

INTELIGENTNÍ SENZORY

Jan Václavek

Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology
Institute of Automation and Computer Science
Technická 2896/2, Brno 616 69, Czech Republic
200503@vutbr.cz

Abstract: Tato seminární práce je zaměřena na problematiku inteligentních senzorů. Vysvětluje pojem inteligentní senzor a rozebírá jeho konstrukci. Objasňuje příčiny vzniku rušení a chyb u senzorů a také se tyto chyby eliminují. Rozebrány jsou také standardy v oblasti inteligentních senzorů a význam, jaký zkoumaná problematika pro oblast průmyslu 4.0.

Keywords: Inteligentní senzor, zdroje chyb, eliminace chyb, standardy, průmysl 4.0 .

1 Úvod

Se senzory se v dnešní době setkáváme ve spoustě zařízení, které denně používáme. Ať už se jedná o mobilní telefony, televize, ledničky nebo třeba pračky, jsou nedílnou součástí našich životů a již si bez nich nedokážeme naši existenci představit. Senzory jsou také nezbytnou součástí automatizace a měřicích systémů aj.

Senzor je základní funkční prvek, který je ve styku s měřeným prostředím. Činností senzoru je snímání fyzikální, chemické nebo biologické veličiny a následné transformování této měřené veličiny na definovanou veličinu. Citlivá část senzoru, snímající měřenou veličinu, se nazývá čidlo. Nejčastěji jsou veličiny převáděny na elektrický signál, který se dále zpracovává. Senzor je velice důležitou součástí měřicího řetězce a jsou na něj kladeny velké nároky. [1]

Inteligentní senzor je takový senzor, který je obohacený o prvky, které pracují s výstupním signálem citlivé části senzoru. Do těchto prvků se řadí obvody pro zpracování a analýzu signálu. Cílem je sjednocení všech prvků společně s čidlem do jednoho kompaktního provedení. Jako inteligentní senzor lze považovat i zařízení, kde je čidlo vzdálené od mikroelektronické integrované části a bude fungovat jako jeden celek. Oddělení čidla od mikroelektronické části může nastat za extrémních podmínek (teplota, tlak atd.) působících na čidlo. [2]

Senzory mohou být rozděleny na kontaktní a bezkontaktní. V případě kontaktních senzorů je zapotřebí styk konkrétního senzoru se snímaným předmětem. Pokud toho nemůže být z jakékoli příčiny docíleno, dostává na řadu aplikace bezkontaktního senzoru. Struktura senzoru by se dala rozdělit na 3 části: vstupní část, která je v kontaktu s měřenou veličinou, vnitřní část, která zpracovává vstupní signál a výstupní část, která komunikuje s následujícím zařízením. Pro komunikaci mezi zařízeními převážně metodou nazývanou master/slave se musí dbát na bezpečnostní požadavky. Návrhem takového senzoru se zabývají standardy IEEE 1451. Tyto standardy popisují rozhraní snímačů a akčních členů, které se připojují do sítě.

2 Stavba inteligentního senzoru

Strukturální stavba inteligentního senzoru může být rozdělena do tří bloků. Blok, který je v bezprostředním kontaktu s měřenou veličinou se označuje, jako vstupní část. Zajišťuje převod veličiny na požadovaný elektrický signál. Je složena z převodníků, stabilizátorů, zesilovačů, membrán aj. Jedná se o elektronické prvky, které mají za úkol vhodně upravovat elektrický signál. Do jejich funkce patří zesílení, filtrace, normování signálu, linearizace statické charakteristiky, přepínání více vstupních veličin s adresací v řadě a ve smyčce. Vstupní část také plní funkci ochrany proti nežádoucímu rušení, které proniká z okolí senzoru a nežádoucích vstupních veličin.

Druhý blok, který bývá označován jako vnitřní část, je sestaven z A/D a D/A převodníků, paměti, mikroprocesorů, komparátorů, generátorů. Tyto zařízení napomáhají ke zpracování vstupního signálu a zajišťují nulové nastavení počáteční hodnoty a vyrovnávání vnějších vlivů, jako je teplota aj. Ve vnitřní části probíhá analogově-číslicový převod, kalibrace elektrické i neelektrické části měřicího řetězce, aritmetické operace a řada dalších úkolů. Inteligentní senzory nejvyšší inteligence jsou schopny rozpoznat z mezivýsledků, zda se jedná o věrohodně naměřená data.

