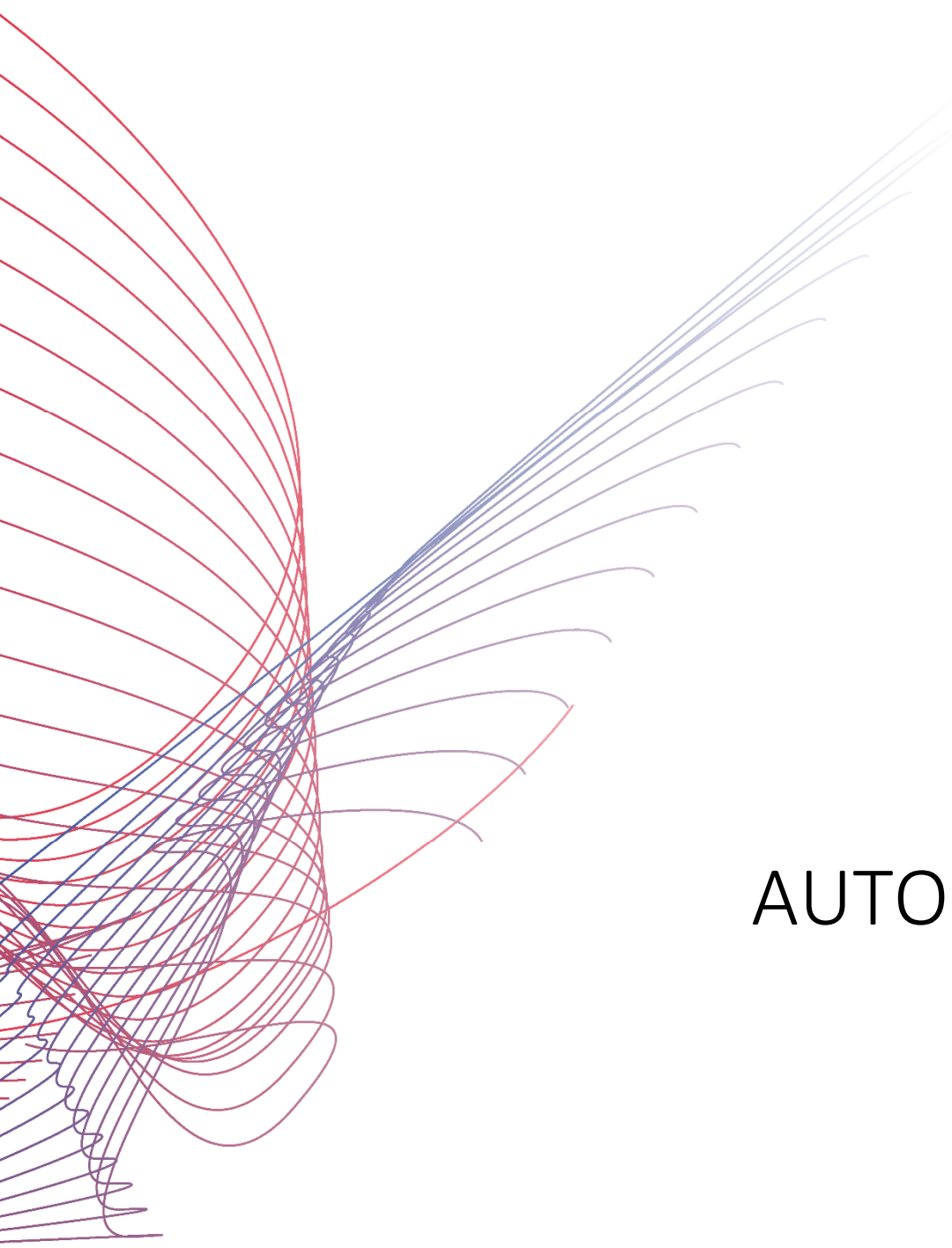




# TECH pedia



AUTOMATIZACE

OTO SLÁDEK

**Název díla:** Automatizace  
**Autor:** Oto Sládek  
**Vydalo:** České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
**Kontaktní adresa:** Technická 2, Praha 6  
**Tel.:** +420 224352084  
**Tisk:** (pouze elektronicky)  
**Počet stran:** 37  
**Edice (vydání):** 1. vydání, 2017  
**ISBN** 978-80-01-06216-6

**TechPedia**

European Virtual Learning Platform for  
Electrical and Information Engineering

<http://www.techpedia.eu>

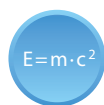


Tento projekt byl realizován za finanční podpory  
Evropské unie.

Za obsah publikací odpovídá výlučně autor.

Publikace (sdělení) nereprezentují názory Evropské  
komise a Evropská komise neodpovídá za použití  
informací, jež jsou jejich obsahem.

## VYSVĚTLIVKY



Definice



Zajímavost



Poznámka



Příklad



Shrnutí



Výhody



Nevýhody

---

## ANOTACE

Tento modul poskytuje úvod do problematiky průmyslové automatizace a automatizace obecně. Popisuje teorii logických systémů, senzorů, akčních členů, typy řídicích systémů, jako jsou PLC, PAC apod., hlavní principy řízení a SCADA systémy.

## CÍLE

Teorie logických systémů a řízení.

Senzory - na měření teploty, průtoku, tlaku, výšky a polohy.

Akční členy - pneumatické, hydraulické, elektrické motory, pohony.

PLC, PAC PCS systémy, průmyslové řízení - popis a rozdíly.

Regulace - přístupy a popis PID.

SCADA systémy - účel a popisy.

## LITERATURA

- [1] Buch-Vishniac, J.: Electromechanical sensors and actuators: Birkhäuser, 1998. 341 p. ISBN 978-03-879-8495-7.
- [2] De Silva, C., Control, Sensors and Actuators: New Jersey: PrenticeHall 1989
- [3] Harmut, J.: Actuators: basics and applications: Springer, 2004. 343 p. ISBN 978-35-406-1564-4.
- [4] J. W. Webb, R. A. Reis: Programmable logic controllers: principles and applications, PrenticeHall, 2003, 460 p., ISBN: 9780130416728.
- [5] K. Clement-Jewery, W. Jeffcoat: The PLC workbook: programmable logic controllers made easy, PrenticeHall, 1996, 197 p., ISBN: 9780134898407.
- [6] Levine, s., W. et al, The Control Handbook: Salem: CRC Press, Inc. 1996.
- [7] M. Rabiee: Programmable Logic Controllers: Hardware and Programming, Goodheart-Willcox Pub, 2009, 300 p., ISBN: 9781605250069.
- [8] Martinásková, M. Šmejkal, L.: PLC a automatizace 1. Základní pojmy, úvod do programování, BEN – technická literatura, Praha, 2002, 224 s.

- [9] Massood, T: Microactuators: electrical, magnetic, thermal, optical, mechanical, chemical&smartstructures: Springer, 1998. 287 p. ISBN 978-07-923-8089-4.
- [10] Novák, P.: Průmyslové řídicí systémy.(skriptum), Ostrava: VŠB-TU, 2000, s. 104, ISBN 80-7078-733-3.
- [11] Pansini A.: Basics of electricmotors: includingpolyphaseinduction and synchronousmotors: PennWellBooks, 1996. 218 p. ISBN 978-08-781-4673-4.
- [12] Kalman. On thegeneraltheory of controlsystems. In Proc. IFAC World Congress, 1960.
- [13] Satori M. A., Passino KM., Antsaklis P. J.: A MultilayerPerceptronSolution to theMatchPhaseProblem in Rule-BasedArtificialIntelligence Systems. IEEE Trans. On Knowledge and Data Engineering, Vol. 4 (1992), No. 3 (June), 290-297.
- [14] Spiridonov V.:  
SelbststrukturiendesneuronalesNetzmittelsgeometrischenLernalgorithmus ais  
WissenserwerbskomponentefuerExpertensysteme. Proceedings 3 9.  
InternationaiesWissenschaftlichsKolloquium, TechnischesUniversitaetIlmenau, 27-29.  
září 1994, 372-377.
- [15] Šmejkal, L.: PLC a automatizace 2. Sekvenční logické systémy a základy fuzzy logiky, BEN-technická literatura, Praha, 2005, 208 s.
- [16] Tauchman, M.: Vizualizace technologických procesů – novinky od firmy Wonderware. Automatizace, 46, č. 3, 2003, s. 174–176.
- [17] Tzou H., Fukuda T.: Precisionsensors, actuators, and systems: Springer, 1992. 470 p. ISBN 978-07-923-2015-9.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Teoretické základy .....</b>	<b>7</b>
1.1	Implementace základních logických funkcí různých technologií .....	9
<b>2</b>	<b>Senzory .....</b>	<b>14</b>
2.1	Senzory pro měření teploty .....	15
2.2	Senzory pro měření tlaku .....	17
2.3	Senzory pro měření průtoku .....	19
2.4	Senzory pro měření tepelného toku .....	23
2.5	Senzory pro měření výšky a polohy .....	24
<b>3</b>	<b>Akční členy .....</b>	<b>25</b>
3.1	Hydraulické aktuátory .....	27
<b>4</b>	<b>PLC, PAC, PCS .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>Ostatní řídicí systémy .....</b>	<b>31</b>
5.1	DCS .....	32
<b>6</b>	<b>Regulace .....</b>	<b>33</b>
6.1	Regulace řízení .....	33
<b>7</b>	<b>SCADA systémy .....</b>	<b>35</b>

