LOGICKÉ ŘÍZENÍ

- **matematický základ logického řízení**
- **kombinační logické řízení**
- **sekvenční logické řízení**
- **programovatelné logické automaty**

Matematický základ logického řízení

logické proměnné
logické funkce
zákony formální logiky

Logické proměnné

analogie číselných proměnných, ale **mohou nabývat pouze dvou hodnot** :

PRAVDA / NEPRAVDA anglicky: TRUE / FALSE
"logická 1" / "logická 0" obecně zjednodušeně: **1 / 0**

využití ve vztahu k technologickému procesu :
vyjadřují mezní stav zařízení nebo hodnotu veličiny vůči dané mezi

např.:
log.proměnná **C** popisující stav čerpadla:

čerpadlo	**C**
v klidu	**0**
v chodu	**1**

log.proměnná **T** popisující hodnotu teploty vůči 20°C

teplota	**T**
< 20°C	**0**
≥ 20°C	**1**

Logické funkce

analogie číselných funkcí, ale **jejich argumenty jsou logické proměnné, výsledek může nabývat pouze dvou hodnot**

definice logické funkce:

a) pravdivostní tabulkou udává hodnotu logické funkce pro každou možnou kombinaci hodnot jejích argumentů

tvar tabulky:

sloupce: x_1 x_2 x_3 ... x_n f(x)

řádky: hodnoty argumentů x a příslušná hodnota funkce f(x)

b) logickým výrazem skládá se z logických proměnných spojených operátory elementárních logických funkcí

Elementární logické funkce

1) negace (NOT)

funkce jedné proměnné

- pravdivostní tabulka :

x	f (x)
1	**0**
0	**1**

- značení : $\overline{x}$
- zápis logickým výrazem : $\mathrm{f}(x) = \overline{x}$

Elementární logické funkce

2) logický součet (OR , "nebo" , disjunkce)

funkce dvou proměnných

- pravdivostní tabulka :

x	y	f (x,y)
0	0	**0**
0	1	**1**
1	0	**1**
1	1	**1**

- značení : $x + y$ nebo $x \vee y$
- zápis logickým výrazem : $\mathrm{f}(x, y) = x + y$

Elementární logické funkce

3) logický součin (AND , "a" , konjunkce)

funkce dvou proměnných

- pravdivostní tabulka :

x	y	f (x,y)
0	0	**0**
0	1	**0**
1	0	**0**
1	1	**1**

- značení : $x \,.\, y$ nebo $x \wedge y$
- zápis logickým výrazem : $\mathrm{f}(x, y) = x \,.\, y$

Zákony formální logiky (Booleovy algebry)

- zákon neutrality 0 v součtu a 1 v součinu (*axiom*)

  $x + 0 = x$ $\qquad$ $x \,.\, 1 = x$
- zákon o vyloučeném třetím (*axiom*)

  $x + \bar{x} = 1$ $\qquad$ $x \,.\, \bar{x} = 0$
- zákon komutativní v součtu a součinu (*axiom*)

  $x + y = y + x$ $\qquad$ $x \,.\, y = y \,.\, x$
- zákon asociativní v součtu a součinu (*axiom*)

  $x + (y + z) = (x + y) + z$ $\qquad$ $x \,.\, (y \,.\, z) = (x \,.\, y) \,.\, z$
- zákon distributivní (*axiom*)

  $x \,.\, (y + z) = x \,.\, y + x \,.\, z$ $\qquad$ $x + (y \,.\, z) = (x + y) \,.\, (x + z)$

Zákony formální logiky (Booleovy algebry)

- zákon agresivity 0 v součinu a 1 v součtu (zákon dominance)

  $x \,.\, 0 = 0$ $\qquad$ $x + 1 = 1$
- zákon opakování

  $x + x = x$ $\qquad$ $x \,.\, x = x$
- zákon dvojí negace

  $\bar{\bar{x}} = x$
- de Morganovy zákony

  $\overline{x + y} = \bar{x} \,.\, \bar{y}$ $\qquad$ $\overline{x \,.\, y} = \bar{x} + \bar{y}$