Třetí blok se označuje jako výstupní část senzoru. Tato část zprostředkovává komunikaci senzoru za pomoci integrovaného rozhraní se sběrnicevým systémem s následujícími zařízeními. Inteligentní senzory využívají

ke komunikaci drátové standardy (RS-232, RS-485 aj.), komunikační protokoly (CAN, LIN, FIELDBUS aj.) a výjimečně bezdrátové standardy. Výstupní část v případě potřeby zajišťuje převod výstupního číslicového signálu na unifikovaný analogový signál. Unifikace je ve většině případů normalizovaná na hodnoty 0-10 V, 0-20 mA a 4-20 mA. Důležitým úkolem je mimo jiné ochrana před působením nežádoucích vlivů na výstupu. Těmi mohou být zkratky, přepětí, odpojení zařízení aj.[3]

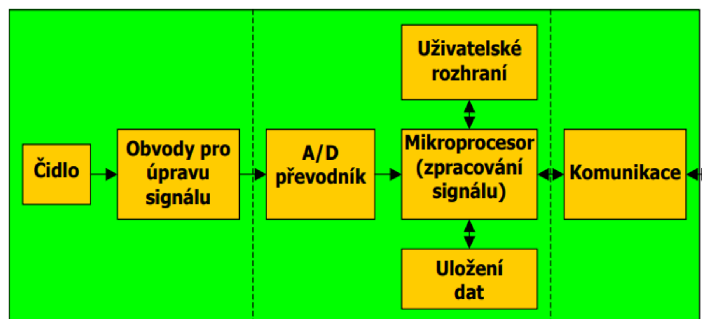


Figure 1: Blokové schéma inteligentního senzoru [3].

3 Zdroje rušení a chyby u inteligentních senzorů a jejich odstranění

Mezi zdroje, které způsobují rušení při snímání inteligentních senzorů, patří vliv prostředí, ve kterém se senzor nalézá. Mohou být způsobeny vlivem tlaku, teploty, vlhkosti, působení elektrického a magnetického pole aj. Jiný zdroj rušení může být v zařízení, které je připojené k senzoru, např. rušivé signály vedení apod. Chyby mohou také být způsobeny nelinearitou, chybou zesílení, chybou typu aliasing aj.

Výskytu chyb se snaží předcházet již při výrobě snímače, využívají se digitální metody, kterými jsou autokalibrace nebo numerická korekce, při které je převodní charakteristika upravena pomocí předpovědi matematického modelu snímače. Chyba linearitby bývá odstraněna linearizací pomocí interpolačních metod. Eliminace nežádoucích vlivů okolí (např. teploty), lze provést pomocí čidla, které měří teplotu. Signál z čidla je přiveden do obvodů kvůli kompenzaci, kde je vyhodnocen vliv teploty na vnitřní část senzoru a kde může být změněn koeficient pro obvody, aby výstupní signál byl správný.[4]

4 Standardy v oblasti senzorů

Se záměrem umožnit snadné začlenění provozních přístrojů, snímačů a akčních členů, do libovolného typu nadřazené sítě způsobem plug and play byl vytvořen standard IEEE 1451. Plug and play v senzorovém průmyslu zjednodušeně značí vylepšenou senzorovou komponentu s čitelnými informacemi, která dovoluje automatizované nastavení senzoru. Senzor je připojen k řídicímu systému, datové síti nebo jiné vyšší formě systému, kam směřují data senzoru. K interpretaci signálů je třeba znalost klíčových vlastností senzoru.

Standardy IEEE 1451 jsou zaměřeny na návrh senzoru, konkrétně na komunikaci mezi převodníkem a mikroprocesorem, na nezávislý objektový model a integraci průmyslových sítí do internetu. Důležitým pojmem je definice elektronického katalogového listu TEDS (Transducer Electronic Data Sheet), který identifikuje konkrétní senzor. Jsou v něm k nalezení informace typu, o jaký typ senzor se jedná, jméno výrobce, parametry, kalibrační konstanty a další vlastnosti. Pod standardem 1451 je několik podskupin: 1451.0–1451.6.[5,6]

4.1 IEEE P1451.0

Stanovuje základní množiny funkcí, které jsou nezávislé na komunikačních protokolech a médiu. Dále se zabývá koordinováním činností ostatních skupin pro zachování vzájemné kompatibility jednotlivých částí standardu IEEE 1451.

