

Regulace teploty a měření vlhkosti v místnosti

Control of Temperature and Humidity in Room

Bc. Struhár Pavel

Diplomová práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav aplikované informatiky
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel STRUHÁR**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Regulace teploty a měření vlhkosti v místnosti**

Zásady pro vypracování:

1. V teoretické části vypracujte literární rešerši zaměřenou na měření a regulaci teploty a vlhkosti.
2. Seznamte se s problematikou vývoje aplikací pro vizualizaci průmyslových procesů a řízení v reálném čase a proveďte průzkum dostupného SW, který existuje pro vývoj aplikací tohoto typu.
3. Realizujte zařízení pro regulaci teploty a měření vlhkosti s možností přepínání mezi automatickým a manuálním režimem.
4. Realizované zařízení opatřete displejem, který bude zobrazovat aktuální teplotu a vlhkost v místnosti.
5. Pomocí zvoleného vizualizačního prostředí vytvořte uživatelský SW na řízení topení a monitorování teploty a vlhkosti.
6. Proveďte realizaci a následnou montáž navržených zařízení, ověřte jeho činnost v provozu.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **BASTIAN, P.: Praktická elektrotechnika. Europa – Sobotáles, Brno, 2004.**
2. **HRUŠKA, F.: Technické prostředky automatizace IV. UTB ve Zlíně, 2001.**
3. **KLAUS, T.: Příručka pro elektrotechnika. Europa – Sobotáles, 2005.**
4. **HORST, J.: Informační a telekomunikační technika. Praha, BEN, 2004.**
5. **Moravské přístroje: Katalog CONTROL WEB.**
6. **BAMBUCH, J.: Web vizualizace a řízení modelu teplárenských soustav. Diplomová práce, UTB ve Zlíně, 2003.**
7. **KREJČÍŘÍK, A.: Solid State Relé. Praha, BEN, 2002.**
8. **CHUDÝ, V., PALENČÁR, R.: Meranie technických veličin. STU Bratislava, Bratislava, 1999.**
9. **ĎADO, S., KREIDL, M. : Senzory a měřicí obvody. ČVUT, Praha, 1999.**
10. **www.advantech.com**
11. **www.mii.cz**

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

20. února 2008

Termín odevzdání diplomové práce:

19. května 2008

Ve Zlíně dne 20. února 2008



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce pojednává o regulaci teploty a monitorování vlhkosti v místnosti. Je v ní obsaženo jednak teoretické seznámení s regulací teploty a s hlavními funkčními součástkami, kterými jsou čidla teploty a vlhkosti, elektronická relé. Dále práce obsahuje průzkum dostupného vizualizačního software s jeho hlavními vlastnostmi. V práci je popsán návrh elektroniky sloužící k přepínání mezi automatickým a manuálním řízením, k zobrazení hodnoty teploty nebo vlhkosti na displeji a pro spínání zátěže, kterou jsou v tomto případě tři topná tělesa.

Automatické řízení a vizualizace jsou zde realizovány pomocí PC s průmyslovou kartou a softwarovým vybavením ControlWeb.

Klíčová slova:

ICL7107, voltmetr, elektronické relé, SSR, senzory teploty, senzory vlhkosti, elektronika

ABSTRACT

This master thesis deals with temperature control and humidity monitoring in the room. In this thesis is contained theoretical acquaintance with temperature monitoring and with main functional parts (temperature and humidity sensors and electronic relays). Next the thesis contains survey of accessible visualization software with its main features too. In this thesis, there is described design of electronics, which serves to switching between automatic control and manual control, for indication of temperature or humidity values at the display and for switching load, which are three heating bodies in this case.

Automatic control and visualization are realized by personal computer with input/output measuring card and ControlWeb software here.

Keywords:

ICL7107, voltmeter, electronic relay, SSR, temperature sensors, humidity, electronics

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za neocenitelnou pomoc, odborné rady a věcné připomínky při práci na praktické části i při korekci výsledné formy diplomové práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé diplomové práce může být naloženo podle uvážení vedoucího diplomové práce a vedoucího katedry. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 09. 05. 2008

.....

Pavel Struhár

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 REGULACE TEPLoty	10
1.1 SPOJITÁ REGULACE	12
1.2 NESPOJITÁ REGULACE	13
1.3 CHOVÁNÍ REGULAČNÍCH SOUSTAV	14
2 MĚŘENÍ TEPLoty	17
2.1 DILATAČNÍ TEPLoměRY	19
2.1.1 Teploměry plynové	19
2.1.2 Teploměry tenzní	19
2.1.3 Teploměry kapalinové.....	20
2.1.4 Teploměry založené na roztažnosti pevných látek.....	21
2.2 ODPOROVÉ SNÍMAČE TEPLoty	21
2.2.1 Kovové odporové teploměry.....	21
2.2.2 Termistory	22
2.2.3 Polovodičový monokrystalický Si senzor teploty.....	23
2.3 TERMOČLÁNEK	23
2.4 POROVNÁNÍ ELEKTRICKÝCH TEPLoměRŮ	24
3 MĚŘENÍ VLHKOSTI VZDUCHU	26
3.1 KAPACITNÍ SENZOR VLHKOSTI	27
3.2 ODPOROVÝ SENZOR VLHKOSTI.....	27
3.3 VLHKOMĚR S VYHŘÍVANÝMI TERMISTORY	28
3.4 DILATAČNÍ HYGROMETRY	29
3.5 KONDENZAČNÍ VLHKOMĚR	29
3.6 ELEKTROLYTICKÝ VLHKOMĚR	29
3.7 PSYCHROMETR	30
3.8 GRAVIMETRIE	31
4 ELEKTRONICKÁ RELÉ	32
4.1 FUNKCE ELEKTRONICKÝCH RELÉ.....	32
4.1.1 Obecná specifikace SSR	32
4.1.2 NEVÝHODY SSR.....	35
4.2 ROZDĚLENÍ SSR PODLE TYPU VÝSTUPNÍHO OBVODU	35
4.3 ROZDĚLENÍ SSR PODLE TYPU VSTUPNÍHO OBVODU.....	38
4.3.1 Vstup s LED.....	38
4.3.2 Vstup s usměrňovačem	38
4.3.3 Jiné typy vstupů.....	39
4.4 ROZDĚLENÍ SSR PODLE TYPU IZOLACE	39
5 VIZUALIZACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ	41

5.1	ZÁKLADNÍ POJMY	41
5.2	VIZUALIZAČNÍ SYSTÉM.....	42
5.3	PŘÍKLADY VIZUALIZAČNÍCH SYSTÉMŮ	44
5.3.1	Control Panel a Control Web	45
5.3.2	InTouch	47
5.3.3	Citect	48
5.3.4	RSView32	49
5.3.5	ASPIC	51
5.3.6	IGSS (Interactive Graphic Supervision System).....	52
5.3.7	TIRWeb.....	53
5.3.8	Reliance.....	55
5.3.9	Wizcon	56
5.3.10	Některé další vizualizační programy.....	57
II	PRAKTICKÁ ČÁST	60
6	OBECNÉ POŽADAVKY A POPIS STÁVAJÍCÍHO ŘEŠENÍ.....	61
6.1	OBECNÉ POŽADAVKY	61
6.2	STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ.....	61
7	NOVÉ ŘEŠENÍ.....	62
7.1	POPIS ŘEŠENÍ A VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	62
7.1.1	Popis řešení	62
7.1.2	Výkresová dokumentace	63
7.2	POPIS OVLÁDACÍHO PANELU.....	63
7.2.1	Teploměr s vlhkoměrem	64
7.2.2	Řídicí logika	72
7.3	POPIS MODULU SPÍNAJÍCÍHO TOPENÍ	74
7.4	STAVBA A OŽIVENÍ	76
7.4.1	Teploměr s vlhkoměrem	77
7.4.2	Řídicí logika	78
7.4.3	Deska s SSR	79
7.5	PC A CONTROLWEB.....	80
7.5.1	Konfigurace karty a programu ControlWeb	82
7.5.2	Uživatelské prostředí.....	83
7.6	POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ A JEJICH PARAMETRY	85
8	ZÁVĚR.....	87
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	89
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	91
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	93
	SEZNAM OBRÁZKŮ	94
	SEZNAM TABULEK.....	96
	SEZNAM PŘÍLOH.....	97

ÚVOD

Člověk se už od nepaměti snaží vynalézat přístroje a zařízení, které mu usnadní práci a ani tato doba není výjimkou. Každý den jsou představovány závratné novinky, nad kterými nestačíme žasnout. Neexistuje obor, ve kterém by se nebylo potřeba učit stále něčemu novému a ten kdo tento pokrok jednou zaspí, tak se pak těžko dokáže postavit konkurenci jak efektivitou, kvalitou výroby nebo funkčností svých výrobků. Kvůli těmto i kvůli jiným věcem je snaha procesy co nejvíce zautomatizovat. Kdo by přece nechtěl pracovníka, který se nespole, dokáže bez přestání pracovat s nízkými náklady na provoz.

Těmito pracovníky se stávají přístroje jako počítač, PLC, které pomocí vizualizace, neboli zviditelnění technologického procesu, která je vyšší formou řízení, kdy člověk má možnost nejen do řízeného děje zasahovat, sledovat jej, příp. reagovat na vzniklé situace, nýbrž průběh děje poznávat z hlediska zákonitostí a vlastností, celý děj popsat, důležité vlastnosti děje archivovat, vytvářet předpisy pro dosažení požadovaného výsledku a postupně tak vytvářet vyšší formu řízení s cílem eliminovat rutinní práce a zvýšit kvalitu práce.

Tito pracovníci umí řídit jak složité procesy, tak i ty mnohem jednodušší, ale ne méně důležité jako například takový, který je tématem této diplomové práce pojednávající o regulaci teploty a monitorování vlhkosti, která by měla být rozšířením teoretických znalostí o praktické a skládá se ze dvou částí. První část této práce je teoretická, která se skládá z pěti podkapitol.

V první podkapitole s názvem regulace teploty je nastíněna teorie spojená s regulací obecně a jejím základním členěním. Poté je v následujících dvou podkapitolách věnována pozornost čidlům teploty a vlhkosti s jejich funkčními principy a vlastnostmi. Protože je zde jako hlavní spínací součástka použito elektronické relé, tak je mu věnována čtvrtá podkapitola obsahující jeho stručnou historii, vysvětlení funkce a taktéž je zde dělení vstupů a výstupů. Poslední podkapitola, která se zde nachází, je průzkum software, který lze použít pro vizualizaci a řízení technologického procesu. Zde je obsažen souhrn nejnámějšího software dostupného u nás, s jeho základními vlastnostmi a oblastmi použití.

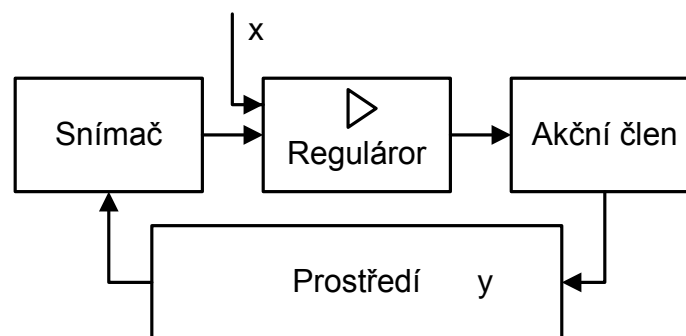
V druhé části s názvem praktická část se nachází opět několik podkapitol. První z nich obsahuje obecné požadavky na řízení s popisem stávajícího řešení. Poté následuje popis nově navrženého řešení s popisem jeho funkce a stavbou s oživením.

TEORETICKÁ ČÁST

1 REGULACE TEPLOTY

K pochopení problematiky regulace teploty v místnosti je potřeba si objasnit základy regulace.

Nejprve definujeme regulovanou soustavu, ve které se nachází snímač měřené veličiny. V tomto vzorovém případě se jedná o termistor (odpor, jehož velikost se mění s teplotou). V jiných aplikacích by to mohl být jiný druh snímače teploty (fotoodpor, atd.), nebo snímače jiných veličin (tlaku, vlhkosti, apod.). Dále je potřeba akční člen, který zajišťuje úpravu měřené veličiny. V našem případě se jedná o obvod, který spíná elektrické topení (přímotop), plynový kotel, ventily nebo čerpadlo ústředního topení. V jiných aplikacích je akčním členem spínač osvětlení, ventilátor, motor, siréna, apod. V regulované soustavě se dále nachází řídicí obvod (regulátor), který pomocí úrovně měřené veličiny snímané snímačem a na základě požadované hodnoty této veličiny X provádí pomocí akčního členu její regulaci (Obr. 1).



Obr. 1 Blokové schéma regulované soustavy

S regulovanými soustavami se setkáváme velmi často. Příkladem hydromechanické soustavy je třeba splachovací zařízení nebo zařízení udržující konstantní tlak vody v potrubí (když voda odtéká, klesne tlak, tlakový spínač sepne čerpadlo, tlak vzroste, expanzní nádoba se naplní vodou, tlakový spínač vypne čerpadlo). Dá se matematicky odvodit, že všechny regulované soustavy se řídí stejnými zákonitostmi a že jejich chování můžeme popsat pomocí stejných matematických rovnic (diferenciální rovnice 2. řádu, řešení pomocí Laplaceovy transformace). Regulovaná soustava se řeší pomocí diferenciálních rovnic. [7]

Označíme-li jako řídicí veličinu X , například požadovanou teplotu v místnosti, kterou nastavujeme (ručně knoflíkem nebo automaticky pomocí programu), řízenou veličinou Y , kterou bude skutečná teplota v místnosti. Z odezvy řízené veličiny Y na skokovou změnu

řídící veličiny X (např. když ve studené místnosti nastavíme náhle vyšší teplotu) lze zjistit vlastnosti regulované soustavy.

- Jinak se bude chovat zděný dům s velkou tepelnou kapacitou.
- Jinak dům postavený z dřevotřískových desek, který se dá vytopit na požadovanou teplotu podstatně rychleji.
- Jinak se bude chovat dům vytápěný elektrickým přímotopem (topný výkon začne okamžitě ohřívat vzduch)
- Jinak dům s ústředním topením (nejprve se ohřívá voda v otopném systému, teprve později se od ní začne ohřívat vzduch). Tak vzniká dopravní zpoždění.

Čidlo snímání teploty musí být umístěno v přiměřené vzdálenosti od topení. Pokud by bylo příliš blízko, často by se topení zapínalo a vypínalo, soustava by měla snahu kmitat. Při jejich velké vzájemné vzdálenosti bude mít soustava velkou hysterezi. Dlouho potrvá, než se teplo dostane od topení k čidlu, mezitím teplota roste nad nastavenou mez a dochází k jejímu překmitu.[7]

Snažíme se navrhnout elektrický řídící obvod tak, aby svými vlastnostmi kompenzoval dopravní zpoždění a setrvačnost soustavy s cílem dosažení co možná nejrychlejšího zaregulování (aby skutečná teplota odpovídala nastavené teplotě) a s minimalizací překmitů teploty.

Mezi soustavami, kterými se řídí neelektrické veličiny pomocí elektrických obvodů jsou nejrozšířenější soustavy s regulací teploty, ať už v obytném domě, v nádržce s vodou (akvárium) nebo třeba na hrotu pájecího pera. Proto si na tomto příkladu celou problematiku vysvětlíme. Níže uvedené zákonitosti ale platí obecně bez ohledu na absolutní velikost regulovaného výkonu. Dají se rovněž aplikovat i na regulaci jiných veličin (otáčky motoru, osvětlení, výška vodní hladiny, tlak, vlhkost, apod).

Regulace je většinou prováděna pomocí zpětnovazební smyčky. Snímač (termistor) převádí neelektrickou veličinu (teplotu) na elektrické veličiny (odpor, napětí). Odchytky jsou porovnávány s referenčními hodnotami, pomocí kterých je nastavena požadovaná hodnota regulované veličiny (teploty). Změnou regulované veličiny (ochlazení) je vyvoláno rozdílové napětí, které je zesilovačem zesíleno. Toto zesílené napětí napájí akční člen (topení), který vrátí řízenou veličinu zpátky na správnou hodnotu.[7]

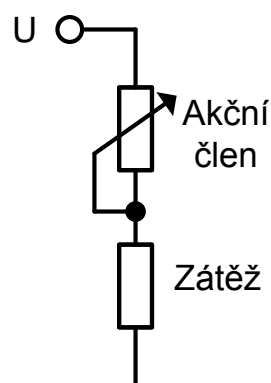
K měření teploty můžeme použít čidla, jejichž snímání teploty je založeno na různých fyzikálních principech, jako například termistor nebo termočlánek. Těmto i jiným čidlům je věnována kapitola 2. Měření teploty.

Rozlišujeme dva způsoby regulace:

- Spojitou regulaci
- Nespojitou regulaci

1.1 Spojitá regulace

Při spojitě regulaci probíhá řízení spojitě, což znamená, že je akční člen řízen plynule se měnícím napětím. Při regulaci teploty to znamená, že při velkém rozdílu žádané a skutečné teploty pracuje topení na plný výkon. S rostoucí hodnotou teploty se tento výkon postupně snižuje. Při dosažení žádané (nastavené) teploty se topný výkon sníží na hodnotu, která je rovna úniku tepla z vyhřívaného prostoru do okolí. Spojitou regulaci si lze představit jako proměnný odpor, pomocí kterého se plynule reguluje proud tekoucí do zátěže a tím i tepelný výkon zátěže (Obr. 2).

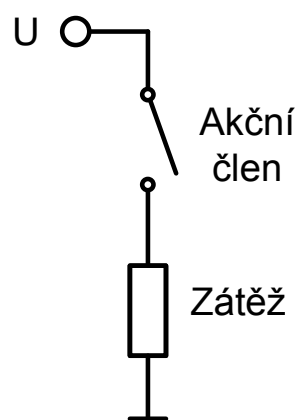


Obr. 2 Princip spojitě regulace

Nevýhodou spojitě regulace jsou velké výkonové ztráty (až čtvrtina maximálního dosažitelného výkonu) na akčním členu. Při regulaci větších výkonů je tento způsob regulace i přes vysokou přesnost nevýhodný a nepoužitelný. Např. v sérii s elektrickým přímotopem by musel být regulátor, na kterém by se ztrácel výkon až jednotek kilowattů. Při regulaci teploty v budovách se tato regulace může uplatnit pouze při použití trojcestných ventilů v ústředním topení, jejichž poloha se plynule nastavuje.[7]

1.2 Nespojité regulace

Při nespojité regulaci (*Obr. 3*) je řídicí napětí měněno skokově, řídicí člen pracuje jako spínač. Nespojité regulaci je dávana přednost tehdy, není-li potřeba trvalé působení akčního členu. Např. elektrické topení se může střídavě zapínat a vypínat, aniž by to vadilo jeho funkci. Pokud je perioda tohoto spínání výrazně kratší než časová konstanta regulace, uživateli to nemůže vadit. Například při regulaci osvětlení často není možné nespojitou regulaci použít. Při nespojité regulaci se řízená veličina Y (teplota) neustále pohybuje kolem nastavené žádané hodnoty podle toho, jak je akční člen (topení) zapínán a vypínán.



Obr. 3 Princip nespojité regulace

Výhodou nespojité regulace jsou minimální ztráty na řídicím členu. Regulační obvod pracuje s vyšší účinností, zmenšují se požadavky na jeho chlazení na minimum. Na ideálním sepnutém spínači nejsou žádné tepelné ztráty. Na polovodičových spínačích (tranzistor, tyristor, triak) tvoří ztráty řádově 1 % spínaného výkonu. [7]

Jako výstupní spínací obvody se používají relé a stykače (elektrický proud vytváří v cívice magnetické pole, které sepne spínač), ale stále více se dává přednost polovodičovým prvkům (vyšší životnost - bezkontaktní spínání, větší rychlost, menší rozměry, nižší cena). Ke galvanickému oddělení řídicích a výkonových obvodů se stále častěji používají optotriaky a polovodičová relé (SSR), kde pomocí malých řídicích napětí a proudů (jednotky voltů, jednotky miliampér) můžeme spínat i velké výkony. Podrobněji v kapitole 4. Elektronická relé.

Při dosažení rovnovážného stavu má regulovaná soustava snahu kmitat a zařízení se stále zapíná a vypíná ve velmi krátkých časových intervalech. To působí hluk a nadměrné

opotrebení spínacích kontaktů. Z tohoto důvodu musíme při nespojité regulaci zavést do řídicího obvodu hysterezi. Hystereze řídicího obvodu ale nemá být příliš velká, aby zbytečně nezvyšovala celkovou hysterezi soustavy, viz dále. Pokud např. nastavíme požadovanou teplotu v místnosti na 20 °C, topení se zapne pokud teplota poklesne pod 19,5 °C a vypne se, až teplota vystoupí na 20,5 °C. Hysterezi většiny regulátorů volíme okolo 0,5 až 1 °C.

V regulované soustavě může vznikat poměrně velká hystereze vlivem dopravního zpoždění (časové zpoždění způsobené ohřevem vody v ústředním topení a pohybem vody od kotle do radiátorů, vliv velké vzdálenosti mezi snímačem teploty a topením - pohyb teplého vzduchu od radiátoru ke snímači teploty). Regulovaná soustava může mít i velkou setrvačnost (např. po vypnutí topení horká voda v radiátorech dále ohřívá vzduch). [7]

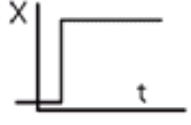
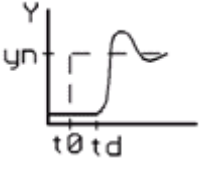

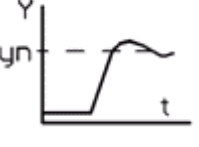
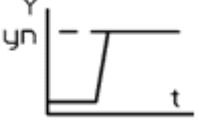
1.3 Chování regulačních soustav

Hystereze, dopravní zpoždění a setrvačnost soustavy způsobují oscilace regulované veličiny, a tím i výše popsaný jednoduchý regulátor (čidlo, zesilovač, spínač) přestává vyhovovat. Překmitý snižují kvalitu regulace teploty. Platí, že čím vyšší výkon máme k regulaci k dispozici, tím rychleji se soustavu podaří zaregulovat (dosáhnout požadované teploty). Tento výkon má ale svá omezení (maximální možný příkon topení). Dobu dopravního zpoždění můžeme měnit pouze velmi málo ($t_d - t_0$). S rostoucím výkonem vzrůstá náchylnost k oscilacím (*Tab. 1 b*). Při malé rezervě výkonu nám bude dlouho trvat, než dosáhneme zaregulovaného stavu. K překmitům ale nedochází (*Tab. 1 c*).[7]

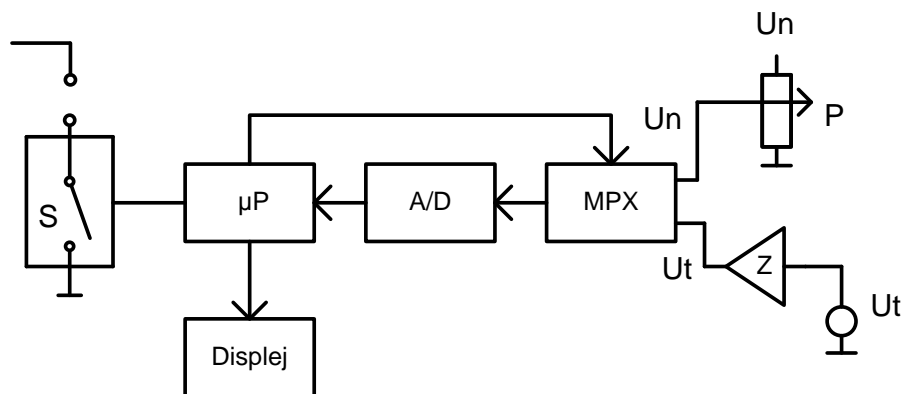
Při regulaci se snažíme o maximální rychlost zaregulování s minimalizací překmitů (*Tab. 1 d*). K tomu můžeme využít dvoustupňový regulátor, pomocí kterého po zapnutí nastane rychloohřev velkým výkonem, a až je dosaženo teploty např. o 1 až 2 °C menší než teplota nastavená, zmenší se dodávaný výkon, aby nedošlo k překmitu a aby se zmenšilo kolísání teploty.

Následujících několik obrázků naznačuje typické chování některých soustav, které mohou být určitým vodítkem při optimalizaci, ale důležitější je znalost a zkušenost obsluhy.

Tab. 1 Průběhy grafů žádané hodnoty a regulované hodnoty

1		a) Skoková změna řídicí veličiny (zapnutí regulačního obvodu)
2		b) Regulovaná soustava s velkým dopravním zpožděním, velkou rezervou výkonu, která má sklon k překmitům
3		c) Průběh regulace při malé rezervě výkonu
4		d) Průběh regulace při optimální rezervě výkonu a vhodném způsobu regulace
5		e) Ideální regulace (obvody s mikroprocesorem)

Dvoustupňový regulátor vytvoříme pomocí dvou topných okruhů, které spínáme dvěma spínači. K dosažení optimálního průběhu regulace můžeme použít i tzv. pulsní šířkové modulace (PWM). Spínací obvod je periodicky zapínán a vypínán. Perioda je mnohonásobně kratší než doba potřebná k zaregulování obvodu. V závislosti na rozdílu nastavené a skutečné teploty se mění doba zapnutí a vypnutí spínače (střída řídicího signálu). Pokud tímto způsobem spínáme výkonový elektrický obvod, spínáme jej při průchodu síťového napětí nulou. Především tak rušivým jevům při spínání. V současné době se k regulaci teploty nejčastěji používají regulátory řízené mikroprocesory (viz. Obr. 4). [7]



Obr. 4 Regulátor teploty s mikroprocesorem

Zesílené napětí z termočlánku U_t a napětí odpovídající nastavené hodnotě teploty U_n jsou přivedeny přes multiplexer do A/D převodníku a do mikroprocesoru. Multiplexer je polovodičový přepínač, pomocí kterého můžeme k jednomu A/D převodníku zapojit větší počet vstupů. Jedním řídicím obvodem tak můžeme regulovat teplotu ve více místnostech. Podle programu se spíná řídicí prvek tak, aby byl vykompenzován vliv zpoždění a setrvačnosti. S dobrým programem lze dosáhnout ideálního průběhu regulace (Tab. 1 e). Nastavená a skutečná teplota je zobrazována na displeji. Jedná se o nejdokonalejší typ zapojení, pro které není vývoj programu snadný. [7]

Kvalitní programy jsou schopné se "učit", to znamená zjistit vlastnosti prostředí a přizpůsobit jim průběh regulace. Vznikají tak adaptabilní regulátory, které si po prvním zapojení změří vlastnost soustavy, kterou regulují. Vypočítají dopravní zpoždění, hysterezi a tepelnou kapacitu. Tyto hodnoty si pak uloží do paměti EEPROM nezávislé na napájecím napětí a provádí poté regulaci optimálním způsobem.

K dosažení úspor energie při zachování tepelné pohody se používají stále dokonalejší řídicí obvody. Spojíme-li např. regulační obvod s digitálními hodinami obsahujícími spínač, získáme termostat, u kterého můžeme nastavit automatické snížení nastavené teploty v nočních hodinách a v době, kdy nebýváme doma. Týdenní hodiny zajistí jiný topný režim v pracovních dnech a o víkendu. Roční hodiny mají v paměti i svátky. Topení je možné zapnout i dálkově, např. z mobilního telefonu, pokud se např. vracíme domů neplánovaně dříve. Ve velkých budovách bývá teplota řízena pomocí PC.[7]

2 MĚŘENÍ TEPLoty

Teplota je jednou z nejdůležitějších veličin ovlivňující téměř všechny stavy a procesy v přírodě. Při měření teploty ϑ měříme obecně jinou veličinu A , která je na teplotě závislá podle vztahu 1.1, který jsme schopni vyčíslit.

$$A = f(\vartheta) \quad (1.1)$$

Hmotu, která má teplotu podstatně vyšší než je teplota lidského těla označujeme subjektivně jako horkou, hmotu s teplotou nižší jako studenou. Při srovnání dvou těles s různými teplotami říkáme, že těleso, které má nižší teplotu je chladnější, popř. že těleso, které má vyšší teplotu je teplejší. Pokud se teplota snižuje, znamená to, že těleso chladne. Pokud se naopak teplota zvyšuje, těleso že se ohřívá. Při chladnutí odevzdává hmota do svého okolí teplo a při ohřevu z okolí teplo přijímá. Nejnižší možnou teplotou je teplota absolutní nuly, ke které se lze libovolně přiblížit, avšak nelze jí dosáhnout. V současné době nejsou známy žádné fyzikální zákony, které by omezovaly horní hranici teploty.[8]

Jako první stanovil všeobecnou teplotní stupnici D. G. Fahrenheit. Vyráběl teploměry, které od roku 1714 plnil lihem. Teplotní stupnici založil na třech teplotách. Za základní bod použil teplotu chladicí směsi ledu a salmiaku. Domníval se, že to je nejnižší možná teplota a označil ji nulou. Jako druhou zvolil teplotu tání ledu a označil ji číslem čtyři. Třetím bodem byla teplota zdravého lidského těla, označená číslem dvanáct. Od roku 1720 plnil teploměry rtutí. Protože se mu dosavadní díly zdály velké, rozdělil každý na osm částí, které nazval stupně, takže teplota tání ledu má na jeho stupnici hodnotu 32 stupňů (značka °F), teplota zdravého lidského těla je 96 °F a teplota varu vody je 212 °F. Teploměry vyráběné Fahrenheitem se rychle rozšířily a stupnice označená jeho jménem se dodnes používá v Anglii a v USA.