# 1 Teoretické základy

Řídicí systémy lze rozdělit do tří skupin:

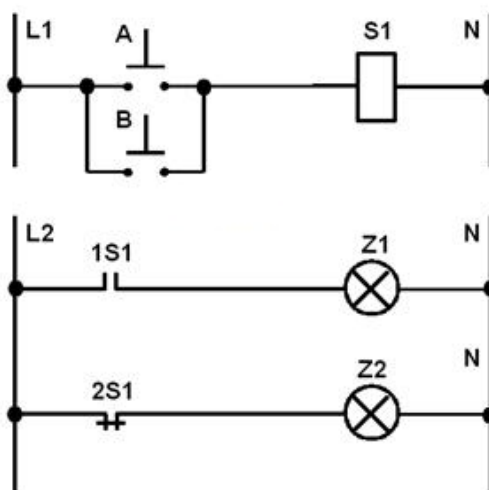
- logické systémy
- numerické systémy
- hybridní systémy

## Logické systémy

Logické systémy jsou systémy, které komunikují s okolím díky binárním signálům (ano, ne nebo 1, 0 atp.) Informace z těchto binárních systémů se generují na základě pravidel Booleovské algebry, a proto bývají označovány za Booleovské. Binární systém může být realizován kontaktním nebo bezkontaktním spínáním.

Binární systémy mohou být implementovány v různých technologiích např. v řídicích obvodech s použitím tranzistorů a zapouzdření: pevná logika, FPGA, uC, DSP, PC aj.

Schémata elektrických řídicích obvodů jsou výkresy, ve kterých je zobrazeno ovládání a napájecí obvody. Prvky hlavního obvodu řídí přepínače, relé spínače, kontakty. Řídicí obvod se skládá z ovládacích prvků: tlačítek, spínačů, časovačů a limitních spínačů, cívek, relé nebo stykačů. Všechny prvky mohou být nahrazeny slaboproudou a výkonovou elektronikou.



Příklad řídicího systému

Na obrázku je zobrazeno schéma řídicích a silových obvodů s jednoduchými funkcemi. Stisknutím tlačítka A je ovládací napětí přivedeno na cívku stykače, S1 je uzavřen. Běžně jde o otevřený kontakt připojení 1S1 k napájení spotřebiče

(žárovky) Z1, zatímco u 2S1 je Z2 spotřebič odpojen od napájení. Funkce obvodu je taková, že stisknutím tlačítka A se rozsvítí žárovka Z1 a Z2. Pokud se tlačítko uvolní, výsledek bude opačný.

## Numerické systémy

---

$E=m \cdot c^2$

Numerické systémy jsou systémy, které pracují s aritmetickými operacemi a fungují podle algebraických pravidel. Jde hlavně o základní algebraické operace sčítání, odčítání, násobení a dělení, případně využívají i mnohem složitější operace a funkce. Numerické systémy jsou vykonávány s použitím mikroprocesoru.

---

## Hybridní systémy

---

$E=m \cdot c^2$

Hybridní systémy jsou kombinací logických a numerických systémů, vyznačují se specifickým chováním. Hybridní systémy jsou také realizovány pomocí mikroprocesoru.

---

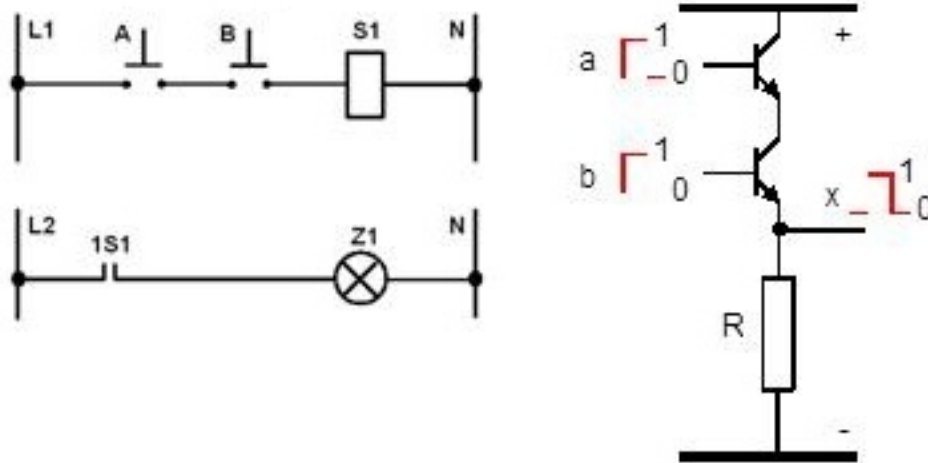


## 1.1 Implementace základních logických funkcí různých technologií

### Logická konjunkce (násobení) – AND



V následujících příkladech je možné studovat technickou implementaci konjunkce dvou nezávislých proměnných. Závislá proměnná má hodnotu pravda pouze v případě, že obě nezávislé proměnné tuto hodnotu mají také. Řídící obvod je řešen sériovým zapojením tlačítek. Implementace tranzistorů se řeší s pomocí sériového spojení tranzistorů.

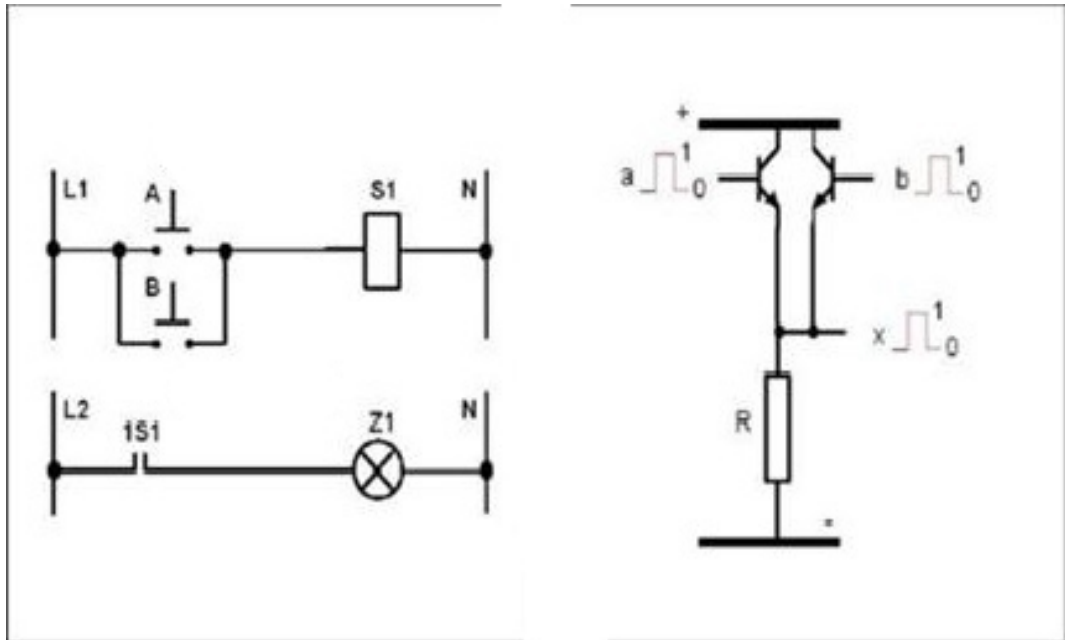


Funkce logické konjunkce– AND

### Logická disjunkce (sčítání) – OR



V následujících příkladech je možné studovat technickou implementaci disjunkce dvou nezávislých proměnných. Závislá proměnná má hodnotu pravda, pokud alespoň jedna nezávislá proměnná má tuto hodnotu. Řídící obvod je realizován paralelním zapojením. Implementace pomocí tranzistorů se taktéž realizuje paralelním zapojením tranzistorů.