4.2 IEEE P1451.1

Standard IEEE 1451.1 definuje informační model, který zkoumá objektově orientované definice síťového aplikačního procesoru a ten je součástí objektově orientovaného inteligentního zařízení připojeného do sítě. Tento model obsahuje definici všech přístupů snímače k různým typům komunikačních sítí. V definici objektového modelu je zahrnuta množina objektových tříd, vlastností, metod a chování. Obsahují stručný popis snímače a okolí síťového zařízení, které pak umožňuje jeho připojení. Modul sloužící pro připojení k síti se označuje NCAP (Network Capable Application Processors).[7]

4.3 IEEE P1451.2

Standard IEEE 1451.2 popisuje komunikační rozhraní mezi převodníkem a modulem NCAP, které umožňuje připojení snímačů od různých výrobců k NCAP procesoru. K realizaci této komunikace přispívají katalogové listy TEDS (Transducer Electronic Data Sheet) a je určena pro propojení pouze dvou NCAP procesorů, tzv. point-to-point konfiguraci. Původně byl standard založen na komunikaci po sériové SPI lince, kde byl hardware pro řízení toku dat a časování. Postupným vývoj byl tento standard nahrazen sériovým rozhraním UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) a USB (Universal Serial Bus). Jednobodové spojení lze díky tomu nahradit vícebodovým spojením (point-to-multipoint) s použitím sběrnice.[8]

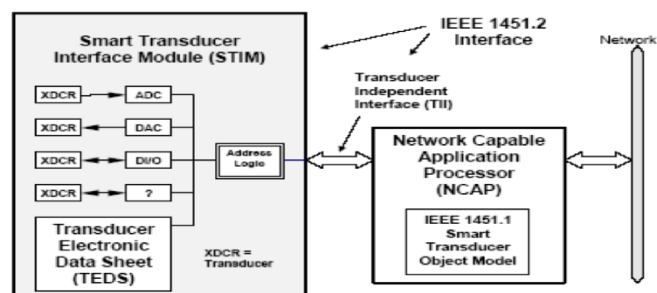


Figure 2: Rozhraní standardu IEEE 1451.1 a 1451.2.

4.4 IEEE P1451.3

Tento standard definuje velmi rychlou digitální sběrnici pro spojení senzorů pouze krátký dosah pomocí modulu s rozhraním TBIM (Transducer Bus Interface Module). Jde o vícebodovou verzi již zmíněného standardu IEEE P1451.2. Jednoduše řečeno k jednomu NCAP procesoru můžeme připojit více snímačů. Ke komunikaci s nimi bývá používán protokol HPNA (Home Phoneline Networking Alliance) na sdíleném páru vodičů.

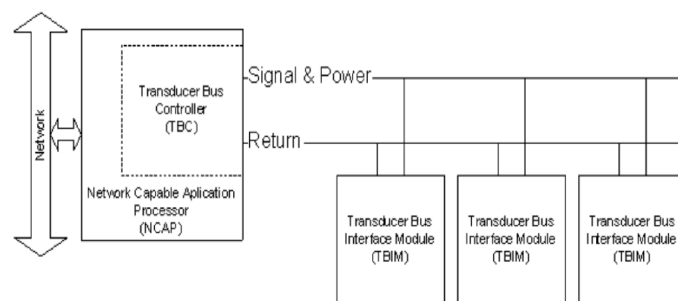


Figure 3: Podoba standardu IEEE 1451.3.

4.5 IEEE P1451.4

Tímto standardem je definováno rozhraní MMI (Mixed-Module-Interface) pro smíšené připojení digitálních i analogových snímačů, které mohou být opatřeny elektronickými katalogovými listy TEDS. Rozhraní tvoří dvojvodičová linka MicroLan s řízením typu master/slave. Pro komunikaci může být použito dvouvodičové sdílené vedení nebo vícevodičové vedení, kde jsou vyhrazené vodiče pro digitální signál.[9]

4.6 IEEE P1451.5

Zde je do standardu doplněna problematika týkající se bezdrátových senzorů. Předpokládá se úzká spojitost se standardy typu IEEE 802.11 (WiFi), IEEE 802.15.1 (BlueTooth), IEEE 802.15.4 (ZigBee).

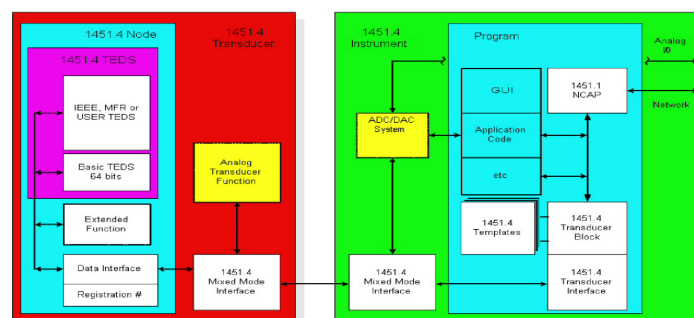


Figure 4: Podoba standardu IEEE 1451.4.