Švédský matematik a geodet Anders Celsius (1701–1744) v roce 1742 zavedl do měření teplot desítkovou soustavu. Teplotu tání ledu označil číslem 100 a teplotu varu vody 0. Poté profesor Martin Strömer (1707–1770) navrhl v roce 1750 Švédské akademii, aby úsek mezi teplotou tání ledu a teplotou varu vody byl ponechán rozdělený na sto stupňů, ale aby označení teploty tání ledu se změnilo na 0 a teplotě varu vody byla přiřazena číselná hodnota 100. Tato stupnice se dodnes nazývá Celsiova. Udává se v ní teplota t nazvaná Celsiova teplota a pro jednotku Celsiův stupeň se používá značka °C.

Dokud měly skleněné teploměry různé náplně (rtuť, líh, toluen apod.), jejich údaje se mimo kalibrační body více či méně lišily, zatímco se postupně zjistilo, že roztažnost (rozpínavost) různých plynů je téměř stejná.

Pokrok termodynamiky vedl k termodynamické teplotní stupnici (značka °K), kterou v roce 1852 popsal lord Kelvin: teplotu je možné definovat nezávisle na jakékoliv látce podle II. věty termodynamické, pojednávající o přeměně tepla při práci. Poměr teplot dvou těles lze považovat za poměr dvou tepelných množství – tepla odebraného a tepla odevzdaného ve vratném Carnotově cyklu, pracujícím mezi dvěma teplotami, takže měření teploty se převádí na měření množství tepla. Je nutné zvolit jeden pevný bod a stanovit jeho teplotu.[9]

Tab. 2 Přehled stupnic a převodů mezi nimi

Kelvin	°K	$T_{(K)} = T_{(K)}$	Kelvin je 273,16 díl termodynamické teploty trojného bodu vody a patří mezi základní jednotky SI.
stupeň Celsia	°C	$T_{(C)} = T_{(K)} - 273,15$	Celsiův stupeň je vedlejší jednotka soustavy SI pro teplotu.
stupeň Fahrenheita	°F	$T_{(F)} = 1,8 \times (T_{(K)} - 273,15) + 32$	Používá se především v anglosaských zemích (hlavně v USA).
Rankinův stupeň	°R	$T_{(Ra)} = 1,8 \times T_{(K)}$	Stupnici navrhl skotský inženýr William John Macquorn Rankine v roce 1859.
Réaumurův stupeň	°R	$T_{(Re)} = 0,8 \times (T_{(K)} - 273,15)$	V roce 1730 ve Francii sestavil René Antoine Ferchault de Réaumur první lihový teploměr.

K měření teploty se využívá celé řady funkčních principů, jejichž přehled je uveden v Tab. 3.

Tab. 3 Rozdělení teploměrů

skupina teploměrů	typ teploměru	fyzikální princip	teplotní rozsah (°C)	
Dilatační	Plynový	změna tlaku	-5	+500
	Tenzní	změna tenze par	-40	+400

skupina teploměrů	typ teploměru	fyzikální princip	teplotní rozsah (°C)	
	kapalinový	změna objemu	-200	+750
	kovový	délková roztažnost	0	+900
elektrické	termoelektrické	termoelektrický jev	-200	+1700
	odporové kovové	změna elektrického odporu	-250	+1000
	odporové polovodičové, diodové	změna prahového napětí	-200	+400
speciální	keramické žároměrky	bod měknutí	+600	+2000
	teploměrná tělíska	bod tání	+100	+1300
	teploměrné barvy	změna barvy	+40	+1350
bezdotykové	širokopásmové pyrometry	zachycení veškerého teplotního záření	-40	+5000
	monokrystalické pyrometry	zachycení úzkého svazku teplotního záření	+100	+3000
	poměrové pyrometry	srovnání dvou svazků teplotního záření o různých vlnových délkách	+700	+2000
	termovize	snímání teplotního obrazu tělesa	-30	+1200

[11]

2.1 Dilatační teploměry

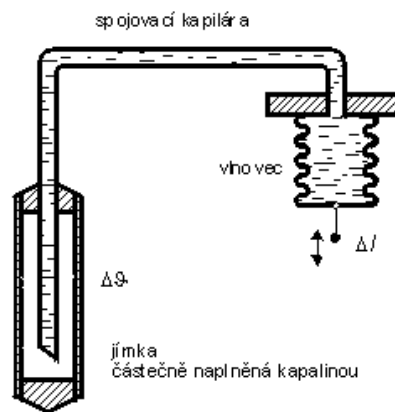
Tyto teploměry využívají objemové nebo délkové roztažnosti plyných, kapalných i tuhých látek. Měření teploty se převádí na měření tlaku, objemu nebo délky.[1]

2.1.1 Teploměry plynové

Jako základní přístroj na měření teploty se používá plynový teploměr, protože plyny se roztahují při stejných teplotách přibližně stejně. Během celého měření teploty musí být plyn pod konstantním tlakem a využívá se zde toho, že tlak plynu za stálého objemu je přímo úměrný teplotě.

2.1.2 Teploměry tenzní

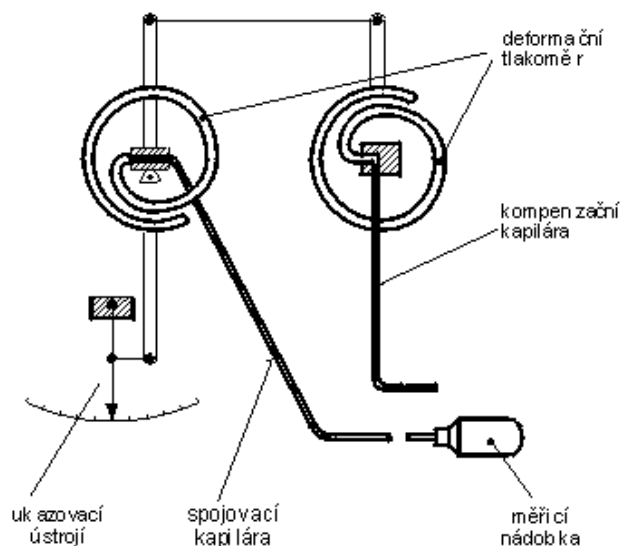
U tenzních teploměrů je využito závislosti mezi teplotou a rovnovážným tlakem v soustavě o jedné složce a dvou fázích: kapalina - pára. Teplotní rozsah pro danou látku je dán teoreticky intervalem mezi bodem varu při atmosférickém tlaku a kritickým bodem.



Obr. 5 Tenzní teploměr

2.1.3 Teploměry kapalinové

Základní princip kapalinových teploměrů je založen na měření změn objemu kapaliny s měnící se teplotou. Tyto teploměry jsou jednoduché, spolehlivé, přesné, levné a běžně skleněné. Jejich nevýhodou, hlavně z provozního hlediska, je křehkost a někdy i špatná čitelnost a obtížnost dálkového přenosu údaje. Náplní bývá nejčastěji rtuť (-30 až +500 °C), xylen (-40 až +400 °C), metanol (-40 až +150 °C) a další. Výhodou těchto teploměrů je značná přestavná síla a lineární závislost údaje na teplotě. Určitou nevýhodou kapalinových teploměrů je to, že při změnách tlaku dochází rovněž ke změnám objemu kapaliny.



Obr. 6 Kapalinový teploměr

Snímač pro provozní použití je kovový a tvoří jej nádoba, spojovací kapilára a deformační tlakoměr. Nádoba je obvykle válcového tvaru o průměru asi 15 mm a délce 100 až 200 mm, někdy bývá ve tvaru šroubovice. Spojovací kapilára má vnitřní průměr 0,1

až 0,35 mm. Celý systém je zcela vyplněn kapalinou a uzavřen. Změna objemu kapaliny s teplotou působí deformaci deformačního prvku tlakoměru.[11]

2.1.4 Teploměry založené na roztažnosti pevných látek

Tyto teploměry využívají různé délkové roztažnosti pevných látek, nejčastěji kovů. V praxi se využívá bimetalických teploměrů, které jsou tvořeny dvojicí pevně spojených kovových pásků s rozdílným teplotním součinitelem roztažnosti. Při zvýšení teploty se pásek prohne na stranu materiálu s nižším součinitelem roztažnosti. Bimetalický pásek je na jednom konci pevně uchycen, pohyb volného konce může být převeden na ukazatel nebo přímo ovládá spínač pro dvoupolohovou regulaci teploty.[11]

2.2 Odporové snímače teploty

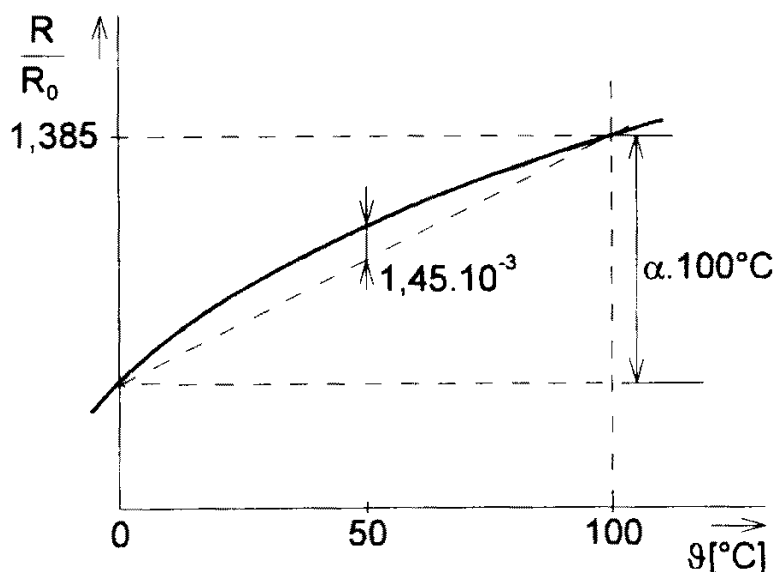
Odporové snímače teploty patří k velké skupině snímačů využívající změny závislosti elektrického odporu na teplotě. Materiál u použitých senzorů těchto snímačů určuje rozsah měření, přesnost a konstrukci. Ve snímačích se používají odporové senzory z kovového materiálu a z polovodičů.

2.2.1 Kovové odporové teploměry

Elektrický odpor kovových vodičů vzrůstá s teplotou. Pro čisté kovy je možno závislost vyjádřit zjednodušeným vzorcem 1.2.

$$R = R_0[1 + \alpha(\vartheta - \vartheta_0) + \beta(\vartheta - \vartheta_0)^2] \quad (1.2)$$

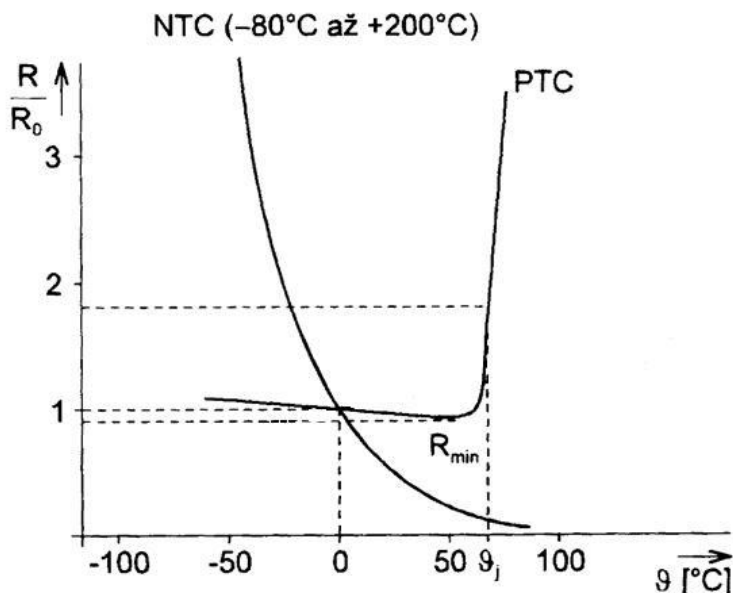
Pro realizaci těchto teploměrů se používají především čisté kovy, u kterých je teplotní součinitel možná co největší a stálý. Nejčastěji používaným materiálem je platina, protože může být vyrobena v čistém stavu a je fyzikálně i chemicky stálá. Nikl má výhodu vyšší citlivosti, je však méně stálý a obtížně se vyrábí ve standardní čistotě. Používá se v teplotním rozmezí od -60 °C jen do 200 °C, protože při vyšších teplotách dochází ke změně krystalické modifikace, provázené i změnou teplotního součinitele. Použití mědi je omezeno z důvodů snadné oxidovatelnosti a malého měrného odporu.[11]



Obr. 7 Závislost odporu Pt senzoru pro rozsah teplot 0 °C do 100 °C

2.2.2 Termistory

Polovodičové senzory teploty jsou prvky, jejichž ohmický odpor je značně závislý na teplotě. Je to způsobeno tím, že se vzrůstající teplotou roste počet volných nositelů náboje v polovodiči. Teplotní závislost odporu u polovodičů má exponenciální charakter.



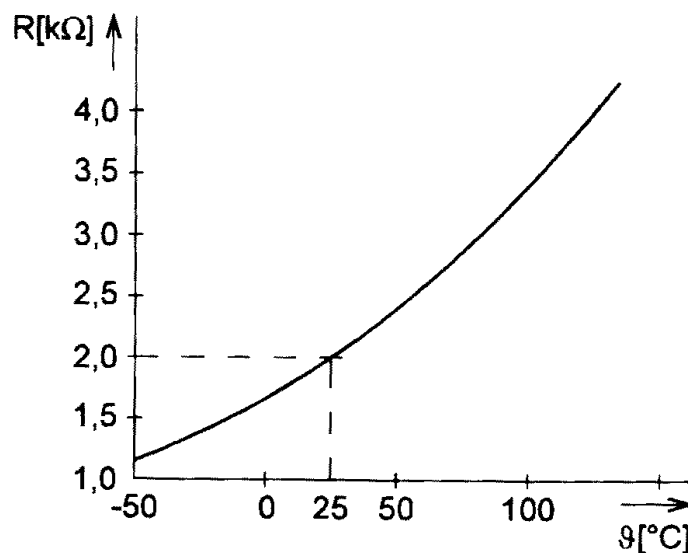
Obr. 8 Teplotní závislosti odporových senzorů teploty

Termistory rozlišujeme podle toho, zda teplotní součinitel je záporný nebo kladný, a to na NTC (negastor) nebo PTC (pozistor). NTC je termistor s negativním teplotním koeficientem, což znamená, že se zvýšením teploty součástky odpor klesá. U PTC termistoru zvýšením teploty odpor roste.

Termistory se vyrábějí metodami práškové metalurgie z oxidů železa, niklu, manganu, titanu a kobaltu, a jak již bylo napsáno, tak jejich běžné použití je založeno na změně odporu termistorového čidla s teplotou prostředí. Jsou ale i aplikace, které využívají nelineárního průběhu statické voltampérové charakteristiky. Přesněji jejich změn měřenou veličinou na přímo ohřívaném termistoru, vyhříváného nad teplotu okolí procházejícím elektrickým proudem. Termistory se uplatňují v měřicí a regulační technice, v elektronice pak pro kompenzace a ochrany.

2.2.3 Polovodičový monokrystalický Si senzor teploty

Polovodičové monokrystalické senzory teploty jsou vyráběny z křemíku, germania či india. V průmyslové praxi se setkáváme s křemíkovými senzory teploty. Monokrystalický křemík je vhodný k měření teploty v rozsahu od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplotní závislost rezistivity křemíku je v tomto rozsahu teplot dána teplotní závislostí pohyblivosti nosičů (tzv. nevlastní elektronová vodivost podmíněná přítomností cizích prvků). Zvyšující se teplotou, podobně jako je tomu u kovů, dochází vlivem rozptylu nosičů náboje na mřížce polovodiče ke zmenšování pohyblivosti těchto nosičů a odpor senzoru se v závislosti na teplotě parabolicky zvyšuje.[11]

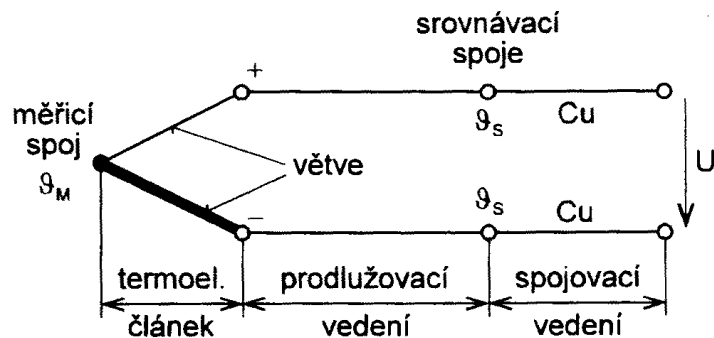


Obr. 9 Charakteristika Si senzoru teploty

2.3 Termočlánek

Termoelektrický článek je využíván v termoelektrických teploměrech a je tvořen dvěma vodiči z různých kovových materiálů A a B , které jsou na obou koncích spolu vodivě

spojeny (Obr. 10). Jestliže teplota jednoho spoje bude různá od teploty druhého spoje, vzniká termoelektrické napětí a obvodem prochází termoelektrický proud.



Obr. 10 měřicí řetězec s termoelektrickým článkem

Materiál na výrobu termoelektrických článků má vykazovat pokud možno velký a lineární přírůstek E v závislosti na teplotě, stabilitu údaje při dlouhodobém provozu a odolnost proti chemickým a mechanickým vlivům.[10]

Tab. 4 Přehled vlastností termočlánků

Označení termočlánku		T	J	X	S
název termočlánku		měď'- měď'nikl	železo- měď'nikl	niklchrom- -niklhlíník	platinarhodium- -platina
použitelnost	trvale	-200°C až +400°C	-200°C až +600 °C	-50°C až +1000 °C	0°C až +1300°C
	krátkodobě	+600°C	+900°C	+1300°C	+1800°C
Termoelektrické napětí (mV/100 °C)		4,25	5,37	4,8	0,64
odolnost v oxidačním prostředí		malá	malá	velká	velká
odolnost v redukčním prostředí			velká	malá	malá

2.4 Porovnání elektrických teploměrů

V Tab. 5 jsou uvedeny přednosti i nevýhody elektrických dotkových teploměrů.

Tab. 5 Porovnání vlastností elektrických teploměrů

	Termočlánek	Kovový teploměr	Termistor	Integrovaný senzor
VÝHODY	<ul style="list-style-type: none"> • aktivní snímač • jednoduchý • levný • odolný • široce použitelný • široký teplotní rozsah 	<ul style="list-style-type: none"> • vysoká stabilita • vysoká přesnost • lepší linearita než • u termočlátku 	<ul style="list-style-type: none"> • vysoká citlivost • rychlá odezva • dvou vodičové zapojení 	<ul style="list-style-type: none"> • lineární výstup • vysoká citlivost • nízká cena
NEVÝHODY	<ul style="list-style-type: none"> • nelineární • nízká úroveň signálu • potřeba referenčního signálu • nízká citlivost • nízká stabilita 	<ul style="list-style-type: none"> • poměrně vysoká cena • potřeba stabilizovaného napájecího zdroje • malá změna odporu • nízká hodnota odporu • zahřívání proudem 	<ul style="list-style-type: none"> • nelineární • omezený teplotní rozsah • křehký • potřeba stabilizovaného napěťového zdroje • zahřívání proudem 	<ul style="list-style-type: none"> • potřeba napájení • pomalý • zahřívání proudem • omezené použití

Polovodičová čidla nacházejí uplatnění v případech, kdy je preferováno snadné připojení k řídicímu systému a není na závadu menší přesnost ($\pm 0,5$ až ± 2 °C). Kovové odporové teploměry jsou vhodné v aplikacích, kde se požaduje větší přesnost měření. Platinová odporová čidla teploty jsou pro svoji přesnost, robustnost a spolehlivost v řadě průmyslových aplikací nenahraditelná. Přesnost měření u všech typů senzorů je však výrazně ovlivněna i způsobem připojení čidla.[11]

3 MĚŘENÍ VLHKOSTI VZDUCHU

Obecně je měření vlhkosti vzduchu a vlhkosti plynů častou úlohou v meteorologii, potravinářství, papírenském a chemickém průmyslu, při úpravě vzduchu v budovách a v mnoha dalších odvětvích. Protože jednotlivé obory kladou různé požadavky na přesnost, rychlost odezvy, stabilitu, odolnost proti kapalně vodě, chemickou odolnost, rozměry čidla i na náklady na měření, byla vyvinuta a používá se řada vlhkoměrů, které jsou založeny na nejrůznějších principech.

Vlhkost vzduchu lze vyjádřit několika způsoby. Hmotnost vodní páry v jednotce objemu vzduchu se označuje jako absolutní vlhkost s obvyklou jednotkou gram na krychlový metr.

Obsah vodní páry ve vzduchu je omezený. Vzduch se vodní parou nasytí a další vlhkost již nepřijímá. Konkrétní hodnota vlhkosti závisí především na teplotě a s rostoucí teplotou roste. Relativní vlhkost udává poměr mezi skutečným a maximálním, nasyceným obsahem vody ve vzduchu. Udává se v procentech (%RH, %RV). [13]

Dalším měřítkem vlhkosti vzduchu je teplota, na kterou je třeba měřený vzorek ochladit, aby byl vodní parou nasycen. Při této teplotě začíná vodní pára kondenzovat, proto dostala poetický název rosný bod. Jednotkou je Celsiův stupeň, popř. Kelvin. Absolutní vlhkost vzduchu při nasycení vodní parou (100 %RH) při vybraných teplotách (rosných bodech) je uvedena v tab. 6.

Tab. 6 Absolutní vlhkost vzduchu při nasycení vodní parou v závislosti na teplotě

Teplota [°C]	-100	-80	60	-40	-20	0	10	20	25	30	40	60	80	100
Vlhkost [g/m ³]	18x10 ⁻⁶	0,0006	0,011	0,12	0,888	4,87	9,44	17,4	23,1	30,5	51,3	130	292	591

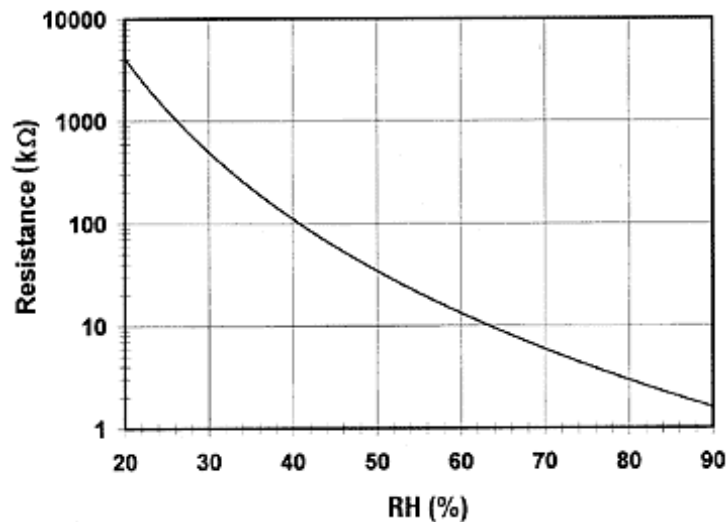
Metody na měření vlhkosti plynů se vyvíjely od nejstarších prostých ukazovacích po současné vlhkoměry s elektrickým analogovým a popř. i číslicovým výstupem. V dnešní době máme především k dispozici následující přístroje a metody.

3.1 Kapacitní senzor vlhkosti

Tyto senzory využívají absorpci vody v polymerních materiálech, kde sledovanou veličinou je změna kapacity kondenzátoru. Jedna z elektrod je děrovaná, umožňující okolnímu vzduchu kontakt s polymerním dielektrikem. Přestože je množství absorbované vody poměrně malé, jsou díky její velké dielektrické konstantě změny kapacity měřitelné. Řádově činí 0,1 % z celkové kapacity na každé % RH. Tyto senzory jsou vyráběny také s integrovaným zpracováním signálu, kdy výstupem je místo kapacity mnohem přijatelnější elektické napětí, nebo dokonce digitální signál. Tyto senzory se vyznačují tím, že mají malou závislost údaje na teplotě, jsou odolné vůči kondenzaci, dobu odezvy mají v řádu desítek sekund, přesnost v jednotkách %RH, hysterezi méně než 2% RH, poměrně dobrou odolností proti chemikáliím a vyšším teplotám, malé rozměry a v neposlední řadě nízkou cenou.

3.2 Odporový senzor vlhkosti

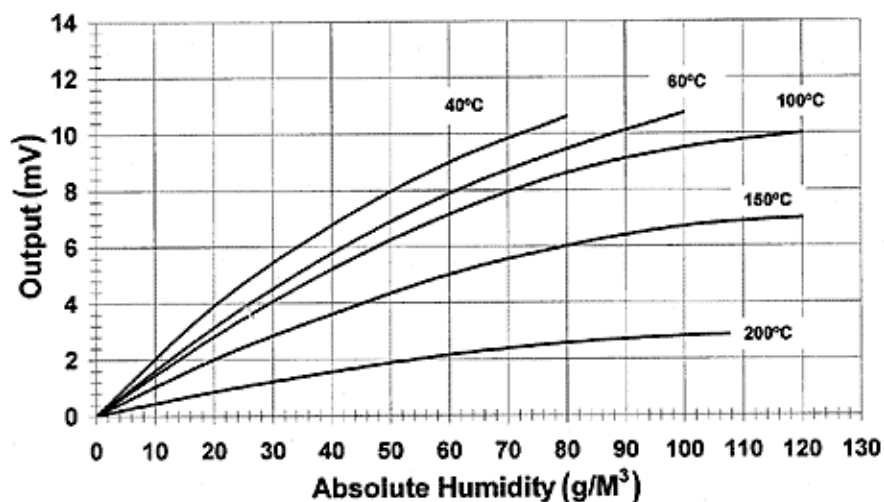
Odporový senzor využívá změnu vodivosti, kterou u některých hygroskopických (vodu pohlcujících) materiálů doprovází absorpce vody. Dunmorovo provedení používá polyvinylalkohol s přídavkem chloridu nebo bromidu lithného. Přívodní elektrody jsou platinové, provedené jako dvojité spirála z drátu na válci z izolantu nebo jako dva hřebínky napařené na keramickém podkladu. Aby se předešlo polarizaci elektrod, je nutné měřit střídavým napětím. Ačkoliv změna vodivosti pokrývá jenom třetinu až pětinu celkového rozsahu relativních vlhkostí 0 až 100 %, různé koncentrace lithné soli umožňují měřit v různých pásmech. Senzor je citlivý na orosení (kondenzaci) a nelze ho použít při vyšších teplotách, přesto si udržuje své postavení zejména díky velké přesnosti (desetiny %RH) a poměrně dobré stabilitě.[14]



Obr. 11 Charakteristika odporových senzorů vlhkosti

3.3 Vlhkoměr s vyhřívajícími termistory

Jde o metodu využívající závislost tepelné vodivosti vzduchu na jeho vlhkosti. Senzor obsahuje dva stejné termistory, z nichž jeden je hermeticky uzavřen v suchém dusíku a druhý je přístupný okolnímu prostředí. Termistory jsou zapojeny do série a tvoří jednu větev můstku. Druhá větev obsahuje pevné rezistory a trimr k nulování. Průchodem proudu se termistory zahřívají a dosažená teplota závisí na stupni jejich ochlazování, tj. na tepelné vodivosti okolního plynu. Můstek se vynuluje při umístění senzoru v suchém vzduchu a přítomnost vodní páry způsobí jeho rozvážení. Senzor poskytuje signál úměrný absolutní vlhkosti. Jeho předností jsou schopnost pracovat při vysokých teplotách (až 200 °C) a chemická odolnost.[13]



Obr. 12 Charakteristika vlhkoměrů s vyhřívajícími termistory

3.4 Dilatační hygrometry

Dilatační vlhkoměry měří změnu délky lidského vlasu nebo různých vláken, např. ze syntetického hedvábí, celofánu, acetátového filmu, celulosového pásku, strun z živočišného materiálu apod. Nejvíce jsou rozšířeny vlasové hygrometry. Vlastním měřicím elementem je lidský vlas nebo svazek vlasů, jejichž délka se při zvětšování relativní vlhkosti od 0 do 100% prodlužuje asi o 2,5%. Prodlužování není přímo úměrné relativní vlhkosti: čím je vlhkost větší, tím je přírůstek menší. Polovina celého přírůstku se dosahuje při relativní vlhkosti asi 2%. Jiné používané látky vykazují zcela jinou charakteristiku, avšak přibližně stejnou změnu délky jako lidský vlas.[14]

3.5 Kondenzační vlhkoměr

Kondenzační vlhkoměr patří mezi velmi přesná měřidla, předstihuje ho pouze gravimetrická metoda. Je složen z termoelektricky chlazeného kovového zrcátka, na kterém se opticky snímá odrazivost. Orosení způsobuje velkou změnu odrazivosti a zpětná vazba zmenšuje nebo zvětšuje intenzitu chlazení, aby se zrcátko udržovalo mírně orosené. Teplota zrcátka se měří platinovým odporovým teploměrem. Alternativou k optickému sledování zrcadla je použití krystalového rezonátoru, jehož rezonanční frekvence je ovlivněna kondenzací vodní páry na jeho povrchu. Za zmínku stojí i starší varianta, kdy se ochlazování zrcátka dosahovalo odpařováním éteru, přičemž pozorovatel odečetl teplotu v okamžiku, kdy zaznamenal kondenzaci. Mezi hlavní výhody kondenzačního vlhkoměru patří dlouhodobá stabilita, odolnost proti chemikáliím a velká přesnost.[14]

3.6 Elektrolytický vlhkoměr

Při styku plynu, jehož vlhkost máme měřit, s hygroskopickou látkou, přijímá tato látka z něho vlhkost tak dlouho, až vznikne roztok o takové koncentraci, při níž je za dané teploty parciální tlak vodních par roztoku roven parciálnímu tlaku vodní páry v okolním plynu. Pokud se vlhkost plynu zmenší, tak se začne voda z roztoku odpařovat, dokud není opět dosaženo rovnováhy.

