

Návrh měřicí desky s komunikací po sběrnici MODBUS

Bc. Václav Jíše <vaclav.jise@tul.cz>, Ing. Miroslav Holada, Ph.D.

Cílem této diplomové práce byl návrh hardwarové a softwarové části desky pro měření a monitoring proudů solárních panelů v solárních elektrárnách. Deska měří proud tzv. stringů, kde termínem string označujeme několik sériově zapojených panelů. Monitorování proudu vytvořeným každým stringem je důležité pro zjištění správné funkčnosti elektrárny. Deska je navržena tak, aby umožnila měřit zároveň až 12 stringů. Zároveň byl při návrhu nové desky kladen požadavek, aby byla deska zpětně kompatibilní s již neprodejnou, zastaralou deskou od firmy Satcon. Z desky se tedy zachovaly rozměry, poloha snímačů, napájecích svorek a poloha konektorů pro komunikaci. Komunikace desky s nadřazeným prvkem probíhá po sběrnici Modbus za pomoci procesoru STM32F411. Jedná se o procesor s jádrem ARM, který se stará o běh celé desky.

Klíčová slova: ARM, fotovoltaika, monitoring, Modbus

Úvod

Důvod vzniku této práce byl požadavek na vytvoření měřicí desky proudů, která by nahradila desku vyřazenou z prodeje. Tato deska je použita k měření proudů ze stringů ve střídačích solárních elektrárnách. Tento typ desky je využíván v komplexu FVE Ralsko. Problém způsobila legislativa, která neumožňuje po dobu několika let měnit komponenty těchto elektrárn. Měřicí desky jsou ale staré desítky let a vlivem stáří součástek a atmosférických jevů se u nich často vyskytují poruchy. Oprava takové desky je velmi náročná, protože výrobce zveřejnil pouze schéma, ale firmware desky zůstal uzamčen. Proto byla snaha vytvořit desku, která by se chovala stejně jako deska stávající a využívala moderní dostupné komponenty. Zároveň by byla možnost zasáhnout do firmwaru procesoru a případně doplnit desku i o další funkce.

Metodika

Velkou část práce tvoří funkční princip a implementace komunikačního protokolu Modbus. Tento protokol je velmi rozšířený v průmyslu zejména pro jeho jednoduchost, velkou univerzálnost a také dobrou odolnost vůči rušení.

Modbus lze provozovat ve dvou režimech. Prvním z nich je ASCII režim, ve kterém je každý byte kódován jako dvojice znaků zakódovaných v ASCII. Je lépe čitelný, ale pomalejší a proto méně používaný. Druhý

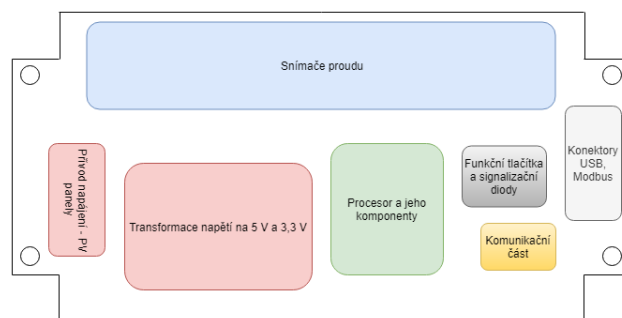
režim je RTC, který byl použit v této práci. Základní struktura rámce má následující podobu

Tabulka 1 - Podoba rámce protokolu Modbus RTC

Začátek	Adresa	Funkční	Data	CRC	Konec
$\geq 3,5$ znaku klid	slave 1 byte	kód 1 byte	0 – 252 bytů	2 byty	$\geq 3,5$ znaku klid

Maximální velikost zprávy tohoto režimu je tedy 256 bytů. CRC kontrolní součet slouží pro ověření správného příjmu dat. Tento součet je generován pomocí polynomu $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$ [2].

Další část práce se zabývá návrhem samotné desky. Z požadavku zpětné kompatibility desky vyplívá několik omezení. Musel být zachován tvar a velikost desky a také pozice některých komponent. Rozvržení součástek na desce tedy nemohlo být libovolné. Výsledné rozložení prvků na desce má následující podobu



Obrázek 1 - Blokové schéma rozmístění prvků na desce

Poslední část se věnuje realizaci softwaru pro desku. Software se stará o řízení komunikace, sběr dat ze snímačů a také samotný převod hodnot proudu.