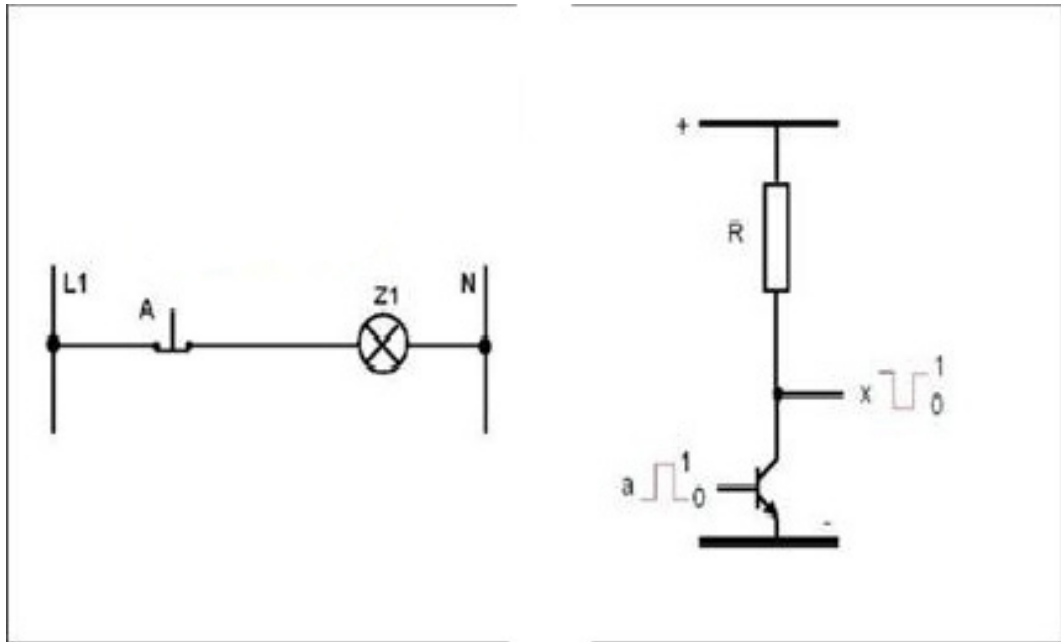


Funkce logické disjunkce - OR

## Logická negace – NOT



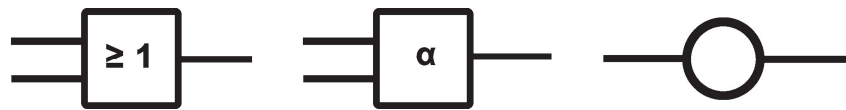
V následujících příkladech je možné studovat technickou implementaci negace jedné nezávislé proměnné. Závislá proměnná má hodnotu pravda v případě, že nezávislá proměnná má hodnotu nepravda. Řídící obvod ovládá tlačítko spojující/rozpojující obvod. Implementace je řešena pomocí zkratu napětí tranzistoru.



Funkce logické negace – NOT

## Schematické symboly pro logické obvody

Vzhledem k tomu, že logické operace mohou být realizovány za použití různých technologií, pro jejich znázornění využíváme logické diagramy. V diagramech logických obvodů se používají symboly. První obrázek jako symbol obvodu reprezentuje logický součet, který má dva vstupy (vlevo) a jeden výstup. Prostřední obrázek je schematický symbol pro logický součin, který má dva vstupy a jeden výstup. Kolečko na třetím obrázku znamená negaci. Diagramy nejsou vypracovány samostatně, ale vždy včetně vstupního nebo výstupního bodu pro daný součin nebo součet.



Piktogramy pro logické operace

Poznámka: V některých, zejména starších, diagramech se mohou objevovat značky jiného tvaru než čtvercového a obdélníkového. Označení pro negaci zůstává beze změny.

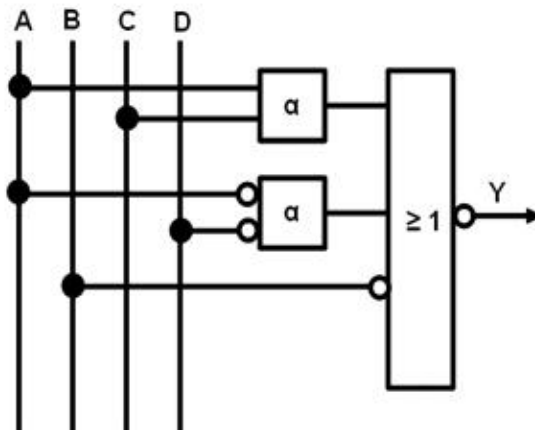


Schéma obvodu

Nakreslené logické schéma obvodu lze vyjádřit vztahem:  $Y = A \times C + \overline{A} \times \overline{D} + B$

## Úpravy logických výrazů

Je zřejmé, že každá logická operace je reprezentována jedním blokem v logickém diagramu, který reprezentuje odpovídající technologii. Čím více logických bloků, bloků obsahuje, tím více součástí využíváme. V takovém případě je větší pravděpodobnost selhání řídicího systému. Snížení počtu použitých logických bloků je možno dosáhnout úpravou a zjednodušením logických funkcí. Zjednodušení se provádí na základě logických pravidel Booleovy algebry. Pro přehlednost uvedme následující příklad:

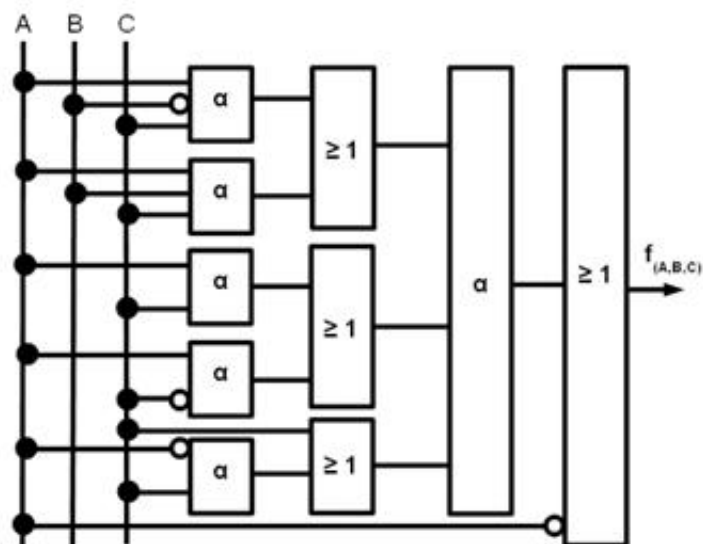


Příklad:

Funkce  $f(A, B, C)$  třech logických proměnných je dána následujícím vztahem:

$$f_{(A,B,C)} = (A \times \overline{B} \times C + A \times B \times C) \times (A \times C + A \times \overline{C}) \times (\overline{C} + C \overline{A}) + \overline{A}$$

Pro jeho implementaci je třeba 14 logických bloků, logický diagram je znázorněn na následujícím obrázku:



Logickýdiagram

Po provedení změn pomocí matematických logických funkcí je výsledek následující:

$$f_{(A,B,C)} = A \times C \times (\bar{B} + B) \times A \times (C + \bar{C}) \times (\bar{C} + \bar{A}) + \bar{A} = A \times C \times (\bar{C} + \bar{A}) + \bar{A} = \bar{A}$$

To znamená, že výsledek nezávisí na hodnotách logických proměnných B a C. Výsledek je pouze negací A. Implementace v logickém diagramu je zobrazena na následujícím obrázku:



Negace



Porovnáním těchto dvou systémů bylo dokázáno, že lze dosáhnout výrazné úspory logických bloků, čímž se snižuje pravděpodobnost selhání řídicího systému.

## 2 Senzory

Jde o technické prvky, které zajišťují přeměnu fyzikální veličiny na dobře zpracovatelné signály (např. tlak na elektrický proud). Senzory jsou založeny na různých fyzikálních principech a poskytují převod na signály, které by mohly být zpracovány v řídicích systémech. V dnešní době se běžně používá termín inteligentní nebo chytré senzory, které integrují všechny funkce měřicího řetězce do jednoho prvku s digitálním výstupem, např. pomocí datového rozhraní (RS-232C, RS-485, EIB atd.). Snímače (senzory) se typicky skládají z následujících částí:

- senzor - převodník;
- měřicí obvod a zesilovač;
- obvody zpracovávající signál;
- analogově digitální převodník;
- komunikační obvod.