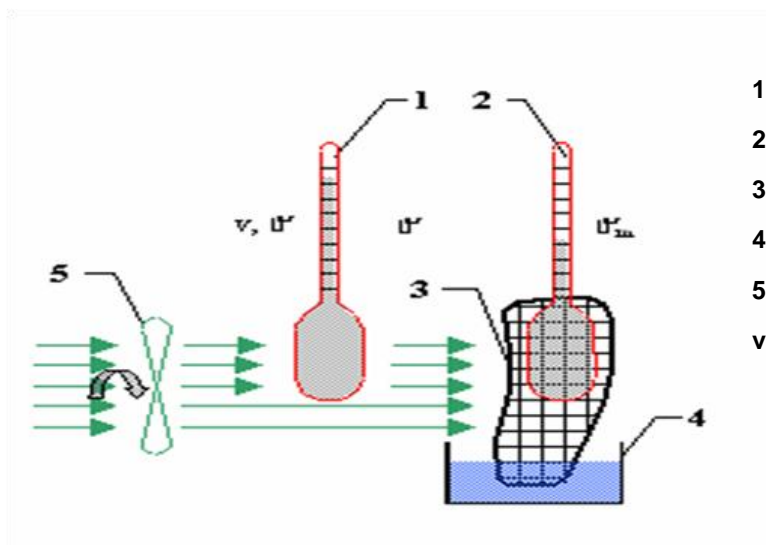
Pokud použijeme jako hygroskopickou látku vhodnou sůl, tak se stane roztok vodivý a jeho vodivost je měněna s obsahem vody. Naneseme-li tuto látku na nosič, na kterém jsou dvě kovové elektrody, na které se přivádí konstantní střídavé napětí, způsobují změny elektrolytické vodivosti příslušnou změnu proudu, protékajícího mezi elektrodami. Po nacejchování přístroje je tento proud mírou vlhkosti měřeného plynu.

3.7 Psychrometr

Psychrometry jsou přístroje na měření relativní vlhkosti plynů (obvykle vzduchu), založené na zjišťování rozdílu teplot suchého a vlhkého teploměru.

Ponoří-li se knot, kterým je obmotána banička teploměru do vody a umístí-li se do proudu měřeného vzduchu, bude tento tzv. vlhký teploměr ukazovat nižší teplotu než teploměr neupravený, tzv. suchý. Pokles teploty z t_1 na t_2 , k němuž na vlhkém teploměru dochází při vypařování vody, je závislý na obsahu vodní páry ve vzduchu. Čím je měřený vzduch sušší, tím intenzivnější je vypařování vody a tím větší je i pokles teploty. Příčinou snižování teploty z t_1 na t_2 je spotřeba tepla na odpaření vody. Pokud by byl např. vzduch zcela nasycen, naměří oba teploměry stejnou hodnotu (k žádnému odpařování vody z knotu nemůže dojít). V klasickém uspořádání se teploty odečítají ručně a naměřené hodnoty se přepočítávají na údaj vlhkosti s použitím grafu nebo tabulky. Existují však i elektronické psychrometry, kde je rtuťový teploměr nahrazen platinovým odporovým čidlem teploty a přepočet provádí elektronika.[14]

Nejznámějším psychrometrem je Assmannův (Obr. 13), který se skládá ze dvou teploměrů (1 a 2) uložených ve společném pouzdru tak, aby kolem nich mohl být prosáván vzduch, např. pomocí turbínky 5 poháněné hodinovým strojkem. Použité teploměry mívají dělení po 0,2 °C. Vlhký teploměr 25 je obalen tkaninou 4, která se občas ovlhčuje nebo přímo zasahuje do nádoby s vodou.



- 1...Teploměr "suché" teploty,
 - 2...Teploměr "mokré" teploty,
 - 3...Smáčená punčoška,
 - 4...Nádobka s vodou,
 - 5...Ventilátor,
- v ...rychlost proudění vzduchu
 u ... teplota vzduchu "suchá",
 u_m ... teplota vzduchu "mokrá".

Obr. 13 Aspirační psychrometr - princip činnosti

3.8 Gravimetrie

Absolutní standard z metrologického hlediska představuje gravimetrický (sorpční) vlhkoměr, který pracuje na jednoduchém principu – vhodné sušidlo absorbuje vodní páru ze známého objemu vzduchu a zjišťuje se přírůstek jeho hmotnosti. Toto měření je však zdoluhavé, zejména při malé vlhkosti a navíc tento přístroj je značně nákladný a použitelný pouze v laboratorních podmínkách. Proto se především používá k ověřování a kalibraci dalších standardů.

První zkonstruovaný vlhkoměr pracující na sorpční metodě sestrojil Leonardo da Vinci (1452-1590) (*obr. 14*). Bylo to někdy mezi léty 1480 a 1486. Podstata jeho vlhkoměru byla velice jednoduchá: vycházela z poznatku, že existují tzv. hygroskopické látky, tj. látky, které pohlcují ze vzduchu vlhkost (např. sůl, houba, bavlna atd.). Čím vlhčí jsou pak tyto látky, tím větší hmotnost přirozeně mají. Leonardo tedy umístil do jedné misky rovnoramenných vah vosk (který není hygroskopický) a do druhé hygroskopickou látku. Za suchého počasí váhy seřídil na nulu. Tak, jak se počasí měnilo a s ním i vlhkost vzduchu, miska s těžší hygroskopickou látkou klesala dolů a vychylovala ručičku na stupnici, která ukazovala nejen rozdíl hmotnosti obou látek, ale vlastně také vlhkost vzduchu.[15]



Obr. 14 Leonardův vlhkoměr

4 ELEKTRONICKÁ RELÉ

Elektronická (polovodičová) relé (Solid State Relay) jsou součástky, jejichž původní funkcí bylo nahrazovat relé elektromechanická. Jejich původní uplatnění se dříve uvažovalo ve výkonových aplikacích, kde tato elektronická relé měla nahrazovat relé mechanická, a to zejména z důvodů malé životnosti mechanických kontaktů, rozpínajících většinou zátěž indukčního typu.

Na místě mechanických kontaktů se tedy nejprve objevovala dvojice antiparalelně zapojených tyristorů a později triak, či dokonce jiné spínací prvky analogového typu (tranzistory). S vývojem ovládání tohoto koncového spínacího prvku se nejprve navíc objevila vlastnost galvanického oddělení vstupního (řídícího) obvodu od výkonové (řízené) části elektronického relé. Tím vlastně byla záměna klasického mechanického relé za elektronické dokončena.

Vývoj elektronického relé tím však nekončil. Elektronické obvody tohoto relé umožňovaly do tohoto nového přístroje zabudovat celou řadu dalších funkcí, velmi výhodných pro řízení výkonových spotřebičů. První z těchto vlastností bylo spínání v nule průběhu napětí sítě, kdy dochází k minimalizaci zapínacích proudových nárazů a minimalizaci rušení tímto spínacím prvkem. Další rozvoj vlastností elektronického relé s sebou přinesl možnost fázového a cyklového řízení spínaného výkonu a tím pomalý náběh výkonu zátěže, změnu výkonu zátěže, doběh asynchronních motorů a reverzací chodu motorů.

Teprve následně se začaly rozměry a výkony elektronických relé zmenšovat a vývoj dospěl až ke vzniku elektronického relé jako kompaktní součástky, která již v řadě případů ani nemá chladičovou plochu pro připojení na chladič, protože zpracovává tak malé výkony, že je pouzdro stačí rozptýlit samo. S poklesem rozměrů, hmotnosti a výkonu elektronických relé klesala i jejich cena, takže tyto součástky začaly být využívány i mimo klasické výkonové (silnoproudé) aplikace.[2]

4.1 FUNKCE ELEKTRONICKÝCH RELÉ

4.1.1 Obecná specifikace SSR

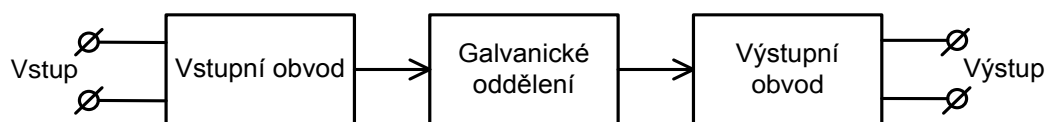
Typické elektronické relé je celkem jednoduchý obvod a je možno je sestavit z několika málo součástek. Taková elektronická relé splňují následující specifikace:

- nemají žádné mechanické pohyblivé části, které by se mechanicky opotřebovávaly

- neobsahují žádné cívky na řídicí straně
- neprodukují při provozu žádný akustický šum
- nemají při vypínání žádné oblouky nebo jiskření
- mají vysokou spínací a vypínací rychlost
- mají dlouhou operační životnost
- jsou odolné proti mechanickým nárazům a vibracím
- mají značný vstupní rozsah řídicích napětí
- mohou zapínat a vypínat v určeném časovém okamžiku vzhledem k sinusovce sítě

Obecně lze říci, že polovodičová relé nejen že plně nahrazují svými vlastnostmi relé elektromechanická, ale v celé řadě svých vlastností a funkcí je předstihují. Naopak ovšem lze najít i některé vlastnosti elektronických relé, které jejich použití komplikují.

Základní rozdíly ve funkci (činnosti) jednotlivých typů elektronických relé vyplývají v převážné míře z jejich vnitřního zapojení, ale obecně se zapojení elektronického relé dá popsat blokovým schématem na *obr. 15*.



Obr. 15 Blokové schéma elektronického relé

Výstupní obvod, který je přímou náhradou mechanických kontaktů elektromechanického relé je realizován obvykle antiparalelním zapojením dvou tyristorů, nebo jedním triakem. Můžeme však na výstupu použít i spínací tranzistor, který však i přes své spínací určení může pracovat v lineárním režimu, a tak u elektronického relé dostáváme funkci, která je u elektromechanického relé nemožná - analogový přenos signálu ze vstupu na výstup. To odpovídá situaci, kdy výstup může být nejen sepnut či rozepnut, ale může mít nějakou hodnotu výstupního odporu, ovládanou vstupem. Obvykle tato funkce souvisí s možností ovládnutí pouze stejnosměrného výstupního napětí, i když asi není nepředstavitelné umístit výstupní tranzistor do můstkového usměrňovače a zajistit tak možnost připojení výstupního střídavého napětí. Podobné řešení se dá užít i u tyristorů. To je již funkce u elektromechanického relé nerealizovatelná.[2]

I vstupní obvod elektronického relé může být realizován celou řadou způsobů, přímo ovlivňujících funkci. Klasickým řešením vstupního obvodu je pouze světelná dioda jako vstup optonu galvanického oddělení. Takto zapojený vstup však vyžaduje externí odpor pro omezení proudu s velikostí navrženou pro konkrétní hodnotu vstupního ovládacího napětí. Dokonalejším řešením je pak doplnění této svítivé diody o zdroj proudu, který

umožňuje použít široký vstupní napěťový rozsah. Tyto obvody však stále vyžadují danou polaritu vstupního ovládacího napětí. Pro možnost použít na vstupu střídavé napětí, resp. stejnosměrné napětí libovolné polarity se pak vstupní obvod elektronického relé opět umisťuje do můstkového usměrňovače.

Galvanické oddělení je jednou z podstatných vlastností jak elektromechanického, tak elektronického relé. Zatímco u elektromechanického relé je galvanické oddělení dané podstatou konstrukce (cívka - kontakty), u elektronického relé musí být tato vlastnost zajišťována samostatnými obvody. Nejčastěji galvanické oddělení bývá realizováno optronem (obvykle vsazeným do elektronického relé jako samostatná součástka), ale lze užít i oddělovacího transformátoru, případně nábojového principu. Galvanické oddělení optronem je však považováno za optimální zejména z důvodu jednosměrného přenosu optronem ze vstupu na výstup (přenos opačným směrem není možný).

Elektronické relé bývá velmi často doplněno dalšími obvody, které zajišťují funkce u elektromechanického relé, nemožné. Hlavní takovou funkcí je tzv. spínání v nule, jehož princip spočívá v tom, že ať přijde vstupní impulz v jakémkoliv čase (vzhledem ke spínanému sinusovému výstupnímu průběhu), dojde k sepnutí výstupního spínacího prvku až v tom okamžiku, kdy prochází výstupní napětí (nebo případně výstupní proud) nulou. To umožňuje významným způsobem omezit rušení spínáním elektronického relé. Při použití triaků nebo tyristorů jako výstupních spínacích prvků k tomu přichází další výhoda a tou je i vypínání těchto prvků v okolí nuly výstupního napětí (pokud použijeme na výstupu tranzistor, pak tato výhoda mizí).

Ostatní doplňkové funkce elektronických relé jsou již individuální a neužívají se u nich běžně. Stejně tak celá řada dnes užívaných elektronických relé je vybavena ochranami na vstupní i výstupní straně, ale opět nejsou pravidlem. Sdružováním elektronických relé lze pak vytvářet relé třífázová (silnoproudé aplikace), případně vícenásobná (obvykle jako galvanická oddělení výstupů řídicích systémů).[2]

Samostatným problémem elektronických relé je (na rozdíl od relé elektromechanických) jejich chlazení. Elektronické spínací prvky užití na výstupu nemají v sepnutém stavu tak malý odpor (nejsou ideální spínač) jako kontakty relé elektromechanických. To způsobuje vznik velkých ztrát při průchodu velkých proudů, a tím vzniká potřeba elektronická relé důkladně chladit.

Podobným problémem je malý výstupní odpor elektronických relé v rozepnutém stavu (opět na rozdíl od elektromechanických relé), kdy např. z bezpečnostních hledisek není obvod odpojený rozepnutým elektronickým relé považován za rozepnutý bezpečně a musí být doplněn mechanickým rozpojovačem. I to jsou důvody, proč někteří výrobci dávají na trh tzv. hybridní relé, spojující některé výhody elektronických relé s výhodou mechanického kontaktu (obvykle jazýčkového) na výstupu.

Vzhledem k tomu, že český název elektronické relé, případně polovodičové relé není v odborné veřejnosti dostatečně znám, budeme dále v řadě případů tento název zkracovat, a to běžně užívanou anglickou zkratkou SSR (Solid State Relay).

4.1.2 NEVÝHODY SSR

- a) snadná možnost poškození výstupního spínače přepětím,
- b) snadné poškození výstupního spínače překročením proudu či výkonu,
- c) výstup nespíná při libovolně malém napětí a nedrží sepnutý při libovolně malém proudu,
- d) výstup má svodový proud ve vypnutém stavu (není ideálně rozepnut),
- e) základní provedení je omezeno na jedno výstupní spínací místo,
- f) jeho výstupní odpor v sepnutém stavu je mnohem větší než u elektromechanického relé,
- g) má velkou hodnotu výstupní kapacity (typicky 1 pF u elektromechanického relé a více než 20 pF u SSR),
- h) SSR znatelně hřeje zejména při průchodu vyšších výstupních proudů,
- i) je zapotřebí celá řada typů pro různé provozní stavy a činnosti.

4.2 Rozdělení SSR podle typu výstupního obvodu

Jak bylo výše uvedeno, lze na výstupu elektronického relé použít celou řadu výstupních (obvykle výkonových) spínacích prvků, které lze rozdělit na dvě skupiny výrazně se lišící svým přenosem:

1. analogový prvek
 - a. fotoodpor
 - b. fotodioda
 - c. fototranzistor
 - i. bipolární tranzistor

ii. unipolární tranzistor

2. spínací prvek

- a. tyristor
- b. triak
- c. mechanický kontakt (hybridní relé)

Elektronická relé první skupiny se obvykle nazývají optrony. Pokud však výrobce posílí výstupní prvek výkonově, můžeme i tyto obvody z hlediska jejich parametrů řadit spíše mezi elektronická relé než mezi optrony a výrobci těchto součástek to tak i činí.

Elektronická relé druhé skupiny lze považovat za „klasická“ elektronická relé, plně nahrazující svojí (pouze) spínací funkcí výstupu relé elektromechanická. Hybridní relé (elektronika + mechanický kontakt na výstupu) lze považovat za dočasné řešení nedostatků čistě elektronických relé (velký odpor v sepnutém stavu a malý odpor v rozepnutém stavu).

Je třeba si uvědomit, že polovodičovými součástkami zde nahrazujeme elektromechanické relé, které je shodou okolností velmi kvalitním prvkem. Například odpor mezi rozepnutými kontakty je dán pouze izolačním materiálem, který tyto kontakty drží, a ten se může pohybovat běžně okolo hodnot $10^9 \Omega$ (a tím udává i izolační odpor cívka - kontakty). Naopak odpor v sepnutém stavu mezi dvěma kontakty podle způsobu provedení může být jen v řádu jednotek nebo desítek miliohmů. Takovému poměru odporů rozepnuto/sepnuto = 10^{12} se žádná z dostupných polovodičových součástek ani zdaleka neblíží.[2]

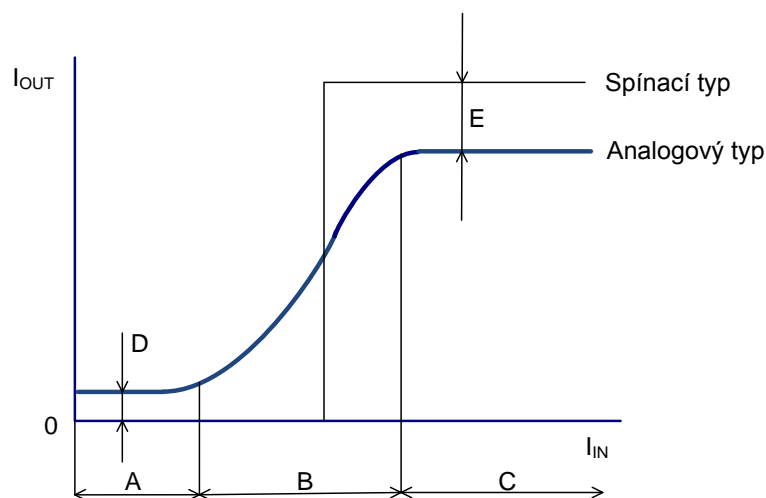
Má-li SSR na svém výstupu analogový prvek, pak u něj lze definovat i tzv. analogový přenos, tj. například závislost výstupního proudu na proudu vstupním (*Obr. 16*). Pokud bychom aplikovali stejnou metodiku i na SSR se spínacím prvkem na výstupu, dostali bychom pouze skokovou funkci, na stejném obrázku pro srovnání také uvedenou.

Oblast A na *obr. 16* představuje v elektronickém relé stav, kdy sice do vstupu teče proud I_{IN} , ale stav výstupu se nemění (u elektromechanického relé zasahuje tato oblast až za polovinu intervalu B). Výstup je stále v rozepnutém stavu, ale vzhledem k nedokonalosti tohoto rozepnutí jím teče výstupní proud I_{OUT} o velikosti, označené písmenem D na *obr. 16*. Obvykle to je vlastnost optronu - vstupní svítivá dioda nesvítí, pokud jí neprotéká minimální hodnota proudu.

Jakmile je však tohoto minimálního proudu dosaženo (hranice mezi intervaly A a B), začíná svítivá dioda optronu svítit a její jas dále roste poměrně přímo úměrně s velikostí jí

protékajícího proudu. Tím se stále více mění odpor výstupního prvku optonu (fotoodporu, fotodiody či fototranzistoru). Výstupní proud SSR, který je přímo proudem výstupu optonu, nebo je mu úměrný, tak roste (oblast B převodní charakteristiky na *obr. 16*). U SSR spínacího typu někde v této oblasti dochází k sepnutí výstupního spínacího prvku a jeho odpor se skokem mění.

Každý lineární prvek však při dostatečném buzení dosáhne limitace možností změny výstupního odporu (obvykle saturace), a to se projevuje na převodní charakteristice tak, že ač roste buzení (vstupní proud I_{IN}), tak již při konstantním vnějším výstupním napětí a konstantní zátěži již neroste výstupní proud I_{OUT} (oblast C). Pokud bychom v konkrétním zapojení nahradili analogový typ SSR typem spínacím, zjistíme dále, že mají různé úbytky napětí v sepnutém stavu, vyvolávající různé hodnoty saturačních hodnot výstupních proudů I_{OUT} . Tento rozdíl proudů je označen na *obr. 16* jako E (pro různá provedení SSR však může být i nulový, nebo dokonce záporný).[2]



Obr. 16 Převodní charakteristiky

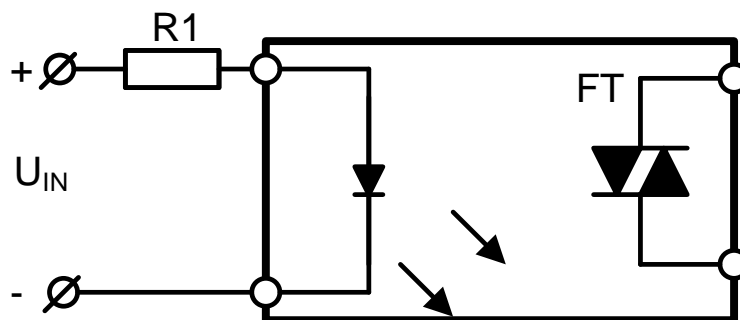
Na křivce převodní charakteristiky se může vyskytovat u analogových typů SSR hystereze (křivka při růstu I_{IN} je odlišná od křivky při poklesu I_{IN}), ale nebývá to obvyklé. Na rozdíl u spínacích typů SSR se tato hystereze vyskytuje vždy. Nebývá to ale na závadu, protože u klasických elektromechanických relé se tato hystereze vyskytovala také (proud přitahu se liší od proudu odpadu).

4.3 Rozdělení SSR podle typu vstupního obvodu

Pokud má SSR na vstupu optron se svítivou diodou (LED), je univerzální zapojení tohoto obvodu v podstatě na konci svého vývoje a závisí pouze na tom, jaká jeho část je zintegrována přímo v SSR a jakou část konstruujeme mimo něj. Je však řada případů, kdy takto univerzální obvod nepotřebujeme a stačí nám jednodušší model SSR, k jehož vstupu nic nepřidáváme.

4.3.1 Vstup s LED

Je-li SSR na svém vstupu vybaveno pouze svítivou diodou (LED), musíme obvod doplnit vnějším odporem (např. odpor $R1$ na obr. 17).



Obr. 17 Vstup s LED a $R1$

Bez tohoto odporu by nedošlo k omezení proudu svítivou diodou, a ta by byla při vyšších hodnotách napětí (než je její U_F) zničena rychlým nárůstem proudu. Velikost tohoto odporu spočteme podle vztahu 1.3.

$$R1 = \frac{(U_{IN} - U_F)}{I_F} \quad (1.3)$$

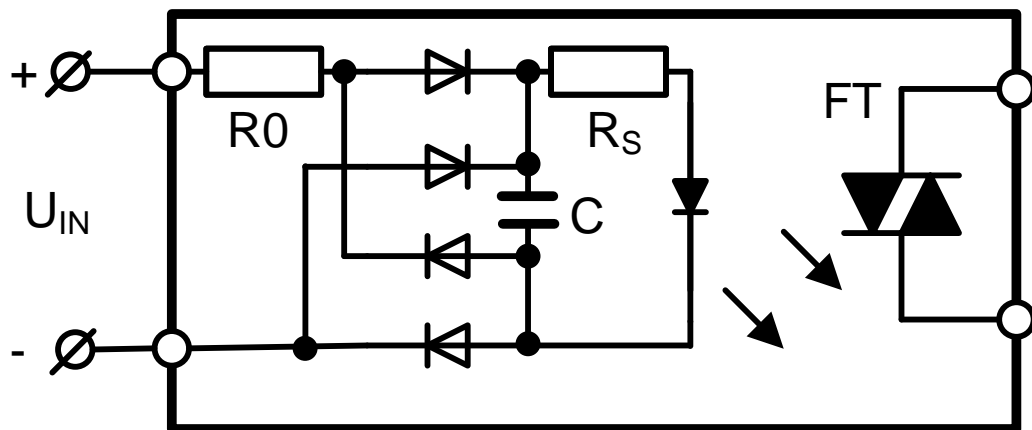
Kde U_{IN} je vstupní napětí, kterým chceme ovládat SSR, U_F je napětí na LED v propustném stavu (vstupní napětí SSR = katalogová hodnota daného SSR) a I_F je minimální hodnota vstupního proudu SSR (opět katalogová hodnota daného SSR), při které vstupní LED (zapojená v propustném směru) svítí tak intenzivně, že výstup (např. fototriak FT na obr. 17) je právě schopen sepnout.[2]

4.3.2 Vstup s usměrňovačem

Všechna dosud popsaná elektronická relé předpokládala ovládání stejnosměrným napětím (resp. proudem do LED). Tato SSR se označují obvykle zkratkou DC/DC nebo DC/ AC v

prvním případě zkratka DC/DC znamená SSR se stejnosměrným vstupem i stejnosměrným výstupem (tranzistor, tyristor), v druhém případě označení DC/AC znamená opět stejnosměrný vstup, ale střídavý výstup (triak, dvojice antiparalelních tyristorů).[2]

Existuje však celá řada SSR, která jsou označována jako AC/DC nebo AC/AC. Pro střídavý vstup je nutno uvnitř SSR vstupní napětí nejen usměrnit (obvykle můstkovým usměrňovačem), ale také do jisté míry vyhladit tak, aby střídavá složka proudu svítivou diodou nikdy nesnížila stejnosměrnou složku tohoto proudu pod mez, udávající sepnutí (resp. rozeptnutí) výstupního spínacího prvku SSR. Zapojení takového SSR je potom v nejjednodušším případě dáno schématem na obr. 18.



Obr. 18 SSR typu AC/AC

Pokud by kondenzátor C v zapojení nebyl, průběh napětí na výstupu usměrňovače (a tím i průběh proudu svítivou diodou) by v některých okamžicích klesal pod hodnotu $I_{Fnomilální}$, která je potřeba pro sepnutí SSR, resp. jeho udržení v sepnutém stavu. Tato nominální hodnota je vždy uváděna jako parametr SSR.

4.3.3 Jiné typy vstupů

Ne všechna elektronická relé mají na svém vstupu svítivou diodu optronu. Galvanického oddělení lze (jak bude ukázáno dále) dosáhnout i pomocí impulzního transformátoru, případně jinými, téměř „negalvanickými“ spojeními, jako např. pomocí tranzistorů MOSFET. Četnost výskytu takovýchto SSR je však velmi malá.

