



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

MOŽNOSTI AUTOMATIZACE MĚŘENÍ POSSIBILITY OF MEASUREMENT AUTOMATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ ILICHMAN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK VDOLEK, CSc.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Ilichman

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Možnosti automatizace měření

v anglickém jazyce:

Possibility of Measurement Automation

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Snahy o objektivizaci procesů a vyloučení vlivu člověka na výsledek se stále účastí projevují také v oborech technických měření.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je vypracování studie, která se bude zabývat možnostmi automatizace měření, a to jak s využitím prostředků strojového, tak i programového vybavení.

Doporučená osnova práce

1. Místo měření v technické praxi
2. Prostrojové možnosti automatizace měření
3. Programové možnosti automatizace měření
4. Návrh řešení zvoleného ukázkového příkladu

Seznam odborné literatury:

JENÍK, Josef; Volf, Jaromír. Technická měření : 1.vydání Praha : Vydavatelství VUT, 2000.

212 s. ISBN 80-01-02138-6.

CHUDÝ, Vladimír; Palenár, Rudolf; Kureková, Eva; Halaj, Martin. Meranie technických veličín

: 1.vydání Bratislava : Vydavateľstvo STU, 1999. 688s. ISBN 80-227-1275-2. časopisy AUTOMA a AUTOMATIZACE

Firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce: Ing. František Vdolek, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012. V Brně, dne 21.11.2011

L.S.

Ing. Jan Roupec, Ph.D.
editel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTAKT

Práce je zaměřena na možnosti automatizace měření, a to jak s využitím přístrojového, tak i programového vybavení.

Snahy o objektivizaci procesů a vyloučení vlivu člověka na výsledek se stále více projevují také v oborech technických měření.

V této práci jsou zmíněny způsoby měření, upravování, přeměnění a následné analyzování měřené veličiny. Jelikož v dnešní době je možné automatizovat téměř všechny typy měření, je uvedeno, za jakých okolností je vhodné použití automatizovaného měření.

Závěrečná část je věnována návrhu řešení přístrojového a programového vybavení pro měření teploty v serverové místnosti. Jsou navrženy 3 varianty řešení a na základě jejich rozboru je vybrána optimální varianta.

ABSTRACT

The thesis is focused on the automation of measurement with the using of hardware and software.

Efforts to objectification processes and eliminating human influence on the outcome are increasingly reflected in the technical fields of measurement.

In this work, methods of measurement modification, transformation and subsequent analysis of the measured quantity are discussed. Since nowadays it is possible to automate nearly all types of measurement, it is shown, under what circumstances is appropriate to use automated measurements.

The final section is devoted to solution of software and hardware design for measuring temperature in the server room. They are proposed 3 possible solutions and on the basis of their analysis the optimal variant is chosen.

KLÍČOVÁ SLOVA

Snímač, převodník, modul, řídicí jednotka, automatizace, regulace, teplota.

KEYWORDS

Sensor, converter, module, control unit, automation, regulation, temperature.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ILICHMAN, Ondřej. *Možnosti automatizace měření*. Brno, 2012. 44 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. František Vdolek, CSc.

PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, dle pokynů vedoucího bakalářské práce. Všechny podklady, ze kterých jsem se opíral, jsou řádně uvedeny v seznamu použité literatury.

V Brně dne 23. 5. 2012

.....

podpis

POD KOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Františku Vdolečkovi, CSc. za cenné rady a připomínky při zpracování bakalářské práce.

Obsah:

	Zadání závěrečné práce	3
	Abstrakt	5
1	Úvod	11
2	Měření v automatizaci a automatizace měření	13
2.1	Nezastupitelné místo měření v regulačním obvodu.....	13
2.2	Automatizace.....	13
2.3	Ovládání.....	13
2.4	Regulace.....	14
2.5	Moderní (vyšší) formy řízení.....	14
3	Metody měření	15
3.1	Klasické metody měření.....	17
3.2	Automatizované metody měření.....	17
3.3	Výhody a přínosy automatizovaného měření.....	18
3.4	Možnosti automatizace měření.....	19
4	Přístrojové možnosti automatizace měření	21
4.1	Snímače.....	21
4.2	Pevodníky.....	21
4.3	Karty (moduly).....	23
4.4	Inteligentní (smart) snímače.....	24
4.4.1	Inteligentní snímače teploty.....	25
4.4.2	Inteligentní snímače tlaku.....	27
5	Programové možnosti automatizace měření	29
5.1	NI Lab VIEW.....	29
5.2	Control Web.....	30
5.3	Zhodnocení vybraných programů.....	31
6	Návrh řešení zvoleného ukázkového příkladu	33
6.1	První varianta.....	31
6.2	Druhá varianta.....	35
6.3	Třetí varianta.....	37
6.4	Vyhodnocení variant.....	38
7	Závěr	41
	Seznam použité literatury	43

1 ÚVOD

V dnešní době se za účelem automatizace stále více prosazovat v každodenním životě. Nejvíce se používá při hromadných výrobcích, kde nahrazuje monotónní práci lidí. Vytlačuje starší výrobní metody a má to být na efektivnější, přesnější a spolehlivější. Automatizace vychází z mechanizace, která umožnila lidem dlouhá léta vyrábět produkty, které by bez mechanizace nebyli schopni vyrobit.

Jako příklad mechanizovaného stroje lze uvést psací stroj, který umožnil lidem psát písmena pouhým stlačením kláves. Je však nutno zadávat písmeno po písmenu do psacího stroje, posouvat stroj o řádek níže, kontrolovat zda páska pouští inkoust atd.

Příkladem automatizovaného stroje je moderní tiskárna. Tady nastává zásadní rozdíl, protože kromě psaní na klávesnici využít i jiné možnosti (například kopii již napsaného textu, diktování mobilním zařízením, nebo použít výstupní data z řídicího systému). Nejčastěji používanou vstupní jednotkou je počítač, není potřeba zabývat se odskokem na další řádek, nebo také kontrolou inkoustu v nádržce. Vše provádí tiskárna automaticky a informuje nás na zobrazujícím panelu o aktuálním stavu.

Při automatizaci se používá obdobných zařízení jako v mechanizaci, ale automatizace je obohacena o inteligentní řídicí jednotku. Řídicí jednotka řídí automatizovaný stroj, nebo zařízení na základě programu, který byl vytvořen pro jeho funkci. Program se chová podle syntaxí, které byly vytvořeny programátorem. Nepotřebuje tedy odpočítat a je schopen pracovat téměř nepřetržitě. Inteligentní řídicí systémy sbírají informace z čidel a měřících zařízení. Na základě těchto informací dále vyhodnocují následné chování programu. Čidla nebo měřidla mohou zároveň sloužit jako spolehlivé bezpečnostní prvky, na rozdíl od člověka, který lehce přehlédne bezpečnostní opatření, a poté by mohlo dojít k vážnému úrazu. Tento případ se u řádně nastavené a funkční řídicí jednotky nemůže stát. Problémy chodu automatizovaných zařízení zpravidla nastávají při porušení kterého z automatizovaných prvků, a proto je nezbytné provádět na automatizovaných strojích servisní kontroly, aby se předešlo nepříznivým situacím.

Důležitým prvkem v automatizaci je měřicí technika, které se budou v nově vyvíjené části této práce.



Obr. 1.1 rozdíl mechanizace a automatizace.

2 MĚNĚNÍ V AUTOMATIZACI A AUTOMATIZACE MĚNĚNÍ

Nedílnou součástí automatizovaného systému je měřicí technika. Podmínkou přesné a kvalitní regulace jsou kvalitní a přesná data. Měnění probíhá pomocí takzvané zpětné vazby, která dodává potřebné informace řídicímu systému. Řídicí systém s těmito informacemi dále pracuje. Informace měření obsahovat jak regulovanou veličinu, tak parametry okolí a popřípadě další vlivy na soustavu. [1]

2.1 Nezastupitelné místo měření v regulačním obvodu

V případě, že použijeme nevhodnou nebo nekvalitní měřicí techniku a ostatní technika bude na špičkové úrovni, bude negativně ovlivněna konečná kvalita regulace. Z toho plyne, že je nutno investovat do měřicí techniky takové množství financí, aby odpovídaly požadovaným parametrům. Měřicí techniku měříme přirovnat k lidským smyslům. Bez každého z těchto smyslů je lidský život komplikovanější. Stejně je tomu tak v automatizaci. Pokud do automatizovaného systému nezavedeme zpětnou vazbu, kontrolující například rozměry součástí, tak nemůžeme očekávat, že systém rozpozná například opotřebení vlastních nástrojů. Dále lze jako častý rušivý faktor uvést teplotu, která měření negativně ovlivní výslednou kvalitu. Obecně tedy platí, že čím více působících vlivů budeme měřit, tím více jich můžeme eliminovat.