---

Senzory mohou být děleny dle následujících kritérií:

- transformace signálu – aktivní a pasivní
  - měřené veličiny – tlakové, průtokové, teplotní atp.
  - technologie výroby – mechanické, elektrochemické atp.
  - fyzikálních principů – odporové, vodivostní na principu termoelektrického jevu atp.
  - interakce s měřeným prostředím – kontaktní a bezkontaktní
-

## 2.1 Senzory pro měření teploty

Teplota je jedním z nejčastějších vstupů pro automatické zpracování signálu v technologiích. Obecně se také řadí mezi nejdůležitější veličinu popisující podmínky a procesy v přírodě.

### Odporová teplotní čidla



Kovová odporová teplotní čidla představují nejčastěji používanou metodu měření v praxi. Principem kovových odporových teplotních čidel je závislost čistého kovu na teplotě, kdy se odpor kovu zvyšuje téměř úměrně k absolutní teplotě.

Materiál čidla	Rozsah měření [°C]	Teplotní koeficient odporu [ $10^{-3} \text{ K}^{-1}$ ]
Pt	-200 až +850	3,85 až 3,93
Ni	-60 až +180	6,17 až 6,70
Cu	-200 až +200	4,26 až 4,33

### Polovodičové polykrystalické senzory (NTC)

Jde o senzory vyrobené z amorfních polykrystalických polovodičů, tzv. termistory (tepelně citlivé rezistory). V tomto případě se využívá závislost elektrického odporu materiálu na teplotě. Princip polovodičové vodivosti se liší a závisí na rozličném chování a rozličných vlastnostech těchto senzorů. Odpor polovodičového materiálu klesá s rostoucí teplotou.

Termistory NTC (*Negative Temperature Coefficient* - záporný teplotní součinitel) mají zápornou míru odporu vůči teplotě, což odpovídá zmíněnému popisu zkratky. Tyto termistory se využívají tam, kde je důležitá rychlost měření, protože jejich malá tepelná kapacita zkracuje konstantní dobu měření na sekundy. Obvyklé teplotní rozsahy jsou -50 až 150 °C, ale vyrábí se také speciální keramické termistory pro extrémní teploty (tj. od např. -269,15 až do 1 000 °C).

### Polovodičové monokrystalické senzory

Tyto senzory se vyrábí z křemíku, germania a india. Jejich výhodou je velká časová stálost a možnost konstrukce v tenké vrstvě.

### Termoelektrické teploměry

Tento druh senzorů využívá pro měření teploty termočlánek, skládající se ze dvou vodičů tvořených dvěma různými kovovými materiály A a B, které jsou vodivé

spojeny na obou koncích. Podle rozdílu teplot  $t_m$  a  $t_s$  na druhém spojení se generuje termoelektrické napětí a termoelektrický proud.

## Bezkontaktní měření teploty

Toto měření pracuje na základě fyzikálního efektu, kdy v důsledku tepelného pohybu základní části vyzařují energii ve formě elektromagnetického záření v té části spektra, která se nazývá infračervené, ale i ve viditelné části světelného spektra.

## Bezkontaktní měření teploty – Bolometr

Principem bolometru je, že jeho elektrický odpor se mění v závislosti na jeho teplotě, která závisí na síle infračerveného záření. Změna odporu bolometru je tedy charakterizována množstvím dopadajícího infračerveného záření. V tomto případě je zásadní tepelná izolace senzoru od okolí. Mikrobolometr integruje více odporových prvků na jedné straně, což v důsledku umožňuje tvorbu 2D tepelných snímků zobrazujících vyzařující objekty před detektorem. V současné době jsou k dispozici zařízení v mnoha kategoriích, od jednoduchého jednobodového manuálního infračerveného teploměru až po termokamery s použitím výše uvedených principů s vysoce sofistikovaným digitálním ovládáním.

Hlavním přínosem je bezkontaktnost měření. Mezi další výhody patří také možnost měření pohybujících se objektů, nebo možnost 2D zobrazení, tj. termovize.



## 2.2 Senzory pro měření tlaku

Měření tlaku je také jedním z nejčastěji prováděných měření. Využívá se různých fyzikálních principů, které se obvykle vyznačují převodem závislosti tlaku na výstupní signál senzoru. Tlakoměry v průmyslové praxi lze podle principu rozdělit na hydrostatické, deformační, pístové a elektrické.

### Tlakoměry

Přístroje pro měření tlaku a podtlaku se běžně nazývají manometry:

- vakuometry - měřidla podtlaku
- diferenční tlakoměry - zařízení pro měření tlakových rozdílů se nazývají
- barometry - přístroje pro měření barometrického tlaku
- tlakoměry absolutního tlaku - přístroje používané pro měření absolutního tlaku se nazývají.

Další termín je tzv. senzor tlaku - tlakoměr, který funguje jako prvek automatizace. Převodník tlaku má velmi podobný význam jako senzor tlaku, je to elektronické zařízení určené pro měření tlaku, které je schopné převést naměřená data tlaku prostřednictvím elektrických signálů k jiným zařízením. Je-li funkce tlakového převodníku nebo senzoru řízena mikroprocesorem, nazývají se inteligentní.

Senzory pro měření tlaku	Typ senzoru pro měření tlaku	Možné využití
Hydrostatické tlakoměry	U-trubice	V laboratořích, v meteorologických laboratořích, přesné barometry
	Nádobkový	
	Mikromanometr se sklopným ramenem	
	Kompresní vakuometr	
Snímače přítlačné síly	Zvonový, pístový tlakoměr	Standardní tlakoměry (manometr pro měření nafouknutí pneumatik)
Deformační tlakoměry	Bourdonova trubice, membránový, vlnovcový tlakoměr	Nejběžněji přímo zobrazující praktické tlakoměry
	Krabicový tlakoměr	Aneroid pro měření barometrického tlaku
Tlakoměry s elektrickým výstupem (elektromechanické tlakoměry)	Potenciometr, indukční a optický tlakoměr	Jako doplněk deformačních tlakoměrů
	Kapacitní, tenzometrický tlakoměr	Nejpoužívanější senzory v moderních měničích tlaku, praktické a laboratorní přístroje
	Rezonanční tlakoměr	Patří k nejvíce přesným tlakoměrům, praktické a laboratorní přístroje
	Piezoelektrický tlakoměr	Měření rychlých přetlakových procesů a pulsací
Elektrické tlakoměry pro extrémní hodnoty tlaku	Odporový tlakoměr	Měření velkého přetlaku
	Tepelně-vodivostní tlakoměr	Měření velkého podtlaku
	Ionizační tlakoměr	Měření extrémního podtlaku

## 2.3 Senzory pro měření průtoku

Existuje mnoho zařízení pro měření průtoku a protečeného množství tekutin (kapalin a plynů). Měřidla jsou vybavena pokročilým zpracováním naměřených dat a výstupní data udávají velikost průtoku. Průtok může být také hodnocen pomocí lokální nebo střední rychlosti média protékajícího skrz průřez, obvykle při daných provozních podmínkách ( $p$ ,  $T$ ). Výsledek měření průtoku může být buď průtokový hmotnostní tok QM (např.  $kg \cdot s^{-1}$ ), nebo objem QV (např.  $m^3 \cdot s^{-1}$ ), kde  $m$  je hmotnost a  $V$  je objem měřeného média. Moderní zařízení jsou vybavena elektronickým obvodem pro automatické korekce teploty a tlaku v průběhu měření. Současný trend průtokoměrů je zaměřen na přímé měření hmotnostního průtoku, tj. měření nezávislé na teplotě, tlaku a viskozitě měřené tekutiny.

### Objemové průtokoměry

$E = m \cdot c^2$

Objemové průtokoměry využívají tzv. absolutní metody - slouží k přesnému měření a ověřování jiných typů průtokoměrů. Samotné měření je založeno na principu odměřování objemu tekutiny v měřených místech.

### Membránové průtokoměry

$E = m \cdot c^2$

Používají se k měření objemu plynu a jsou vybaveny dvěma komorami, které rozdělují membrány. To se například využívá k měření množství topných plynů.

### Bubnové průtokoměry

$E = m \cdot c^2$

Principem bubnových průtokoměrů jsou horizontální válcové nádoby částečně naplněné kapalinou, měřící buben s osou otáčení je vybaven otvory pro vstup a výstup plynu, a rozdělen do čtyř měřicích míst pomocí radiálních přepážek. Používají se pro přesné laboratorní a ověřovací měření.

### Pístové průtokoměry

$E = m \cdot c^2$

Patří k těm vůbec nejpřesnějším. Měření probíhá na principu prostorů vymezených pístem a tělem měřidla, které jsou střídavě naplňovány specifickou tekutinou a vyprazdňovány. Pístová měřidla jsou vhodná pro měření i velmi viskózních tekutin.

