

FIELD INSTRUMENT WITH HART INTERFACE

Jan Kunz

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xkunzj00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Beneš

E-mail: benesp@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper describes design and development of of creating field instrument demonstration module. Module is capable of measuring multiple sensors such as thermocouples, RTD, or pressure sensor, analogue sensor simulation is also provided. Sensor's side is isolated from output, which is composed of 4 - 20 mA current loop and HART interface. Current loop also provides power supply and module can communicate via HART also when alarm current (3,2 mA) is set. Basic safety features like open wire detection, over and undervoltage protection are also implemented.

Keywords: current loop, HART, thermocouple, RTD, pressure sensor

1 ÚVOD

Senzory s proudovým výstupem jsou díky svým vlastnostem i dnes v praxi hojně rozšířené. S rozvojem nízkopříkonových součástek se objevují možnosti vytvářet stále sofistikovanější senzory napájené pouze proudovou smyčkou. K časté výbavě těchto senzorů patří HART komunikace s nadřazeným systémem, nebo galvanické oddělení snímačů. Zkombinovat obě tyto energeticky náročné možnosti a zachovat napájení pouze z proudové smyčky je velmi obtížné. Tvorbou právě takového modulu se tato práce zabývá.

Při napájení z proudové smyčky a možnosti komunikovat přes HART nesmí celková spotřeba modulu přesáhnout 2,7 mA. To je při použití galvanického oddělení, HART modemu a AD převodníku velmi obtížný úkol. Navíc galvanické oddělení nesmí svým šumem ovlivnit HART komunikaci a AD převodník musí být schopen napájet i snímače. Je potřeba pečlivý výběr jednotlivých komponentů, jejich optimální propojení a citlivé využívání řídicím programem. K AD převodníku bude navíc možné díky univerzálnímu obvodovému řešení připojit různé snímače, například termočlánek, platinový RTD snímač, nebo snímač tlaku.

Hlavním cílem této práce je vytvořit univerzální modul pro úpravu signálu z různých typů snímačů a s HART komunikací na proudové smyčce, ze které bude modul současně i napájen.

2 REALIZACE

Pro realizaci modulu musely být vyřešeny dva hlavní problémy. První je zajištění spotřeby celého modulu tak, aby mohl být modul napájen z proudové smyčky a zároveň nerušil HART komunikaci. Druhou je navržení univerzálních analogových obvodů pro připojení různých typů snímačů a vhodné zpracování jejich výstupů.

Pro dodržení maximálního proudového odběru byly vybrány integrované obvody kumulující do sebe co nejvíce užitečných funkcí, ale s co nejnížší spotřebou. Byl použit DA převodník AD5421 firmy Analog Devices. Jedná se o DA převodník, který je napájený z proudové smyčky a obsahuje dva nezávislé napěťové stabilizované výstupy, které byly nastaveny na 3,3 a 9 V. Jedno napětí (3,3 V)