2.2 Automatizace

Základem automatizace je řízení. Řízení je cílené působení na řízený objekt tak, aby se dosáhlo určeného předepsaného cíle. Podle toho, jak řízení provádíme, rozlišujeme řízení ruční a automatické. Typickým příkladem je řízení letadla pilotem a autopilotem. U automatického řízení rozlišujeme přímé řízení, u kterého řídicí proces probíhá bez přívodu energie a nepřímé řízení s přívodem energie.

Důležitým hlediskem pro dělení řízení je, zda výsledek řízení je, anebo není zpětně kontrolován – zda je či není zpětná vazba při řízení. Podle toho rozlišujeme ovládání, regulaci a vyšší formy řízení.

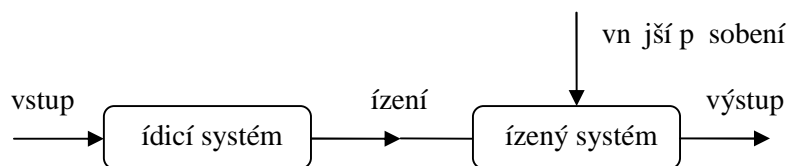
řízení:

- ovládání
- regulace
- optimální řízení
- adaptivní řízení
- umělá inteligence

[2]

2.3 Ovládání

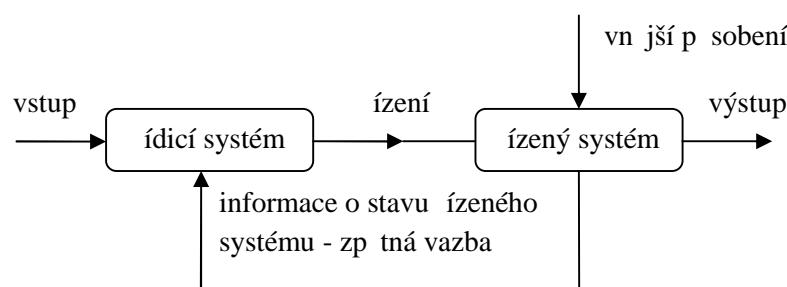
Ovládání je řízení bez zpětné kontroly, neboli zpětné vazby. [2]



Obr. 2.1 schéma ovládání. [2]

2.4 Regulace

Regulace je řízení se zpětnou vazbou. Regulace provádí udržování určité fyzikální veličiny na konstantní hodnotě, nebo jinak podle nějakého pravidla se měnící hodnoty. Během regulace se zjišťují hodnoty této veličiny a srovnávají se s hodnotou, která je požadována. Podle zjištěných odchylek se zasahuje do regulačního procesu v tom smyslu, aby se odchylky odstranily. Typickým příkladem je ovládání nástroje, tudíž si systém sám dopouští korekce nástroje a není potřeba vnějšího zásahu do systému. [2]



Obr. 2.2 schéma regulace. [2]

2.5 Moderní (vyšší) formy řízení

Mezi formy vyššího řízení řadíme optimální řízení, adaptivní řízení a umělou inteligenci.

Optimální řízení je takové, kdy systém dosáhne požadovaných vlastností například s minimální vynaloženou energií, tedy s maximální účinností, nebo naopak v nejkratším čase. Systém je přitom schopen vyhledat nejvýhodnější variantu a dosáhnout tak co nejlepšího chování celého systému v daných omezujících podmínkách.

Adaptivní řízení je takové, kdy systém je schopen změnit svou strukturu tedy i své parametry tak, aby proces řízení probíhal stále optimálně, a to i při změnách parametrů řízeného objektu.

Jestliže je adaptivní systém schopen ukládat přijaté informace do paměti a později v téže nebo podobné situaci znovu využívat získaných zkušeností, lze jej nazvat učícím systémem a proces řízení tohoto systému je učení.

Nejvyšším stupněm řízení je řízení systémy s umělou inteligencí. Umělá inteligence je vlastnost umělé vytvořeného systému, který má schopnost rozpoznávat příčiny, jevy, analyzovat vztahy mezi nimi a tak si vytvářet modely okolí, dle vlastních rozhodnutí a předvídat jejich důsledky, řešit problémy v etn objevování nových zákonitostí a zdokonalování své účinnosti.

Všechny výše zmíněné vyšší formy jsou závislé na informacích získaných na základě měření. [2]

3. METODY MĚŘENÍ

Měření je soubor činností, jejichž cílem je stanovit hodnotu měřené fyzikální veličiny. Způsob, kterým měření provádíme se nazývá metoda měření. Každá metoda měření je založena na určitém měřicím principu - například měření teploty je založeno na principu teplotní roztažnosti kapalin. Stejnou fyzikální veličinu je možné měřit různými způsoby, různými metodami. Kterou zvolíme pro konkrétní případ, závisí na druhu a povaze měřené veličiny a na tom, která měřidla použijeme.

Metody měření je možné rozdělit do několika skupin:

- Přímé - metody, u nichž zjistíme hodnotu fyzikální veličiny přímo odečtením na stupnici použitého měřidla. Dále je dělíme na:
 - Porovnávací (komparace) – přímé porovnání veličin stejného druhu, například žárovkové měřidlo.
 - Vyrovnávací (kompenzace) – také zejména jako měřkové metody v elektrotechnice apod. Účinek je vyrovnán, vyvážen veličinou stejného druhu.
 - nulové výchyly - kompenzace je provedena zcela na nulu
 - rozdílové – kompenzována je převážná část účinku a zbytek doměřen citlivým měřidlem
 - výchylové – převážná až úplná část vlivu je nevyrovnána a doměřena
 - Nahrazovací (substituce) – účinek veličiny je nahrazen jinými známými hodnotami téže veličiny, například vážení, koncové měřky u měření délek apod.
 - Přemisovací (transpozice) jedná se o postupné přemisování měřené veličiny a známých hodnot téže veličiny například u vážení apod.
- Nepřímé - metody, u nichž hodnotu fyzikální veličiny stanovíme na základě určitého fyzikálního vztahu z hodnot jiných veličin (změřených jinou metodou).

Podle způsobu snímání měřené hodnoty se rozlišují:

- dotykové
- bezdotykové

Podle druhu měřené hodnoty se rozlišují:

- mechanické
- optické
- elektrické [3], [4]

Tab. 3.1 základní jednotky SI. [5]

Základní veličina	Základní jednotka	Značka jednotky
délka	metr	m
hmotnost	kilogram	kg
čas	sekunda	s
elektrický proud	ampér	A
termodynamická teplota	kelvin	K
látkové množství	mol	mol
svítivost	kandela	cd

Tab. 3.2 odvozené jednotky SI se zvláštními názvy. [5]

Odvozená veličina	Odvozené jednotky		
	Zvláštní název	Značka	Vyjádření pomocí základních a odvozených jednotek
Rovinný úhel	radián	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
Prostorový úhel	steradián	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
Frekvence	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
Síla	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$
Tlak	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$
Energie, práce teplo	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$
Výkon, tepelný tok	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J}/\text{s}$
Elektrický náboj	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A}\cdot\text{s}$
Elektrický potenciál, rozdíl potenciálů, napětí, elektromotorické napětí	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W}/\text{A}$
Elektrická kapacita	farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C}/\text{V}$
Elektrický odpor	ohm		$1 \text{ } = 1 \text{ V}/\text{A}$
Elektrická vodivost	siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \text{ }^{-1}$
Magnetický tok	weber	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V}\cdot\text{s}$
Indukčnost	henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb}/\text{A}$
Magnetická indukce	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb}/\text{m}^2$
Celsiova teplota	Stupeň Celsia	°C	$1 \text{ }^\circ\text{C} = 1 \text{ K}$
Světelný tok	lumen	Lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd}\cdot\text{sr}$
Osvětlení	lux	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$

3.1 Klasické metody měření

Klasické měření je realizováno pomocí analogového nebo digitálního měřidla. Měřicí zařízení zobrazuje měřenou veličinu pomocí ručičky nebo v případě digitálního měřidla na displeji. Měřená veličina není již dále upravována, nebo převáděna. Jako příklad lze uvést posuvnou měřku, pomocí které pracovník odečte naměřenou hodnotu. Poté provede sled následujících operací (například změří daný kus obrobku znovu na splnění hodnoty). Pokud je naměřená hodnota vnějšího rozměru menší, obráběný kus se s největší pravděpodobností stává zmetkem.