### Rychlostní průtokoměry

$E = m \cdot c^2$

V tomto případě se tok stanovuje na základě naměřených hodnot místní nebo průměrné rychlosti a znalosti průtočného průřezu a volné plochy.

## Rychlostní senzory

---

$$E = m \cdot c^2$$

Využívají závislost dynamického tlaku proudícího média na rychlosti proudění.

---

## Pitotovy trubice

---

$$E = m \cdot c^2$$

Jedná se o trubice, které jsou zakřivené v pravém úhlu k rovině a mají otvor nacházející se kolmo ke směru proudění. V místě zakřivení rychlost proudění klesne prakticky na nulu a veškerá kinetická energie se mění na potenciální. Senzor snímá celkový tlak  $p_c$ , který je součtem statického tlaku  $p_s$  a dynamického tlaku  $p_d$ .

---

## Statické Pitotovy trubice

---

$$E = m \cdot c^2$$

Tento typ Pitotovy trubice měří  $p_c$  a  $p_s$  na jednom místě. Jsou určeny pro krátkodobé měření a měření rychlostních profilů. Spodní hranice pro měření rychlosti plynů je asi  $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a pro měření rychlosti kapalin  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

---

## Průřezové průtokoměry

---

$$E = m \cdot c^2$$

Uvnitř potrubí se nachází škrticí orgán zužující průtočný průřez. Rozdíl statických tlaků v tekutině před i po zúžení, skenovány pomocí měřiče diferenčního tlaku, závisí na hodnotě průtoku. Nejpoužívanějšími škrticí orgány jsou kruhové clony, trysky a Venturiho trubice. Mezi speciální škrticí orgány lze pak zařadit čtvercové a obdélníkové clony, čtvercovou Venturiho trubici používanou při obdélníkovém nebo čtvercovém průřezu potrubí atp.

---

## Rotametry

---

$$E = m \cdot c^2$$

Tvoří skupinu tzv. průtokoměrů s proměnným průřezem, jejichž průtokové části mění tok na přibližně konstantní tlakový spád v zúženém průřezu. Hlavní funkční části jsou vertikálně umístěné trubice s mírně kónickým dnem, které se zvedají (vrcholový úhel kužele je menší než  $2^\circ$ ).

---

## Turbínové a lopatkové průtokoměry

---

$$E = m \cdot c^2$$

U tohoto typu průtokoměru je rychlost otáčení rotoru, lopatkového kola nebo šroubu přímo úměrná střední rychlosti proudění.

Průtok je zde vyjádřen počtem otáček rotoru, který závisí na množství procházející tekutiny. V závislosti na směru proudění odlišujeme průtokoměry axiální a radiální.

Turbínový průtokoměr je představitelem axiálních průtokoměrů; rotor je vyroben z lopatek, které jsou připojené ke středu uloženému v ložisku. Průtokoměry jsou vyráběny v široké škále měřicích rozsahů až stovek m<sup>3</sup>/hod. Turbínové průtokoměry jsou vhodné pro kapaliny i plyny. Pro pulzní snímání rychlosti otáčení se používají různé senzory od mechanických až k těm bezkontaktním. Pulsy jsou dále zesilovány a formovány.

---



Frekvence otáček turbíny je přímo úměrná okamžitému průtoku. Bezkontaktní senzory jsou výhodné z hlediska zpracování digitálního signálu. Pro určení okamžitého toku se konstantní doba přidá k pulsům a A/D převodník není nutný. Relativní chyba měření může být <0,5%, tlak až 30 MPa a teplota v rozsahu -200 °C do +200 °C.

---

## Indukční průtokoměry

---



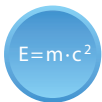
Jsou založeny na využití Faradayova zákona elektromagnetické indukce v průběhu pohybu vodiče v magnetickém poli. Pohyb vodiče, který je vyvolán rychlostí proudění, generuje v magnetickém poli elektrické napětí. Magnetické pole uvnitř potrubí a tekutiny vzniká pomocí permanentního magnetu nebo elektromagnetu.

Úsek potrubí mezi póly magnetu nesmí být vyroben z feromagnetického nebo vodivého materiálu. Vnitřní průměr měřicí trubice průtokoměru obsahuje dvě elektrody pro snímání indukovaného napětí, zarovnání elektrod je svislé ke směru magnetických siločar. Indukční průtokoměr se tedy skládá z nemagnetické cylindrické měřicí trubice a dvou vhodně umístěných snímačů elektrod.

---

## Ultrazvukové průtokoměry

---



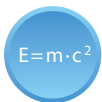
Tyto průtokoměry lze rozdělit do dvou základních skupin podle toho, zda využívají Dopplerův jev, nebo měří dobu přenosu ultrazvukového signálu.

---

### ***Ultrazvukové průtokoměry využívající Dopplerův jev***

Princip ultrazvukového průtokoměru měřící dobu přenosu ultrazvukového signálu.

---



Může být použit v případě, že proudící médium obsahuje zvukové reflexní částice, například pevné částice nebo bubliny plynu. Průtokoměr se skládá z ultrazvukového vysílače a přijímače, které jsou instalovány na jedné straně potrubí. Ultrazvukový signál o známé frekvenci kolem 1,2 MHz je přenášen do proudící kapaliny, v níž se odrazí zpět od pohybujících se částic nebo bublin, a když přijímač zaznamená odražený signál, vyhodnotí se frekvence přijatého signálu. Rozdíl mezi těmito dvěma frekvencemi je úměrný rychlosti protékajícího média.

---

Ultrazvukové metody mohou být použity pro měření malých a velkých toků čistých, znečištěných i agresivních kapalin, pro měření pulsujících toků a měření kalů a průtoku během tání při vysokých teplotách.

## 2.4 Senzory pro měření tepelného toku

---

$E = m \cdot c^2$

Jejich principem je zpracování energetické bilance při sdílení tepla z elektricky vyhřívaných topných prvků proudící tekutiny, během které se mění distribuce teplot. Změny teploty jsou úměrné množství proudící kapaliny.

---

### Termické anemometry

---

$E = m \cdot c^2$

Jedná se o senzor množství tepelného toku, jehož teplotní čidla přímo zasahují do proudící tekutiny - vyhodnocuje se chladicí účinek vynuceného proudění na vyhřívané čidlo. Uvnitř potrubí jsou umístěny dva odporové teploměry.

---

## 2.5 Senzory pro měření výšky a polohy

---

$E = m \cdot c^2$

Jedná se o typické měřicí automatizované úlohy, které jsou specifické pro konkrétní objekty měření, např. hladina kapaliny, sypké materiály. Měření výšky je obvykle doplňováno výpočtem množství. Je možné vypočítat množství pomocí dat zaznamenaných při měření výšky, přičemž samozřejmě je závislost na tvaru nádoby, například nádrž, ve které se měří konkrétní výše hladiny. Pokud se měření provádí v nádobách s neměnným průřezem a neměnnou výškou, vyhodnocení je velmi snadné.

---

### Ultrazvukové měření výšky

---

$E = m \cdot c^2$

Výškoměry (většinou ve formě hladinoměrů), založené na principu ultrazvuku, využívají dvě metody. V prvním případě se měří doba průchodu ultrazvukové vlny od vysílače odrazem od povrchu zpět k přijímači a vzdálenost se vypočítává z naměřeného času a rychlosti ultrazvuku ve známém prostředí. Tato metoda se používá pro kontinuální měření pozice hladiny povrchu. Druhá metoda vyhodnocuje útlum ultrazvukových vln v závislosti na složení prostředí, kterým ultrazvuk prochází. To je vhodné pro kontinuální bezkontaktní měření pozice hladiny povrchu v otevřených i uzavřených nádržích s kapalinou nebo se sypkými materiály. Mohou být použity pro znečištěný sníh, mazlavé materiály a, za určitých okolností, k detekci hladiny pěny. Výhody jsou absence pohyblivých částí, bezdotykové kontinuální měření, možnost instalace na vnější nádrž bez porušení jejího těsnění, kompaktní konstrukce snímačů, rozlišení až do 1 mm a vysoká přesnost měření. Nevýhodou může být ovlivnění signálu přítomností dýmu, prachu, pěny a rušivé působení turbulentní hladiny povrchu.

