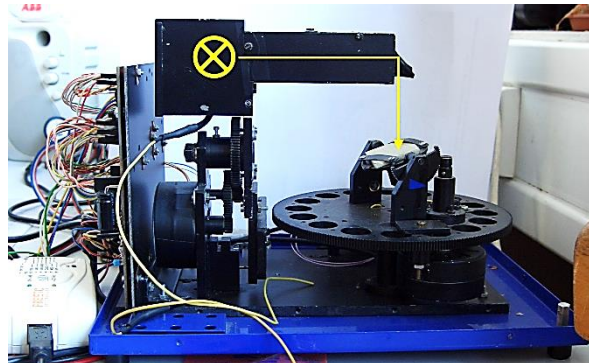
obr. 2: Kontrastoměr Brüel & Kjær typ 1100

2.1. Princip měření

Pro měření prostorového rozložení jasu povrchu měřeného vzorku pro různé úhly dopadu světelných paprsků je třeba vzorkem a světelným zdrojem otáčet. Pro tento účel jsou v reflektometru zabudovány krokové motory otáčející vzorkem kolem dvou os a světelným zdrojem kolem jedné osy. Možnosti otáčení vzorku lze nalézt na obr. 3.



obr. 3: Úhly otáčení vzorku a světelného zdroje v reflektometru



obr. 4: Umístění referenčního světelného zdroje

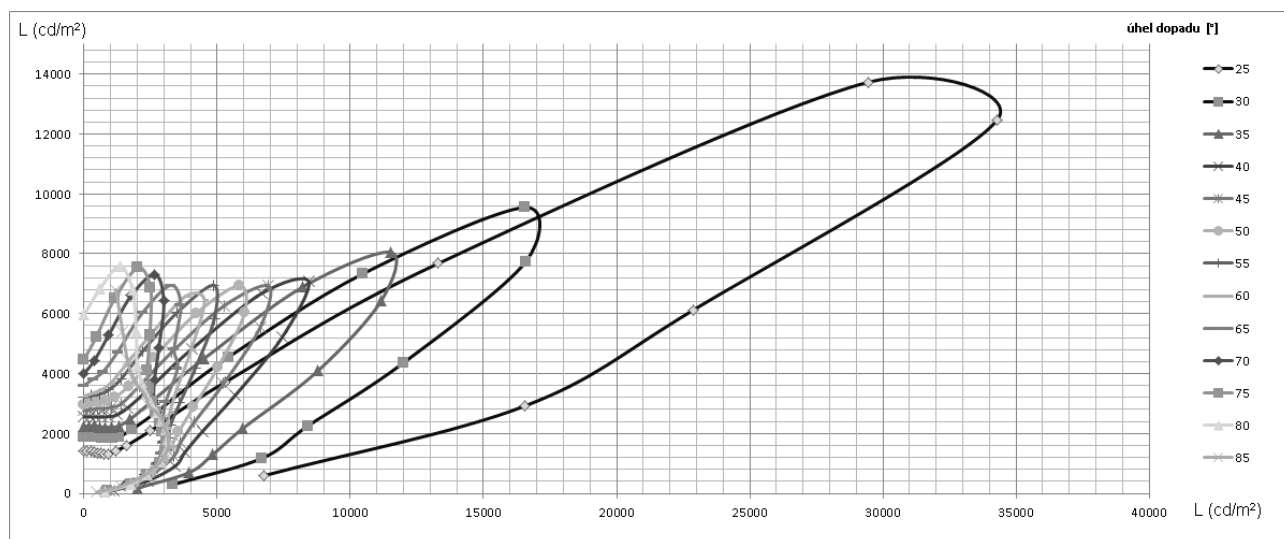
Podle obr. 3 je vzorek umístěn na plošku s osou N, kterou lze natáčet kolem svislé osy pod úhlem γ v rozmezí 0° až 180° . Dále je možno tuto plošku naklonit z vodorovné polohy ($\beta = 90^\circ$) až do polohy svislé ($\beta = 0^\circ$). Referenční světelný zdroj lze natáčet v rozmezí $\alpha = 0^\circ$ až $\alpha = 180^\circ$ (obr. 4). Úhly α , β a γ lze nastavit s přesností $0,5^\circ$ [1]. Zařízení je poměrně malých rozměrů (20 x 26 x 18 cm), z čehož plyne i maximální velikost měřených vzorků materiálů 2 x 2 cm s tloušťkou 0,5 cm. Navíc lze měřit povrchy s nepříliš hrubým povrchem, neboť zařízení osvětluje pouze malou část povrchu měřeného vzorku [1].