4.4 Rozdělení SSR podle typu izolace

Hlavní výhodou SSR (a elektromechanických relé) oproti jiným typům stykových obvodů je galvanické oddělení vstupního a výstupního obvodu. Toto galvanické oddělení lze

realizovat několika způsoby, kdy za galvanické oddělení považujeme i oddělení s vysokým izolačním odporem:

- a) optické oddělení
 - integrovaným optronem (nejčastější)
 - diskretním optronem (zdroj záření + světlovod + čidlo záření v diskretní formě)
- b) elektromagnetické oddělení impulzním transformátorem
- c) kapacitní oddělení
 - kondenzátorem
 - tranzistorem MOSFET
- d) elektromechanické oddělení (hybridní relé)
- e) piezoelektrické

Jednotlivé způsoby oddělení vstupu a výstupu mají své výhody i nevýhody. Dnes nejpoužívanějším řešením je aplikace integrovaného optronu do hybridní montáže SSR, kde se vyskytují jak diskretní součástky s vývody (zapouzdržené či nikoliv), tak SMD provedení součástek a vsazené integrované čipy nebo celé integrované obvody. Optron díky svému principu má jednu velkou výhodu oproti téměř všem ostatním galvanickým oddělením. Jeho přenos signálu je výrazně jednosměrný od vstupu k výstupu (optická cesta) a v opačném směru pouze malými parazitními kapacitami.[2]

Jeho nevýhodou v integrovaném provedení je omezená velikost izolačního napětí a kapacita vstup-výstup, i když malá. Toto řeší provedení optronu se světlovodem, jehož délka může být značná, takže izolační vzdálenosti a izolační napětí jsou prakticky neomezené (silnoproudé aplikace).

5 VIZUALIZACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ

Vizualizace, neboli zviditelnění, technologického procesu je vyšší formou jeho řízení, kdy člověk má možnost nejen do řízeného děje zasahovat, sledovat jej, příp. reagovat na vzniklé situace, ale i průběh děje poznávat z hlediska zákonitostí a vlastností. Celý děj může popsat, důležité vlastnosti děje archivovat, vytvářet předpisy pro dosažení požadovaného výsledku a postupně tak vytvářet vyšší formu řízení s cílem eliminovat rutinní práce a zvýšit kvalitu práce. [3]

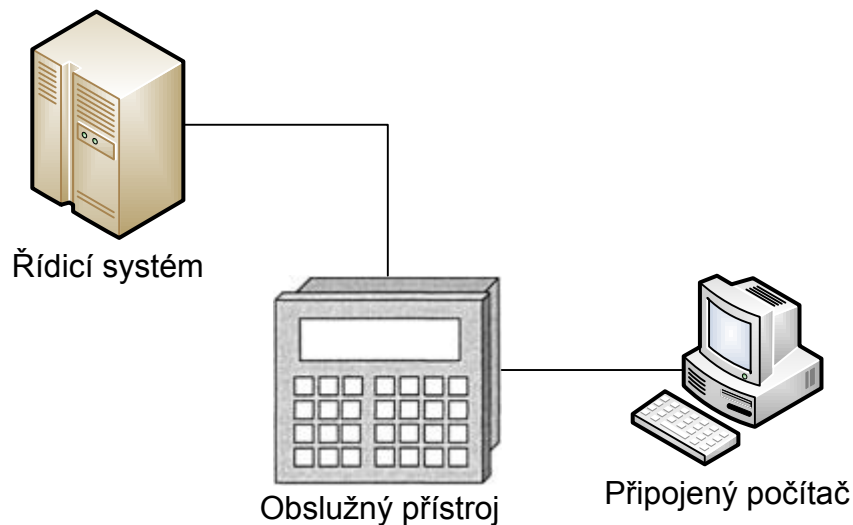
5.1 ZÁKLADNÍ POJMY

Je známou skutečností, že pro člověka je nejnázornější prezentací informací grafické zobrazení v nejrůznějších podobách. Charakteristickým rysem vizualizace je poměrně velký objem dat a jejich prezentace v takové (především grafické) podobě, že je možno velmi rychle porozumět jejich obsahu a významu. Zkoumáním možností a řešením teoretických problémů se zabývá vědní disciplína: vizualizace dat (angl. *scientific visualization*).

Historický vývoj ukazuje výhody grafické reprezentace údajů i v oblastech řízení technologických procesů. Pro celou řadu případů je účelné mít možnost získávat potřebné údaje přímo z řízeného děje během činnosti ŘS. Získávání a zpracování informací z řízeného děje, včetně jeho grafického zobrazení, se nazývá vizualizace řízeného procesu. Do počítače s nainstalovaným speciálním programovým vybavením s vysokou vypovídací schopností připojeného komunikační linkou k ŘS, se pravidelně přenáší důležité informace z řízeného děje, takže obsluha má k dispozici mohutný nástroj k názornému sledování děje a případnému zásahu do něj. Programové vybavení automaticky sleduje případné chybové nebo nezvyklé (tzv. alarmové) stavy, zaznamenává parametry z řízeného děje a celkově tak děj monitoruje a jeho průběh archivuje. Obsluha nemusí podrobně sledovat všechny údaje a může se zaměřit především na vlastní technologii. Některé řídicí systémy podporují standardní komunikační protokoly pro přenos informací mezi pamětí ŘS a vizualizačním programem. Příkladem je podpora formátu pro dynamickou výměnu dat DDE (z angl. Dynamic Date Exchange) nebo formátu ODBC, z angl. Open DataBase Connectivity používané v prostředí Windows. Uživatel tak může pro zpracování dat ze sledovaného procesu plně využít standardních programových prostředků (např. Excel apod.).[3]

Na *obr. 19* je znázorněn příklad zapojení ŘS s připojeným obslužným přístrojem, který umožňuje obsluze provádět určité zásahy do řízeného technologického děje (např. změna

parametrů apod.) a nadřazeným počítačem, jehož pomocí lze ŘS nejprve naprogramovat a při běhu řízený děj vizualizovat.



Obr. 19 Blokové schéma řídicího systému pro vizualizaci

5.2 VIZUALIZAČNÍ SYSTÉM

Vizualizačním systémem rozumíme soubor technických a programových prostředků určených pro vizualizaci řízeného technologického děje. Někdy se setkáme s označením MMI (z angl. Man - Machine Interface), HMI (z angl. Human - Machine Interface), tj. rozhraní komunikace člověk - stroj, nebo SCADA (z angl. Supervisory Control and Data Acquisition), tj. supervizní (nadřízené) řízení a sběr dat.

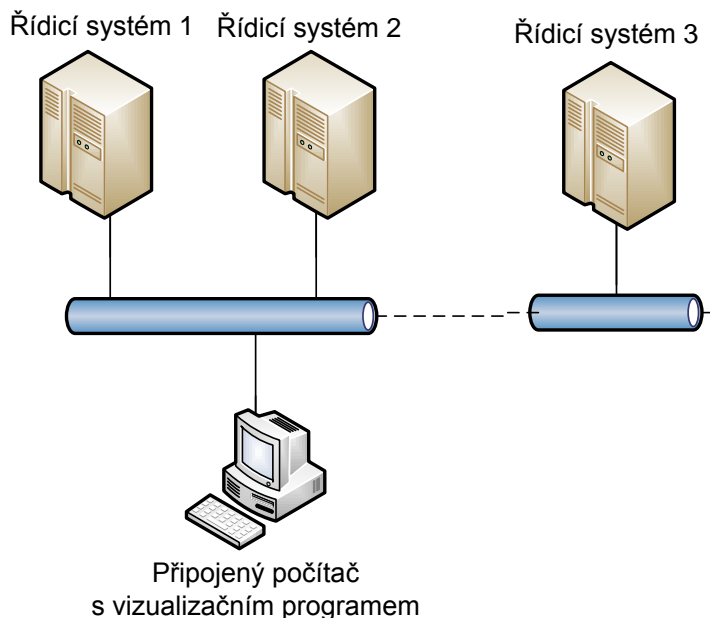
Technickým vybavením vizualizačního systému rozumíme především:

- řídicí systém vybavený komunikačním rozhraním (obvykle RS-232C, RS-422, RS-485, USB apod.) vč. potřebné programové podpory ze strany ŘS,
- komunikační linka konstruovaná pro dané prostředí (vhodný kabel, převodníky napěťových úrovní apod.).

Mezi důležité vlastnosti vizualizačního programového vybavení řadíme především:

- grafické znázornění řízeného technologického děje, příp. s možností animace scény,
- popsání řízeného děje (tzv. parametrizace) formou receptur a jejich archivace,
- archivace vybraných parametrů řízeného děje,
- sledování a archivace zvláštních a chybových stavů (alarmů),
- vytváření protokolu o průběhu řízeného děje (směnový protokol) a jeho archivace,

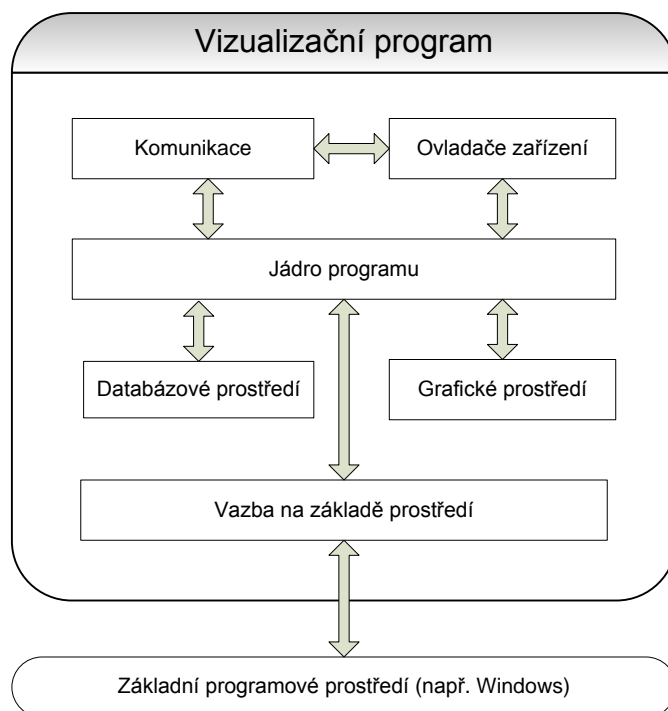
- sledování vývoje (trendu) vybraných parametrů v čase a jejich archivace,
- možnost zpětného vyvolání průběhu děje z archivu a zpracování vybraných parametrů.



Obr. 20 Blokové schéma zapojení řídicích systémů do sítě

Předpokládanou samozřejmou vlastností vizualizačního systému je bezproblémové propojení s ŘS. Vizualizační systémy umožňují též vytváření větších technologických celků spojením více ŘS do sítě. Na obr. 20 je znázorněno zapojení více ŘS do technologické sítě. Obsluha tak má možnost sledovat více dílčích technologických dějů, které spolu nějakým způsobem souvisí.

Na obr. 21 je formou blokového schématu znázorněn příklad struktury vizualizačního programu. Jádro programu je těsně vázáno na základní programové prostředí (dnes nejčastěji na bázi Windows NT apod.). Využívá se jeho grafického prostředí, které je doplněno o další aplikační možnosti. Databázové prostředí provádí zpracování a archivaci všech parametrů a údajů z řízeného děje. Ovladače zařízení zajišťují programovou obsluhu připojených zařízení, komunikace zabezpečuje přenos informací mezi vizualizačním programem a řídicím systémem.[3]



Obr. 21 Příklad struktury vizualizačního programu

5.3 PŘÍKLADY VIZUALIZAČNÍCH SYSTÉMŮ

Vizualizační systém lze vytvořit sestavením jednotlivých zařízení a aplikací programového vybavení, které zajistí především tyto základní funkce:

- pravidelný přenos aktuálního obsahu datových registrů ŘS do paměti počítače,
- přiřazení významu datových registrů k jejich obsahu (parametrizace) a jejich zobrazení (nejlépe v grafické podobě),
- možnost změny vybraných parametrů řízeného děje a jejich zpětný přenos do datových registrů ŘS,
- možnost archivace parametrů na počítači a jejich zpětného vyvolání.

Prakticky všechny popsané funkce dnes splňují programové systémy určené pro programování ŘS, pokud je provozujeme v režimu připojení (tzv. *on-line*). Některé programovací systémy podporují i přenos dat ve formátech podporovaných dalšími programovými systémy. Příkladem je např. podpora standardního formátu pro dynamickou výměnu dat DDE, takže v těchto případech lze vytvořit uživatelský vizualizační systém využívající pro další zpracování údajů z řízeného procesu např. Excel apod. Tento přístup je vhodný pro menší aplikace, kde by nebylo účelné aplikovat specializovaný systém, nebo tam, kde se nepředpokládá obecný přístup k informacím, datům a řízení celého procesu.

V této kapitole uvedeme stručný přehled některých reprezentantů vizualizačních programů, se kterými se lze setkat na našem trhu.[3]

5.3.1 Control Panel a Control Web

System Control Panel vyvíjený a dodávaný firmou Moravské přístroje Zlín je objektově orientovaný systém, který slouží ke generování měřicích, řídicích a regulačních programů pro PC. System může být využit v široké škále aplikací. Tento systém zajišťuje v reálném čase sběr dat, jejich zobrazování, archivaci a prezentaci, matematické zpracování a vyhodnocení dat a generování řídicích signálů pro řízený proces.

Návrh určité aplikace v prostředí Control Panel je vlastně vyšší formou programování. Uživatel je umožněno vytvářet programy dvojím způsobem, a to pomocí textového nebo grafického editoru, přičemž je umožněno přecházet libovolně z jednoho do druhého dle potřeby a vlastního uvážení. Přejít mezi oběma editory akceptuje změny provedené v jednom z nich, tzn. změníme-li něco v textovém editoru, bude tato změna zaznamenána i v grafickém editoru a naopak. V textovém editoru uživatel vytváří program zápisem zdrojového textu. Tento způsob programování však vyžaduje dobrou znalost parametrů, vlastností a způsobu zápisu virtuálních přístrojů. Tvorba programu v grafickém editoru je značně jednodušší, protože program je vytvářen pouhým sestavováním objektů pomocí myši. Stačí jen uchopit ikonu, která je grafickým vyobrazením požadovaného přístroje a vložit ji do struktury vyvíjené aplikace. Parametry přístroje (např. název, velikost, časový krok nebo pozice) lze upravit v dialogovém okně inspektoru přístroje, které je nabídnuto po stisknutí pravého tlačítka myši.

Při návrhu určité aplikace je nejprve nutno definovat potřebné konstanty a proměnné. Dále pak prostřednictvím ovladačů a kanálů stanovit vazby aplikace na reálná vstupní a výstupní zařízení. Potom můžeme rozmístit a propojit panely, přístroje, ovládací a indikační zařízení atd. Po uspořádání a propojení dle požadované aplikace spustíme překladač, který bezprostředně generuje spustitelný kód, který se při zastavení běžícího programu aplikace automaticky odstraní z paměti.

System Control Panel lze stručně charakterizovat výčtem některých vlastností:

- vývojové prostředí s překladačem a sadou užitečných nástrojů je integrováno v systému a může běžet se spuštěným aplikačním programem i ostatními nainstalovanými úlohami,

- systém nemá v principu žádná omezení počtu užívaných vstupních nebo výstupních kanálů nebo zobrazitelných údajů,
- pracuje ve víceúlohovém prostředí s grafickým uživatelským rozhraním,
- spolupracuje s různými grafickými adaptéry,
- přímo generuje událostmi řízený program,
- možnost vizuálního programování aplikací (objektové modelování).

První verze programového systému Control Panel pracovaly v operačním systému MS DOS. S příchodem Windows NT se situace změnila. Byl zde stabilní operační systém, který byl dobře použitelný i pro trvalý běh aplikací v náročném nepřetržitém průmyslovém provozu. Existující systém Control Panel 3.1 byl převeden pod Windows pod názvem Control Web 3.1. Začala tak nová etapa rozvoje systému, charakterizovaná především rozvojem internetových technologií a komunikací vůbec.

Control Web 4 pojmenovaný Control Web 2000 také přinesl možnost provozování aplikací v operačním systému Windows CE. Aplikace lze pohodlně vyvíjet na stolním PC s vývojovou verzí systému, a poté z nich vygenerovat runtime pro veškeré platformy a používané procesory systému Windows CE. V jednom prostředí a stejným způsobem lze tedy na jedné straně vytvářet rozsáhlé aplikace pro clustery Windows Advanced Server, a na straně druhé aplikace pro mobilní telefony a malé vestavěné počítače.

Asi nejrozsáhlejší změnou v historii vývoje systému byl příchod prostředí Control Web 5. Systém je nyní schopen vytvořit skupinu redundantních aplikací bez podpory nákladného serverového systému, pouze prostřednictvím propojení v jedné počítačové síti. Nově byl zaveden koncept datových sekcí, které v sobě zapouzdřují množinu datových elementů a umožňují nebo alespoň podstatně zjednodušují sdílení, zálohování a replikaci dat v síťovém prostředí. Řada vylepšení architektury zasahuje prakticky všechny části systému, mohutně je rozšířen také programovací jazyk OCL pro komunikaci mezi komponentami uvnitř aplikace.[17]

Vizualizační schopnosti byly v páté verzi produktu rozšířeny o třírozměrný vykreslovací systém. Tento systém je postaven na principu klient - server. Vykreslovací server běží ve vlastním threadu a je schopen v reálném čase vykreslovat i velmi složité scény s mnoha efekty v téměř fotorealistické kvalitě. Využívá nejnovějších technologií počítačové grafiky, včetně shaderů běžících v grafických procesorech. Přitom, pokud není v aplikaci

žádný 3D virtuální přístroj, nic z vykreslovacího systému není zaváděno do paměťového prostoru procesu. 3D systém tedy nemůže být na překážku ani u malých embedded systémů nevybavených možnostmi 3D grafiky. Tato nejdokonalejší současná technologie počítačové grafiky může podstatně zvýšit rychlost, působivost i přehlednost vizualizací.

5.3.2 InTouch

Toto poměrně rozsáhlé objektově orientované grafické programové vybavení (Wonderware Corporation USA, v ČR zastupuje firma PANTEK Hradec Králové) je určeno pro vytváření aplikací supervizního řízení, vizualizací a sběru dat z technologických procesů označovaných SCADA/MMI. Umožňuje vytvářet grafické zobrazení procesu, jeho ovládání a animaci. Tento produkt se vyvíjí od roku 1987 a byl od počátku navržen pro grafické prostředí Windows.

Systém InTouch 9 je určen pro prostředí Windows XP SP1, Windows XP Tablet PC, Windows 2000 SP4 a Windows 2003. Slouží nejen pro vizualizaci, řízení technologických procesů a sběr dat, ale je také používán jako uživatelské prostředí pro další aplikace z řady FactorySuite. K dispozici je ve třech verzích, kterými jsou InTouch Development, InTouch RunTime a InTouch View Client. První dvě verze jsou navíc rozděleny v závislosti na počtu proměnných. Jedná se o pět verzí, z nichž základní obsahuje 64 (500 u verze Development) proměnných a poslední pak 60 000 proměnných.

Prostředí pro vytváření vizualizačních obrazovek obsahuje stejně jako u předchozích programů velké množství předdefinovaných grafických objektů a objektů ActiveX. Pro vytvoření přesných požadavků lze použít uživatelský editor skriptů, pomocí kterého lze nadefinovat chování v závislosti na splnění určitých procesních podmínek, změnách datových údajů apod. [4]

V závislosti na rozsahu řízení daného systému a na struktuře sítě existuje několik možných architektur řízení. Nejjednodušší je provozování programu InTouch samostatně, tj. na jednom počítači. Toto řešení je vhodné pro systémy, které nevyžadují více různých operátorských pracovišť pro sledování a řízení technologického procesu. Dalším přístupem je architektura klient/server v několika různých konfiguracích. Jako první můžeme uvést konfiguraci typu Tag Server, kdy jeden nebo více počítačů slouží jako server. Tento server má v sobě uloženou databázi všech proměnných, provádí ukládání historických dat, vykonává skripty, vyhodnocuje alarmové stavy a zajišťuje komunikaci. Aplikace na klientských stanicích jsou pak propojeny pouze s tímto tag serverem. Tím je sníženo

zatížení průmyslové sítě, protože odpadá komunikace zařízení s každou klientskou stanicí. Nevýhodou je možný výpadek vizualizace při poruše tohoto serveru. Pro zajištění aktuálnosti aplikace na všech klientských stanicích se nabízí konfigurace pro dynamický síťový vývoj aplikací NAD (Network Application Development). Hlavní kopie aplikace je udržována na jednom serveru a každá klientská stanice si automaticky kontroluje její aktuálnost. V případě starší verze aplikace je upozorněn operátor nebo se provede automatická aktualizace. Pokud dojde k výpadku serveru s hlavní aplikací, lokální stanice fungují dále s poslední verzí aplikace. Další možností komunikace je architektura s terminálovým serverem, která využívá terminálové služby operačního systému Windows 2000 a umožňuje centrální nasazení, údržbu a správu softwaru. Hlavní výhodou tohoto řešení je možnost použití tzv. tenkých klientů, jako např. internetových prohlížečů nebo kapesních počítačů PDA pro ovládání aplikace.

Pro velké systémy může být vhodné použít verzi InTouch View Client. Jedná se o cenově výhodnější variantu programu InTouch Runtime, která je určena pro klientské aplikace spolupracující s Industrial Application Serverem. Podporuje neomezený počet proměnných a obousměrnou komunikaci. Jejím omezením je však nemožnost komunikace s jinou aplikací než s Industrial Application Serverem, není schopna poskytovat alarmy, ale pracuje s alarmy Industrial Application Serveru. Dále neumožňuje ukládat historická data. Nevýhodou je nutnost cenově náročného Industrial Application Serveru. [5]

Zabezpečení aplikace je zajištěno konfigurací přístupových úrovní chráněných heslem, popř. uživatelským jménem. Podle těchto úrovní je možné povolit nebo zakázat přístup k jednotlivým oknům, objektům nebo dokonce proměnným.

5.3.3 Citect

Vizualizační programový systém Citect má svůj původ až v Austrálii. U nás je distribuován a technicky zabezpečován firmou AutoCont Control Systems Ostrava. Dovoluje zpracovávat informace z velkého množství řídicích zařízení a existujících technologií. Lze ho použít pro malé i rozsáhlé aplikace různého druhu, protože je flexibilní při použití běžné architektury a standardního technického vybavení.

Komunikace probíhá přímo s řídicími a monitorovacími jednotkami a zpracovává všechny běžné typy signálů. Maximalizuje šířku komunikačního pásma a dynamicky optimalizuje změnu dat. Může být dosaženo vysokého přenosového poměru za poměrně krátkou dobu, samozřejmě v závislosti na použitém řídicím systému, jeho konfiguraci a typu dat.

Připojení se u jednoduchých aplikací provede pomocí instalovaného sériového portu počítače a kabelu pro linku RS-232C, příp. RS-422A nebo RS-485. Pro zvýšení výkonu a rychlosti lze použít speciální kartu instalovanou do počítače a připojit na ni přímo několik řídicích jednotek.[3]

System Citect má velké možnosti grafického vyjádření. Lze použít nebo upravit předdefinované grafické stránky podle požadavků určité aplikace. Několik stránek může být zobrazeno současně. Jednotlivé stránky lze jednoduše vytvořit nebo upravit v grafickém editoru. Dobrou grafikou dosáhneme vysoké přehlednosti a vysokého stupně informativnosti.

Citect umožňuje snadný přechod z aplikace ve výrobním zařízení na testovací aplikaci a zpět. Málodky totiž mají aplikační inženýři v kanceláři stejnou sestavu hardwaru, jako je ve výrobní technologii, tak proto Citect jednoduchým způsobem umožňuje přejít na virtuální PLC, a tak aplikaci testovat v kanceláři. Navíc je tento systém vybaven rychlým ošetřením předem nadefinovaných alarmových situací, zjišťuje všechny alarmové podmínky v nastavené periodě a reaguje okamžitě, je-li podmínka aktivní. Alarm zajistí ošetření nebo zastavení zařízení. Alarm může být zobrazen v aktuální stránce, na samostatné stránce nebo ve všech stránkách. Umožňuje jak přímé řízení operací v dílně, tak přehrávání dat zpětně pro srovnávací analýzu. Report může být generován v libovolném předdefinovaném formátu a posílán na tiskárnu, do souboru, na jiné externí zařízení nebo na všechny současně.[6]

Používá strukturovaný programovací jazyk Cicode (obdoba C nebo Pascal) s implementovanými funkcemi a lze jej použít v síti, což zvýší flexibilitu. Je možno použít až 256 uzlů. Tímto způsobem lze úspěšně řídit velmi rozsáhlé aplikace. Protože do systému může mít přístup více uživatelů, je v tomto systému možnost ochrany funkce nastavením přístupových práv jednotlivých operátorů. Tím se zabrání neodborným zásahům do funkce řízení.

5.3.4 RSVIEW32

RSVIEW32 je softwarový balík od společnosti Rockwell Software, který je určený pro vizualizaci průmyslových systémů. Využívá architekturu otevřené platformy, což umožňuje rozšiřování některých jeho vlastností podle potřeb uživatele, a tím nabízí vše potřebné pro tvorbu libovolného operátorského rozhraní.

Varianty Programu:

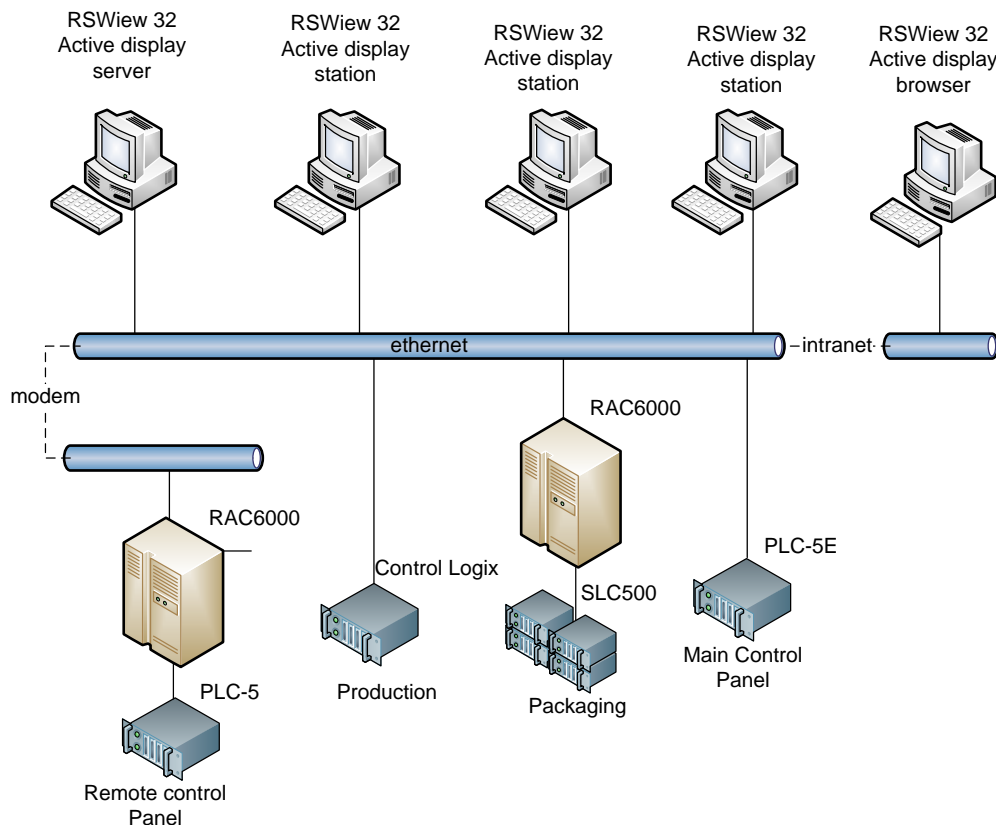
- RSVIEW32 RunTime
- RSVIEW32 Works

RSVIEW32 RunTime zajišťuje běh již hotových vizualizačních projektů. Verze RSVIEW32 Works je určena hlavně pro vývoj a testování projektů, ale může také pracovat jako runtime verze. Z cenového hlediska je RSVIEW32 nabízen v několika verzích v závislosti na počtu proměnných, které jsou při vytváření vizualizace k dispozici. Základní verze je v provedení 150 proměnných, nejrozsáhlejší pak v provedení 100 000 proměnných.

Připojení k řídicímu systému zajišťuje program RSLinx, ke kterému se RSVIEW32 chová jako klient. Komunikace programů RSVIEW32 a RSLinx je zprostředkována protokoly DDE nebo novějším OPC. Získaná data jsou ukládána v otevřeném databázovém formátu DBF, který umožňuje jejich zpracování v jiných programech. Ve spojení s programem RSSql nebo předdefinovanými ODBC zdroji mohou být data ukládána přímo do databáze, jako je například Microsoft SQL Server, Oracle nebo SyBase.