---

### Radarové a laserové měření výšky a vzdálenosti

---

$E = m \cdot c^2$

Radarové senzory pro měření hladiny pracují analogicky jako ultrazvukové hladinoměry, nicméně s pomocí elektromagnetických vln, které se šíří přes médium rychlostí světla. Mikrovlnné záření je definováno jako frekvence vln větší než asi 2 GHz. Radarové hladinoměry používají dvě metody měření, metodu časovou (pulsní) a metodu frekvenční (s modulovaným signálem).

---

Radarové hladinoměry fungují bez pohyblivých mechanických částí a vykazují se velkou přesností ( $\pm 1$  mm) a spolehlivostí i při velmi náročných provozních podmínkách (vysoká teplota, tlak, agresivní prostředí). Laserové senzory pro měření vzdálenosti vysílají miliony krátkých pulsů laserového světla za sekundu a zaznamenávají čas, který potřebují k dosažení jejich cíle a cesty zpět k senzoru. Obecně platí, že velký rozsah snímače umožňuje měřit vzdálenost malých prvků nebo objektů, i když je snímač namontován ve velké vzdálenosti od nebezpečné oblasti výrobního procesu. Jasné a dobře viditelné světlo vyzářované laserovým paprskem urychluje aktivaci senzoru.



## 3 Akční členy

Akční členy nebo též aktuátory jsou technické prvky, které přímo reagují na výstupy řídicího systému. V následujících odstavcích bude popsána alespoň malá skupina používaných aktuátorů se zaměřením na ty nejvýznamnější.

### Elektrické aktuátory

$E=m \cdot c^2$

Jedním z nejvíce používaných druhů v automatizaci (především řízené) jsou elektrické motory - pohony. Můžeme je rozdělit na lineární a rotační. V dnešní době jsou tato zařízení charakteristická možností vyššího typu komunikace, např. analogovým výstupem, sériovými linkami (RS-232C, RS-485), které mohou být použity pro řízení rychlosti otáčení, polohy atd.

### Stejnoseměrné motory

$E=m \cdot c^2$

Tyto motory se skládají ze statoru (pevná část) s hlavními póly s excitační cívkou a pomocnou cívkou, která je umístěna mezi hlavními póly pro zlepšení komutačních vlastností. Pohyblivá část - rotor se otáčí v magnetickém poli a skládá se z kovových desek.



Největší proud teče do cívek rotoru v klidu = motor vytváří velký rozběhový točivý moment. Na druhé straně, při rychlé rotaci motoru je přiváděno napětí snižující proud, který teče do cívek rotoru a točivý moment se tedy s rostoucími otáčkami snižuje. Motor s těmito charakteristikami točivého momentu snadno překonává různá zatížení.

### Synchronní motory

$E=m \cdot c^2$

Hlavním charakteristickým rysem těchto motorů je rovnost otáček rotoru s magnetickým polem statoru. Střídavý proud ve vinutí statoru (1 nebo 3 fáze) generuje točivé magnetické pole. Rotor může být vyroben z permanentního magnetu s alternativně určenými póly, nebo má vinutí napájené z DC zdroje (budič) a tak vytváří elektromagnet. Vybuzený synchronní motor po přímém připojení ke střídavému proudu se sám o sobě netočí. Třífázový AC ve statoru vytváří rotující magnetické pole, které se otáčí rychlostí danou frekvencí zdroje energie a počtem pólů v motoru. Rotor, který se zastaví, je napájen stejnosměrným proudem, a to vybudí stacionární magnetické pole. Akční síla motoru je každopádně tvořena interakcí mezi rotorovým a statorovým polem. Směr této síly se mění s rychlostí otáčení statoru.

S ohledem na růst digitálních řídicích systémů a rozšiřování práce s digitálními informacemi se rozšiřuje používání tzv. krokových motorů, kde je úhel natočení hřídele dán počtem impulsů na kontrolním vinutí. Charakteristický je nespojitý

pohyb hřídele vyvolaný změnou polohy v určitém úhlu = kroky, které vznikají jako reakce na jeden řídicí impuls.

## Asynchronní motory

---



$E=m \cdot c^2$

Funkčnost asynchronních motorů je založena na vzájemném elektromagnetickém působení rotujícího magnetického pole rotorů a statorů a proudů vygenerovaných ve vinutí rotoru tímto polem.

---

Asynchronní motor je založen na indukčním napětí a proudu v rotoru a to je důvod, proč je též označován jako indukční motor. Rotující magnetické pole je v asynchronním motoru generováno ve vinutí statoru, které je vyrobeno jako třífázové, kde se vinutí otáčí o  $120^\circ$  v prostoru. Asynchronní motor pracuje v omezeném rozsahu otáček, popř. mohou být otáčky řízeny připojeným frekvenčním měničem.


Nejpoužívanějšími typy jsou tří a jednofázové asynchronní motory.

## Pneumatické pohony/aktuátory

---

Podle konstrukce se pneumatické pohony dělí na pístové a membránové. Membránové pohony se nejčastěji používají k plynulé regulaci ventilů. Rotační typy jsou určeny k řízení regulace otáčení armatur nebo klapek.

---



Přestavná síla pneumatických pohonů je mezi 0,5 kN a 90 kN. Tyto pohony jsou pouze jednočinné, což znamená, že síla působí proti pružině, která zajišťuje návrat. Popsaná konstrukce zajišťuje schopnost používat tyto akční prvky také jako nouzové pohony. Pokud dojde ke ztrátě tlaku řízeného média, jsou schopny posunout uzávěr do požadované polohy. Podle konstrukce pružin je pak lze rozdělit na pohony s:

- Přímou funkcí (NO – normal open) – typ pohonu - bez tlaku otevřeno;
  - Nepřímou funkcí (NC – normal closed) – typ pohonu - bez tlaku zavřeno.
-

## 3.1 Hydraulické aktuátory

Hydraulické aktuátory jsou vhodné zejména pro aplikace s velkou přestavnou silou. Produkovaná síla je 25 krát větší než pneumatických válců o stejné velikosti. Také mají vysoký poměr výkonu k hmotnosti, a to o 1 až 2 koňské síly/lb, větší než u pneumatických motorů. Důležitou vlastností je, že dokáže udržet sílu a točivý moment konstantní bez běžícího čerpadla, které by dodávalo více hydraulického tlaku v důsledku nestlačitelnosti tekutin. Tyto typy pohonů mohou mít své zdroje tlaku (čerpadla a motory) ve značné vzdálenosti s minimální ztrátou výkonu. Ovšem mají i své nedostatky, jako unikání kapaliny. Stejně jako u pneumatických aktuátorů vede ztráta kapaliny ke snížení účinnosti. Hydraulické aktuátory vyžadují mnoho dodatečných částí včetně akumulátoru tekutiny, motorů, pump, ventilů, výměníků tepla a zařízení na odhlučnění.

### Frekvenční měniče

Používají se pro plynulé ovládání asynchronních motorů s kotvou nakrátko - konkrétně ovládání rychlosti otáček, krouticího momentu, startu a procesů po rozběhu. Řízení je prováděno změnou frekvencí napájecího zdroje v kombinaci s řízením napětí polovodičovým frekvenčním měničem - je složen z nepřímého frekvenčního měniče napětí (usměrňovač, DC napájení, tranzistorový převodník). DC zdroj je většinou neřízený - dioda. V DC zdroji je filtrační kondenzátor pro filtrování usměrňovaného stejnosměrného napětí a tlumič pro potlačení proudových šoků, pokud je připojen nenabitý kondenzátor, a pro zlepšení sítě proudu - omezení harmonie a zvýšení účinnosti.

Z DC zdroje je napájený tranzistorový měnič, který pulsně šířkovou modulací emuluje střídavé napětí. Řízení rychlosti otáčení je řešeno změnou frekvence. Rozsah frekvence je od 0 do nominální frekvence. Průběh frekvence je říditelný, a to včetně rozběhu a brzdění motoru. Brzdění přitom může být realizováno jak ve formě brzdění do rezistoru, tak ve formě regenerativního brzdění.

### Softstartéry

Jedná se o zařízení pro plynulé spouštění asynchronních motorů - spouštění s limity omezující proud a momentové rázy, což je dosaženo řízením napětí na svorkách motoru při zachování neměnné síťové frekvence polovodičového měniče AC (střídavého proudu). Jsou určeny pro motory s výkonem od kilowattů až po megawatty. Softstartéry jsou také uzpůsobeny pro jednofázové motory. Softstartér pro třífázové motory je složen ze tří dvojic fázových tyristorů pro řízení fáze a v antiparalelním zapojení. Pro motory zapojené do hvězdy můžeme připojit softstartér do trojúhelníku, takže softstartér bude řídit pouze proud ve vinutí a oproti řízení fázového proudu může být méně dimenzován. Je možné použít tzv. bypass, který poskytuje po spuštění možnost přemostění proudu a softstartér tak může být použit pro spuštění dalších motorů. Softstartér nemá možnost řízení rychlosti otáčení motoru, což je kompenzováno snadným řízením a nižší cenou. Používá se především pro spouštění ventilátorů, čerpadel, kompresorů a tam, kde je velká

setrvačnost hmoty spouštění, např. u dopravníků, odstředivek atd. Softstartér není vhodný pro pohon s velkým počátečním točivým momentem.