4.7 IEEE P1451.6

IEEE P1451.6 standard je definován pro bezpečnou funkčnost v navrstvené síťové struktuře s několika řadiči na každé úrovni. Síťová transportní vrstva je tvořena vysokorychlostní datovou sběrnici typu CAN (Controller Area Network), která bývá uplatňována v mikrokontroléru, ale i jako samostatná sběrnice.[3]

5 Inteligentní senzory jako součást Industry 4.0

Čtvrtá průmyslová revoluce už nějakou dobu působí na životy nás všech, a to zejména vlivem digitalizace a síťového propojení strojů. Fyzický a virtuální svět výroby se nepochybně slučuje s přítomností nových technologií do takzvaného kyber-fyzického systému. Od roku 2011 se tato skutečnost začala souhrnně označovat pojmem Industry 4.0. Industry 4.0 se přitom zcela jasně vztahuje k síťovému propojení v průmyslové oblasti. Stroje mohou vzájemně nezávisle komunikovat a optimalizovat tak průběhy procesů. Ke spolehlivé komunikaci, která je velmi důležitá z hlediska předávání množství informací, přispívají inteligentní senzory.

Senzory určené pro Industry 4.0 se v porovnání s navzájem propojenými senzory liší v tom, že neposkytují pouze naměřená data. Senzor tvoří základ všech následných aplikací. Flexibilnější, dynamičtější a efektivnější výroba je možná za přispění integrované decentrální výpočetní kapacity a flexibilní programovatelnosti. Koncept Industry 4.0. je tedy mino jiné možný pouze s přispěním senzoriky.[10]

6 Závěr

S inteligentními senzory se setkáváme ve věcech každodenní potřeby. Své využití nacházejí například v počítačové technice, serverech, při regulaci a měření teploty. Mnoho firem se v dnešní době zabývá výrobou a prodejem inteligentních senzorů. Budoucnost výroby inteligentních senzorů je zaměřena na celkově monolitické integrace s řídicí elektronikou a obvody pro zpracování signálu. To má za následek snížení počtu kroků, které jsou potřeba pro vyhotovení součástky, a zlevnění výroby. Vývoj se dále zabývá otázkami, jak senzory zlepšit a zpřesnit.

Γ
 Γ
 $\Gamma \quad \Omega$

Odkazy

- [1] ZEHNULA, Karel. *Snímače neelektrických veličin*. Praha: SNTL, 1977.
- [2] ĎAĎO, Stanislav a Marcel KREINDL. *Senzory a měřicí obvody*. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 80-01-02057-6.
- [3] WOJCIASZYK, Petr. *Smart sensors and wireless networks*. [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z:<http://www.akce.fs.vsb.cz/2005/http://asr2005/Proceedings/papers/519.pdf>
- [4] BENEŠ, Petr. *Inteligentní snímače*. e [online]. Brno: FEKT, 2009 [cit. 2022-03-05]. Dostupné z:<http://www.roznovskastredni.cz/dwnl/pel2009/09/benes.pdf>
- [5] Callaway E., Demuth B., Znati T. *Wireless sensor networks: an interdisciplinary approach to designing fast networked devices*. Vyd. 1. London: CRC Press, 2004, 342 s. ISBN 08-493-1823-8.
- [6] Trchalík, R., Švéda, M. *Sensor Networking through Intranet and ZigBee*. In EDS '07 IMAPS CS International Conference Proceedings, Brno, CZ, VUT v Brně, 2007, p. 1-5, ISBN 978-80-214-3470-7.
- [7] *IEEE 1451.1: Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Network Capable Application Processor (NCAP) Information Model*. IEEE, New York, 2000.
- [8] *IEEE 1451.2: Standard for a Smart Transducer Inter-face for Sensors and Actuators - Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats*. IEEE, New York, 1997.
- [9] *IEEE Std 1451.4, Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators- Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats*. IEEE, New York, 2004.
- [10] *Zaměřeno na čtvrtou průmyslovou revoluci*. [online].[cit. 2022-03-05]. Dostupné z:<https://www.sick.com/cz/cs/zamereno-na-ctvrtou-prumyslovou-revoluci/w/industry40-industrial-revolutions/>.