Při klasickém měření nehrají sekundy příliš velkou roli. Doba měření, lidská reakce a následná operace se měří pohybovat v řádu několika sekund. Lze tedy tuto metodu použít tam, kde není kladen důraz na rychlost a přesnost navazujících operací.



Obr. 3.1 příklad délkového klasického měřidla. [6]

3.2 Automatické metody měření

Automatické měření využívá stejného principu měření jako klasické metody, avšak moderní automatizované měřidlo je celek skládající se z mnoha částí. Každé automatizované měřidlo obsahuje snímač a vyhodnocovací měřidlo. Další komponenty jsou použity v závislosti na daném charakteru měřidla. Zásadní rozdíl nastává při jeho dalším zpracovávání. Měřená veličina je pomocí převodníku převáděna na elektronické impulzy. Impulzy o měřené veličině jsou v daném časovém intervalu zasílány do řídicího systému. Řídicí systém tedy obdrží impulzy se zpožděním, které je rovno rychlosti použitého propojení mezi měřicí částí a řídicím systémem.

Lze použít tyto typy spojení:

- kabelové (metalické) - Přenos je realizován pohybem elektronů v kovovém materiálu. Nejčastěji je používána měď, která má vynikající vodivost. Kabelové spojení patří mezi nejrozsáhlejší a nejlevnější.
- kabelové (optické) - Přenos je realizován optickými vlákny. Používají se tam kde je potřeba přenést velký objem dat v co nejkratším čase. Optická vlákna nevedou elektrický proud, tudíž je nijak neovlivňuje například vysoké napětí. Při případném porušení izolační vrstvy není nebezpečný přímý kontakt s tímto vodičem. Optická vlákna přenášejí data rychlostí světla.

- bezdrátové - Přenos je realizován elektromagnetickými impulzy. Nejčastěji používané je Wi-Fi připojení. Toto připojení má využití tam, kde kabely mohou být nevhodné.



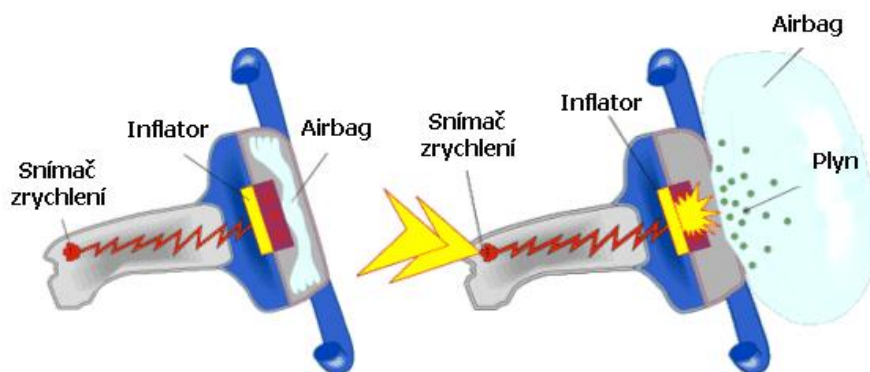
Obr. 3.2 systém automatického lineárního snímače. [7]

3.3 Výhody a nevýhody automatizovaného měření

Jak bylo již výše zmíněno, reakce automatizovaného měření jsou mnohem rychlejší než klasické metody. Například systém airbag automobilu, u kterého je požadovaná doba vystavení okolo 40 ms, nemůžeme použít metodu klasického měření. Pokud bychom se snažili v případě nárazu aktivovat plynový generátor, který způsobuje nafouknutí airbagu. Přítomnost airbagu umožnila až automatizace měření, která neustále snímá zrychlení (zpomalení) a při překročení mezní hodnoty spustí plynový generátor.

Ve prospěch automatizovaného měření hovoří jeho vysoká spolehlivost. Pokud všechny části automatizovaného systému pracují správně, je tento systém téměř 100 % spolehlivý. Problém může nastat v případě, že některá část systému nepracuje správně. Následný výsledek může být zcela odlišný od požadovaného. V případě těchto poruch lze však odpovědět, na rozdíl od lidských chyb. Každý člověk je svým způsobem originál a také méně spolehlivý. Nikdo není bezchybný a každý někdy, nebo později chybu udělá.

Dále lze uvést pracovní dobu. Řídicí systém může pracovat téměř nepřetržitě, dokud nedojde k poruše na jeho částech, nebo do předem stanovené servisní kontroly. Lidé potřebují pravidelný odpočinek, tudíž je jejich pracovní doba mnohem kratší než doba řídicího systému.



Obr. 3.3 schéma airbagu. [8]

3.4 Možnosti automatizace měření

V dnešní době se automatizace stává stále více nevyhnutelnou. Nepostradatelnou částí automatizovaného systému je měřicí technika. Pokud chtějí moderní firmy prosperovat ve strojírenství nebo v elektrotechnice je pro použití automatizovaných systémů naprosto zásadní investovat do kvalitní měřicí techniky. Firmy pak budou schopny pomocí automatizovaných systémů schopny vyrábět rychle a kvalitně.

Automatizace měření je možné v podstatě použít téměř na všechny měřicí operace. Ovšem ne vždy je tato metoda vhodnější. Investice do automatizace měření je mnohem nákladnější než klasické měření. Velkou roli při tomto rozhodování hraje počet měřených kusů. Při malém počtu měřených kusů je zbytečné investovat nemalé finanční částky do automatizace měření. Například při měření délky vyráběné součástky v počtu 10 kusů, bude výhodnější zaplatit pracovníkovi, který s využitím délkového měřidla změní tyto hodnoty rychleji.

Další velkou rolí v automatizovaném měření je univerzálnost použití daného systému. Univerzálnost, neboli variabilita nám umožní rekonfigurovat nastavení na jiné hodnoty.

Dále jsme schopni měřit mnohem rychleji. Tato výhoda je například uplatněna při výše zmíněném měření zrychlení (zpomalení) u airbagů. Klasickým měřením jsme schopni tyto hodnoty změnit, ale reakce na ně je příliš dlouhá.

V automatizovaném měření lze naměřené hodnoty velmi snadno exportovat a následně mnohem podrobněji analyzovat.

4. P ÍSTROJOVÉ MOŽNOSTI AUTOMATIZACE M ĚNÍ

P ístrojové m ění zajiř uje sníma ě, jehoř signál se v p evodníku zesiluje, upravuje a v řšinou digitalizuje. Dále je pomocí karet p enářen do počíta e a dokumentován. P evodník a karta tvo ří zpravidla jeden celek, v poslední dob ěasto samostatn ě nabízený jako inteligentní (smart) sníma ě.

4.1 Sníma ě

Sníma ě jsou prvky, které detekují hodnotu řádané fyzikální veli iny. Jejich výstup m ůže být analogový nebo digitální.