## 4 PLC, PAC, PCS

Tyto druhy řídicích systémů jsou pravděpodobně nejpoužívanější. Dle původních německých zdrojů lze také použít zkratku **SPS** (*Speicherprogrammierbare Steuerung*). Hlavní rys programovatelných automatů představuje především skutečnost, že jsou programovány uživatelem a zároveň jsou uživatelsky přívětivé. Programování v grafických jazycích se podobá kreslení diagramů (kontaktní či logická schémata, bloková schémata, stavové diagramy). Je snadné se je naučit ovládat, proto je mohou při programování základních úloh užívat elektrikáři či projektanti automatizovaných systémů a programátoři. Programovací jazyky pro **PLC** jsou standardizované mezinárodní normou IEC/EN 61131-3. Ta specifikuje čtyři typy programovacích jazyků. Jazyk Seznam instrukcí (*the Instruction List language – IL*), textový jazyk podobný jazyku assembler, kde jsou příslušné příkazy mnemotechnické zkratky pro příslušné pokyny. Program napsaný v jazyce IL je dlouhý a není transparentní. Jazyk Strukturovaný text (*the Structured Text language – ST*) je jazyk vyšší úrovně a připomíná jazyk Pascal, je výkonný a vyznačuje se algoritmickým přístupem. V podstatě nejpokročilejší druh programování. Jazyk Žebříčkový diagram (*the Ladder Diagram languages – LD*) představuje grafický jazyk, který vypadá jako jednořádkový diagram kdysi užívaný pro připojení rozváděčů a relé systémů. Jazyk LD je vhodný pro psaní jednoduchých logických programů (nikoli složitých), které využívají pouze základní logické operace a intuitivní přístup. Grafický jazyk funkčních bloků (*the Function Block Diagram language – FBD*) připomíná logické schéma logického systému s integrovanými obvody nebo obecnější blokové schéma. Program je velmi transparentní, pokud není zbytečně složitý. Při použití knihoven speciálních funkčních bloků (standardních či uživatelských knihoven), může být programování ve FBD velmi efektivní.

S ohledem na velikost a mechanické uspořádání, většinou rozlišujeme několik typů PLC.

### Mikro PLC

$E=m \cdot c^2$

Představuje nejnižší třídu programovatelných automatů s typickým rozmezím 10i – 20i vstupů a výstupů.

### Kompaktní PLC

$E=m \cdot c^2$

Jde o zařízení střední třídy s typickým rozmezím 20i – 80i vstupů a výstupů, někdy i o něco více.

## Modulární PLC

---



Zařízení vyšší třídy – s ohledem na možnosti konfigurace (typicky v rozmezí několik set až tisíců vstupů a výstupů, různé druhy a kombinace, specializované periferní moduly, různé typy centrálních jednotek a komunikačních modulů, průmyslové počítačové moduly) a jejich výpočetní výkon a možnosti komunikace.

---

## 5 Ostatní řídicí systémy

SoftPLC systémy jsou obvykle SW implementovány na průmyslové počítače, které používají programování dle normy IEC/EN 61131-3 (viz výše). Mezi hlavní výhody patří operační systém a jednoduchý způsob, jak využívat standardní softwarové produkty, použití standardních periférií připojených k počítači, používání archivních a komunikačních funkcí, rozhraní Ethernet, internetové komunikace a velký výpočetní výkon.

Riziko nestability operačního systému se obvykle řeší pomocí operačního systému reálného času nebo za využití rozšiřujících modulů, které jsou připojeny ke standardnímu počítači, který provádí funkce programovatelného automatu (PLC). Existuje celá řada způsobů, jak jsou realizovány systémy SoftPLC. Jsou zde i další zařízení, která mohou být programována jako PLC, jako jsou frekvenční měniče programovatelné v souladu s normou IEC / EN 61161-3. Podobné rysy jsou typické pro některé inteligentní IO moduly.

Název průmyslových počítačů obvykle pokrývá širokou třídu počítačových produktů. Nejčastější kategorií tvoří vestavné (embedded) systémy - to jsou systémy, které jsou "vložené" do stroje, řídicího systému nebo jiného zařízení. Průmyslové počítače jsou někdy označovány zkratkou **IPC** (*Industrial PC* – průmyslové PC). To je někdy používáno ve stejném smyslu jako vestavné systémy, v některých případech se rozlišují speciální třídy PC, které jsou speciálně konstruované pro extrémní odolnost a nepříznivé podmínky v průmyslovém prostředí.

Často využívaná zařízení jsou vestavné počítače s operátorskými panely, obvykle s dotykovým displejem. Jejich hlavní funkcí je implementovat rozhraní operátora (**HMI**). Standardní počítačové vybavení, paměť, komunikace a kvalitní barevná grafika umožňují pohodlnou vizualizaci, monitorování a dohled nad stavem kontrolovaného objektu; ve stejné době, poskytují uživatelsky přívětivé rozhraní. Podobné funkce mohou být realizovány kompaktním vestavným počítačem bez obrazovky – užívaným především pro jeho výpočetní funkce, v mnoha případech pro archivaci dat, komunikační funkce, standardní operační systém; může být použit také jako nástroj pro přístup k standardním perifériím, nebo softwarovým produktům. Může být použit také pro archivaci velkých souborů dat, jako komunikační adaptér (pro Ethernet), přístupový bod k Internetu, nebo pro běh numericky rozsáhlých výpočetních algoritmů.

Modulární vestavné počítače jsou používány pro náročné aplikace. Podobně, na programovatelné automaty (PLC) jsou velmi univerzální a jejich konfigurace může být upravena v závislosti na požadavku řízeného objektu.

Průmyslové počítače se přibližují programovatelným automatům. Standardní vybavení pro PLC u většiny hlavních výrobců PLC zahrnuje počítačové moduly (tj. vestavné průmyslové počítače) nebo jsou centrální jednotky PLC realizovány jako počítač (něco mezi PLC a SoftPLC).

Na první pohled je obtížné říci, zda je řídicí systém implementován jako modulární průmyslový počítač, programovatelný automat (PLC) nebo systém SoftPLC. Mezi hlavní kritéria pro klasifikaci patří způsob programování a dostupné programovací jazyky (pro PLC jsou v souladu s normou IEC/EN 61131-3).

## 5.1 DCS



---

Distribuované systémy řízení (**DCS** - *Distributed Control Systems*) jsou rozsáhlé procesní systémy řízení **PCS** (*Process Control Systems* – procesní řídicí systémy - slouží také jako synonyma), které se začaly používat v 60. letech s příchodem prvních řídicích počítačů, což umožnilo numerické řízení ovládání velkých technologických systémů, jako jsou chemické procesy, elektrárny apod. Byly vybudovány jako vhodné centralizované řešení.

---



---

Některé systémy DCS jsou specializované, některé z nich jsou však použitelné ve více oblastech. Výjimkou jsou řídicí systémy, kde jsou extrémně vysoké nároky na bezpečnost a spolehlivost. Vysoce bezpečné a spolehlivé systémy jsou velmi drahé a proto se neumísťují tam, kde to není nezbytně nutné. Tyto systémy se vyznačují přísnou hierarchickou strukturou se třemi úrovněmi ovládání, které funguje na principu zdola-nahoru:

- Snímače hladiny - senzory, pohony
  - Úroveň první kontroly (řídicí technologie a regulace)
  - Operátorská úroveň
  - Supervizní úroveň
- 

V každém případě, rozsáhlé DCS stále reprezentuje řídicí systém s vysokou spolehlivostí v oblastech, kde je nutné řešit velký počet vstupů a výstupů různých typů a kde je spolehlivost a bezpečnost naprosto kategorickým požadavkem. Jejich výhodou je také kompaktnost systému.