Díky možnosti otáčení vzorku a světelného zdroje v rozmezí úhlů vyznačených na obr. 3 lze reflektometr OPTE-F3K použít pouze pro materiály, které vykazují totožné prostorové rozložení jasu pro jakékoliv otočení vzorku podle normály N dle obr. 3.

Reflektometr je vybaven třemi synchronními motory (typ SMR 300-100 firmy Regulace-Automatizace Bor, s. r. o.) zabezpečujícími rotaci vzorku a světelného referenčního zdroje podle výše uvedených úhlů. Motory jsou napájeny z externího síťového zdroje. Jako referenční zdroj světelného toku byla pro své široké spektrum zvolena halogenová žárovka, napájená též externím síťovým zdrojem.

2.2. Původní elektronika

Reflektometr OPTE-F3K byl sestaven pro komunikaci s počítačem po paralelní lince. Pro ovládání tohoto měřicího přístroje byla vyvinuta aplikace v jazyku QBasic. Komunikace byla pouze jednosměrná. Bylo možné posílat pulzy, podle nichž řídicí elektronika reflektometru zapínala či vypínala napájení vinutí a měnila polaritu. Tímto způsobem byl natáčen měřený vzorek a rameno referenčního světelného zdroje bez zpětné vazby. Zápis hodnot jasů pro různé kombinace úhlů byl prováděn ručně odečtem z displeje jasoměru. Příklad naměřené křivky tímto způsobem lze nalézt na obr. 5.