P říklad platinového sníma ě teploty - Pt 100:

- Tento odporový sníma ě je ur ěný pro kontaktní m ění teploty do 400 °C. Je tvo řen kovovým m ěřícím stonkem a kovovou hlavicí, ve které je umíst ěna svorkovnice. [9]



Obr. 4.1 platinový sníma ě teploty - Pt 100. [9]

4.2 P evodníky

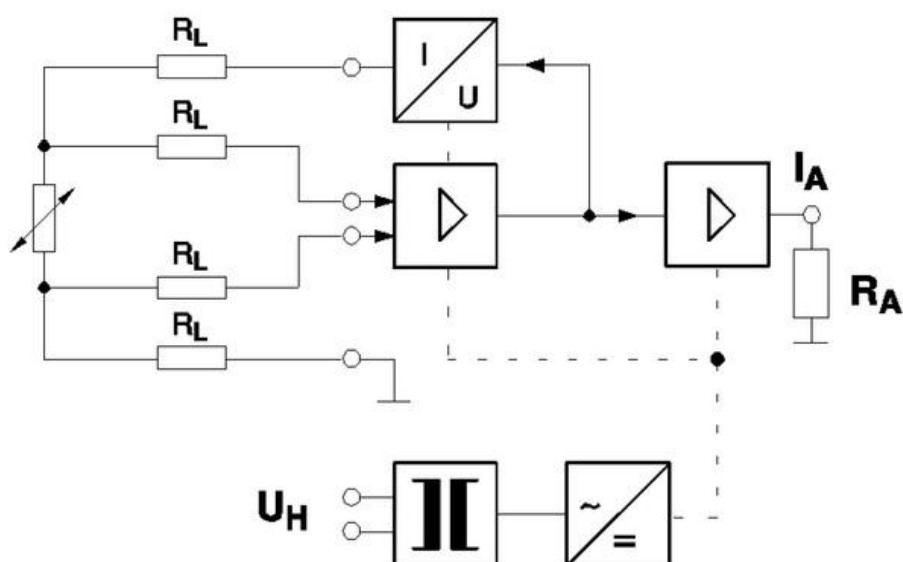
P evodníky pracují v řšinou ve dvou, nebo řty vodi ovém zapojení a po náležitém zesílení p evádí vstupní m ěřený signál, zpravidla analogový, na signál digitální (digitalizace odpadá, pokud senzor sám poskytuje digitalizovaný signál). Ve vyhodnocovací jednotce řízené mikroprocesorem probíhá zpracování zesíleného m ěřeného signálu, p edevším kompenzace vlivu teploty a provozních podmínek, automatická kalibrace, výpo et odvozených veli in apod. Upravený digitalizovaný signál se jedná p evádí p evodníkem D/A obvykle na unifikovaný analogový výstupní proudový signál 0/4 až 20 mA, nebo na nap tí 0 až 10 V. P evodník lze konfigurovat bu řu n ě tla řtky, nebo dálkov ě es komunika ní rozhraní, v řšinou s podporou menu na displeji. M ěřené údaje a konfigura ní data se v digitálním tvaru n kdy ukládají v elektronické řásti do energeticky nezávislé pam ěti (EEPROM). [10]

P íklad p evodníku teploty WEIGEL PTU 2.0L:

- Tento m ící p evodník teploty p evádí zm nu odporu sníma e teploty Pt 100 na elektrický normalizovaný signál úm rný teplot , který je vhodný pro další zpracování. Vstupní diferenciální len zesiluje úbytek stejnosm rného nap tí na sníma i. Koncový stupe zesiluje signál na unifikovaný vnucený stejnosm rný proud. [11]



Obr. 4.2 p evodník teploty WEIGEL PTU 2.0L. [11]



Obr. 4.3 funk ní schéma p evodníku teploty WEIGEL PTU 2.0L. [11]

4.3 Karty (moduly)

Výstupní signál z převodníku je připojen ke kartě, která předává informace počítači, ke kterému je připojena. Ke každé kartě je dodáván ovladač (program) pomocí kterého probíhá zaznamenání měřené veličiny do měřicího softwaru. S vývojem počítače vzniklo velké množství komunikačních sběrnic.

Typy sběrnic:

- Sériové rozhraní (RS232) - rozhraní se již téměř nepoužívá, kvůli jeho pomalé přenosové rychlosti, dnes se v praxi používají modernější sériová rozhraní jako RS485 apod.
- Ethernet - často používané rozhraní díky jeho rychlé přenosové rychlosti.
- USB - velmi univerzální připojení. Vyniká svou dostupností, snadností připojení a dobrou rychlostí.
- Wireless - bezdrátové připojení.

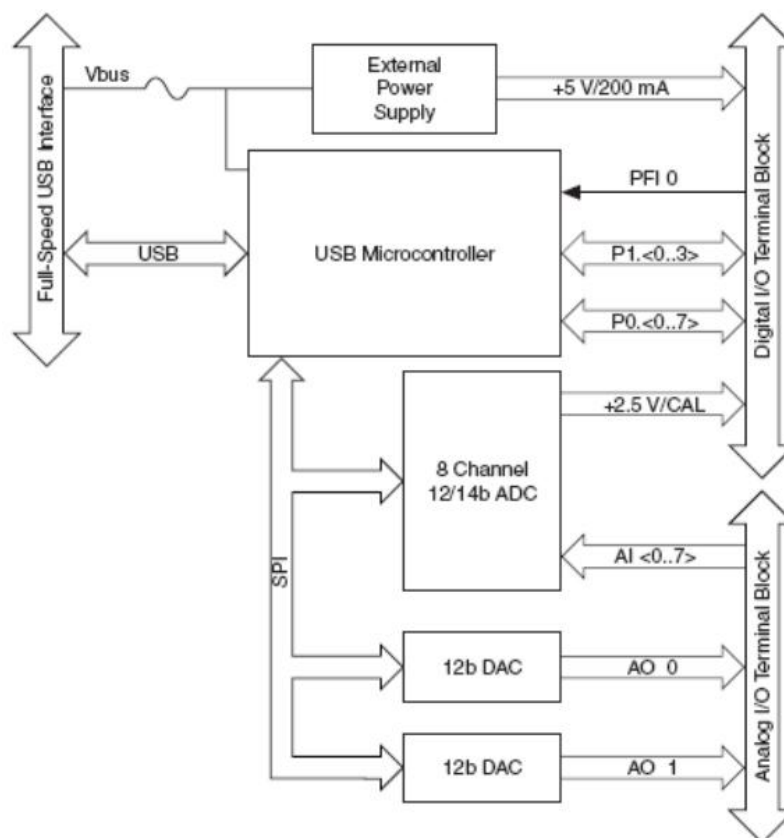
Příklad multifunkční karty NI USB-6008/6009:

- Karta je vybavena osmi analogovými vstupy, dvěma analogovými výstupy, dvanácti obousměrnými digitálními linkami a jedním 32bitovým čítačem, který může sloužit rovněž jako vstup pro spouštění. Analogové vstupy AI lze zapojit buď jako osm nesymetrických kanálů (tzn. proti společné zemi), nebo jako čtyři diferenciální (symetrické) kanály. Na vnější konektor je rovněž vyvedeno napětí +5 V (získané z rozhraní USB) a referenční napětí +2,5 V ze stabilizátoru pro A/D převodník (ADC). [12]



Obr. 4.4 multifunkční karta NI USB-6008/6009. [12]

Na obrázku 4.5 je blokové schéma karty, ze kterého jsou patrné vazby mezi jednotlivými částmi.