## 6 Regulace

### 6.1 Regulace řízení

Vyšší úroveň regulace představuje automatické řízení. Znamená to, že systém je řízen tak, že jedna nebo více fyzikálních veličin jsou udržovány dle předepsaných požadavků. Příkladem takového systému může být plynový kotel - řízený systém provádí předehřívání materiálu z důvodů povrchové úpravy (např. popouštění). Materiál umístěný uvnitř pece musí být zahříván na zadanou teplotu a po určitou dobu musí teplota pece, regulační obvody (řídící a regulační), zachovat nastavené hodnoty. Musí být měřena teplota, její hodnota je řízena regulačním ventilem (aktuátor) dodávky topného plynu. Tento systém je řízen podle jednoho nebo více měřených parametrů. Může se jednat o jakékoliv fyzikální veličiny: teplota, tlak, rychlost, výkon, napětí, atd. Měřicí jednotka zpracuje naměřené hodnoty do příslušného signálu a předá je do řídicího systému. Protože se jedná o zpětný přenos informací ze systému, nazývá se zpětná vazba. Součástí vstupů je také žádaná hodnota regulátoru (setpoint). Pro řízení zpětné vazby zjistíme rozdíl mezi hodnotami a měřenými signály – tj. regulační odchylka. Signál regulační odchylky vstupuje do řídicího bloku, jehož velikost vytváří příslušný řídicí vstup k pohonu (akční veličina - povel). Jeho velikost ovlivňuje řízený systém a jeho parametry.

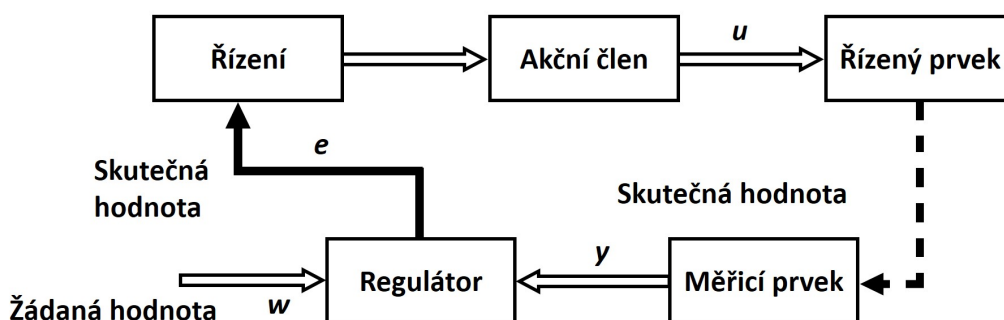


Schéma regulace řízení

### Řízení



Řízení je proces využívající zpětné vazby k dosažení požadovaného cíle (zpětnovazebné řízení). Cílem řízení je dosažení a zajištění požadované hodnoty řízené (výstup) veličiny (například teplota místnosti, hladina v nádrži) nebo její požadovaný časový průběh (například průběh teploty podle týdenního plánu nebo teploty v místnosti podle různých specifikací). Požadovanou hodnotu řízené (regulované) veličiny je třeba zajistit nejen při změnách žádané hodnoty, ale i při působení poruchových veličin, které působí na řízenou soustavu. Tyto poruchy obvykle mají nepředvídatelnou charakteristiku, např. ztráta či navýšení tepla vytápěné místnosti (způsobenou změnou venkovní teploty, okenním otvorem,

průvanem, zateplením stěny či pokoje, přítomností osob nebo napájením elektrických zařízení).

---

## Zpětná vazba

---

$E = m \cdot c^2$

Principiální schéma regulačního obvodu je zobrazeno na obrázku „Schéma regulace řízení“ v kapitole 6.1. Vstupem celého systému je požadovaná hodnota ( $w$ ) a výstupem je aktuální hodnota ( $y$ ). Jejich vzájemný rozdíl zachycuje odchylka  $e = w - y$ , která je vstupem do regulátoru. Řídicí jednotka zpracovává odchylky a dodává řídicí proměnné, která působí prostřednictvím pohonů na regulovaný systém. Řídicí jednotka se snaží minimalizovat odchylku aktuální hodnoty  $y$  pro přiblížení se požadované hodnotě  $w$ .

---

## PID regulátory

---

$E = m \cdot c^2$

**PID** je nejpoužívanějším typem regulátoru. Společnou vlastností běžného **P**, **PI** a **PID** regulátorů je linearita. V případě proporcionálního regulátoru (**P**) je řídicí proměnná přímo úměrná odchylce.

---

Řídicí proměnná proporcionálně-integračního regulátoru (**PI**) je součet dvou složek – proporcionální (u které je stejně jako v případě regulátoru **P** řídicí proměnná přímo úměrná regulační odchylce) a integrační, která je přímo úměrná akumulované hodnotě regulační odchylky, tj. k jejímu integrálu. Integrační část je schopna dosáhnout nulové regulační odchylky v některých případech, kde je to nemožné s čistě proporcionálním regulátorem.

Výstup (řídicí proměnná) proporcionálně – integračně - derivačního regulátoru (**PID**) obsahuje dodatečnou derivační složku. Ta pak "anticipuje/předvídá" chování a umožňuje rychlejší odezvu na změny systému. Nevýhodou je citlivost na vysokofrekvenční šum, který je přítomný v každém měření, a který může vést k náhodné odezvě systému.

Dokud byly PID regulátory realizovány analogovými obvody, bylo to většinou operačních zesilovačů. Regulátory jsou nyní realizovány zejména softwarově. Tento software běží na mikroprocesoru, signálovém procesoru, nebo PLC v případě průmyslových aplikací, nebo i na běžném počítači.

---

Vyčíslíme výraz pro akční zásah:

$$u_k = p \cdot e_k + i \cdot \Sigma e_k + d \cdot \Delta e_k.$$

Integrál regulační odchylky je nahrazen sumou regulačních odchylek v diskretních časech v každém kroku ( $\Sigma e_k = \Sigma e_{k-1} + e_k$ ). Derivace je nahrazena zpětnou diferencí, tj. rozdílem mezi aktuální a předchozí hodnotou regulační odchylky  $\Delta e_k = e_k - e_{k-1}$ .

---

## 7 SCADA systémy

Význam této zkratky je Supervisory Control And Data Acquisition (systém dálkového řízení a sběru dat). Jedná se o software, který umožňuje dohled, řízení a archivaci událostí technologického (nebo samozřejmě jiného) procesu. **SCADA** systémy jsou dnes často užívány jako střední stupeň v automatizaci řízení ve velkých společnostech propojených například se systémy **SAP** nebo s podobnými systémy této kategorie.

$E=m \cdot c^2$

SCADA je softwarový systém pracující s kódovanými signály prostřednictvím komunikačních kanálů pro řízení a monitoring vzdáleného zařízení. Řídicí systém je obvykle doplněn systémem pro získávání informací o stavu vzdáleného zařízení a tato data zobrazuje, zpracovává a zaznamenává.

$E=m \cdot c^2$

**HMI** (*Human Machine Interface* = rozhraní člověk-stroj) je software pro práci s obrazem, který provádí vizualizaci technologického procesu. HMI poskytuje provozovateli technologického zařízení podrobná schémata až po konkrétní senzory, poskytuje informace o managementu technologií, o trendech a poskytuje diagnostická data.

SCADA systémy se typicky skládají z následujících částí:

- HMI (Human Machine Interface)
- vzdálené terminály, které převádí signály senzoru procesu do digitálních dat a umožňují připojení těchto senzorů k řídicímu centru
- skriptovací jazyk umožňující řízení dílčích technologií nebo funkcí
- možnost připojení k různým sítím – **WAN** (*World Area Network*), **LAN** (*Local Area Network*), ethernet, odesílání SMS atd.
- komunikace s počítačovým hardwarem prostřednictvím vrstev, jako je **HAL**, čímž dochází např. k nejrychlejšímu zobrazování grafů a dat. V obrovském množství dat je tato funkce často velmi důležitá.

Všechny SCADA systémy mají dvě hlavní funkční části, a to vývojové části/moduly a Runtime moduly.

—

Na trhu existuje množství různých verzí SCADA systémů, jako příklad lze uvést:

- Wonderware In Touch od společnosti Schneider Electric
- WinCC od společnosti Siemens
- RELIANCE od společnosti Geovap
- CITECT od společnosti Schneider Electric
- ControlWeb od společnosti Moravské Přístroje

- RSView Studio od společnosti Rockwell Automation
- 

## **OPC**

Jednou z nejdůležitějších funkcionalit je standardizované rozhraní z PLC/PAC do SCADA systémů. Je to velmi rozšířený standard, protože umožňuje nezávislost PLC a SCADA systémů, protože dříve bylo zcela normální, pokud dodavatel PLC usel dodávat i SCADA systém, aby byla zaručena kompatibilita.