obr. 5: Naměřené křivky jasů zkoumaného vzorku

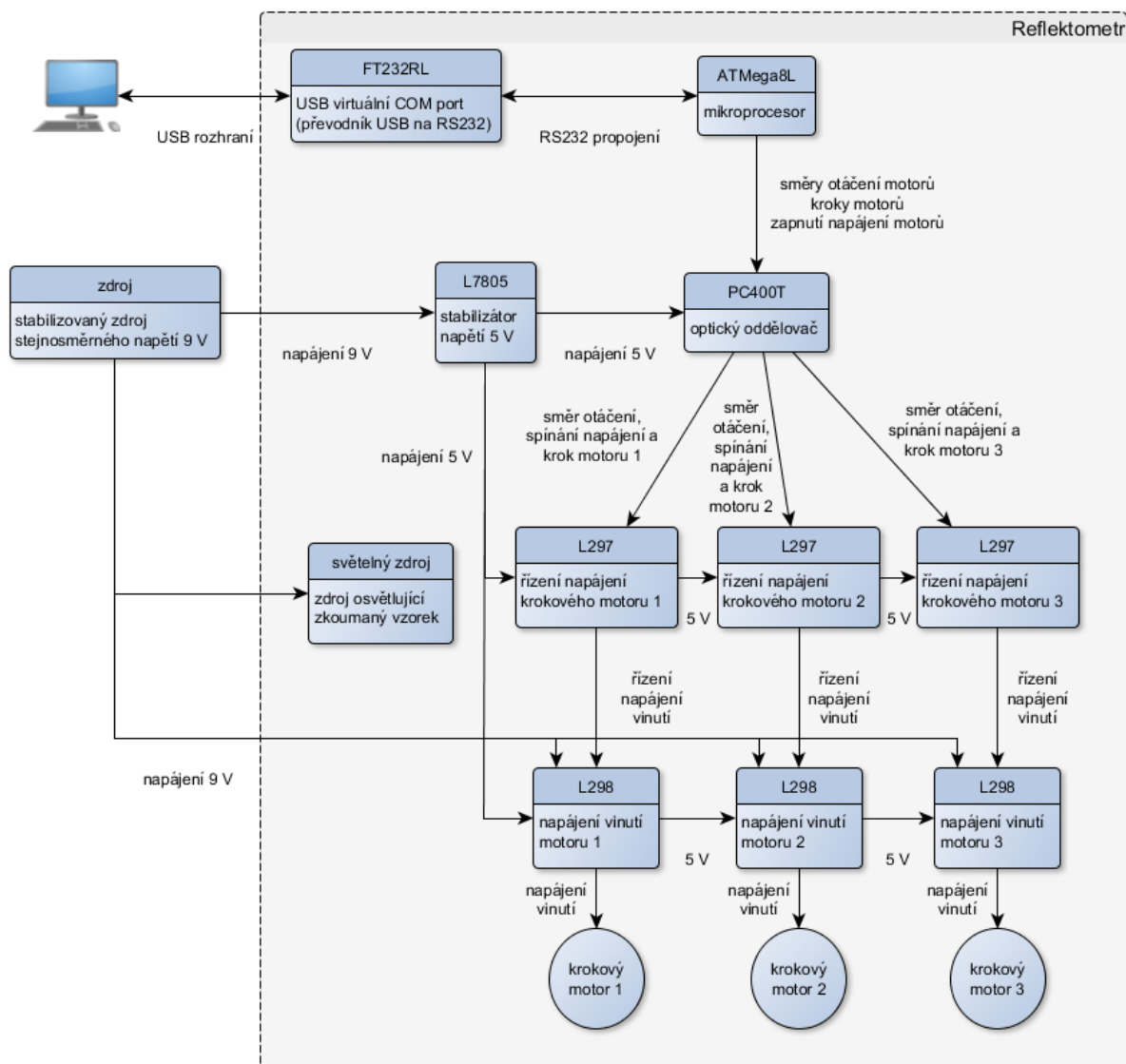
Na obr. 5 jsou uvedeny části řezů fotometrických ploch jasů pro různé úhly dopadu svazků paprsků referenčního zdroje reflektometru [1], kdy rovina řezu je kolmá k odraznému povrchu zkoumaného vzorku světelně-činného materiálu.

Cílem modernizace reflektometru je možnost automatizovaného měření a připojení k počítači pomocí USB rozhraní. Za tímto účelem bylo třeba navrhnout a vyrobit novou řídicí elektroniku reflektometru a A/D převodník pro digitalizaci naměřené hodnoty jasů.

2.3. Nová elektronika

Cílem přestavby reflektometru bylo umožnění komunikace přes rozhraní USB pro nastavování úhlů měřeného vzorku a světelného zdroje a možnost přečtení hodnoty jasů z jasoměru. Potom bude možné provádět automatizovaná měření pomocí počítačového softwaru, který je nyní vytvářen.