Pro snadnou a rychlou tvorbu vizualizačních obrazovek obsahuje RSVIEW32 vlastní nástroje pro jejich vytváření a rozsáhlou knihovnu vizualizačních objektů. Knihovnu lze libovolně rozšiřovat o další objekty nabízené jinými firmami. Při vytváření obrazovek je možné používat ActiveX objekty nebo provádět jednoduché animace z již vytvořených objektů. Nutnou součástí vizualizací je systém alarmů (varování) upozorňující na případné problémy při řízení reálných systémů. Jednotlivé alarmy je možné zobrazovat či filtrovat podle různých hledisek, ale také vytvářet vlastní události při vzniku alarmu. [4]

Protože samotný program RSVIEW32 je drahý a jeho zakoupení do všech pracovišť, odkud je možné systém ovládat, by zvyšovalo cenu celého systému, jsou k dispozici i další řešení. Těmi jsou programy RSVIEW32 Active Display System a RSVIEW32 WebServer. RSVIEW32 Active Display System je klient/server software, který rozšiřuje funkce RSVIEW32 a hlavně poskytuje přístup k běžícímu projektu na serveru ze vzdáleného místa. Pro přístup se používá program Active Display Station, který zprostředkovává přístup přes LAN nebo webový prohlížeč. Strukturu systému při použití tohoto softwaru znázorňuje *obr. 22*.



Obr. 22 Struktura systému při použití RSVIEW32 ActiveDisplay System

RSVIEW32 Active Display System umožňuje např. zobrazovat a řídit grafický display zobrazovaný v reálném čase, spravovat alarmy, editovat minulé a současné trendy, tzn. vytvářet grafické výstupy vybraných atributů. Největší výhodou je možnost editovat hlavní aplikaci pouze v jednom místě, nikoliv na všech počítačích, kde by byl pro řízení používán RSVIEW32. Podmínkou jeho správného provozu je instalace na počítač se spuštěným programem RSVIEW32 s příslušným projektem. Druhým programem je RSVIEW32 WebServer, který poskytuje pouze pohled na vizualizační obrazovku a výpis proměnných nebo alarmů. Velkou výhodou je však přístup z libovolného místa prostřednictvím internetového prohlížeče bez nutnosti dodatečné instalace nebo konfigurace. Ochrana proti neoprávněnému přístupu je zajištěna autorizací uživatelů s přístupem do RSVIEW32 a automatickým odpojením po několika minutách nečinnosti.[4]

5.3.5 ASPIC

Vizualizační a monitorovací systém ASPIC je původním českým produktem firmy MERZ Liberec. Je určen pro tvorbu dispečerských a řídicích pracovišť, kde je třeba sledovat parametry výroby nebo experimentu. Systém lze stručně charakterizovat vlastnostmi:

- Nezávislost na použitých řídicích systémech
- Funkcionalita OPC Klient / OPC Server
- Funkcionalita DDE Klient / DDE Server
- Aspice 3.30 může zpracovávat data formátu OPC a zároveň i formátu DDE
- Archivace dat do databáze přes ODBC
- Archivace dat do vlastních souborů (nepotřebujete databázi)
- Vestavěný nástroj pro generování reportů + generování reportů do MS Excel
- Systém je zabezpečen pomocí 16ti úrovní uživatelů s různými právy.(15)

ASPIC je otevřený systém, ve kterém je možno měnit nastavení celého systému najednou pomocí receptur. Ve vizualizačních knihovnách má uloženy prvky, ze kterých lze snadno vytvořit interaktivním způsobem libovolnou a přehlednou obrazovku. Pomocí dialogů se potom popíše aktuální vlastnosti prvků a připojí se data z procesu.

Ochrana systému je zajištěna víceúrovňovým přístupem. Úplný přístup je dovolen pouze s klíčem. Uživatelský přístup je dále konfigurovatelný v 16 odlišných úrovních a dalších možných rozlišeních voleb funkcí systému včetně ovládání.[3]

Hlavní předností tohoto systému je jeho cena, která je závislá na počtu datových bodů a navíc existuje i zkušební verze, která se od plné liší tím, že její provoz je omezen na 2 hodiny.

5.3.6 IGSS (Interactive Graphic Supervision System)

Systém IGSS dánské firmy Seven Technologies, který u nás distribuuje firma UniControls a.s. Praha, je otevřený interaktivní grafický vizualizační systém určený pro řídicí a monitorovací funkce v oblasti průmyslové automatizace. Programové vybavení systému využívá operační systém Windows. Použití grafického a objektově orientovaného rozhraní vytváří z IGSS vysoce výkonný nástroj jak pro systémového inženýra, tak i pro operátora. V systému IGSS jsou plně akceptovány principy architektury klient/server a jeho koncepce dovoluje využití různých variant konfigurací výstavby pracoviště operátora od jednouzivatelské varianty až po komplexní distribuovaný systém s velkým počtem různých typů operátorských stanic.

IGSS je programový balík založený na plně grafickém rozhraní podle moderních zásad objektově orientovaných systémů. Uživatel má pomocí nabídky ve formě jednoúrovňových

rolet velmi rychlý přístup ke všem funkcím. IGSS využívá uživatelské rozhraní v podobě oken různých velikostí a s různým obsahem, kterých může být aktivních až šest současně. Operátor může pozorovat několik obrazovek najednou. Uživatel si se systémem vyměňuje informace pomocí povelové a dialogové nabídky v kombinaci s grafikou a textem. Hierarchicky lze při definici vytvořit obrázky v několika úrovních. Lze definovat odkazy na jednotlivé obrázky tak, že v různých úrovních se zobrazují stále větší podrobnosti procesu.

Systém IGSS je navržen tak, že jména povelů v nabídce a dialozích lze měnit bez změny logické struktury samotného programu. Je tudíž možné vytvořit IGSS v různých národních jazycích.

Systém IGSS je v současné době využíván v řadě aplikací, kde plní různé požadavky uživatelů. Systém lze dodat v konfiguraci od 100 do 10 000 prvků, což odpovídá 500 až 50 000 vstupů/výstupů. Lze jej dodat též od jednouživatelského systému až po víceuživatelský systém pracující v LAN síti nebo používající různé komunikační interface. U jednouživatelské verze jsou všechny funkce implementovány na jednom PC. Víceuživatelská verze byla implementována na základě koncepce klient/server, kde se server stará o sběr a ukládání dat, zatím co pracovní stanice s grafickou reprezentací jsou implementovány na klientech. Transparentní komunikační struktura dovoluje klientům a serverům si vyměňovat informace např. přes TCP/IP protokol nebo přes NETBIOS interface.

Jednou z hlavních výhod IGSS je otevřená architektura z hlediska dnešních PLC systémů. Pro systém IGSS lze dodat homogenní vizuální rozhraní na většinu běžných PLC systémů, které jsou dnes na trhu, jakož i různé formy komunikací v závislosti na potřebě přenosu dat a rychlosti. Komunikace s PLC je obvykle sériová typu RS-485 pro nízké rychlosti nebo vysokoúrovňová po lokálních sítích s rychlostí až 10 Mbit/s. Pro řadu komunikačních rozhraní lze zvolit komunikaci na základě události, postupné obsluhy nebo kombinací obou. Systém IGSS podporuje PROFIBUS standard.[3]

5.3.7 TIRSWeb

Vizualizační a řídicí systém TIRSWeb společnosti Coral s.r.o. je zcela odlišný od všech zde uvedených programů. Jeho odlišnost spočívá v tom, že je založen pouze na webových technologiích a ke své funkčnosti nepotřebuje instalaci speciálních aplikací ani run-time prostředí na klientských stanicích. Další odlišnost spočívá v nepotřebě speciálních

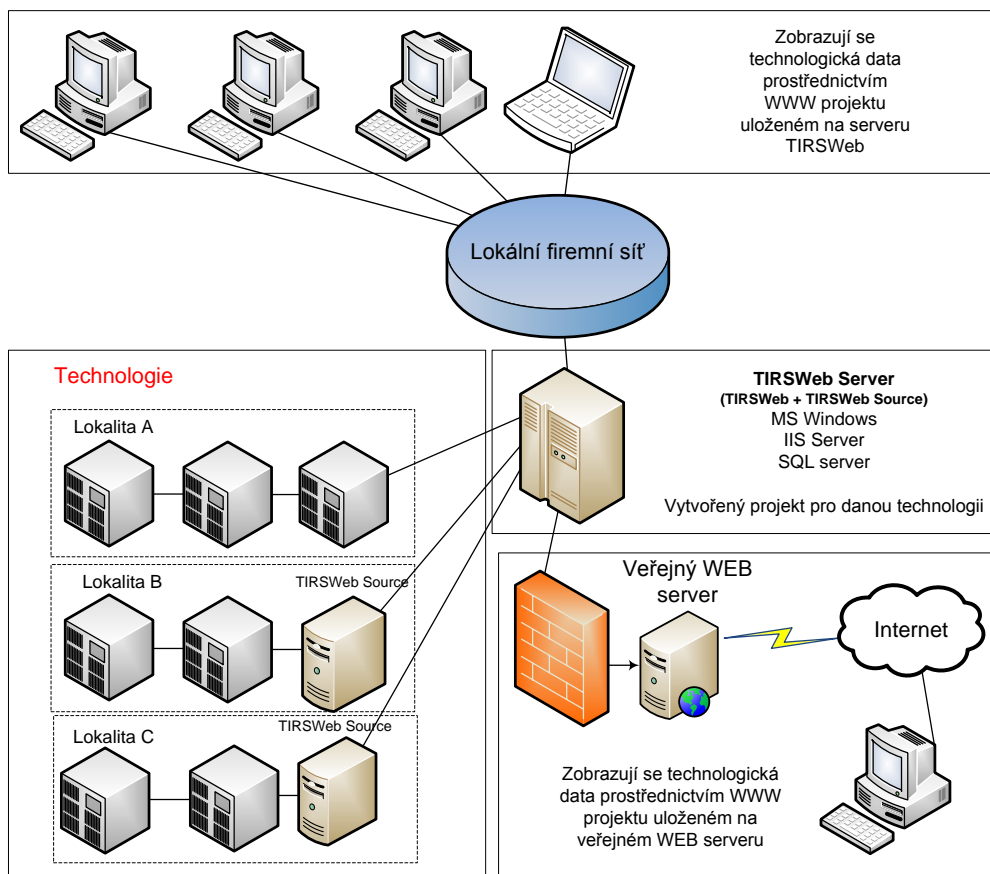
programů pro tvorbu vizualizace. K tomu postačuje např. standardní textový editor Notepad operačního systému Windows. Vizualizace na klientské stanici pak probíhá pomocí internetového prohlížeče, který komunikuje s centrálním TIRSWeb Serverem.

Vizualizační stránky jsou v podstatě běžné HTML stránky rozšířené o komponenty ActiveX a vlastní skripty vepsané přímo do těchto stránek. Protože jsou ActiveX komponenty volně přístupné, je možné snadno do těchto stránek vkládat i komponenty jiných výrobců. Pro snazší tvorbu stránek je možné použít program TIRSWeb Architekt. Jedná se o samostatný „vizualizační polohovací program“, tzv. WYSIWYG editor, který umožňuje za pomoci myši velmi snadno a rychle vytvářet a upravovat objekty. [4]

Komunikaci mezi TIRSWeb Serverem a řídicími automaty zprostředkovávají komunikační moduly TIRSWebSource, tzv. konektory. Ty jsou v závislosti na složitosti řízeného systému (viz. obr. 23) implementovány buď na centrálním serveru nebo na samostatných serverech, tzv. sběrných. Konektory jsou programy (služby), které se spouští automaticky po spuštění operačního systému Windows a běží nezávisle na přihlášeném uživateli. Jejich funkcí je periodicky komunikovat s PLC automaty a získané údaje ve formě signálů předávat klientské aplikaci a ukládat je do databáze historických dat. Pokud je v daném systému použito více technologií (např. automaty různých firem), musí být pro každou technologii použit samostatný modul TIRSWebSource s podporou příslušné technologie.

Pro zobrazení vizualizačních stránek v prohlížeči musí být na centrálním TIRSWeb Serveru implementován některý z běžně dostupných webových serverů, který odesílá prohlížeči kód zobrazované stránky. Tím může být např. Microsoft Internet Information Server (IIS), který je součástí operačního systému Windows, nebo webový server Apache. Po prvním zobrazení příslušné stránky se už pro aktualizaci dat stránka znovu nenačítá, ale aktualizují se pouze hodnoty v příslušných položkách. Načítání aktualizovaných hodnot, nikoli celých stránek, minimalizuje zatížení sítě. [19]

Ochrana proti neoprávněnému přístupu do systému je zajištěna autorizací uživatele při přístupu na centrální TIRSWeb Server. Stejně jako u předchozích programů lze i tady nastavit přístupová práva na jednotlivé stránky.



Obr. 23 Intranet/Internetové aplikace systému TIRSWeb

Velkou výhodou tohoto přístupu k vizualizaci je nezávislost na platformě operačního systému a již zmiňovaná nepotřeba dalších speciálních aplikací např. pro jejich vývoj.

5.3.8 Reliance

Reliance je nejmladším z popisovaných vizualizačních programů. Podle dostupných informací byla vydána jeho první verze v roce 2001, ale pravděpodobně jeho nízká cena a rychlý vývoj dle požadavků uživatelů mu zajistily rozšiřující se použití při vizualizacích. Pro odzkoušení funkčnosti vizualizace u velmi malých systémů, tj. do 25 proměnných, je možné program využívat zcela zdarma. Jeho výrobcem je společnost GEOVAP s.r.o..

Poslední verze je tvořena pěti softwarovými moduly, kterými jsou: Reliance design, Reliance runtime, Reliance server, Reliance runtime server a Reliance J. První dva moduly zajišťují vytvoření vizualizačního projektu, resp. běh vizualizačního programu na klientské stanici. Reliance server slouží pro sběr dat z technologických stanic a runtime modulů. Získaná data ukládá do databáze a poskytuje jiným runtime modulům, serverům nebo webovým klientům. Dále také zajišťuje distribuci poruchových hlášení. Na druhou stranu

však neumožňuje grafické zobrazení technologických dat. Reliance runtime server má stejné funkce jako Reliance server, ale poskytuje navíc grafické zobrazení dat. Posledním modulem je Reliance J, což je v podstatě Java applet určený pro zobrazení vizualizačních schémat klientům sítě intranet/internet. Datovým zdrojem pro applet je Reliance server nebo Reliance runtime server. [20]

Komunikace s PLC systémy probíhá prostřednictvím OPC klienta nebo nativních driverů. Pro vizualizaci mohou být využity již zmiňované ActiveX komponenty. Ostatní vizualizační prvky jsou uloženy v externích DLL knihovnách, což umožňuje jejich snadnou aktualizaci a snadné vytváření vlastních vizualizačních prvků.

Zajímavou vlastností tohoto programu je funkce Posmont. Ta dovoluje zpětně přehrávat (zobrazovat) chod vizualizovaného systému a povely dispečerů v libovolném čase a libovolnou rychlostí. Tím lze snadno dohledat případnou chybu dispečera nebo důvod poruchy řízené technologie.

5.3.9 Wizcon

Wizcon je řídicí a vizualizační systém typu SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) od společnosti Axeda. Jedná se o otevřený systém založený na vlastním jádru WizPro, které umožňuje současně zpracovávat několik tisíc vstupně/výstupních operací. Stejně jako program RSView32 je Wizcon dodáván ve dvou základních verzích určených buď pro zajištění provozu hotového projektu nebo pro jeho vývoj. V závislosti na velikosti vytvářeného projektu jsou k dispozici verze se 100 až 65 000 proměnnými. [4]

Pro tvorbu vizualizačních obrazovek lze použít již předdefinované objekty nebo jejich modifikace. Výsledky modifikace jsou pak ukládány do konfigurační databáze. Konkrétní informace o jednotlivých objektech znázorňujících reálná zařízení, mohou být podle důležitosti ukládány do samostatných vrstev. K dispozici je 64 těchto vrstev, u každé lze nastavit oprávnění k přístupu. Přístup k datům je zprostředkován protokolem DDE nebo rozhraním WizSQL, které navíc nabízí nadefinování událostmi řízených SQL dotazů pro čtení a zápis dat do databázových tabulek.

Vzdálený přístup pomocí webových prohlížečů zajišťuje program Wizcon for Windows and Internet. Ten převede nakreslenou vizualizační obrazovku na Java applet, který se stáhne do prohlížeče. Pro jeho aktivaci je na počítači s prohlížečem spuštěno prostředí Java Virtual Machine, které interpretuje kód daného apletu. Aplet je schopen komunikace s

vlastním serverem, který mu dodává aktuální data. Ochrana dat proti neoprávněnému přístupu je zajištěna autorizací uživatelů a automatickým odpojením prohlížeče po vypršení časového limitu při jeho nečinnosti.[21]

5.3.10 Některé další vizualizační programy

Kromě výše popsaných vizualizačních systémů se lze v literatuře nebo v praxi setkat i s dalšími systémy. I když nelze vyjmenovat a popsat všechny systémy dostupné na našem trhu, krátce se zmíníme o některých z nich.

ASTER 32

Systém dodávaný firmou ASTER Jičín pro vývoj aplikací v oblasti monitorování a vizualizace technologických procesů ve spojení s podřízenými ŘS. Je určen pro prostředí Windows. Používá se pro monitorování a řízení vodáren a kolektorových sítí. Systém lze charakterizovat vlastnostmi:

- kvalitní grafické zpracování technologických snímků a vizualizace,
- robustnost a výkon podpořený plně 32bitovým prostředím,
- zpracování alarmových stavů,
- možnost omezení přístupových práv.

GENESIS

Systém pro řízení, sběr dat, monitorování a manažerské řízení a vizualizaci technologií. Systém distribuovaný firmou Easy Control Plzeň lze charakterizovat těmito vlastnostmi:

- systém pracuje pod operačním systémem Windows,
- technologie klient/server přináší potřebnou flexibilitu,
- grafika s vysokou rozlišitelností s konfigurací typu „vyber a připoj“,
- možnost archivace dat, generování protokolů,
- podpora síťových aplikací,
- víceobrazkový provoz,
- možnost hlasových výstupů.

PROMOTIC

Otevřený systém pro řízení a vizualizaci technologií. Systém distribuovaný firmou Microsys Ostrava lze charakterizovat těmito vlastnostmi:

- plně 32bitový systém pracující pod operačním systémem Windows 95/98, Windows

NT nebo Vista,

- architektura klient/server,
- Jazyk Microsoft Basic pro zápis algoritmů,
- rozsáhlé knihovny ovladačů karet a komunikačních rozhraní různých systémů,
- přenos dat standardy OLE, DDE, ODBC.

ProVI

Řídicí a vizualizační systém určený pro řízení technologií v budovách. Systém lze charakterizovat základními vlastnostmi:

- zobrazení dynamizovaných schémat zařízení vč. aktuálních hodnot z řízené technologie formou číselných hodnot, sloupcových grafů, symbolů, změnou barev nebo zobrazením textů,
- možnost zobrazení až deseti trendových oken se šesti datovými prvky,
- vizualizace až 1500 datových bodů,
- sledování alarmních stavů a možnost jejich archivace,
- sledování vývoje (trendů),
- export dat pro zpracování v dalších systémech.[3]

SCAN 3000

Řídicí a vizualizační systém firmy Honeywell (USA), který obsahuje tři hlavní programové balíky:

- konfigurace (konfigurace systému, nastavení parametrů regulačních smyček, zadání logického řízení apod.),
- předformátované obrazovky (vytvoření operátorského panelu).

Předností systém je vysoká stabilita a spolehlivost. Určitou nevýhodou je uzavřenost celého systému a relativně vysoká cena.

VISCONTROL

Systém pro řízení a vizualizaci různých technologických procesů. Je využíván např. pro řízení křižovatek (Bern), tiskařských strojů, čističek odpadních vod, hlídání možných poruchových stavů souboru strojů apod.

Witness

Systém pro vizualizaci a interaktivní simulaci procesů navržený britskou firmou Lanner Group Ltd., u nás dodávaný firmou Humusoft Praha. Systém umožňuje modelovat řízený

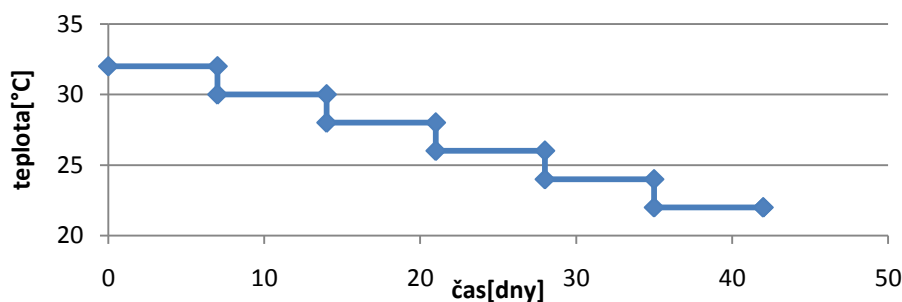
proces různého typu vč. logistiky a řízení výroby a simulovat důsledky různých rozhodnutí. Podporuje manažerské rozhodování, strategickou a operační analýzu, re-engineering a plánování.[3]

PRAKTICKÁ ČÁST

6 OBECNÉ POŽADAVKY A POPIS STÁVAJÍCÍHO ŘEŠENÍ

6.1 Obecné požadavky

Chov bažantů od vylíhnutí se provádí stejně jako u perliček nebo koroptví. Je potřebné dodržet základní podmínky tj. pod výhřevným zdrojem 31 – 33 °C a postupně teplotu snižovat každé 4 dny o 2°C. Při příznivých venkovních podmínkách se bažantům od 5. týdne nemusí zapínat výhřevný zdroj. Kruhy kolem tepelného zdroje je možné odstranit po 10 dnech odchovu. Na 1 m² podlahy se počítá s 20 mladými bažanty. V odchovně je nutné zamezit nečekaným výkyvům světelného i zvukového zdroje, které mohou být příčinou ztrát umačkáním. Po 4. týdnu mají bažanti snahu hřadovat. Jednotlivé tyče obsazují vždy odshora a od stěny. Bažanty je možné vypouštět z místnosti do výběhu, jakmile venkovní teplota dosáhne 20°C, ale za podmínky, že se neouroují, případně nezmoknou.



Obr. 24 Graf průběhu teploty

6.2 Stávající řešení

V existujícím řešení je 12 místností, které jsou určeny pro bažanty po vylíhnutí. Každá místnost má odvětrávací systém, jehož vyústění mají všechny místnosti společné, a to ve světlíku na chodbě. Jak již bylo zmíněno, tak na začátku každého pětítýdenního běhu je potřeba, aby byla teplota mezi 31-32 °C a ta se postupně snižovala a kuřátka se postupně adaptovala venkovním podmínkám. Jako akční člen pro ohřev je použita trojice ohřevných elektrických panelů, jejichž ohřev je tříступňový, a to tak, že na začátku topí všechny tři a postupně se v rozmezí pěti týdnů odpojují, až nakonec netopí žádné. Teplota je kontrolována na kapalinovém teploměru, který je taktéž umístěn v každé místnosti.

Stávající řešení řízení teploty v místnosti s drůbeží je hodně zastaralé a plně spoléhá na člověka jako na objekt, který vše monitoruje a řídí. S tímto, a ještě s tříступňovou regulací teploty řízenou člověkem, může být spojena těžší adaptace kuřátek na venkovní podmínky, a s tím spojená menší úspěšnost odchovu.

7 NOVÉ ŘEŠENÍ

Jelikož se trend v dnešní době se ubírá k plně automatizovanému procesu, ve kterém je operátor informován pouze o alarmových stavech s možností sledovat aktuální i předchozí stav, tak ani toto řešení nebude výjimkou, ačkoliv je spíše zaměřeno na realizaci elektronické části řešení.

7.1 Popis řešení a výkresová dokumentace

7.1.1 Popis řešení

System regulace teploty a monitorování vlhkosti v místnosti byl navržen tak, aby bylo možné řídit zapínání topení v automatickém nebo manuálním režimu. Celý systém je rozčleněn na tři části, kterými jsou:

- modul spínající topení
- ovládací panel
- PC

Celý systém je možné řídit automaticky nebo manuálně.

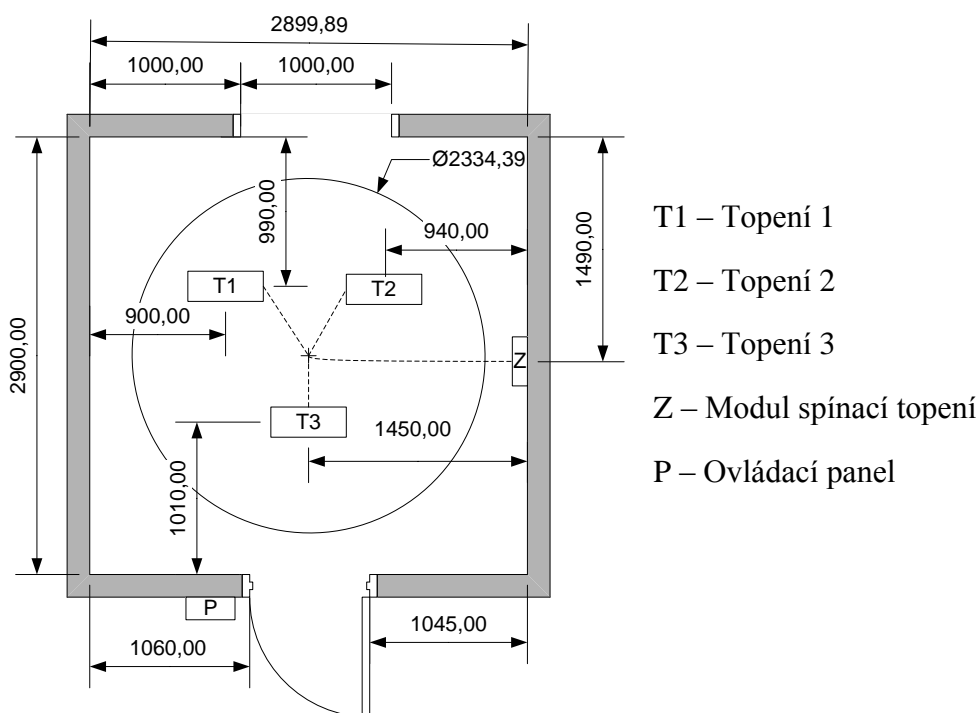
Automatický režim představuje řízení pomocí průmyslové karty umístěné v PC. Pokud nebude PC splňovat požadavky a bude potřeba jej nahradit, tak je možnost ho nahradit systémem, který bude mít na výstupu logickou 1 a 0 realizovanou pomocí 0 a 5V. Nejvhodnějším řešením jsou mikropočítač nebo programovatelný automat (PLC). Z důvodů možnosti selhání automatického řízení je možné spínání topných panelů řídit ručně, a to ze dvou míst. Prvním místem je ovládací panel před místností, a tím druhým je modul, který spíná topení, který je umístěn v místnosti. V ovládacím panelu se nachází řídicí logika, která je napájena ze síťového zdroje. Z modulu v místnosti lze řídit vytápění, i když selže zdroj pro řídicí logiku, jelikož se zde spíná přímo síťové napětí (230V), kterým jsou napájeny topné panely.

Ovládací panel před místností neobsahuje jen řídicí logiku, ale i displej skládající se ze čtyř sedmisegmentovek. Na displeji je možno přepínat mezi zobrazením teploty, vlhkosti anebo zobrazení úplně vypnout.

V místnosti se nachází dvě čidla, která podle velikosti měřené veličiny mění hodnotu napětí na výstupu. Pro měření teploty se jedná o LM35, který má nespornou výhodu v tom, že má lineární výstup a 1mV na výstupu odpovídá 0,1°C. Pro měření vlhkosti je

použit HIH 4000, který je taktéž lineární, ale jeho výstup není vhodný pro zobrazení na displeji ovládacího panelu.

7.1.2 Výkresová dokumentace



Obr. 25 Plán místnosti

7.2 Popis ovládacího panelu

Na ovládacím panelu (Obr. 26) jsou umístěny vypínače, signalizační diody a displej. Přesněji se jedná o dva třístavové přepínače, z nichž první slouží k přepínání mezi režimy vypnuto, zapnuto a automat. Druhý třístavový přepínač slouží k přepínání mezi zobrazením teploty nebo vlhkosti na displeji a nebo jeho úplné vypnutí. Dále jsou zde tři dvoustavové přepínače, sloužící z větší části k manuálnímu řízení. Pomocí těchto přepínačů se odpojuje logický signál, spínající relé a lze je využít i pro snížení výkonu při automatickém řízení.