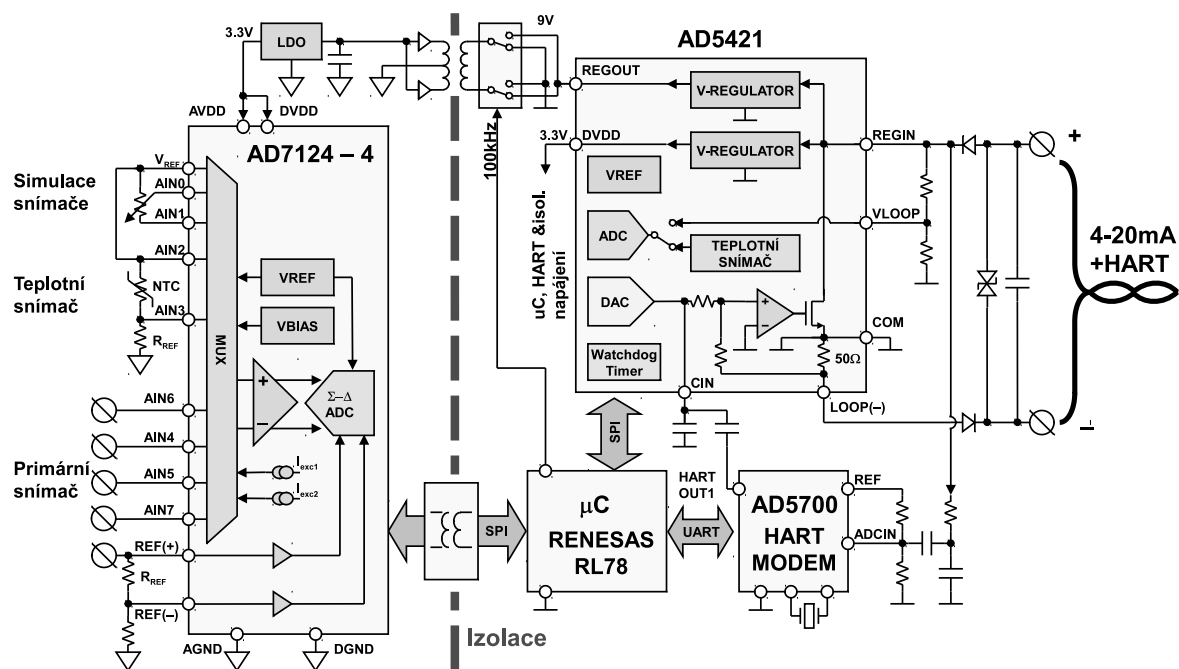
je použito pro napájení okolních obvodů a druhé (9 V) napájí přes transformátor (2:1) izolovanou senzorickou část modulu.

Velkým problémem je galvanické oddělení SPI komunikace s co nejnižší spotřebou. Spotřeba nejlepších opto-izolátorů se pohybuje nad 1 mA což je stále vysoká spotřeba pro tento modul. Proto musely být použity izolátory pracující na jiném principu. Byl vybrán izolátor ADuM1441 firmy Analog Devices, který pracuje na magnetickém principu a spotřebovává méně než 0,5 mA. Tato spotřeba je již dostatečně malá pro použití v tomto modulu.

Celkové řešení zapojení snímačů bylo vytvořeno tak, aby poskytovalo co nejvíce možností jejich zapojení. Platinový RTD snímač je možné měřit pomocí dvou-, tří-, i čtyřvodičové metody. Tenzometrický tlakový snímač (tvoří plný most) se dá excitovat proudově i napětově. U každého měření je možné signál zesílit a dokonce i zjistit, zda není některý přívodní vodič přerušen a pokud ano, tak který. Je zde i možnost analogové simulace snímače, která dovoluje demonstrovat funkčnost modulu, i když snímač není připojen, nebo je problematické dosáhnout krajních poloh jeho rozsahu.

Z blokového schématu celého modulu (obr. 1) jde vidět základní funkčnost modulu. Modul je řízen 16-bitovým procesorem Renesas RL78, který ovládá periferie, zpracovává naměřená data a komunikuje s nadřazeným systémem. Vstupní signál jde přes přepěťovou ochranu do HART modemu (AD5700) a do DA převodníku. Příchozí HART zprávy jdou přes modem do procesoru, kde se zpracují a odechozí zprávy jdou přes modem do DA převodníku, kde se HART komunikace superponuje na proudovou smyčku. DA převodník reguluje proud procházející smyčkou, měří napětí ve smyčce (nebo teplotu) a současně z ní produkuje dvě napájecí napětí. Napětí 3,3 V napájí procesor, HART modem a přepínač. Druhé napájecí napětí (9 V) prochází přes galvanické oddělení, poté přes LDO regulátor a poskytuje napájecí napětí pro AD převodník (AD7124-4).

AD převodník měří signál primárního snímače, teplotu desky a analogovou simulaci primárního snímače. Primární snímač může být napájen dvěma proudovými zdroji v AD převodníku, nebo napájecím napětím. AD převodník také průběžně kontroluje zda je primární snímač správně připojen.