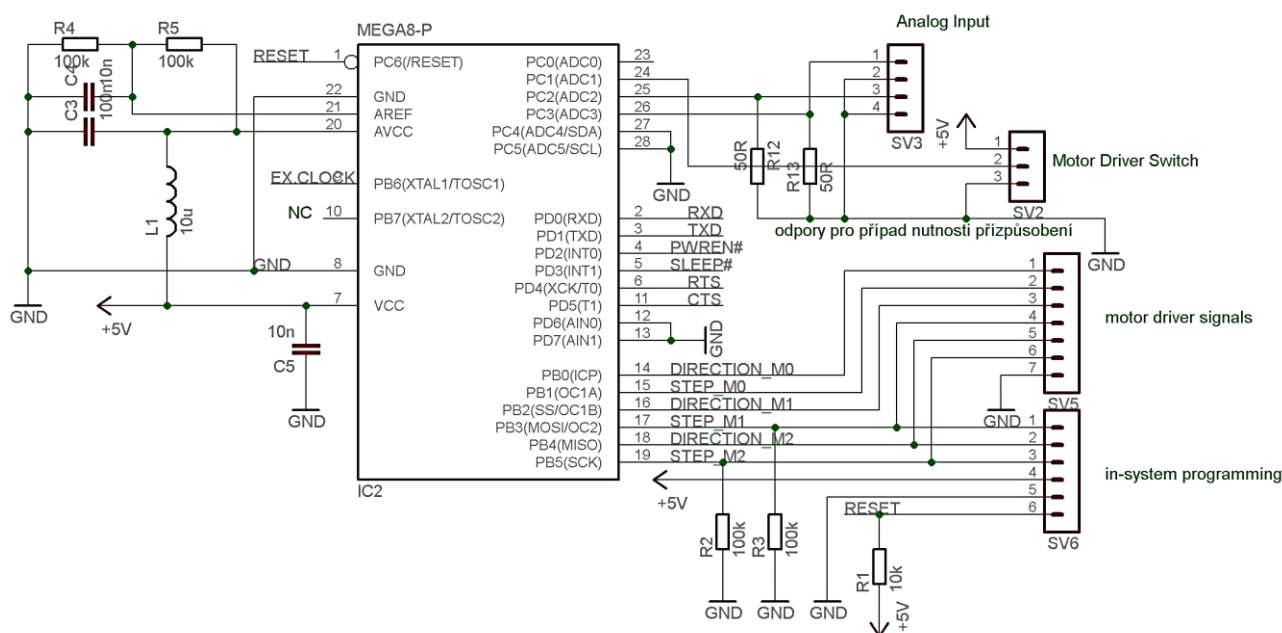
Na obr. 6 je uvedeno propojení jednotlivých částí celého pracoviště reflektometru.



obr. 6:

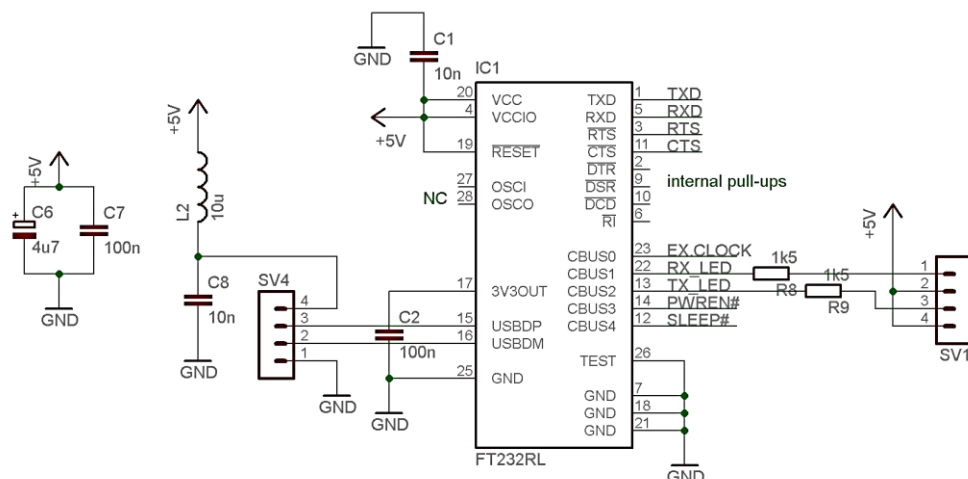
Jádrem řídicí elektroniky reflektometru je mikroprocesor ATmega8L. Jako převodník ze sériového rozhraní RS-232 na USB je použit integrovaný obvod FT232RL. Po připojení k počítači při užití doporučených knihoven je otevřen virtuální komunikační sériový port. Část převodníku FT232RL a mikroprocesoru ATmega8L je napájena z USB rozhraní. Další části řídicí elektroniky jsou opticky odděleny.