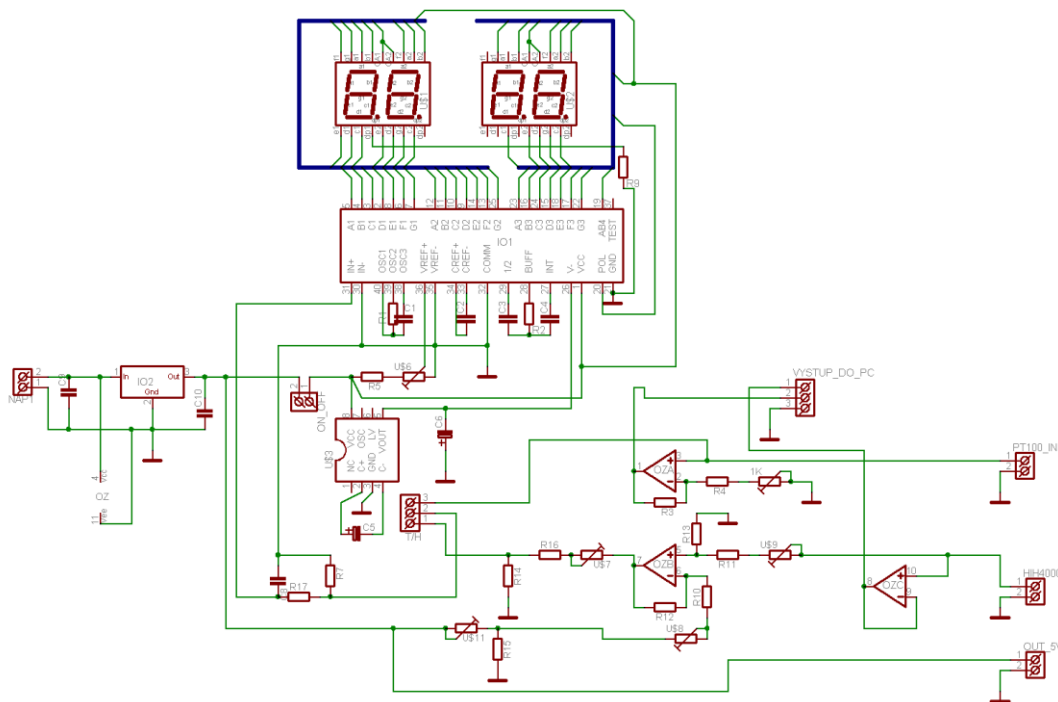
Obr. 26 Ovládací panel

U všech vypínačů jsou umístěny signalizační diody, které zobrazují stav zapnuto. Signalizační dioda se nachází i u třístavového vypínače. Přesněji zde signalizuje zapnutí automatického režimu.

Uvnitř jsou umístěny dva osazené plošné spoje, kde první představuje teploměr s vlhkoměrem a druhý řídicí logiku.

7.2.1 Teploměr s vlhkoměrem

Teploměr s vlhkoměrem je vhodně nastavený digitální voltmetr, na jehož měřicí svorky se přivádí upravené napěťové signály z čidel. Celé schéma zapojení je znázorněno na obr. 27.

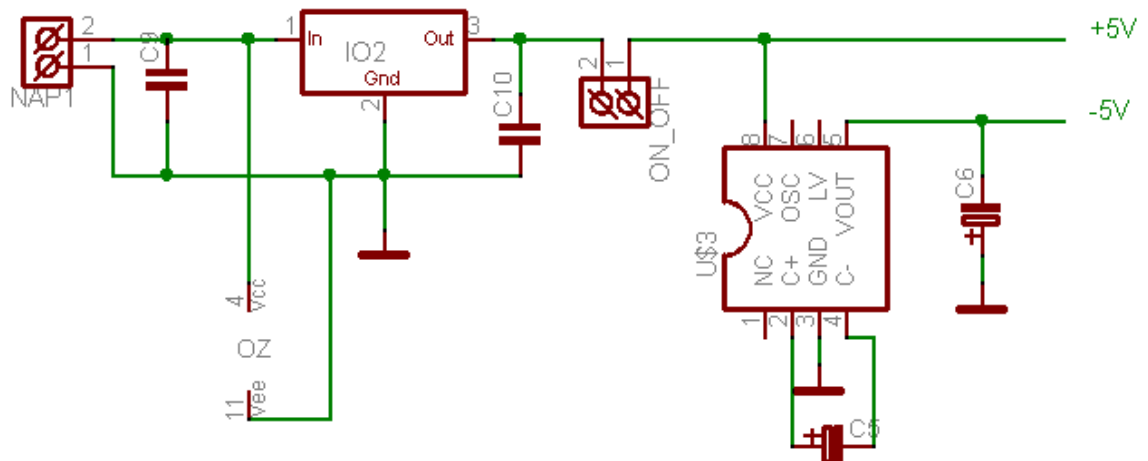


Obr. 27 Celé schéma teploměru s vlhkoměrem

Toto schéma lze pro lepší popis rozdělit na čtyři hlavní části, kterými jsou:

- Napájení (Obr. 28)
- Voltmetr (Obr. 29)
- Upravení signálu z čidla teploty (Obr. 30)
- Upravení signálu z čidla vlhkosti (Obr. 32)

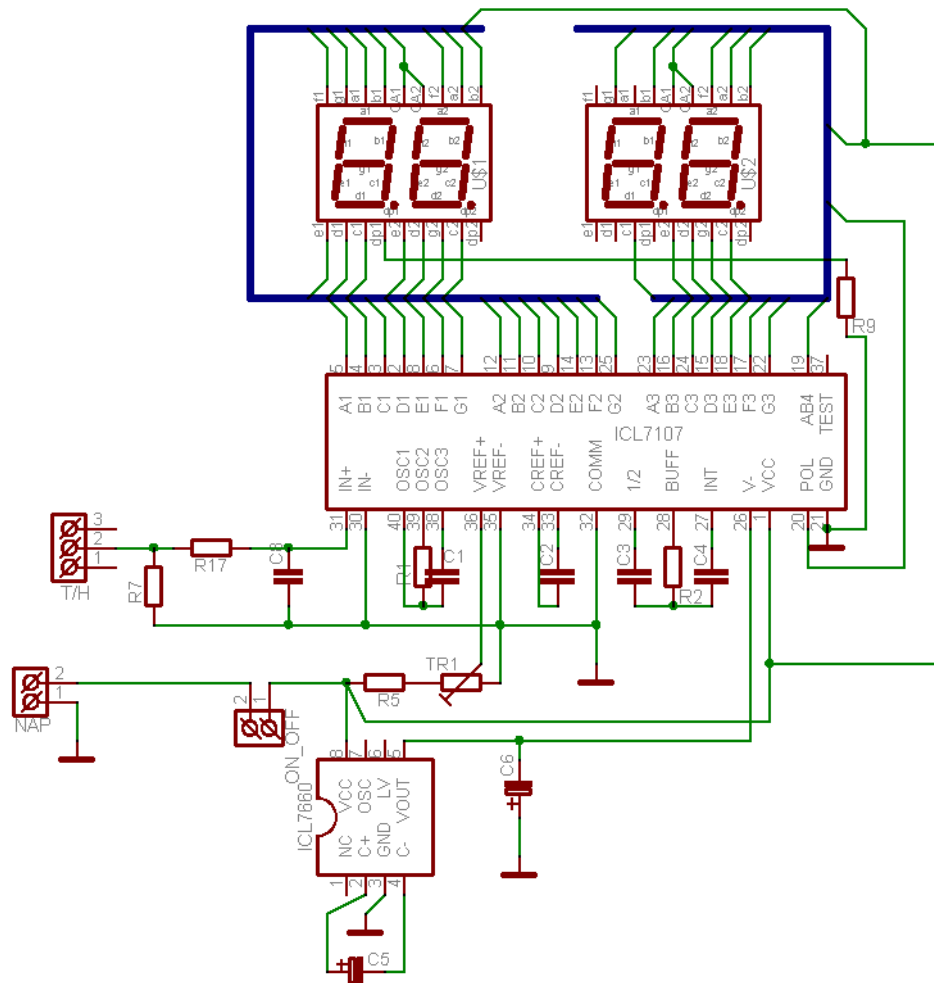
Zapojení je napájeno stejnosměrným napětím o velikosti 12V, které se stabilizuje pomocí stabilizátoru L7805 a dvou elektrolytických kondenzátorů na hodnotu 5V. Jelikož není žádoucí, aby se na displeji zobrazovala neustále hodnota měřené veličiny, tak je zde zakomponován vypínač, který se připojuje na svorku *ON_OFF*. Rozepnutím se nevypne celý obvod, protože je potřeba, aby nebylo vypnuto například napájení pro operační zesilovač sloužící k úpravě signálu pro přenos do PC.



Obr. 28 Schéma zapojení napájecí části

Ke své činnosti potřebuje ICL7107 dvě stabilizovaná napájecí napětí V_{cc} a V_- o velikostech přibližně +5 V a -5 V. Jak již bylo napsáno, tak napětí V_{cc} je stabilizováno pomocí stabilizátoru z +12V na +5 V. Záporné napájecí napětí V_- je získáváno z napětí +5V pomocí invertoru ICL7660 a vyhlazeno pomocí elektrolytického kondenzátoru C_6 .

Srdcem celého zapojení je integrovaný obvod ICL7107, který obsahuje všechny potřebné obvody pro 3,5 místný číslicový voltmetr s displejem LED. Schéma na obr. 29 vychází z doporučeného zapojení výrobce převodníku. Také hodnoty integračního rezistoru R_2 , integračního kondenzátoru C_4 , kondenzátoru automatického nulování C_3 a referenčního kondenzátoru C_2 odpovídají výrobcem doporučeným hodnotám.



Obr. 29 Schéma zapojení digitálního voltmetru

Kondenzátor C_1 a rezistor R_1 jsou zapojeny v obvodu taktovacího generátoru a určují taktovací kmitočet. Pro zobrazení hodnot teploty a vlhkosti je vhodné nastavit kmitočet tak, aby byl čas převodu převodníku kolem 1s. Rychlejší zobrazení je pro nás nevýhodné, jelikož se zobrazovaný údaj jeví jako méně stabilní. Hodnoty C_1 a R_1 se vypočítají podle následujících vztahů:

$$\text{Celkový čas převodu} = 16000 \cdot t_{osc} \quad (1.4)$$

$$t_{osc} = \frac{R \cdot C}{0.45} \quad (1.5)$$

Chceme-li tedy mít celkový čas převodu mít 1s, tak je nejprve potřeba dopočítat t_{osc} podle vzorce 1.4.

$$1 = 16000 \cdot t_{osc}$$

$$t_{osc} = 6,25 \cdot 10^{-5}$$

Od výrobce je doporučeno zvolit hodnotu R_I na $100\text{K}\Omega$, čili podle vzorce *nahoře* lze dopočítat hodnotu C_I .

$$6,25 \cdot 10^{-5} = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot C}{0.45}$$

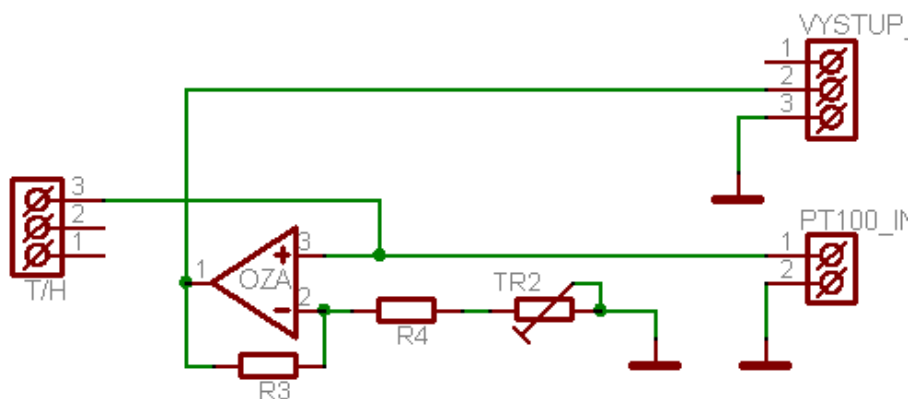
$$C = 2.81 \cdot 10^{-10} \text{F} = 281\text{nF}$$

Jako zdroj referenčního napětí je použito napětí ze stabilizátoru. Pro dosažení citlivosti 200 mV vyžaduje převodník mezi svými vývody VREF+ a VREF- referenční napětí 100 mV. Na tuto velikost je napětí ze stabilizátoru sníženo děličem složeného z odporu R_5 a trimru TR_I , přičemž přesnou velikost referenčního napětí, a tím i citlivost voltmetru, lze dostavit trimrem TR_I .

K převodníku je připojen čtyřmístný displej. Každé místo (číslíce) se skládá ze sedmi segmentů. Výběrem rozsvěcení různých kombinací segmentů jsou zobrazovány čísla. Všechny tyto sedmissegmentovky obsahují desetinou tečku, ta je nastálo připojena u druhé sedmissegmentovky zprava. Tečka je rozsvěcena připojením příslušného pinu segmentovky přes odpor R_9 k zemi. Pokud by zde tento odpor o velikosti 330Ω nebyl, tak by příslušný segment taktéž svítil, ale oranžovou barvou. První sedmissegmentovka není plně využita a slouží pouze pro zobrazení čísla 1 a znaménka, proto se ICL7107 označuje jako 3,5 místný voltmetr. To znamená, že lze na displeji zobrazit maximálně číslo ± 1999 .

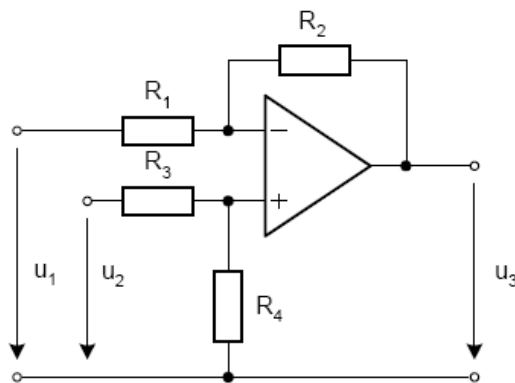
Na vstupních svorkách voltmetru, který má základní rozsah 2V se nachází integrační článek složený z C_8 a R_{17} sloužící k potlačení vysokých frekvencí. Taktéž je možné připojit paralelně k C_8 dvě antiparalelní diody, které by sloužily k ochraně voltmetru před velkým napětím. Protože přesně víme, jaké maximální hodnoty můžeme čekat na vstupu voltmetru, tak to není potřeba.

Jak již bylo napsáno, na vstup voltmetru se přivádí napětí ze sensorů. Napětí ze senzoru teploty je přivedeno bez úprav na vstupní svorky voltmetru (*Obr. 30*).



Obr. 30 Úprava signálu z teploměru

Naopak napětí ze senzoru vlhkosti úpravu potřebuje, protože jeho velikost odpovídá hodnotě 0,82V pro 0% vlhkosti a pro 100% je velikost napětí 3,9V. Jelikož hodnotu 3,9V nelze na voltmetru s rozsahem 0-2V zobrazit a také proto, že je nevhodné aby si musel uživatel hodnotu vlhkosti přepočítávat, je potřeba upravit výstupní rozsah signálu na 0-1V, který bude na displeji zobrazen jako 0-100.0. Tato úprava výstupu z vlhkoměru je nejprve provedena za pomoci rozdílového zapojení (obecné zapojení na obr. 31) operačního zesilovače (hradlo s vývody 5,6,7), kde je od signálu z vlhkoměru odečtena hodnota napětí 0.82V, čímž je posunut rozsah napětí na 0 – 3,08V. Je potřeba aby poměr odporů, kterými je dán poměr odčítaných napětí byl podle vzorce 1.6 roven 1.

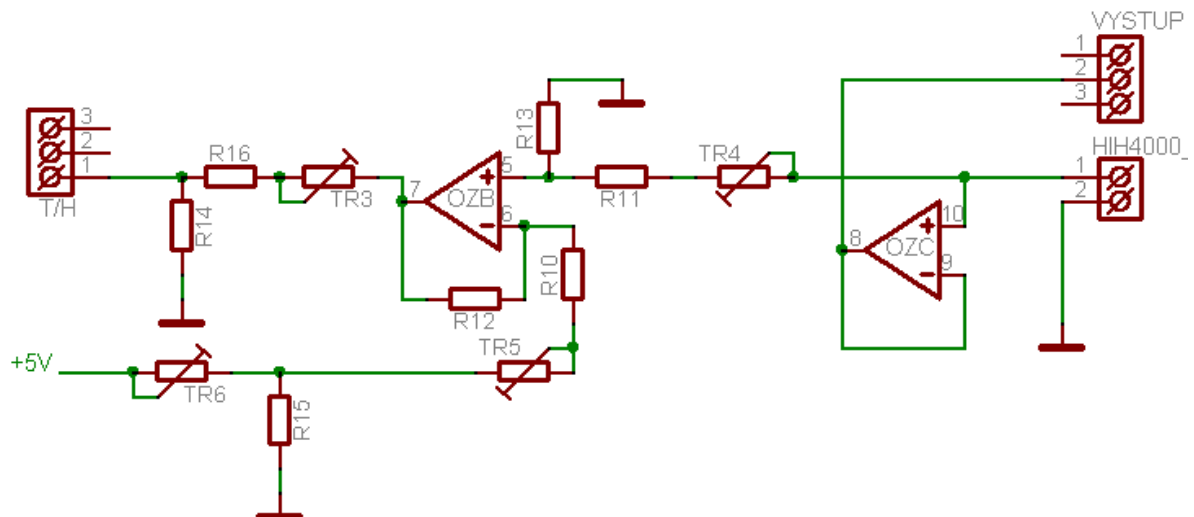


Obr. 31 Rozdílový zesilovač

$$u_3 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot u_2 - \frac{R_2}{R_1} \cdot u_1 \quad (1.6)$$

Ve skutečnosti byl odpor R_1 z obecného zapojení nahrazen odporem R_{10} o velikosti $100\text{K}\Omega$ a trimrem o velikosti $22\text{K}\Omega$. R_2 je nahrazen odporem R_{12} , který má $90\text{K}\Omega$. Stejně velkými odpory a trimrem byly nahrazeny i odpory R_3 a R_4 . Trimry jsou zde použity pro přesné doladění velikosti odporu, kterou se nastavuje poměr odčítaných napětí.

Odčítané napětí o velikosti 0.82V je získáno pomocí odporového děliče, na jehož vstup je přiváděno 5V a je složen z trimru TR_6 ($22\text{K}\Omega$) a odporu R_{15} ($1\text{K}\Omega$).

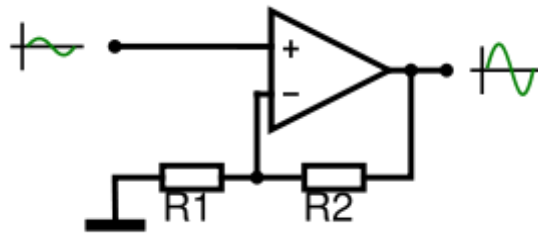


Obr. 32 Úprava signálu z vlhkoměru

Poté napětí ze senzoru, od kterého je odečteno $0,82\text{V}$ je dále přivedeno na odporový dělič složený z odporů R_{14}, R_{16} a trimru TR_3 který rozdělí napětí v poměru $2/3$ a $1/3$. TR_3 je zde umístěn, aby bylo možno tento poměr přesněji doladit. Za tímto děličem se již nachází rozsah napětí $0 - 1\text{V}$ pro rozsah vlhkosti $0-100\%$.

Hodnoty napětí ze senzorů jsou upravovány i pro přenos po vedení směrem k PC. Tato úprava spočívá u senzoru vlhkosti připojením jeho výstupu na vstup operačního zesilovače (hradlo s vývody 8,9,10) v zapojení sledovač napětí, jelikož má tento senzor slabý proudový výstup a A/D převodník umístěný na průmyslové kartě v PC by nemusel správně vyhodnotit velikost napětí.

U senzoru teploty je problém opačný. Jelikož je jeho hodnota napětí pro teplotu např. $23,5^\circ\text{C}$ rovna 235mV , tak je potřeba toto napětí před přenosem po vedení zesílit. Zesílení je opět provedeno operačním zesilovačem (hradlo s vývody 1,2,3), ale tentokrát v zapojení s neinvertujícím vstupem (Obr. 33).



Obr. 33 Neinvertující zapojení OZ

Jako vhodná hodnota zesílení byla zvolena 10. Podle vzorce 1.7 byly spočteny velikosti odporů R_1 a R_2 pro obecné zapojení. Tyto odpory představují ve schématu z obr. 30 odpory R_3 a R_4 .

$$\frac{U_{vystup}}{U_{vstup}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \quad (1.7)$$

Použité hodnoty u těchto odporů jsou pro R_3 90K Ω a R_4 10K Ω .

Ke svorkovnici T/H (Temperature/Humidity) se třemi kontakty, na kterou jsou přivedeny dva upravené signály z čidel, je připojen přepínač, kterým se mezi těmito signály přepíná. Výstup z tohoto přepínače je připojen na třetí kontakt svorkovnice a následně přiveden na vstupní svorky voltmetru.

Všechny tři použité hradla operačního zesilovače jsou umístěny v jednom pouzdře, které je napájeno napětím o velikosti 12V. Toto napětí je zde použito kvůli neinvertujícímu zapojení s nastaveným zesílením 10x a to proto, že operační zesilovač může mít na výstupu maximálně hodnotu napětí rovnající se napájecímu napětí.

To znamená, že pokud by bylo použito napájecí napětí o velikosti 5V, tak by zesilovač zesílil správně jen hodnoty do teploty 50°C, kterým odpovídá napětí na vstupu před zesílením 0,5V. S vyššími teplotami by bylo na výstupu stále jen 5V. Takto lze dosáhnout na výstupu OZ teoreticky až 12V, ale tato situace nemůže nastat, protože vybraný druh čidla LM35 měří jen do 80°C, čemuž odpovídá po zesílení hodnota napětí 8V.

Přepínání mezi režimy je realizováno pomocí dvupolohového přepínače s třetí nulovou polohou. Tento vypínač je dvojpól. Jeden pól realizuje přepínání mezi signály teploty a vlhkosti a druhý pól slouží pro zapínání a vypínání voltmetru s jeho displeji. Zapojení je provedeno tak, aby v poloze teploty byl voltmetr zapnutý a na jeho vstup byl přiveden signál teploty. V poloze vlhkosti je situace obdobná, ale s rozdílem, že bude přiveden

signál vlhkosti. V třetí nulové poloze jsou oba vstupy z čidel odpojeny a voltmetr je vypnutý.

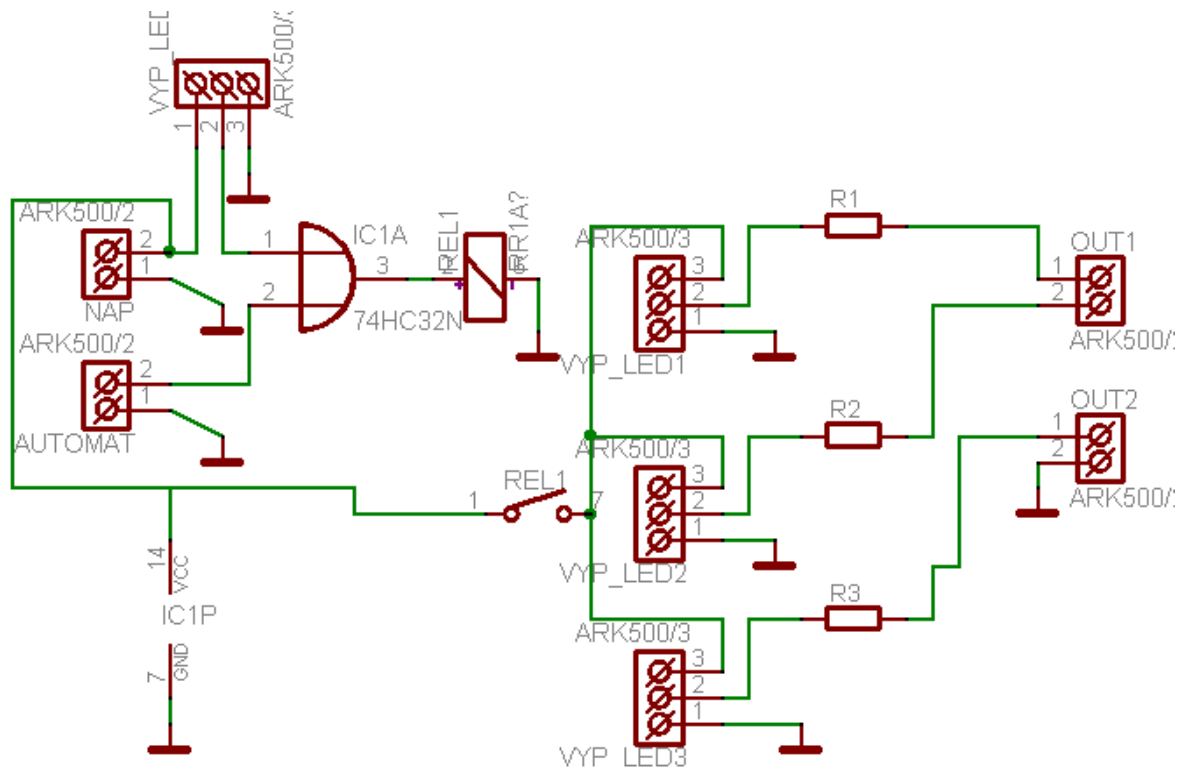
7.2.2 Řídicí logika

Pojem řídicí logika představuje soubor součástek, na jehož vstup je přiváděn signál z PC v podobě signálu zapnuto/vypnuto a na jehož výstupu se opět nalézá signál zapnuto/vypnuto, který již může být ovlivněn nastavením uživatele. Hlavní součástí v tomto zapojení (*Obr. 34*) tvoří logický člen OR, jehož funkci popisuje tab. 7. Na vstup tohoto členu jsou přivedeny dva logické signály. Jeden signál, jehož vstup se dá pomocí níže popsaného přepínače přepínat mezi řízením z PC nebo manuálním režimem. Druhý signál představuje úroveň log 0.

Tab. 7 Tabulka hodnot hradla OR

A	B	A OR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Z tabulky vyplývá, že pokud je na vstup tohoto členu přivedena log 1, buďto jako signál z manuálního řízení nebo jako signál z PC, tak je na výstupu log 1. A podobně, jsou-li oba vstupy na úrovni log 0, tak je na výstupu log 0.



Obr. 34 Schéma zapojení řídicí logiky

Toto hradlo je zde umístěno proto, že slabě je jeho vstup citlivější než vstup relé. Na výstupu tohoto hradla je možné odebírat proud až 6mA, což stačí k sepnutí relé, i když by bylo možná lepší použít operační zesilovač v zapojení sledovač napětí.

U testování tohoto hradla jsem se seznámil s pro mě novou vlastností, a to že se po odpojení vstupu hradla na jeho vstupních svorkách objeví napětí 1,2V a na výstupu se nastaví úroveň log1. Této vlastností bylo nakonec využito a pomocí ní realizováno manuální řízení. Režim vypnuto je realizován přivedením log 0, kterou představuje zem.

Přepínání mezi režimy je realizováno pomocí dvoupolohového přepínače s třetí nulovou polohou. Tento vypínač má dva póly. Každý z pólů obsahuje 3 svorky, z nichž prostřední je společná pro krajní dvě. Čili přepnutím z nenulové polohy se spojí jedna krajní s prostřední svorkou. Na jednom pólu je realizováno přepínání mezi signálem automatického řízení a zemí. Zem je použita pro manuální vypnutí. Prostřední svorka je přivedena na vstup hradla OR. V nulové poloze přepínače není na vstup hradla přivedena žádný logický signál, což hradlo vyhodnotí jako log 1. Protože je výhodné zejména kvůli přehlednosti procesu vědět, jestli je zapnutý automatický režim řízení, tak druhý pól slouží pro signalizaci stavů. Na jeho prostřední svorku je přivedeno napětí +5V a přepnutím do

stavu automatického řízení se toto napětí přivede na krajní svorku, kde se pomocí tohoto napětí sepne LED dioda signalizující tento stav.

Protože na výstupu tohoto hradla není dostatečný proud na rozsvícení signalizačních diod a navíc diod v elektronických relé je na výstup připojeno jazýčkové relé (ve schématu REL1), s jehož pomocí můžeme spínat všechny tři relé i s jejich signalizačními LED diodami.

Výstup z jazýčkového relé je přiveden na tři svorkovnice, přičemž v každé svorkovnici je připojen vypínač a signalizace stavu v podobě LED diody. Rozvětvený signál dále pokračuje směrem k výstupu, ale ještě před ním se nachází odpory. Tyto odpory jsou zde umístěny kvůli elektronickým relé, které jsou tímto signálem spínány. Bez těchto odporů by nedošlo k omezení proudu svítivou diodou umístěnou v relé, a ta by byla při vyšších hodnotách napětí (než je její U_F) zničena rychlým nárůstem proudu. Velikost tohoto odporu vypočítáme podle vztahu 1.8.