Obr. 4.5 blokové schéma multifunkční karty NI USB-6008/6009. [12]

4.4 Inteligentní (smart) snímače

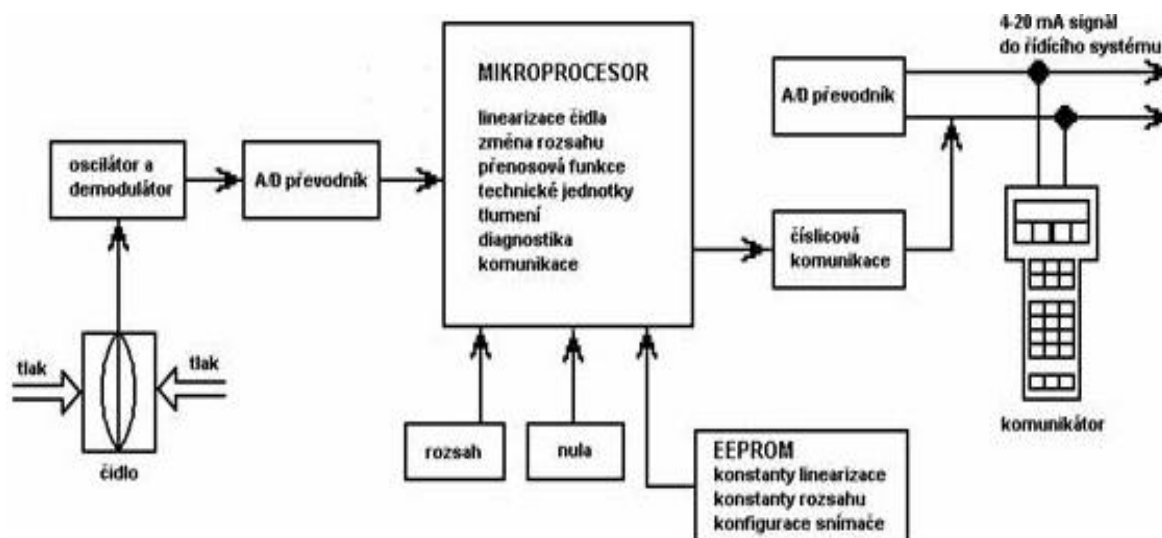
Pojem inteligentní snímač definovali jako první v roce 1978 Beckenbridge a Husson. Inteligentní snímač obsahuje funkce pro zpracování měřených dat, automatickou korekci měřených dat, dokáže automaticky detekovat a eliminovat abnormální a nesprávné hodnoty. Obsahuje také sadu algoritmů, které umožňují reagovat na změny vnějších podmínek.

Dnes patří mezi základní požadavky kladené na inteligentní snímače zejména programovatelné zesílení, linearizace, filtrace a normalizace měřeného signálu, možnost automatické korekce vlivu parazitních veličin, pokročilé metody potlačení šumu a verifikace platnosti naměřených dat, autokalibrace a autodiagnostika, statistické funkce, hlídání mezí a v neposlední řadě možnost přímého zapojení snímače do distribuovaných systémů pomocí vhodné digitální komunikační sítě. [13]

Snímače dělíme na různé skupiny:

- podle druhu měřené fyzikální veličiny (teploty, polohy, rychlosti a zrychlení, otáček, kmitavého pohybu, mechanického napětí a dalších)

- podle pr b hu výstupního signálu v ase (spojité - analogové, íslicové – digitální a limitní – dvoupolohové)
- podle principu innosti – typu signálu (mechanické, odporové, magnetické, optické, pneumatické, hydraulické, kapacitní, induk ní)
- podle zp sobu odm ování (absolutní, inkrementální a limitní – dvouhodnotové)



Obr. 4.6 schéma smart sníma e tlaku. [14]

4.4.1 Inteligentní sníma e teploty

Teplota je po ase, váze a délce tvrtou nej ast ji m enou fyzikální veli inou. Odporové sníma e teploty pat í v sou asnosti mezi nejrozší en jší prost edky pro m ení teploty.

Rozd lení odporových sníma e teploty:

- Podle druhu odporového materiálu idla:
 - S idly z kovových materiál - Pt, Ni, Cu
 - S idly z polovodi ových materiál - termistory NTC
 - monokrystalické Si, Ge
- Podle rozsahu teplot:
 - oblast nízkých teplot -200° až 100°C
 - oblast pokojových teplot -30° až 100°C
 - oblast nižších st edních teplot -50° až 650°C
 - oblast vyšších st edních teplot 0° až 1000°C
- Z hlediska konstrukce a použití
 - P esné- etalonové
 - laboratorní
 - Pr myslové- pracovní
 - provozní [9]

Příklad inteligentního snímače od firmy Sensit:

- Snímač typu SD 110 je inteligentní čidlo teploty řízené mikroprocesorem. Součástí snímače je vlastní měřicí element umístěný v nerezovém měřicím stonku a elektronika umístěná v plastové hlavici, opatřené kabelovou vývodkou.

Tab. 4.1 parametry snímače SD 110. [9]

Typ snímače	SD 110
Spotřeba	300 mW
Měřicí rozsah	-30 až 70 °C
Komunikační vlastnosti	Komunikace po RS 485 256 modulů na jeden sériový port
Přesnost elektroniky	0,05 %
Přesnost čidla	±0,5 %
Citlivost	0,03125 °C
Pracovní podmínky	Teplota okolí: -30 až 70 °C
Hmotnost	0,2 kg



Obr. 4.7 snímač SD 110. [9]

4.4.2 Inteligentní snímače tlaku

Inteligentní tlakové snímače jsou také hojně používány. Je zde opatřeno dle potřeby automatické korekce. Při sobě teploty, nebo vyššího tlaku může velmi ovlivnit naměřené hodnoty. Inteligentní snímače tlaku mají uvnitř integrované teplotní měřidlo, které dokáže na základě naměřené vyšší teploty kompenzovat naměřený tlak.

Příklad inteligentního snímače od firmy Rosemount:

- Snímač 3051C je určen pro měření tlakové difference, absolutního a relativního tlaku, průtoku a pro použití v dalších speciálních aplikacích vyžadujících vysokou spolehlivost, přesnost a stabilitu. [15]

Tab. 4.2 parametry snímače 3051C [15]

Typ snímače	3051C
Měřicí rozsah	25Pa až 13,8 MPa
Inteligentní vlastnosti	Kompenzace vlivu statického tlaku a okolní teploty
Přesnost	0,075 %
Statický tlak	25 MPa
Pracovní podmínky	Teplota okolí: -40 až 85 °C
Hmotnost	2,7 kg



Obr. 4.8 snímač 3051C. [15]

5. PROGRAMOVÉ MOŽNOSTI AUTOMATIZACE MĚŘENÍ

Programové měření (program) zobrazuje a dokumentuje naměřené veličiny. Naměřená veličina slouží jako vstupní data pro následující sled operací. Probeh naměřených hodnot lze také graficky zaznamenávat a následně tak lépe analyzovat probeh chování sledované veličiny. V případě poruchy můžeme zpětně dohledat kritické hodnoty naměřených veličin, a tak předejít opakovaným poruchám. Mezi nesporné výhody patří univerzálnost programových možností. Můžeme měřit všechny známé veličiny, samozřejmě s příslušným přístrojovým vybavením.

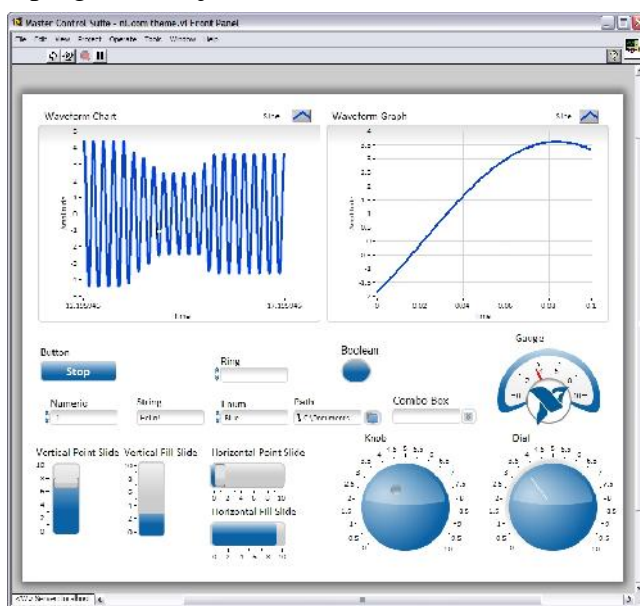
K dispozici je široká škála programů, které měření a zpravidla také řízení podporují. Z jistého pohledu je možné říci, že asi nejrozšířenější v praxi jsou co do počtu instalací ze zahraničních produktů LabVIEW od National Instruments a z domácích pak ControlWeb Moravských přístrojů. Kromě nich je možno namátkou uvést ale také například Dewesoft, Promotic, Tirs 32, RSView, InTouch SCADA HMI a řadu dalších.

5.1 NI LabVIEW

Vývojové prostředí LabVIEW, někdy též LV, je produktem americké firmy National Instruments, která je prokopníkem a největším výrobcem v oblasti virtuální instrumentace, technické disciplíny, která zažívá veliký rozvoj v oblasti vývoje, výzkumu, školství a průmyslu.