Na obr. 6 je uveden externí síťový stabilizovaný zdroj, který napájí přes 5V stabilizátor napětí dvojici integrovaných obvodů L297 a L298, řídicí napájení vinutí krokových motorů. Vinutí těchto motorů jsou napájena přímo z externího zdroje 9 V. Tento zdroj, sestaven pro původní elektroniku, bude dále využíván v nové verzi reflektometru.



obr. 7: Schéma zapojení mikroprocesoru ATMega8L

Na obr. 7 je uvedeno schéma zapojení mikroprocesoru ATmega8L. Napájení 5 V je získáno ze sběrnice USB a je filtrováno kondenzátorem C5 a cívkou L1. Hodinový signál je získáván z převodníku FT232RL o frekvenci 6 MHz pinem PB6. Pro měření jasu je zvolen pin PC3 s možností A/D převodu, stejně jako PC2. Výstupem PC1 lze vypínat a zapínat napájení vinutí krokových motorů. Piny pro sériovou komunikaci jsou vyvedeny přímo do FT232RL. Řízení motorů je zajištěno piny PB0 až PB5. Tyto piny jsou částečně sdíleny s programovacím rozhraním. Každý z krokových motorů je ovládán dvojicí signálů směr a krok (v obr. 7 označeno jako `DIRECTION_Mx` a `STEP_Mx`, kde x je číslo motoru).

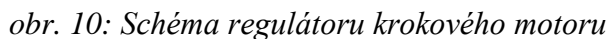


obr. 8: Schéma zapojení převodníku FT232RL

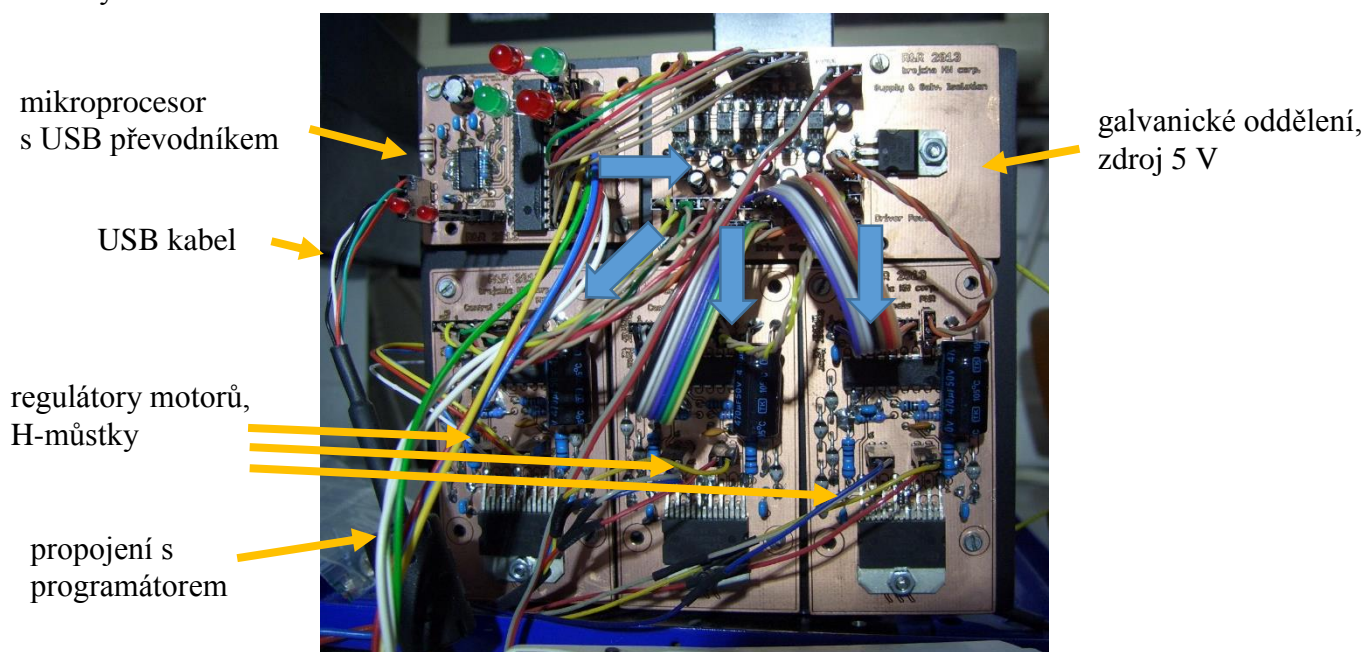
Na obr. 8 je uvedeno schéma plošného spoje převodníku RS-232 na USB. Konektor SV4 slouží pro propojení reflektometru s počítačem přes rozhraní USB, konektor SV1 slouží k připojení externích indikačních LED pro signalizaci komunikace vycházející a přicházející po USB rozhraní. Piny pro sériovou komunikaci RS-232 jsou přímo připojeny k mikroprocesoru ATmega8L stejně jako výstupní hodinový signál 6 MHz.