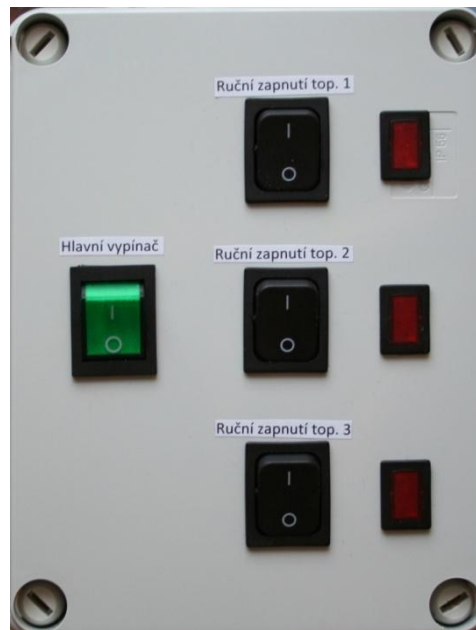
$$R1 = \frac{(U_{IN} - U_F)}{I_F} \quad (1.8)$$

Dioda v použitém relé se rozsvěcí při proudu 8mA, čili použitý odpor o velikosti 220Ω, který vyvolá proud 16.36mA při $U_{in} = 5V$ má značnou rezervu. Navíc je zde ještě potřeba k velikosti odporů připočíst velikost odporu přívodní trasy, která měří 5 m.

Aby PC s průmyslovou kartou nevytvářel řídicí signál i v době, kdy není zapnuté na panelu automatické řízení, je na vstup karty přiveden signál, značící jeho sepnutí. Zde se podle log úrovně rozhodne, je-li zapnuto automatické řízení, a pokud ano, tak se zapne generování výstupu z PC pro automatické řízení. Pakliže zde bude úroveň opačná, tak se automatické řízení vypne.

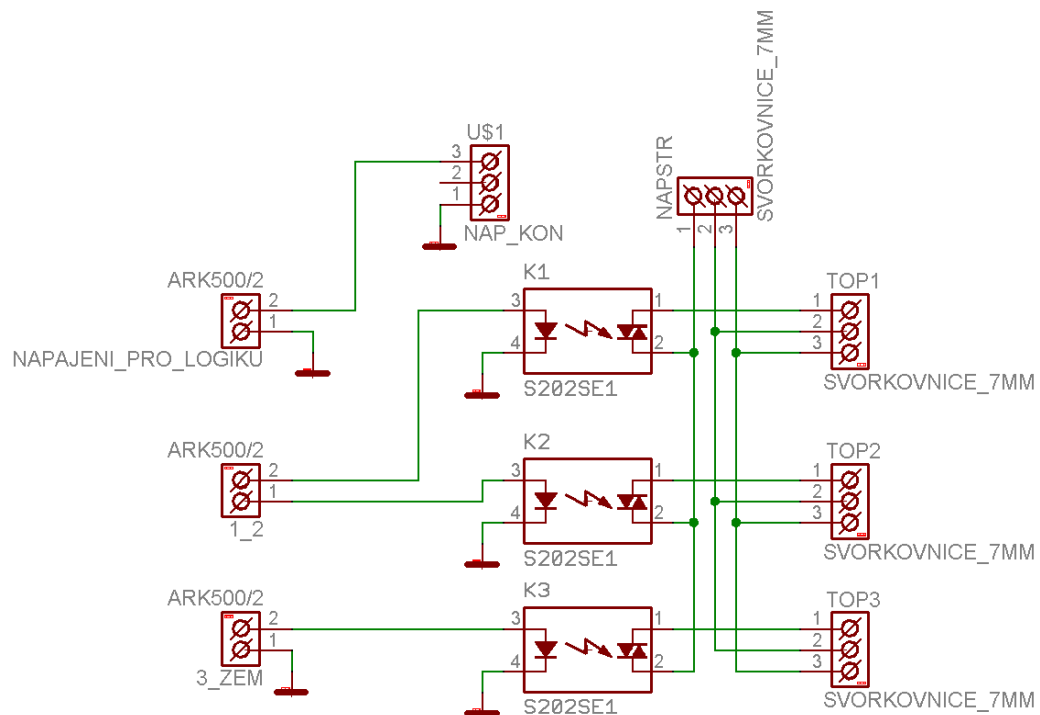
7.3 Popis modulu spínajícího topení

Přední panel tohoto modulu (obr. 35) je již značně jednodušší než panel ovládacího panelu. Nachází se zde jen čtyři dvoupolohové vypínače. Tyto vypínače na rozdíl od předchozích již spínají síťové napětí. Vypínač se zeleným podsvícením slouží jako hlavní vypínač pro odpojení celého zařízení od sítě. Zbylé tři vypínače slouží pro ruční připojení napětí do zátěže. Každý z nich ovládá jednu. Tyto vypínače již ale nejsou podsvícené, proto je vedle nich umístěna červená kontrolka, která opět svítí až po připojení napětí do zátěže.



Obr. 35 Panel spínající topení

Tento modul slouží ke spínání síťového napětí. Zapojení se opět skládá ze vstupů a výstupů, přičemž na vstupy je přiveden logický signál, představující stav zapnuto nebo vypnuto. Jedná se o tři vstupní signály, které jsou přivedeny na vstup elektronických relé. Na vstupu těchto relé se nachází optočlen s LED diodou, která se rozsvítí, pokud je přivedeno na vstup napětí. Použité relé spíná výstup v nule průběhu napětí. Toto je pro nás vhodná vlastnost, jelikož dochází k minimalizaci zapínacích proudových nárazů a minimalizaci rušení tímto spínacím prvkem. Protože vybrané relé dokáže sepnout maximálně 8A, tak je možné, aby všechny tři topení byly spínány jedním relé. Tomuto tak není proto, že při poruše relé by se v místnosti netopilo vůbec. Takto se netopí jen z 1/3 celkového výkonu.



Obr. 36 Zapojení SSR

Na výstupu tohoto zapojení se nachází tři svorkovnice, kde každá představuje výstup pro jednu zátěž. V našem případě elektrický topný panel. Každé relé tedy ovládá jeden panel.

Mezi výstupní svorkovnicí a zátěží se ještě nachází vypínač pro ruční zapnutí pro případ poruchy řídicí logiky. Protože dané panely mají kovový obal, je potřeba kromě nulového vodiče přivést i zemnici.

Jelikož toto je jediné místo, kde se setkáváme se síťovým napětím, tak je zde umístěn i zdroj pro celou logiku. Tento zdroj dodává stejnosměrné napětí o velikosti 12V.

7.4 Stavba a oživení

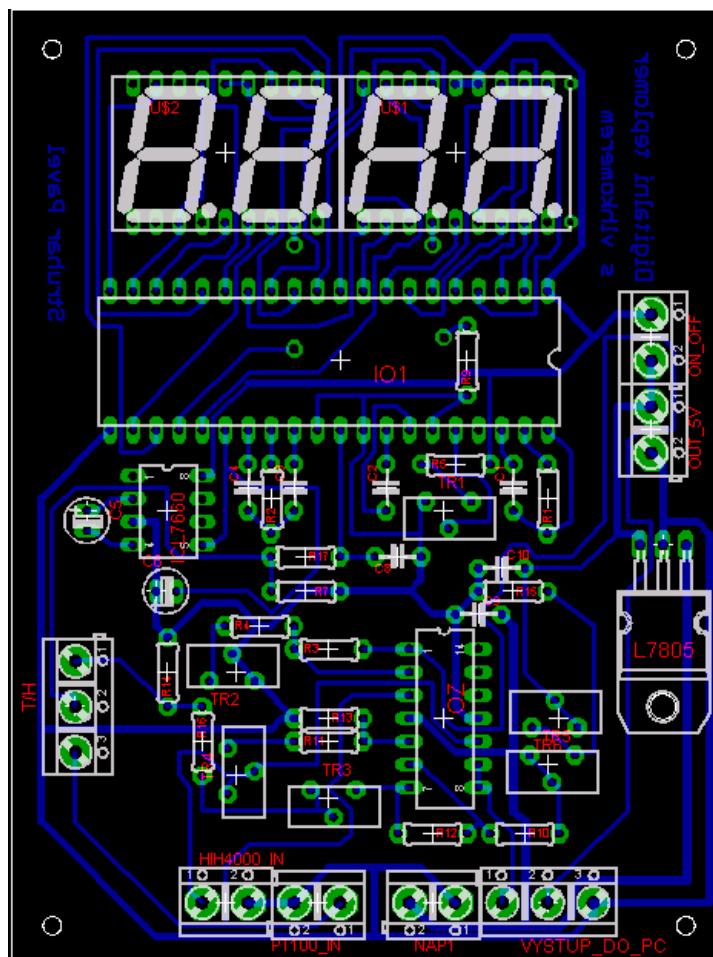
Celá stavba se opět rozděluje na tři části, kterými jsou:

- Teploměr s vlhkoměrem (Obr. 37)
- Řídicí logika (Obr. 38)
- Deska s SSR (Obr. 39)

Všechny součástky jsou umístěny na jednostranných deskách plošných spojů. Tyto desky byly vytvořeny vyleptáním na základě předlohy umístěné v příloze P I.

7.4.1 Teploměr s vlhkoměrem

Nejprve je potřeba osadit desku součástkami (Tab. 8) podle obrazce plošných spojů, na kterém je vidět rozmístění součástek. Obrazec osazené DPS se nachází na obr. 37. Všechny integrované obvody jsou usazeny v patičkách. Do těchto patič dáme IO až po nastavení a ověření přivedených hodnot. Jako první přivedeme napájecí napětí o velikosti +12V na svorkovnici *NAPI* a změříme výstupní napětí na stabilizátoru L7805, na kterém je potřeba mít +5V. Tento stabilizátor nepotřebuje při stabilizaci z 12V na 5V přídavný chladič, ale je vhodné ho použít, protože se velmi hřeje. Poté je potřeba do patice osadit invertor napětí vytvářející záporné napětí pro ICL7107. Tento invertor je napájen napětím +5V, které musí být přivedeno mezi piny 3 a 8. Hodnota napětí na výstupu (pin 5) tohoto IO je -5V.



Obr. 37 Osazená DPS teploměru s vlhkoměrem

Dalším krokem je nastavení přizpůsobení vstupnímu napětí z vlhkoměru. To je provedeno pomocí OZ (hradlo s piny 5,6,7), ve kterém je od napětí z čidla odečtena hodnota 0.82V. Tato odčítaná hodnota je získána pomocí děliče z 5V. Její velikost nastavujeme pomocí

TR6. Teprve nyní je vhodné osadit do patice operační zesilovač OZ. Mezi piny 4 a 11 se musí nacházet napětí 12V. K seřizování odčítání napětí 0,82V je vhodné mít zdroj s regulovatelným výstupem, a tento výstup přivést na přívodní svorky vlhkoměru, svorkovnice *HIH4000_IN*. Poté pomocí trimrů *TR₄* a *TR₅* nastavit OZ tak, aby na pinu 7 bylo vstupní napětí zmenšené o 0,82V. Poté, co je napětí zmenšeno, dalším krokem úpravy se stává získání přibližně jeho třetiny. Pro tuto změnu je potřeba přivést na vstup *HIH4000_IN* pomocí zdroje napětí hodnotu 3,93V, která odpovídá vlhkosti 100% a trimrem *TR₃* nastavit dělič tak, aby bylo na první svorce svorkovnice *T/H* napětí 1V.

Dalším krokem je nastavení výstupu pro připojení do PC, který se nachází na svorkovnici s názvem *VSTUP_DO_PC*. Na svorce 1 se nachází napětí z vlhkoměru, které je totožné s napětím přiváděným na svorky *HIH4000_IN*. Na svorce 2 se nachází upravené napětí z teploměru. Jeho úprava spočívá v tom, že je 10x zesíleno. Pro nastavení tohoto zesílení musí být na přívodní svorky *PT100_IN* přivedeno napětí do velikosti 1V. Pomocí *TR₂* se nastavuje zesílení OZ tak, aby na svorce 2 na *VSTUP_DO_PC* bylo toto napětí 10x zvětšeno.

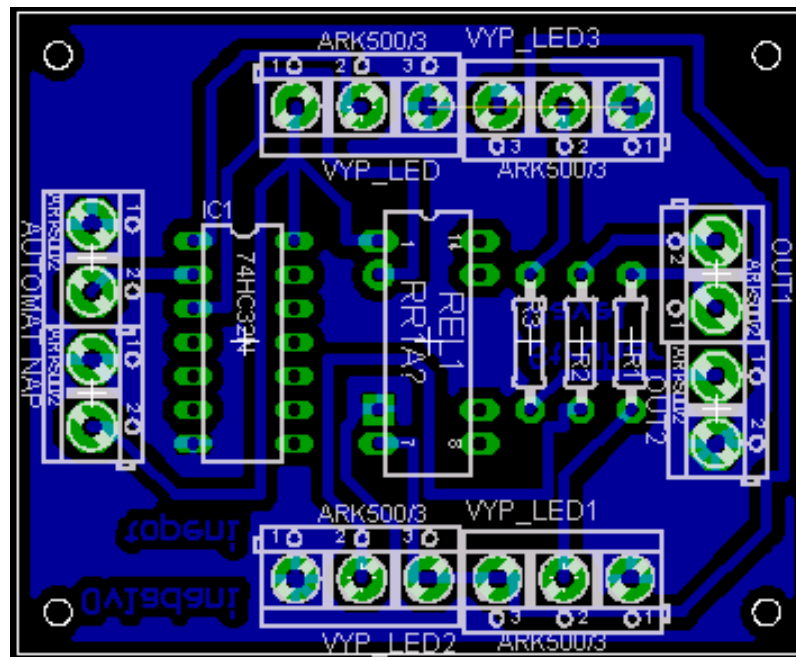
Po nastavení vstupů je možné osadit displeje do 40. pinové patice. Po přivedení napájecího napětí by se na druhém displeji zprava měla rozsvítit desetinná tečka. Do druhé 40. pinové patice je nyní možné osadit jádro celé DPS a tím je IO ICL7107, po jehož připojení by měla být na displeji zobrazena hodnota „00.0“.

Kalibraci voltmetru je dobré provést pomocí napětí přivedeného na svorkovnici *PT100_IN*. Je potřeba aby toto napětí bylo do velikosti 2V, a taktéž je potřeba propojit na svorkovnici *T/H* svorky 2 a 3, kvůli přivedení tohoto napětí na vstupní svorky voltmetru. Pro nastavení voltmetru slouží trimr *TR₁*. Tímto trimrem se nastavuje voltmetr tak, aby se na displeji zobrazila hodnota přiváděného napětí, a to pro napětí 1999mV hodnota 199.9.

7.4.2 Řídicí logika

Celá montáž této desky spočívá v osazení desky z přílohy P I příslušnými součástkami. Seznam součástek se nachází v *tab. 9*. Jako v předchozím případě jsou integrované obvody umístěny v patičích, a je vhodné je instalovat postupně v pořadí hradlo OR, a poté relé. Po osazení hradla OR je potřeba ověřit jeho správnou funkci. Kontrola se provede tak, že po připojení přívodního napětí na svorky svorkovnice *NAP* a přivedením na svorku dva svorkovnice *VYP_LED* napětí +5V, se na pinu 3 hradla OR dá naměřit napětí odpovídající úrovni log 1. Naopak pokud na onu druhou svorku přivede potenciál země,

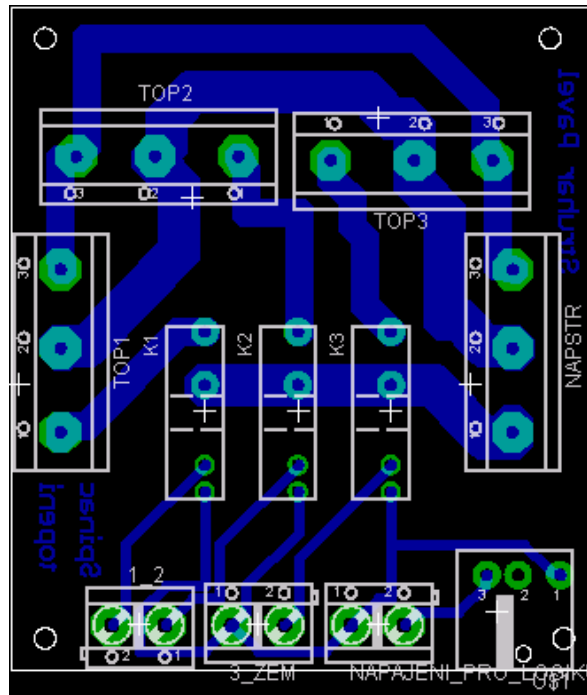
tak se na výstupu hradla nastaví 0V, kterým odpovídá log0. Pokud vše funguje jak má, tak je čas osadit na desku relé. Ověření jeho správné činnosti je stejné jako u hradla, ale s tím rozdílem, že výstup relé je na pinu 7. Tento výstup je společný pro svorkovnice *VYP_LED1*, *VYP_LED2* a *VYP_LED3*. Propojení pinů 2 a 3 těchto svorkovnic, docílíme přivedení napětí na výstupní svorkovnice *OUT1* a *OUT2*. Toto propojení se provádí vypínači, které slouží k manuálnímu vypnutí topení.



Obr. 38 Osazená DPS řídicí logiky

7.4.3 Deska s SSR

Montáž této desky taktéž spočívá v osazení součástkami z *tab. 10*. Rozmístění osazovaných součástek se nachází na *obr. 39*. Při oživování je potřeba mít na paměti, že je zde spínáno síťové napětí, které je velmi nebezpečné. Spínání jednotlivých relé lze vyzkoušet na libovolném spotřebiči, ale nejvhodnější je žárovka, protože ihned vidíme, jestli svítí nebo ne. Pokud chceme vyzkoušet toto spínání bez desky řídicí logiky, je nutné mít na paměti, že se musí na vstup připojit odpory o velikosti 220Ω . Kdyby tyto odpory nebyly připojeny, tak může dojít ke zničení relé.



Obr. 39 Deska s SSR

7.5 PC a ControlWeb

Jak již bylo několikrát zmíněno, tak automatické řízení a vizualizace jsou prováděny pomocí PC. Jako prostředník mezi procesem a PC je zde použita průmyslová karta od firmy Adventech typu PCI-1711, a jak již napovídá její název, tak se připojuje ke sběrnici PCI. Hlavní vlastnosti této karty jsou:

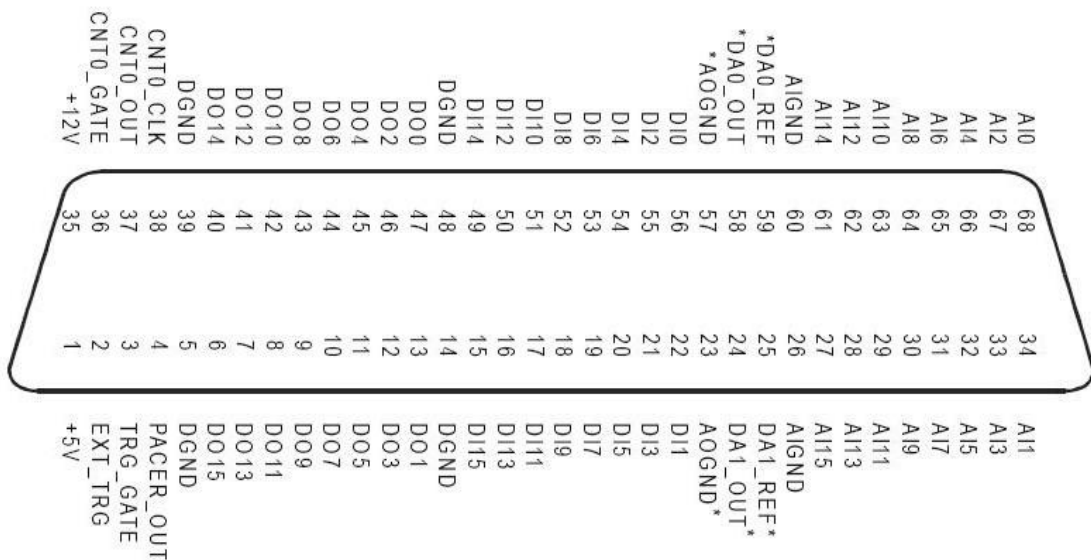
- 16 analogových vstupů
- 12. bitový A/D převodník, s vzorkovací frekvencí větší než 100 kHz
- FIFO paměť (1024 vzorků)
- Dva 12. bitové analogové výstupy
- 16 digitálních vstupů a 16 digitálních výstupů
- programovatelný čítač

Karta je pomocí kabelu propojena se svorkovnicí. Tato svorkovnice je taktéž od firmy Adventech a nese označení ADAM – 3968 SCSI.



Obr. 40 Karta propojená kabelem se svorkovnicí

Ke svorkovnici je z každé místnosti přivedeno 5 vodičů. Z těchto pěti jsou tři vstupní (teplota, vlhkost, signalizace zapnutí na panelu automatického řízení), jeden výstupní (signál automatického řízení) a společná zem.

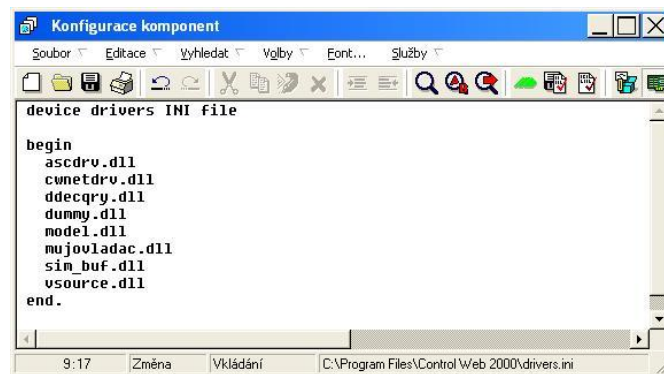


Obr. 41 Rozmístění I/O pinů

7.5.1 Konfigurace karty a programu ControlWeb

Po připojení I/O karty do PC je potřeba nainstalovat ovladače dodávané výrobcem a s těmito ovladači provést i instalaci programu *Advantech device installation*, ve kterém se dá otestovat funkčnost jejich vstupů a výstupů.

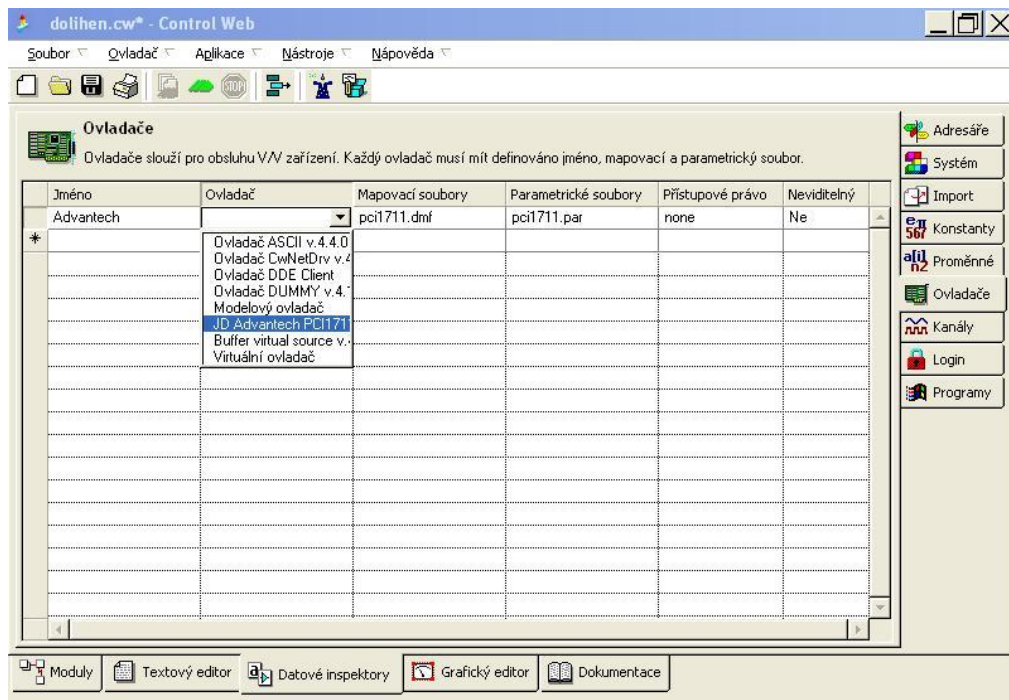
Následujícím krokem je instalace programu *ControlWeb* a nakopírování do něj knihovny ovladače příslušné karty dodávané Moravskými přístroji jakožto výrobcem programu. Danou knihovnu je potřeba nakopírovat do složky, kde je program nainstalován, a poté v hlavním menu->nástroje otevřít okno s názvem Konfigurace komponent. V jeho pravé části přepnout pomocí tlačítka Ovladače zařízení, které je zde vyjádřeno zelenou zásuvnou kartou. Po stisknutí se zobrazí seznam použitých ovladačů dll, do kterého je potřeba připsat onen námi přidáný.



Obr. 42 ControlWeb - okno konfigurace

Pak je vhodné celý program vypnout a znovu spustit. Po novém spuštění je již program přichystán na práci s námi použitou kartou.

V novém projektu je ještě potřeba upřesnit s jakým zařízením budeme pracovat. Toto nastavení se provede v záložce *Datové inspektory*, kde je potřeba ve skupině ovladače přidat konfiguraci ovladače. Ovladač je nutno pojmenovat, vybrat ze seznamu naše zařízení a nalézt cestu k mapovacímu a parametrickému souboru.

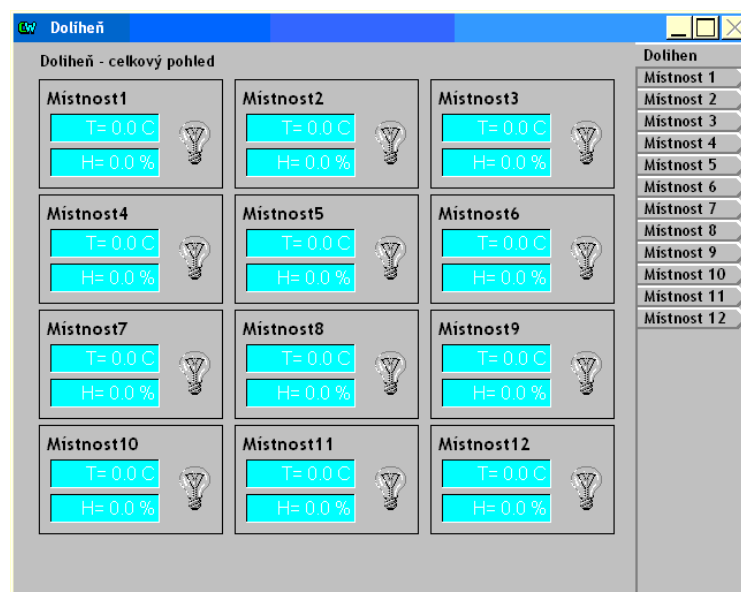


Obr. 43 ControlWeb - výběr ovladače

Nyní je již možné začít přidávat kanály představující jednotlivé vstupy/výstupy karty, proměnné a tvořit pomocí grafického editoru uživatelské prostředí.

7.5.2 Uživatelské prostředí

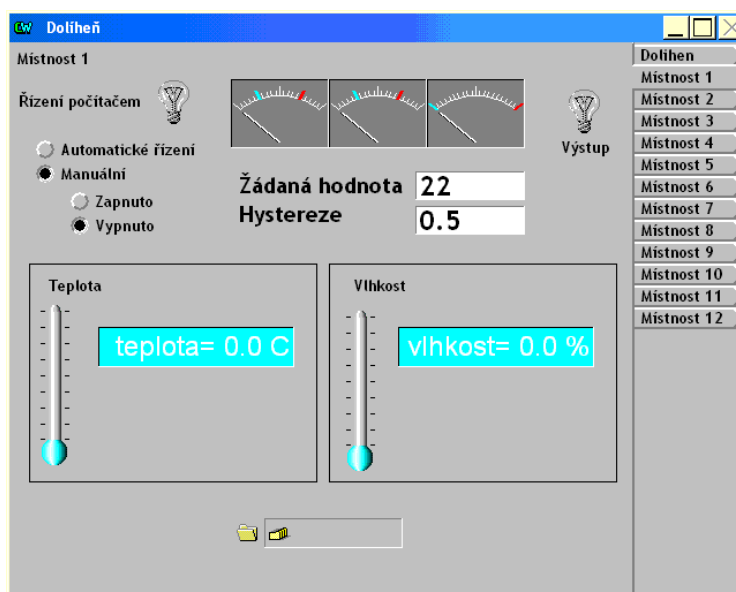
Uživatelské prostředí se skládá z třinácti panelů, mezi kterými lze přepínat pomocí postranního menu. První panel obsahuje celkový pohled na stav teploty s vlhkostí a signalizací zapnutého výstupu pro každou místnost zvlášť (Obr. 44).