Prostředí LabVIEW, někdy nazývané též jako G-jazyk (tedy „grafický“ jazyk), je vhodné nejen k programování systémů pro měření a analýzu signálů, řízení a vizualizaci technologických procesů různé složitosti, ale také k programování složitých systémů, jako je třeba robot. S určitou nadsázkou lze říci, že prostředí LabVIEW nemá omezení své použitelnosti. [16]

Základní verze tohoto programu stojí 29 900,- Kč



Obr. 5.1 ukázka grafického prostředí NI LabVIEW. [17]

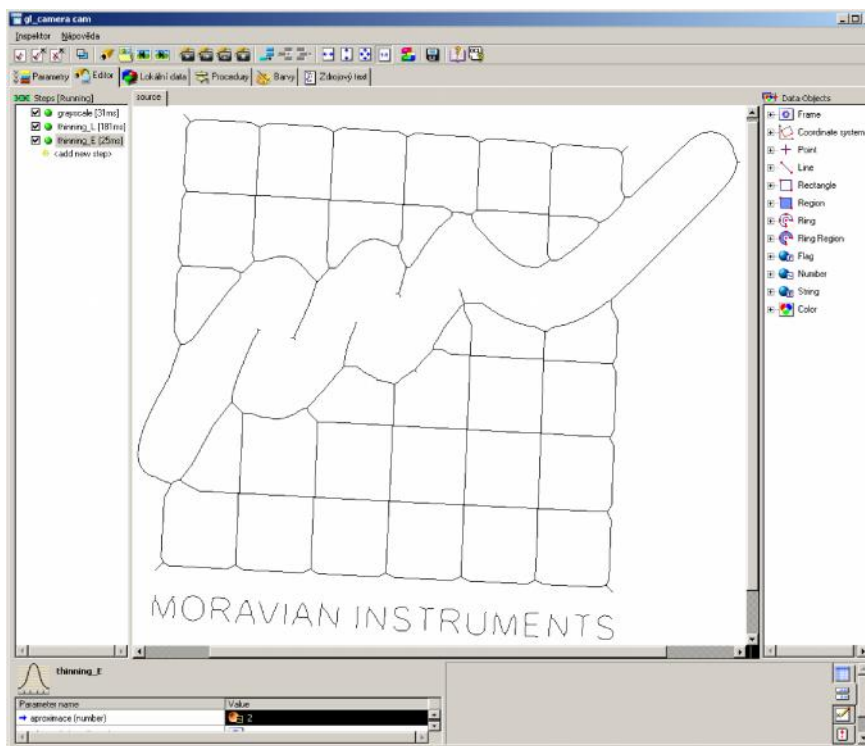
Tab. 5.1 minimální systémové požadavky pro platformu Windows [17]

	Základní prostředí	Vývojové prostředí
Procesor	Pentium III/Celeron 866 MHz, nebo podobné varianty	Pentium 4/M, nebo podobné varianty
Operační paměť	256 MB	1 GB
Rozlišení obrazovky	1024 x 768 pixel	1024 x 768 pixel
Operační systém	Windows 7, Vista, XP SP2, Windows Server 2003/2008	Windows 7, Vista, XP SP2, Windows Server 2003/2008
Místo na disku	340 MB	3,3 GB (obsahuje defaultní ovládací a z NI Device Drivers DVD)

5.2 Control Web

Definovat co je Control Web, nebo vyjmenovat všechny jeho vlastnosti je na omezeném prostoru prakticky nemožné. Pro někoho je Control Web přístupný nástroj, který umožní levně realizovat řízení například malé vodní elektrárny. Pro někoho jiného je to prostředí tvorby rozsáhlé podnikové distribuované aplikace s desítkami tisíci měřičnými body a obsahující stovky operátorských obrazovek, pracující například zapojených do sítě. Nebo může Control Web pracovat jako programový most mezi SQL databázemi, WWW prohlížeči a GSM sítí. Pro každého studenta je to nástroj, který jim ušetří spoustu práce s laboratorními pracemi, nebo automatizovaně provádí měření a tvoří protokoly. [18]

Základní verze tohoto programu stojí 1050,- Kč



Obr. 5.2 ukázka grafického prostředí Control Web. [18]

Minimální konfigurace pro běh tohoto programu není předepsána. Control Web je navrhován jako nezávislý na hardwaru. Lze ho tedy spustit na jakémkoliv počítači běžícím pod systémem Windows.

Další možnosti komunikace (nutnost patřičného ovladače):

- PLC (Siemens, Mitsubishi, Omron, Teco, Allen-Bradley, ABB, Honeywell)
- I/O moduly (DataLab IO, ELSACO, ADAM)
- měřicí karty (Advantech, Axiom, Tedia)
- „virtuální“ zařízení, například WWW server apod.

5.3 Zhodnocení vybraných programů

LabVIEW od firmy National Instruments je program, který je na trhu od samého začátku v oblasti virtuální instrumentace, tudíž jeho možnosti budou nepochybně na té nejvyšší úrovni. Nabízí také spousty karet komunikujících s tímto programem. Nevýhodou tohoto programu je, že v mnoha případech komunikuje jen s počítačovým vybavením od firmy National Instruments.

Control Web je levší produkt, který je mnohem univerzálnější co se týká počítačového vybavení. Lze v něm realizovat vstupu automatizovaného měření stejně jako je tomu v případě LabVIEW. Ovšem Control Web je na tom z hlediska cenové relace zhruba 30x lépe. Tento fakt má tedy při výběru programového vybavení hrát velkou roli.

6. NÁVRH ŘEŠENÍ ZVOLENÉHO UKAZKOVÉHO P ÍKLADU

Jako příklad pro modelové řešení byla vybrána serverová místnost. V místnosti se nachází velké množství serverů, které jsou v nepřetržitém provozu. Při jejich provozu v místnosti vzniká teplo, které musíme odvádět, a tím regulovat teplotu vzduchu v místnosti. Požadovaná teplota v místnosti je v rozsahu 18 až 25 °C. Spodní hranice teploty je za účelem vhodné teploty pro obsluhu a servisní kontrolory těchto serverů. Naopak vyšší hranice je z důvodu vhodné teploty pro servery. Obecně platí, že vyšší teploty zkracují životnost jejich komponentů, a z toho důvodu bychom neměli tuto hranici překračovat. Je tedy nezbytné nutné navrhnout vhodnou a cenově dostupnou variantu. Měřidla budou zaznamenávat teplotu a následně ji zasílat do řídicího systému, který bude dále ovládat chladicí systém.

Měřící měřidla budou zvolena z elektrických odporových teploměrů. Termolánkové sondy nebyly použity z důvodu problematické realizace srovnávacího termolánkového spoje, termistory pak kvůli podstatně horší linearitě charakteristik.

6.1 První varianta

- Snímač: PR-13-2-100-1/4-6-E (odporový teploměr Pt 100 se standardním konektorem)

Tab. 6.1 parametry PR-13-2-100-1/4-6-E [19]

typ	Sonda Pt100 s konektorem
zapojení	3 vodičové
rozsah	-200 až 220 °C
průměr	6,35 mm
délka	150 mm
cena	2160,- Kč bez DPH



Obr. 6.1 snímač PR-13. [19]

- Převodník: SPRTX-M1 (Miniaturní teplotní převodníky pro Pt 100 a termolánky umístěné v teplotním konektoru)

Tab. 6.2 parametry SPRTX-M1 [19]

typ	RTD převodník
zapojení	dvou nebo tří vodičové
rozsah	-99 až 208 °C
výstup	4-20 mA lineární
pracovní teplota	-40 až 85 °C
presnost	0,5 % z rozsahu při okolní teplotě 23 °C
rozměry	79 (š) x 18 (d) x 24 (v) mm
cena	2100,- Kč bez DPH



Obr. 6.2 převodník SPRTX-M1. [19]

- Modul: OM-DAQ-USB-2401 (8/16 kanálový USB modul sbíruje data s termoelektrickými a napěťovými vstupy, 24 bitové rozlišení s rychlostí vzorkování až 1000 vzorků/sekundu)