Výsledky a diskuze

Napájení desky je přímo z měřených panelů. Napětí se pohybuje okolo 400-800V v závislosti na osvětlení. Toto napětí je však nutné transformovat na napětí použitelné pro komponenty na desce, konkrétně 5 V pro snímače a komunikační část a 3,3 V pro procesor. Původní deska řešila napájení pomocí dvou výkonových tranzistorů, které snížily napětí na 230 – 240V. Toto napětí bylo, pomocí měniče, převedeno na 5 V. Snížení na 3.3 V bylo řešené pomocí lineárního regulátoru. V návrhu této práce byl použit měnič určený přímo pro použití v solárních systémech. Dokáže přeměnit napětí 100 – 1000V na 5V. Oproti stávajícímu použití obsahuje také několik bezpečnostních funkcí jako ochranu proti přepětí, přehřátí a opačné polaritě. Pro napájení procesoru se stále využívá lineární regulátor.

Pro desku byl zvolen procesor STMF411RCT. Jedná se o 32 bitový procesor architektury ARM, který využívá jádro Cortex®-M4 [3]. Maximální frekvence je 100 MHz. Oproti původnímu procesoru Atmel AVR s maximálním taktem 20 MHz je nová deska výrazně rychlejší. Zároveň má větší paměť pro data a také disponuje mnoha periferiemi. Pro sběr dat ze snímačů je tedy možné využít zabudovaného AD převodníku, který umožní převod až 16ti kanálů při rozlišení 12 bitů. Využitím tohoto převodníku je možné výrazně zjednodušit desku eliminací externího převodníku. Zároveň je využita paměť procesoru pro ukládání dat například pro kalibraci čidel.

Komunikace desky probíhá po sběrnici RS485, na které je implementován protokol Modbus. Procesor však disponuje pouze sériovým rozhraním UART. O převod mezi rozhraním UART a RS485 se stará integrovaný obvod ADM2582E. Jedná se o kombinaci vysílače a přijímače, který má galvanicky oddělené veškeré piny. Při výskytu nebezpečného napětí na sběrnici tak nehrozí poškození desky.

Implementace Modbus protokolu byla vyřešena tak, že procesor poslouchá a ukládá veškerou komunikaci na sběrnici. Pokud je na sběrnici klid, procesor dostane tuto informaci pomocí přerušování. V tuto chvíli se začne příchozí zpráva zpracovávat. Nejprve se zjistí, jestli je zpráva určena pro desku.

Pokud se neshoduje ID desky s ID ve zprávě, zpráva se zahodí. Při shodě je zpráva dále zpracována a vytváří se příslušná reakce závislá na příchozí zprávě.

Při převodu proudu se zjistilo, že hodnoty ze snímačů výrazně kolísají. Toto kolísání je v řádu jednotek až desítek mA. Proto bylo nutné tyto hodnoty ještě před uložením filtrovat. V práci bylo otestováno několik číslicových filtrů, ze kterých byl vybrán jednoduchý filtr s exponenciálním zapomínáním. Tento filtr má velkou výhodu v rychlosti výpočtu a jednoduché implementaci při stále srovnatelných výsledcích s FIR a IIR filtry.

Závěr

Tato práce se snažila o vytvoření moderní měřicí desky pro monitoring proudů v solární elektrárně. Snaha byla vytvořit desku, která bude kompatibilní se stávající deskou nasazenou v provozu elektrárny FVE Ralsko. Použitím moderních součástek bylo dosaženo výrazné zjednodušení návrhu desky. Hlavně pak v oblasti zdrojové části a části desky realizující sběr dat ze snímačů. Díky použití výkonnějšího procesoru byla také možnost desku doplnit o několik dalších funkcí jako filtrování dat ze snímačů, ale také vypínání právě neměřených snímačů využitím tranzistorů. Dále také nebylo nutné použít externí paměti pro uchování kalibračních a dalších inicializačních dat.

Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2019.

Reference

[1] Zprávy o provozu elektrizační soustavy. *Energetický regulační úřad*. [Online] [Citace: 23. 2. 2019.] <http://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy#2018>.

[2] Protocol Description. *modbus tools*. [Online] [Citace: 2. 1. 2019.] <https://www.modbustools.com/modbus.html#function16>.

[3] STM32 32-bit Arm Cortex MCUs. [Online] [Citace: 2019. 1. 27.] <https://www.st.com/en/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>.