Obr. 44 ControlWeb - vytvořený hlavní panel

Jednotlivé buňky zobrazující teplotu a vlhkost při změně stavu k hodnotám, které jsou mimo rozsah, změni barvu na červenou.

Zbýlých dvanáct panelů obsahuje bližší pohled na jednotlivé místnosti. Při pohledu na panel místnosti zjistíme, že se zde nachází přepínač mezi automatickým a manuálním řízením. Po spuštění programu je detekováno, jestli je na ovládacím panelu u místnosti zapnuto automatické řízení, a pokud ano, tak je možno pomocí PC řídit jak automaticky nebo manuálně. Dále se zde nachází bool regulátor, který je symbolizován třemi měřicími přístroji, které zobrazují žádanou hodnotu, regulovanou veličinu a akční zásah. Tento regulátor se nastavuje pomocí polí Žádaná hodnota a Hystereze. Žádaná hodnota má omezený interval hodnoty od 20°C do 50°C. Hystereze je taktéž omezena na interval od 0,5°C až 2°C. Bylo by možné tento interval rozšířit i o hodnoty menší než 0,5°C, ale to by mělo za následek namáhání relé a pokud bychom naopak interval zvedli nad 2°C, byla by regulace dost nepřesná, protože při nastavení hodnoty hystereze na 2°C a žádané hodnoty na 20°C znamenalo by to, že se teplota bude pohybovat mezi 18 a 22 °C.



Obr. 45 ControlWeb - panel místnosti

V tomto panelu se ještě nachází i dva bloky zobrazující stav teploty s vlhkostí jednak číselně, tak i na stupnici. Poslední částí je archivace, kterou je možno provést do souboru typu XXX a obsahuje hodnoty maximálně jeden měsíc zpět.

7.6 Použitá zařízení a jejich parametry

Tab. 8 součástky k teploměru s vlhkoměrem

Part	Value	Device	Package
C1	200p	C_5	
C2	100n	C_5	
C3	47n	C_5	
C4	220n	C_5	
C5	100u	C-EL	
C6	100u	C-EL	
C8	10n	C-KER	
C9	100n	C-KER	
C10	100n	C-KER	
HIH4000_IN	ARK500/2	ARK500/2	ARK500
IO1	7107	7107	DIL40
L7805			TO-220
NAP1	ARK500/2	ARK500/2	ARK500
ON_OFF	ARK500/2	ARK500/2	ARK500
OUT_5V	ARK500/2	ARK500/2	ARK500
OZ	LM324	LM324	DIL14
PT100_IN	ARK500/2	ARK500/2	ARK500
R1	100K	R_7,5	R_7,5
R2	470K	R_7,5	R_7,5
R3	91K	R_7,5	R-7,5
R4	8K2	R_7,5	R-7,5
R5	22K	R_7,5	R-7,5

Part	Value	Device	Package
R7	1M	R_7,5	R-7,5
R9	330	R_7,5	R_7,5
R10	90K	R_7,5	R-7,5
R11	90K	R_7,5	R-7,5
R12	100K	R_7,5	R-7,5
R13	100K	R_7,5	R-7,5
R14	1K	R_7,5	R-7,5
R15	1K	R_7,5	R-7,5
R16	1K	R_7,5	R-7,5
R17	1M	R_7,5	R-7,5
T/H	ARK500/3	ARK500/3	ARK500
TR1	4K7	TRIMRT93	T93PAC
TR2	2K2	TRIMRT93	T93PAC
TR3	2K2	TRIMRT93	T93PAC
TR4	22K	TRIMRT93	T93PAC
TR5	22K	TRIMRT93	T93PAC
TR6	22K	TRIMRT93	T93PAC
U\$1	DA56-	DA56-	HDSP-R
U\$2	DA56-	DA56-	HDSP-R
U\$3	ICL7660	ICL7660	DIL8
VYSTUP_DO_	ARK500/3	ARK500/3	ARK500

Tab. 9 Součástky k řídicí logice

Part	Value	Device	Package
AUTOMAT	ARK500/2	ARK500/2	ARK500/2
IC1	74LS32	74LS32	DIL14
REL1	D1A05100	D1A05100	DIL14

Part	Value	Device	Package
LED_AUT	ARK500/2	ARK500/2	ARK500/2
NAP	ARK500/2	ARK500/2	ARK500/2
OUT1	ARK500/2	ARK500/2	ARK500/2

Part	Value	Device	Package
OUT2	ARK500/2	ARK500/2	ARK500/2
R1	R_10	R-10	R-7,5
R2	R_10	R-10	R-7,5
R3	R_10	R-10	R-7,5

Part	Value	Device	Package
VYP_LED	ARK500/3	ARK500/3	ARK500/3
VYP_LED1	ARK500/3	ARK500/3	ARK500/3
VYP_LED2	ARK500/3	ARK500/3	ARK500/3
VYP_LED3	ARK500/3	ARK500/3	ARK500/3

Tab. 10 Součástky k desce s SSR

Part	Value	Device	Package
1_2	ARK500/2	ARK500/2	ARK500/2
3_ZEM	ARK500/2	ARK500/2	ARK500/2
K1	S202SE1	S202SE1	S2XXEX
K2	S202SE1	S202SE1	S2XXEX
K3	S202SE1	S202SE1	S2XXEX
NAPAJENI_PRO_LOGIKU	ARK500/2	ARK500/2	ARK500/2
NAPSTR	SVORKOVNICE_7MM	SVORKOVNICE_7MM	SVORKOVNICE_7MM
TOP1	SVORKOVNICE_7MM	SVORKOVNICE_7MM	SVORKOVNICE_7MM
TOP2	SVORKOVNICE_7MM	SVORKOVNICE_7MM	SVORKOVNICE_7MM
TOP3	SVORKOVNICE_7MM	SVORKOVNICE_7MM	SVORKOVNICE_7MM
UŠ1	NAP_KON	NAP_KON	

Tab. 11 PC a instalační materiál

Číslo	Název	Popis	Jednotek
1	GW 44207	Vodotěsná instalační krabice	4
2	Zdroj 12V	Parametry 12V, 2,5A	1
3	UTP kabel	8 žil	30m
4	3f kabel	4 vodiče průřez 2,5mm ²	4m
5	1 žilový vodič	Průřez 1mm ²	6m

8 ZÁVĚR

Tato diplomová práce je psána z pohledu studenta a byla vytvořena za účelem návrhu a realizace regulace teploty s možností monitorování vlhkosti. V tomto návrhu je možné regulaci teploty provádět dvěma způsoby. A to jednak manuálně, nebo automaticky pomocí počítače obsahujícího vstupně/výstupní měřicí kartu. K vizualizaci a řízení tohoto procesu bylo vybráno softwarové vybavení od firmy Moravské přístroje s názvem ControlWeb.

Praktická část této práce je rozčleněna na tři části, z nichž každá má v regulačním řetězci své neodmyslitelné místo.

První částí je modul spínací topení, který obstarává spínání tří topení, kde každé je spínáno nezávisle na druhých. Spínání je realizováno pomocí elektronických relé značky Sharp s maximálním proudem 8A. Protože tato relé spínají výkon 600W, tak bylo potřeba je vyzkoušet na spínání vyššího výkonu, kterým se stalo 1200W z elektrického přímotopu. Jedinou nepříjemnou zjištěnou vlastností těchto součástek je jejich velké zahřívání průchodem proudu, a proto je vhodné je opatřit chladiči. Relé jsou řízeny pomocí signálu přicházejícího z druhé části s názvem ovládací panel.

V ovládacím panelu se již nachází dvě desky plošného spoje. První navržená deska obstarává funkci řídicí logiky za pomoci logického hradla OR a jazýčkového relé. Výstup této desky je spojen se signalizací a ovládá relé z předchozí části. Druhá navržená deska v tomto panelu slouží pro úpravu signálu z čidel teploty a vlhkosti, a taktéž pro jejich informativní zobrazení na displeji. Protože byly použity pro zobrazení 4 sedmisegmentovky, které sebou nesou velmi dobrou čitelnost na úkor spotřeby, je vhodné zobrazení vypínat. Spotřeba jednoho segmentu je totiž 7mA, čili při rozsvícení všech segmentů činí 224mA.

Poslední, třetí částí, je PC s již zmíněnou průmyslovou kartou a vizualizačním softwarem ControlWeb. Ve vývojové verzi tohoto programu bylo zkonstruováno prostředí, které umožňuje sledování teploty a vlhkosti s její následnou archivací. Dále je zde obsažen bool regulátor, který řídí spínání topení na základě změřeného údaje teploty a žádané hodnoty. Tento typ regulátoru byl použit z důvodu nedostatku času pro návrh parametrů PID regulátoru. Pro pozdější předělání na PID by stačilo změnit typ regulátoru v projektu ControlWebu a jeho výstup (akční zásah), který nabývá hodnot ze zvoleného rozsahu např.

0 až 10 převést na posloupnost impulzů (PWM), jejichž šířka je ekvivalentní velikosti akčního zásahu.

Tyto navržené zařízení byly následně zkonstruovány, nastaveny a byla otestována jejich funkčnost. Posledním krokem této práce se stala implementace těchto zařízení v technické praxi, kde jsou podrobovány nejtěžšímu testu.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

This master thesis is written from student's view and it was made for purpose of temperature control development and realization with possibility of moisture monitoring. In this project, it is possible to carry out temperature control by two ways, namely manually or automatic. Automatic control is carried out by personal computer with input/output measuring card. For visualization and control was chosen software from the Moravian instruments company – Control Web.

The practical part is divided into three parts, each of which has got inherent place in control chain.

The first part is heater switch module, which supplies switching of three heaters, each of which is switched independently of others. Switching is realized by electronic relay Sharp with maximum current 8 A. Because these relays switch the power of 600 W, it has been needed to try higher power out. Higher power was the power of 1200 W from electric heater. There is only one bad property of these components. This property is big warming by current passage. That is why it is proper to equip it with coolers. Relays was controlled by the signal, which came from the second part – the control panel.

In the control panel, there are two printed circuit boards. The first designed board supplies the function of control logic by “OR” signal box and correed relay. The output of thid board is connected with signaling and it controls the relay from the previous part. The second designed board from this panel serves to modifying signal from temperature and humidity sensors and for indication at display too. And because four seven-segment displays were used for indication, which has got very good readability off the consumption, it is better to turn display off, if you do not use it. Electric consumption of one segment is 7 mA. If all segments are turned on, the consumption is 224 mA.

The last, third, part is personal computer with before mentioned input/output measuring card and visualization software Control Web. In the development version of this program was developed environment, which allows monitoring temperature and humidity with following archiving. Next there is included bool controller, which controls switching of heater on the basis of measured temperature and requested value. This type of controller was used for reason of time absence to design of parameters of PID controller. For the latest modifying to PID controller, it could be enough to change the type of controller in Control Web and to change its output (correcting action), which takes values from the

selected range (for example from 0 to 10), to sequence of impulses (PWM), which wide is equivalent to size of correcting action.

These designed systems were consequently constructed and set up and the function of it was tested. The last step of this thesis was implementation of these systems in technical practice, where are complied with the hardest testing.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] **HRUŠKA, Ing. Fratišek.** *Technické prostředky automatizace II.* Zlín : UTB ve Zlíně, 2006. 80-7318-397-8.
- [2] **KREJČÍŘÍK, Alexandr.** *Solid State Relé.* Praha : BEN, 2002. 80-7300-081-4.
- [3] **Jaroslav, Vlach.** *Řízení a vizualizace technologických procesů.* Praha : BEN, 2002. 80-86056-66-X.
- [4] **TOMÁŠEK, Radek.** *Monitorování a řízení s využitím Internetu.* Praha : CVUT, 2004.
- [5] **JAROSLAV Jarka,** Intouch 8.0 co je nového, Pantek (CS) s.r.o., 2004

Časopis:

- [6] *Citect – SCADA pro malé i velké aplikace.* **Krusberský, Ing. Roman.** AUTOMA, 2001. 6.

Internetové zdroje:

- [7] **VLČEK, Ing. Jiří.** Regulace teploty v budovách. [Online] 2. 4 2007. [Citace: 15. 2 2008.] <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4015>>.
- [8] *Teplota - Wikipedie.* [Online] 20. 1 2008. [Citace: 20. 3 2008.] <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Teplota>>.
- [9] Teplotní stupnice a teplota [Online] [Citace: 20. 3 2008.] <http://www.seminarky.cz/Teplotni-stupnice-a-teplota-11186>
- [10] Princip termočlánku [Online] [Citace: 20. 3 2008.] <<http://referaty-seminarky.cz/princip-termoclanku/>>
- [11] **KADLEC, Doc. Ing. Karel. CSc.** *MĚŘICÍ A ŘÍDICÍ TECHNIKA.* [Online] 1. 2 2005. [Citace: 10. 3 2008.] <<http://uprt.vscht.cz/ucebnice/MRT>>.
- [12] PROCON. *PROCON.* [Online] PROCON-CL, a.s. [Citace: 20. 2 2008.] <<http://procon.clnet.cz/informace/infmer.htm>>.
- [13] **ŠTĚPÁNEK, Pavel.** Měření vlhkosti. [Online] [Citace: 20. 3 2008.] <http://web.umel.feec.vutbr.cz/BMMS/.%5Cprojekty_2004%5CStepanek%5Cindex.htm>.
- [14] Vlhkoměry. *Hw.cz.* [Online] 10. 1 2004. [Citace: 20. 2 2008.] <<http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART1022-Vlhkomery.html>>.

- [15] Vlhkoměr. *Quido.cz*. [Online] [Citace: 25. 2 2008.] <<http://www.quido.cz/objevy/vlhkomer.htm>>.
- [16] **VACKA, Ing. Zdeněk.** *www.elproz.cz. informace o SSR.* [Online] [Citace: 27. 1 2008.] <<http://www.elproz.cz/Ssr.htm>>.
- [17] Co je ControlWeb. *www.mii.cz*. [Online] 28. 8 2006. [Citace: 24. 2 2008.] <<http://www.mii.cz/art?id=380&cat=1&lang=405>>.
- [18] Aspic 3.30 - All in One SCADA HMI system [Online] [Citace: 26. 2 2008.] <<http://shop.kontron-czech.com/DetailPage.asp?DPG=69697>>.
- [19] TirsWeb. *www.coral.cz*. [Online] coral. [Citace: 15. 3 2008.] <<http://www.coral.cz/web/Produkty-tirsweb.aspx>>.
- [20] Realinace - industrial SCADA. *reliance.cz*. [Online] [Citace: 10. 3 2008.] <<http://www.reliance.cz/cs/software>>.
- [21] Automatizační systémy - wizcon. *www.imc.cz*. [Online] [Citace: 20. 3 2008.] <<http://www.imc.cz/Internet/automatizace/a-wizcon.htm>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D	Analog to digital
CAM	Computer-aided manufacturing
D/A	Digital-to-analog
DDE	Dynamic Data Exchange
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
LED	Light-emitting diode
NTC	Negative temperature coefficient
ODBC	Open Database Connectivity
OPC	Open connectivity
PLC	Programmable Logic Controller
PTC	Positive Temperature Coefficient
PWM	Pulse-width modulation
ŘS	Řídicí systém
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SQL	Structured Query Language
SSR	Solid state relay

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Blokové schéma regulované soustavy	10
Obr. 2	Princip spojitě regulace	12
Obr. 3	Princip nespojitě regulace	13
Obr. 4	Regulátor teploty s mikroprocesorem	16
Obr. 5	Tenzní teploměr	20
Obr. 6	Kapalinový teploměr	20
Obr. 7	Závislost odporu Pt senzoru pro rozsah teplot 0 °C do 100 °C	22
Obr. 8	Teplotní závislosti odporových senzorů teploty	22
Obr. 9	Charakteristika Si senzoru teploty	23
Obr. 10	měřicí řetězec s termoelektrickým článkem	24
Obr. 11	Charakteristika odporových senzorů vlhkosti	28
Obr. 12	Charakteristika vlhkoměrů s vyhřívanými termistory	28
Obr. 13	Aspirační psychrometr - princip činnosti	30
Obr. 14	Leonardův vlhkoměr	31
Obr. 15	Blokové schéma elektronického relé	33
Obr. 16	Převodní charakteristiky	37
Obr. 17	Vstup s LED a R1	38
Obr. 18	SSR typu AC/AC	39
Obr. 19	Blokové schéma řídicího systému pro vizualizaci	42
Obr. 20	Blokové schéma zapojení řídicích systémů do sítě	43
Obr. 21	Příklad struktury vizualizačního programu	44
Obr. 22	Struktura systému při použití RSView32 ActiveDisplay System	51
Obr. 23	Intranet/Internetové aplikace systému TIRSWeb	55
Obr. 24	Graf průběhu teploty	61
Obr. 25	Plán místnosti	63
Obr. 26	Ovládací panel	64
Obr. 27	Celé schéma teploměru s vlhkoměrem	65
Obr. 28	Schéma zapojení napájecí části	66
Obr. 29	Schéma zapojení digitálního voltmetru	67
Obr. 30	Úprava signálu z teploměru	69
Obr. 31	Rozdílový zesilovač	69
Obr. 32	Úprava signálu z vlhkoměru	70

Obr. 33	Neinvertující zapojení OZ	71
Obr. 34	Schéma zapojení řídicí logiky	73
Obr. 35	Panel spínající topení.....	75
Obr. 36	Zapojení SSR.....	76
Obr. 37	Osazená DPS teploměru s vlhkoměrem	77
Obr. 38	Osazená DPS řídicí logiky.....	79
Obr. 39	Deska s SSR.....	80
Obr. 40	Karta propojená kabelem se svorkovnicí.....	81
Obr. 41	Rozmístění I/O pinů.....	81
Obr. 42	ControlWeb - okno konfigurace	82
Obr. 43	ControlWeb - výběr ovladače	83
Obr. 44	ControlWeb - vytvořený hlavní panel	83
Obr. 45	ControlWeb - panel místnosti.....	84
Obr. 46	Deska teploměru 79x104.5mm.....	98
Obr. 47	Deska logiky	98
Obr. 48	Deska s SSR 56x63mm	98

SEZNAM TABULEK

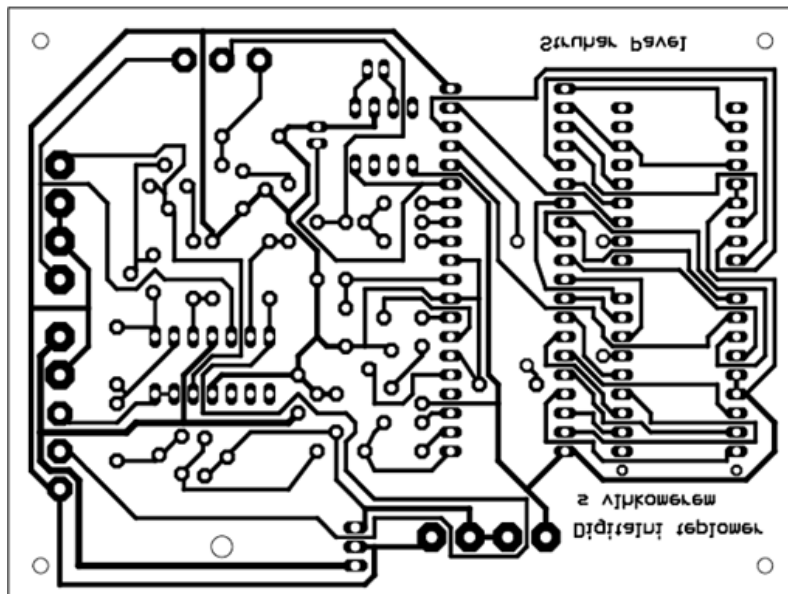
Tab. 1 Průběhy grafů žádané hodnoty a regulované hodnoty.....	15
Tab. 2 Přehled stupnic a převodů mezi nimi	18
Tab. 3 Rozdělení teploměrů.....	18
Tab. 4 Přehled vlastností termočlánků.....	24
Tab. 5 Porovnání vlastností elektrických teploměrů	25
Tab. 6 Absolutní vlhkost vzduchu při nasycení vodní parou v závislosti na teplotě.....	26
Tab. 7 Tabulka hodnot hradla OR	72
Tab. 8 součástky k teploměru s vlhkoměrem	85
Tab. 9 Součástky k řídicí logice.....	85
Tab. 10 Součástky k desce s SSR	86
Tab. 11 PC a instalační materiál	86

SEZNAM PŘÍLOH

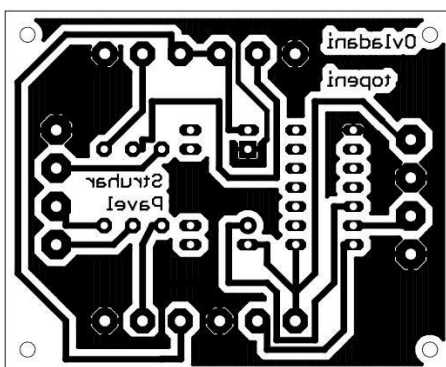
P I Desky plošných spojů

P II Technická data

PŘÍLOHA P I: DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ

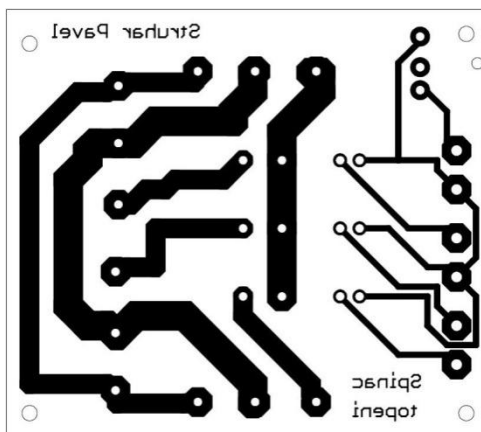


Obr. 46 Deska teploměru 79x104.5mm



Obr. 47 Deska logiky

49,1x59,2mm



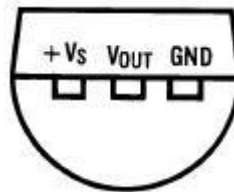
Obr. 48 Deska s SSR 56x63mm

PŘÍLOHA P II: TECHNICKÁ DATA

LM35

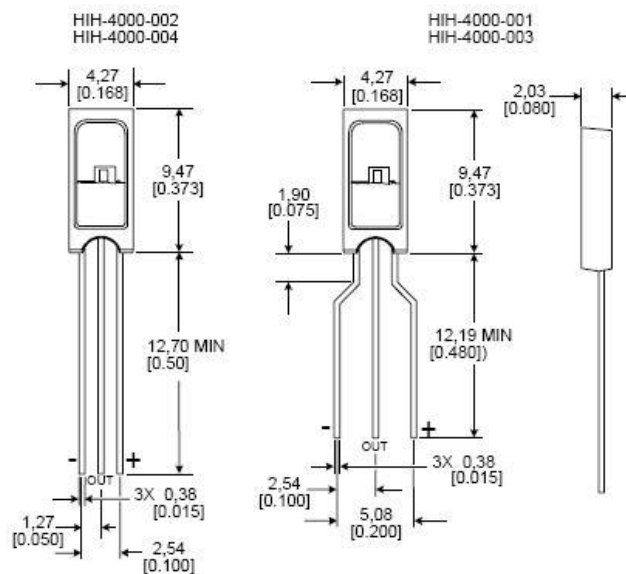
- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μ A current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4$ °C typical
- Low impedance output, 0.1 Ω for 1 mA load
- Storage Temp TO-92 Package, -60°C to +150°C

TO-92 Plastic Package



HIH4000

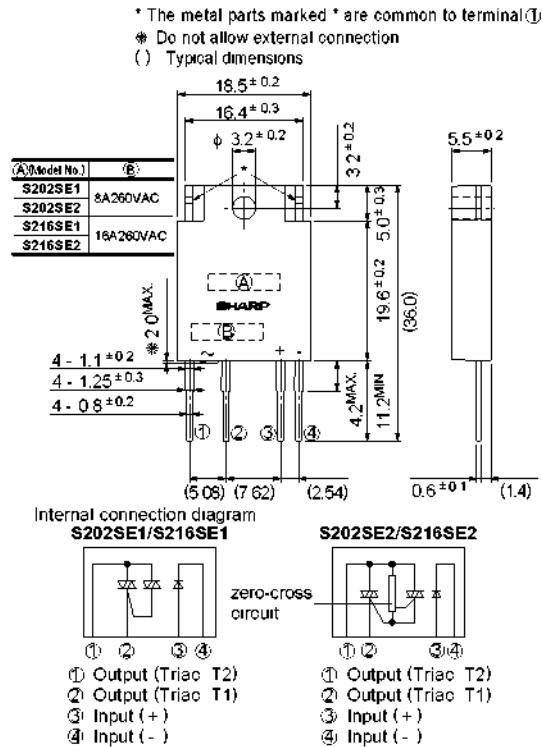
- Molded thermoset plastic housing
- Linear voltage output vs %RH
- Laser trimmed interchangeability
- Low power design
- High accuracy
- Fast response time
- Stable, low drift performance
- Chemically resistant



PERFORMANCE SPECIFICATIONS (At 5 Vdc supply and 25 °C [77 °F])

Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Interchangeability (best fit straight line)	–	–	–	–
0 % to 60 %	-5	–	5	%RH
60 % to 100 %	-8	–	8	%RH
Interchangeability (2nd order curve)	–	±3.5	–	%RH
Accuracy ¹ (best fit straight line)	–	±3.5	–	%RH
Accuracy (2nd order curve)	–	±2.5	–	%RH
Hysteresis	–	3	–	%RH
Repeatability	–	±0.5	–	%RH
Settling time	–	–	70	ms
Response time (1/e in slow moving air)	–	15	–	s
Stability ² (@ 50 %RH)	–	±1.2 (per year)	–	%RH
Stability ³ (@ 50 %RH)	–	±0.5 (per year)	–	%RH
Voltage supply	4	–	5.8	Vdc
Current supply	–	–	500	pA
Voltage output (1 st order fit)	$V = V (0.0062(\text{sensor RH})+0.16)$			
Voltage output (2nd order curve fit)	$V = 0.00003(\text{sensor RH})^2 + 0.0281(\text{sensor RH}) + 0.820$, typical @			
Temperature compensation	$V_{\text{out}} = (0.0305 + 0.000044T - 0.0000011T^2)(\text{Sensor RH}) + (0.9237 - 0.0041T + 0.000040T^2)$,			
Operating temperature	-40[-40]	–	85[185]	°C[°F]
Operating humidity	0	–	100	%RH
Storage temperature	-40[-40]	–	125[257]	°C[°F]
Storage humidity	See Figure 2.			%RH

S202SE2



Electrical Characteristics

Parameter		Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage	$I_F = 20\text{mA}$	-	1.2	1.4	V
	Reverse current	$V_R = 3\text{V}$	-	-	10^{-4}	A
Output	Repetitive peak OFF-state current	$V_D = V_{DRM}$	-	-	10^{-4}	A
	ON-state voltage	S202SE1 / $I_T = 2\text{Arms}$	-	-	1.5	Vrms
		S216SE1 / $I_T = 16\text{Arms}$	-	-	1.5	
	Holding current	-	-	-	50	mA
	Critical rate of rise of OFF-state voltage	$V_D = 2/3V_{DRM}$	30	-	-	V/m s
	Critical rate of rise of commutating OFF-state	$T_j = 125^\circ\text{C}, V_D = 400\text{V}$	5	-	-	V/ms
	Zero-cross voltage	S202SE2/S216SE2 $I_F = 8\text{mA}$	-	-	35	V
Transfer	Minimum trigger	S202SE1/S216SE1 $V_D = 12\text{V}, R_L = 30\text{W}$	8			
		S202SE2/S216SE2 $V_D = 6\text{V}, R_L = 30\text{W}$	8			
	Isolation resistance	DC500V, 40 to 60	10^{10}	W		
	Turn-on time	S202SE1/S216SE1	AC60Hz	1		
		S202SE2/S216SE2		-	-	9.3
Turn-off time		AC60Hz	-	-	9.3	ms
Thermal resistance (Between junction and case)	S202SE1/S202SE2	-	-	4.5	-	C/W
	S216SE1/S216SE2		-	3.3	-	
Thermal resistance (Between junction and ambience)		-	-	40	-	$^\circ\text{C/W}$

ICL7107

3 1/2 Digit, LCD/LED Display, A/D Converters

- Guaranteed Zero Reading for 0V Input on All Scales
- True Polarity at Zero for Precise Null Detection
- 1pA Typical Input Current
- True Differential Input and Reference, Direct Display Drive
- LCD ICL7106, LED ICL7107
- Low Noise - Less Than $15\mu\text{VP-P}$
- On Chip Clock and Reference
- Low Power Dissipation - Typically Less Than 10mW
- No Additional Active Circuits Required
- Enhanced Display Stability
- Pb-Free Plus Anneal Available (RoHS Compliant)