Tab. 6.3 parametry modulu OM-DAQ-USB-2401 [19]

typ	USB modul sbíruje data
vstup	8 diferenciálních nebo 16 jednoduchých analogových vstupů
výstup	USB
pracovní teplota	0 až 50 °C
rozměry	107 (š) x 128 (d) x 39 (v) mm
cena	13 860,- Kč bez DPH



Obr. 6.3 modul OM-DAQ-USB-2401. [19]

- Software: NI Developer Suite – cena 118 900,- Kč bez DPH

6.2 Druhá varianta

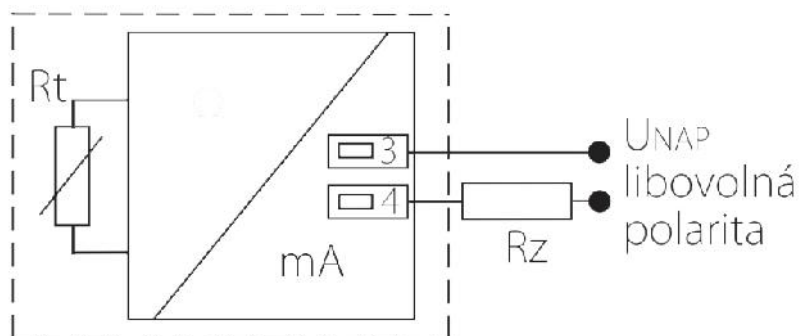
- Snímač : NS 500 TANGO (snímá teploty pro měření v interiérech)

Tab. 6.4 parametry NS 500 TANGO. [9]

typ čidla	Pt 1000/3850
zapojení	4 vodičové
rozsah	0 až 60 °C
výstupní signál	4 až 20 mA
presnost	± 0,5 °C (s korekcí), -0,5 až 2,2 °C (bez korekce)
cena	1330,- Kč bez DPH



Obr. 6.4 snímač NS 500 TANGO. [9]



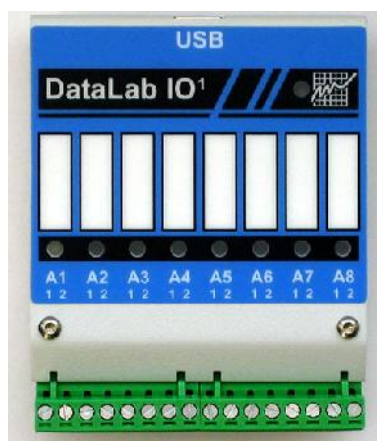
Obr. 6.5 schéma zapojení snímače NS 500 TANGO. [9]

Snímač NS 500 TANGO disponuje proudovým výstupem, tudíž není potřeba převodníku.

- Modulární systém: DataLab IO¹ (jednotka pro analogové vstup a výstup komunikující s počítačem přes USB rozhraní)

Tab. 6.5 parametry jednotky DataLab IO¹ [18]

typ	USB jednotka sběru dat
pracovní teplota	0 až 50 °C
počet CPU	1
cena	2350,- Kč bez DPH

Obr. 6.6 jednotka DataLab IO¹. [18]

- Modul: analogových vstupů AI3 (modul je určen pro měření analogových veličin standardních průmyslových rozsahů s 16-bitovou digitalizací. Vstupy jsou bipolární a galvanicky oddělené.)

Tab. 6.6 parametry modulu AI3 [18]

typ	analogový modul sběru dat
vstup	8 diferenciálních analogových vstupů
pracovní teplota	0 až 50 °C
frekvence	50 vzorků za sekundu
cena	2950,- Kč bez DPH



Obr. 6.7 modul AI3. [18]

- Software: Control Web 6.1 Vývojová verze – cena 23 500,- Kč bez DPH

6.3 Třetí varianta

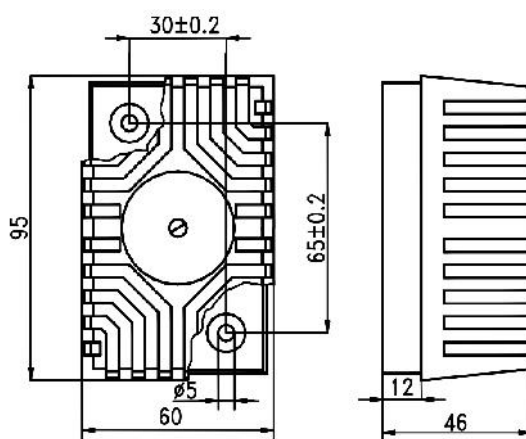
- Snímač : ZPA 11259, tolerance třída B, Pt 100 (snímač teploty pro měření v interiérech)

Tab. 6.7 parametry ZPA 11259. [20]

typ čidla	prostorové Pt 100
zapojení	dvouvodičové
rozsah	-30 až 90 °C
výstupní signál	4 až 20 mA
presnost	$\pm 0,30 + 0,005$ °C
cena	400,- Kč bez DPH



Obr. 6.8 snímač ZPA 11259. [20]



Obr. 6.9 rozměry snímače ZPA 11259. [20]

- Modulární systém: DataLab IO¹ (jednotka pro analogový vstup a výstup komunikující s počítačem přes USB rozhraní). Obrázek a parametry viz 6.2.

- Modul: vstup odporových teplotních snímačů RTD1 (Modul má vstupy pro připojení čtyř odporových teplotních snímačů. Na vstupy je možno připojit snímače s nejčastěji používanými teplotními koeficienty. Připojení snímačů může být buď tří vodičové, nebo dvou vodičové. Teplotní rozsahy pro snímače Pt 100 jsou v rozmezí od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$.)

Tab. 6.8 parametry modulu RTD1 [18]

typ	analogový modul sběru dat
vstup	pro 4 odporové snímače
pracovní teplota	0 až $50\text{ }^{\circ}\text{C}$
cena	3100,- Kč bez DPH



Obr. 6.10 modul AI3. [18]

- Software: Control Web 6.1 Vývojová verze – cena 23 500,- Kč bez DPH

6.4 Vyhodnocení variant

Tab. 6.9 souhrn parametrů navržených řešení

varianta	první	druhá	třetí
komponenty	Snímač, převodník a modul	Snímač s převodníkem, modulární systém a modul	Snímač, modulární systém a modul
komunikace s PC	USB	USB	USB
měřicí rozsah	$-99\text{ až }208\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0\text{ až }60\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-30\text{ až }90\text{ }^{\circ}\text{C}$
presnost	$\pm 0,5\%$ z rozsahu při okolní teplotě $23\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (s korekcí), $-0,5\text{ až }2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (bez korekce)	$\pm 0,30 + 0,005\text{ }^{\circ}\text{C}$
ovládací software	NI Developer Suite	Control Web 6.1 Vývojová verze	Control Web 6.1 Vývojová verze
celková cena v Kč bez DPH	137 020,-	30 130,-	27 000,-

V tabulce 6.9 jsou shrnuty parametry navržených příkladů pro měření teploty ve zvolené serverové místnosti. Použité komponenty se liší na základě charakteru výstupní a vstupní veličiny. Ve všech případech je spojení s PC realizováno pomocí univerzálního USB rozhraní.

Měřicí rozsah, který je požadován pro daný příklad splují všechny varianty s velkou rezervou. Při výběru vhodného řešení tedy nebude brán v úvahu měřicí rozsah.

Jako další srovnávací parametr je přesnost. V tomto ohledu bude nejpřesnější první varianta, jelikož lze nastavit velmi úzký měřicí rozsah a k tomu se pak bude vztahovat daná přesnost. Pokud ale uvažíme relativně širokou toleranci požadované teploty v místnosti v rozmezí 18 až 25 °C, pak svou přesností vyhoví všechny varianty.

Ovládací software byl zvolen v případě první varianty NI Developer Suite. Tento software nabízí bohaté možnosti, avšak tato výhoda je vykoupena jeho vysokou cenou. Konkurenční varianty využívají software Control Web 6.1 ve vývojové verzi. Tento software nedosahuje takových kvalit, ale jeho cena je 5x nižší než NI Developer Suite.

Poslední již zmíněný parametr je cena celé sestavy. Cenově nejvýhodnější varianta je třetí, která splňuje všechny ostatní parametry a oproti první variantě je 5x levnější.