Obrázek 1: Blokové schéma modulu

3 PARAMETRY

Modul byl vytvořen, naprogramován a jeho parametry změřeny. Kromě celkové spotřeby se pozornost soustředila na přesnosti měření jednotlivých snímačů a šumové parametry. Spotřeba celého modulu při plné funkčnosti se pohybuje od 1,8 mA (u termočlásku) do 2,2 mA (tlakový snímač s napětíovou excitací). Tyto hodnoty jsou s velkou rezervou pod limitem, takže je možno dokonce uvažovat o přidání nějaké funkčnosti, například modulu pro bezdrátovou komunikaci.

Teplotu pomocí Pt100 RTD snímače teploty třídy A dle IEC 751 měří modul s přesností specifikovanou touto třídou v tří-, i čtyřvodičovém zapojení. Chyba měření je tedy mnohem menší než chyba snímače.[1] Z toho se dá se usuzovat, že je modul vhodný i pro měření kalibrovaných RTD snímačů, ovšem otestováno to nebylo.

Při měření termočláskem je důležitá i přesnost měření teploty studeného spoje. Proto byla přesnost měření teploty termočláskem rozdělena na dvě části. Při měření byl použit termočlánek typu T a teplota srovnávacího spoje byla měřena NTC termistorem. V první části byl srovnávací spoj držen na stálé teplotě (25 °C) a měřící spoj byl vystavován teplotám od 0 do 100 °C. Maximální chyba během tohoto měření nepřesáhla 0,5 °C. Ve druhé části byl měřící spoj v konstantní teplotě (25 °C) a byla měřena teplota srovnávacího spoje od 0 do 80 °C. I zde maximální chyba během měření nepřesáhla 0,5 °C. Chyba měření je zde způsobena hlavně chybami snímačů, jelikož termočlánek i NTC termistor mají chybu 1 °C (nebo 1% podle toho, která hodnota je větší). Teplotu srovnávacího spoje by šlo měřit s menší chybou, například platinovým RTD snímačem, ale měření teploty NTC termistorem se vzhledem k přesnosti termočlásku jeví jako dostatečné a levnější řešení. [2]

U měření tlaku byla ověřena funkčnost a proveden test na šum. Při obou způsobech napájení (napětíově a proudově) je efektivní rozlišení 19 (respektive 18) bitů, což je pro průmyslové použití dostatečné, jelikož nejpreciznější průmyslové snímače tlaku dosahují rozlišení 15 bitů.

4 ZÁVĚR

Byl vytvořen modul pro zpracování signálů ze snímačů s galvanickým oddělením od výstupu, který tvoří proudová smyčka a HART komunikace. Modul úspěšně prošel HART testy fyzické vrstvy. Maximální spotřeba modulu při plném provozu je 2,2 mA, což může být poskytnuto proudovou smyčkou a modul tak stačí připojit pouze dvěma dráty.

Modul je schopný měřit termočlánek, RTD snímač a snímač tlaku. Při testech těchto snímačů hrála vždy chyba daného snímače dominantní roli v celkové chybě. Navržený modul lze tedy rovnou použít pro běžná měření daných veličin.

Modul splňuje všechny požadavky, které na něj byly kladeny. Další vylepšení jsou možná v lepší stabilizaci izolovaného napájecího napětí a také je možno obohatit funkčnost modulu dalšími vymoženostmi, jelikož aktuální spotřeba leží 0,5 mA pod maximem.

REFERENCE

- [1] KREIDL, Marcel. *Měření teploty: senzory a měřící obvody*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-7300-145-4.
- [2] KESLER, Walt, James BRYANT a Walt JUNG. *Practical design techniques for sensor signal conditioning*. Norwood, Mass: Analog Devices, 1999, s. 7.2 -7.9. ISBN 0916550206.
- [3] ANALOG DEVICES. AD5421: Data Sheet. rev. H.
- [4] ANALOG DEVICES. AD5700: Data Sheet. rev. F.
- [5] ANALOG DEVICES. AD7124-4: Data Sheet. rev. A.