Část řídicí elektroniky galvanicky oddělující rozhraní pro komunikaci s počítačem je uvedena na obr. 9. Součástí je i stabilizovaný zdroj napětí 5 V, který napájí výstupní část optočlenů PC400T a regulátory krokových motorů. Způsobem zapojení optočlenů jsou výstupy invertovány.



Na obr. 10 je uvedeno schéma regulátoru krokového motoru L297 a H-můstku L298N. Tato část je v reflektometru zabudována jednou pro každý ze tří krokových motorů. Do regulátoru L297 jsou přivedeny signály „směr“, „krok“ a „napájení vinutí“. Tyto signály jsou zde převedeny přímo na signály pro napájení H-můstku L298N, který připíná ke svorkám vinutí motoru napětí z externího zdroje 9 V. Pro plynulejší chod motorů je nastaven poloviční krok pinem H/F regulátoru. Nastavení maximálních proudů vinutí motoru je nastaveno odpory R15 a R14 a nastavením referenčního napětí odpory R16 a R17. Proti špičkám napětí při vypínání napájení vinutí motoru jsou zapojeny diody D1 až D8.



obr. 11: Fotografie nové elektronické části reflektometru

Aktuální fotografie řídicí části reflektometru lze nalézt na obr. 11. Je zde vidět vlevo USB připojení k převodníku, dále výstupní signály vedené vodiči na desku s optočleny a rozvod galvanicky oddělených signálů do jednotlivých regulátorů motorů.

2.4. Firmware mikroprocesoru

Reflektometr je osazen mikroprocesorem ATmega8L (obr. 7), který má za úkol zprostředkovat rozhraní mezi počítačem a krokovými motory, otáčejícími měřeným vzorkem a referenčním světelným zdrojem, a který má dále zprostředkovat rozhraní mezi počítačem a jasoměrem Brüel & Kjær typu 1100.

Jako komunikační protokol byla zvolena zjednodušená varianta HDLC (High-level Data Link Control). Každý rámec (zpráva), posílaný mezi počítačem a procesorem, je ohraničen tzv. oddělovači rámců [3]. Jsou to byty hodnoty 0x7E hexadecimálně (obr. 12).



obr. 12: Struktura rámce použité verze HDLC protokolu

Obsah jednoho rámce se skládá z pole povel, data0 a data1. Jelikož je potřeba posílat v určitých případech celá čísla větší než hodnota 255, jsou pro data vyhrazena dvě pole (jedno pole reprezentuje hodnotu jednoho bytu). Podle protokolu HDLC by měly rámce obsahovat i adresu a kontrolní součet. Pro účely tohoto projektu jsou však tato dvě pole zbytečná a nejsou použita. Pro komunikaci mezi počítačem a procesorem je adresa přebytná a není počítáno se silně zarušeným prostředím, které by dokázalo sériové vedení o délce okolo 2 cm (spojení mezi převodníkem FT232RL a mikroprocesorem), zastíněné plechovým krytem, negativně ovlivnit.