Dle výše popsaných parametrů je cenově optimální řešení třetí varianta. V případě, že by vlastník serverové místnosti měl v plánu rozšířit měřicí systém o další měřicí zařízení (například vlhkoměr, zabezpečovací snímáče, nebo další automatizované prvky), byla by asi nejvhodnější první varianta.

1 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo uvést možnosti automatizace měření, analyzovat jednotlivé přístupy k automatizaci měření a následně navrhnout jisté variantní řešení pro zvolený příklad.

Srovnáním automatizovaného a klasického měření jsem nastínil, za jakých podmínek je vhodné volit danou metodu. Automatizované měření je téměř ve všech ohledech progresivněji než klasické měření. Pouze vysoké provozní náklady automatizovaného systému a časová náročnost instalace v dnešní době ještě zcela nevytlačily klasické měřicí metody. Jak automatizované, tak i klasické měření je negativně ovlivněno vnějšími vlivy, mezi které patří teplota, tlak, vlhkost, působení různých parazitních polí, vibrace, nečistoty, atd. Pokud při automatizovaném měření nezhodnotíme například vliv teploty, může dojít k výraznému zkreslení hodnot, které dále nepříznivě ovlivní výslednou kvalitu procesu. Na rozdíl od klasických metod, automatizované velmi často umožní aplikovat také automatické korekce k odstranění, nebo alespoň snížení dopadu negativního působení okolních vlivů na samotné měření.

Práce naznačuje, že cestou k automatizaci měření je možnost řešení prostřednictvím uplatnění přístrojového nebo programového vybavení, například jejich vzájemné kombinace. Část práce je věnována snímkování, převodníkům a kartám. Tyto přístrojové komponenty jsou v různé kombinaci použity v každém automatizovaném měřicím systému. V poslední době se tyto prvky často sjednocují do jednoho celku, například kombinace snímkovače a převodníku. Takovéto kombinace jsou pak často označovány jako inteligentní (smart) snímkovače, i když SMART snímkovač v pravém slova smyslu obsahuje také řídicí procesorovou jednotku. Díky ní disponuje celou řadou dalších možností. Jako jsou seřízení rozsahu, komunikace s dalšími prvky v reálném čase, korekce, kalibrace atd.

Důležitou částí měřicího systému je program, s jeho pomocí lze naměřená data mnohem podrobněji analyzovat a zpětně dohledat případné nesrovnalosti. Na našem trhu se nachází celá řada těchto programů, z nejznámějších zahraničních jsem zmínil LabVIEW od National Instruments, a pro porovnání jsem vybral český výrobek Control Web od Moravských přístrojů. Tyto produkty jsem porovnal na základě jejich charakteristických parametrů a dospěl jsem k závěru, že kvalitativně lepší je LabVIEW, avšak tato výhoda je vykoupena příliš vysokou provozní cenou.

Závěr práce je věnován návrhu modelového příkladu měření teploty v serverové místnosti. V místnosti je požadována teplota v rozsahu 18 až 25 °C. Navrhnul jsem 3 varianty řešení s různou kombinací použitých komponent. Varianty byly navrženy tak, aby každá z nich splňovala základní parametry zadání. Pro jejich vzájemné porovnání tedy posloužila provozní cena a dosahovaná přesnost. Jako nejpreciznější varianta se jeví ta, která je složená z komponent od dodavatele Jakar s.r.o., a to díky nastavitelným mezím rozsahu. Nejlevnější varianta se skládá z měřicího idla od firmy ZPA Ústí nad Labem, jednotky Data lab a modulu, který převádí signál idla Pt 100 ke zpracování softwarem ControlWeb.

Návrhy všech tří variant jsou velmi subjektivní a bylo je jistě možno uspořádat i zcela jinak v široké škále velmi podobných modifikací. Všechny mnou navržené vycházejí na vstupu z idla Pt 100, které je sice relativně pomalejší, ale naopak vhodné pro měření absolutní hodnoty teploty. Proto jsem také nepoužil rychlejších snímkovačů termočlánkových, které ale mají pro tuto aplikaci problém s realizací teploty srovnávacího spoje, takže jsou

vhodnější k sledování rozdílových teplot. I tak je samozřejmě možné diskutovat o jednotlivých komponentách, které by bylo možno nahradit velmi podobnými prvky od jiných dodavatelů a výrobců. Tímto – nejlevnější variantou byla ale část nůžkov složená kompletně z prvků – přístroj i programu domácí produkce.

Předložená práce splnila cíle, které si kladla v úvodu na základě požadavků svého zadání. Byla provedena základní analýza možností přístrojového i programového řešení automatizace měření a tyto možnosti byly dokumentovány jednoduchým příkladem automatizovaného měření teploty.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Měřicí technika v automatizaci. In: ING. FRANTIŠEK VDOLE EK, CSC. *Automa* [online]. FSI VUT, Brno, prosinec.2003 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=29005
- [2] Základy automatizace. In: ŠVARC, Ivan. *Ústav automatizace a aplikované informatiky* [online]. Brno, 2002 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://autnt.fme.vutbr.cz/svarc/ZakladyAutomatizace.pdf>
- [3] Metody měření fyzikálních veličin. In: *Encyklopedie fyziky* [online]. 01.01.2006 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/142-metody-mereni-fyzikalnich-velicin>
- [4] TECHNICKÁ MĚŘENÍ: Text pro podporu výuky v kombinovaném studiu. In: Ing. František VDOLE EK, CSC. *Ústav automatizace a informatiky* [online]. Brno, 2002 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a1-731a/ETC.pdf>
- [5] CHUDÝ, Vladimír. *Meranie technických veličín*. 1. vyd. Bratislava: STU, 1999, 689 s. ISBN 80-227-1275-2.
- [6] Posuvné měřidlo digitální. In: *Power plus* [online]. 2009 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: http://www.powerplus.cz/index.php?akce=product_detail&id=946&pid=98
- [7] System lineárního snímače. In: *RENISHAW* [online]. 2004 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://www.renishaw.cz/cs/system-linearniho-snimace-rgh22--6443>
- [8] Airbag. In: *Autolexikon* [online]. 2011 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://cs.autolexikon.net/articles/airbag/>
- [9] *Katalog SENSIT s.r.o: Odporové snímače teploty* [CD-ROM]. Rožnov pod Radhoštěm, 2012 [cit. 19.4.2012]. 2012-2013.
- [10] Elektrochemické snímače a převodníky. In: *Automatizace* [online]. 2005 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=598>
- [11] Měřicí převodník teploty. In: *GHV Trading* [online]. 2011 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.ghvtrading.cz/rozvadecove-pristroje/prevodniky/teploty/ptu.html>
- [12] Multifunkční karta a její aplikace. In: *Automatizace* [online]. 2008 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=2392>
- [13] Inteligentní snímače. In: *Střední škola informatiky, elektroniky a měřitelství* [online]. Brno, 2004 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://www.roznovskastredni.cz/dwnl/pe12009/09/benes.pdf>

[14] Tlakoměry v automatizaci. *E-automatizace* [online]. 2009 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: http://www.e-Automatizace.cz/ebooks/mmv/tlak/tlak_tlakomery_v_automatizaci.htm

[15] Snímání tlaku a tlaková diference. In: *E-automatizace* [online]. 2001 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: http://www.e-automatizace.cz/ebooks/mmv/ODKAZY_NA%20STRANKY/OBRAZKY/Rosemount_3051C.pdf

[16] Začínáme s LabVIEW. In: OLMR, Vít. *HW* [online]. 3.12.2008 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/knihovnicka/zaciname-s-labview.html>

[17] LabVIEW System Design Software. In: *NATIONAL INSTRUMENTS* [online]. 2012 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.ni.com/labview/>

[18] Control Web. *Moravské přístroje a.s.* [online]. říjen 2010 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/>

[19] Produkty katalogu omega: Katalog teplota. *Omega engine* [online]. 2011 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.omegaeng.cz/shop/tsc.html>

[20] ZPA EKOREG SPOL. S R.O. *Výrobce přístrojové a regulační techniky* [online]. 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.zpaul.cz/>