Protože komunikace po sériové lince RS-232 probíhá nikoliv po paketech, ale po znacích, je třeba definovat hodnoty řídicích bytů, které se v obsahu rámce nemohou opakovat. HDLC protokol tento problém řeší tak, že zavádí mimo oddělovačů rámců další řídicí byty. V tomto projektu je mimo oddělovače rámců použit ještě únikový znak 0x7D. Tento znak předchází všem bytům obsahu rámce, které mají stejnou hodnotu jako jeden z řídicích znaků (oddělovač, únikový), navíc je původní byte změněn inverzí 5. bitu. Pokud by tedy měl být poslán v rámci jeden z řídicích znaků, lze výsledný obsah daného pole najít v následující tabulce [3]:

Znak v datech	Význam	Zakódování
0x7E	Oddělovač rámce	0x7D 0x5E
0x7D	Únikový znak	0x7D 0x5D

Rámce se ve výsledku může tedy skládat i s oddělovači z pěti bytů, může však dosahovat délky nanejvýš 8 bytů pro zdvojení všech tří bytů obsahu rámce.

Do firmwaru bylo implementováno několik příkazů:

Povel	Hodnota bytu "Povel"	Význam
Alive	0x10	Příkaz pro ověření spojení s počítačem
Power on/off	0x24, 0x20	Zapnutí/vypnutí napájení vinutí motorů
Goto	0x28, 0x29, 0x2A, 0x2B	Rotace motoru na úhel daný obsahem dat rámce (motor 0, 1, 2 nebo pro všechny motory najednou)
Stop	0x2C, 0x2D, 0x2E, 0x2F	Zastavení pohybu daného motoru (motor 0, 1, 2 nebo pro všechny motory najednou)
Set position	0x34, 0x35, 0x36, 0x37	Nastavení aktuální polohy daného motoru počítáno v krocích (motor 0, 1, 2 nebo pro všechny motory najednou)
Get position	0x30, 0x31, 0x32, 0x33	Získání aktuální polohy daného motoru počítáno v krocích (motor 0, 1, 2 nebo pro všechny motory najednou)

Po každém odeslání platného rámce z počítače dojde k potvrzení přijetí odesláním rámce s příkazem OK 0x80.

Pro umožnění automatizovaného měření bude potřeba reflektometrem naměřit hodnotu jasu z jasoměru v podobě výstupního napětí, tuto hodnotu digitalizovat A/D převodníkem a dále ji poskytnout pro přečtení z počítače přes totéž rozhraní, přes které se ovládají motory.

2.5. Aplikace pro automatizované měření

Na aplikaci pro automatizované měření, která by nastavovala úhly jednotlivých prvků reflektometru a načítala hodnoty jasu, byla započata práce studentem Bc. Davidem Hodačem. Její poslední zveřejněná verze však neumožňuje komunikaci s reflektometrem, pouze řeší ukládání dat. Výstup z této aplikace by měl být v budoucnu možný zobrazit v aplikaci BSDF Viewer.

3. Reference

- [1] MÁLEK, Jan. ČVUT - FEL. Disertační práce - Odrazné vlastnosti světelně činných materiálů. Praha, 2007
- [2] BRUEL&KJAER. Application Notes: Contrast and Luminance Measurements on work places with CRT display terminal. Soborg (Dánsko): K. Larsen & Son A/S, 1980. Dostupné z: [http://81.70.242.211/eab1/manual/Magazine/T/Technical%20Review,%20Bruel%20&%20Kjaer%20DK/1980-1%20\[26\].pdf](http://81.70.242.211/eab1/manual/Magazine/T/Technical%20Review,%20Bruel%20&%20Kjaer%20DK/1980-1%20[26].pdf)
- [3] HDLC. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-08-28]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/HDLC>