Priority logických operací :

1. negace
2. logický součin
3. logický součet

Přechod ze zápisu funkce pravdivostní tabulkou na zápis logickým výrazem

A) pomocí **úplné disjunktní normální formy** (ÚDNF)

1. z pravdivostní tabulky vybereme řádky s hodnotou funkce = 1
2. každý takový řádek zapíšeme jako logický součin argumentů funkce, přičemž:
   - je-li argument = 1, zapíšeme jeho symbol v přímém tvaru
   - je-li argument = 0, zapíšeme jeho symbol negovaný
3. výsledný logický výraz (zápis funkce) je logickým součtem všech takto vytvořených logických součinů

Výsledný logický výraz můžeme zjednodušit využitím zákonů formální logiky a pravidla

$$x \,.\, V + \bar{x} \,.\, V = V$$

(x ... logická proměnná, V ... libovolný logický výraz)

Přechod ze zápisu funkce pravdivostní tabulkou na zápis logickým výrazem

B) pomocí **úplné konjunktní normální formy** (ÚKNF)

1. z pravdivostní tabulky vybereme řádky s hodnotou funkce = 0
2. každý takový řádek zapíšeme jako logický součet argumentů funkce, přičemž:
   - je-li argument = 0, zapíšeme jeho symbol v přímém tvaru
   - je-li argument = 1, zapíšeme jeho symbol negovaný
3. výsledný logický výraz (zápis funkce) je logickým součinem všech takto vytvořených logických součtů

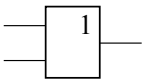
Výsledný logický výraz můžeme zjednodušit využitím zákonů formální logiky a pravidla

$$x \,.\, V + \bar{x} \,.\, V = V$$

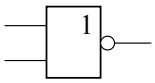
(x ... logická proměnná, V ... libovolný logický výraz)

Grafické symboly používané v logických obvodech

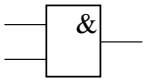
logický součet (OR)



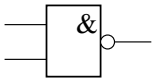
negovaný logický součet (NOR)



logický součin (AND)



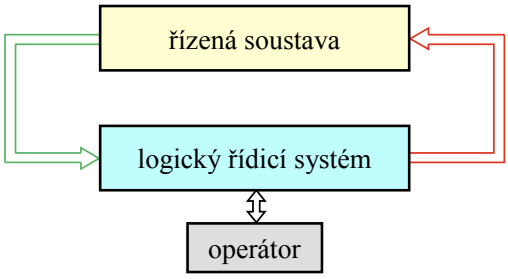
negovaný logický součin (NAND)



Principy logického řízení

kombinační logické obvody
sekvenční logické obvody

Základní struktura logického řízení



- mezní čidla technologických veličin (hladiny, teploty, tlaku,...)
- signalizace chodu
- koncové spínače dopravníků, ventilů, pohonů, klapek
- ovládací spínače a tlačítka
- dvoupolohové ventily
- stykače elektropohonů
- klapky, hradítka,...
- optické a akustické signalizační prvky

všechny signály jsou DVOUHODNOTOVÉ !

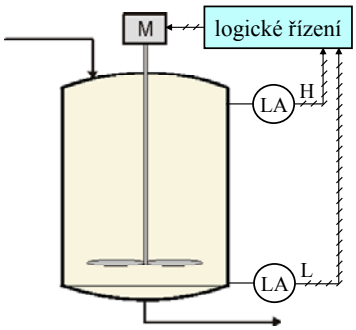
Kombinační logické obvody

hodnota výstupu je určena pouze okamžitým stavem vstupů

Postup návrhu řízení založeného na kombinační logice:

1. určíme, které veličiny (logické proměnné) budou vstupy (argumenty) pro určení hodnoty výstupu (logická funkce - ovládací signál)
2. pro každý výstup (logickou funkci) vytvoříme pravdivostní tabulku (počet vstupů - argumentů funkce = n) :
   - počet sloupců = $n + 1$
   - počet řádků = 2^n (počet všech kombinací hodnot vstupů)
3. každé kombinaci vstupů přiřadíme hodnotu výstupu podle požadovaných vlastností obvodu
4. pravdivostní tabulku převedeme na logický výraz
5. logický výraz realizujeme (obvykle programem)

Příklad: ovládání míchadla v nádrži



Úkol řízení: míchadlo má být zapnuto při napouštění a při vypouštění

Proměnné: $LA_L = 1$ ... hladina nad čidlem
$LA_H = 1$ ... hladina nad čidlem
$M = 1$ ... míchadlo zapnuto

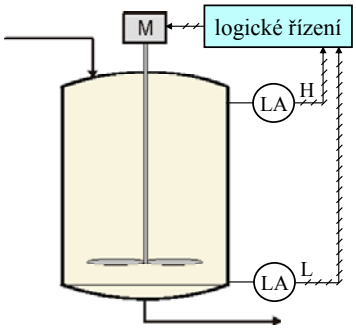
- pravdivostní tabulka :

LA_L	LA_H	M
0	0	0
0	1	---
1	0	1
1	1	0

- logický výraz pro M :
(z ÚDNF - jednodušší)

$$M = LA_L \,.\, \overline{LA_H}$$

Příklad: ovládání míchadla v nádrži



Úkol řízení: míchadlo má být zapnuto jen při napouštění

?

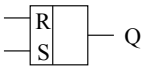
je třeba si pamatovat **předchozí stav**: byl "prázdná nádrž" nebo "plná nádrž" ?

SEKVENČNÍ LOGICKÉ ŘÍZENÍ

Sekvenční logické obvody

hodnota výstupu závisí jednak na okamžitém stavu vstupů, jednak na předchozích hodnotách vstupů, tedy na tzv. **stavu**

Paměťový prvek : **RS klopný obvod**



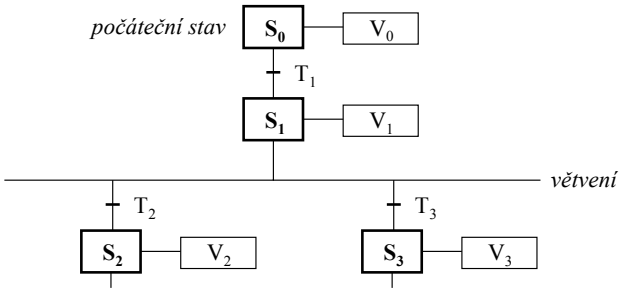
vstup **S** nastavovací („set")
vstup **R** mazací („reset")

Pravdivostní tabulka:

S_n	R_n	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	1/ 0 *)

*) hodnota výstupu není jednoznačně definována, záleží na typu obvodu (udává výrobce)

Funkční diagram sekvenčního řízení



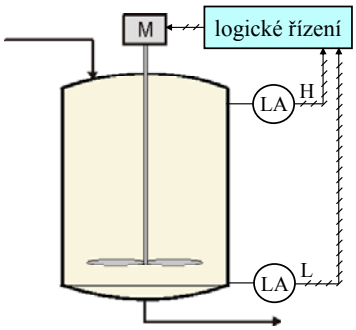
$\mathbf{S_i}$ ... stavy
V_i ... logické výrazy definující hodnoty výstupů ve stavu $\mathbf{S_i}$
T_i ... logické výrazy definující podmínku přechodu ze stavu $\mathbf{S_{i-1}}$ do stavu $\mathbf{S_i}$

Sekvenční logické řízení

Postup návrhu sekvenčního řízení:

1. určíme jednotlivé stavy a jejich pořadí v sekvenci,
2. určíme hodnoty vstupů, které jsou pro daný stav významné,
3. pro každý stav vytvoříme logické výrazy, které určují hodnoty výstupů,
4. vytvoříme logické výrazy definující podmínky pro přechody mezi stavy,
5. vytvoříme sekvenční diagram řízení,
6. sekvenční diagram převedeme do formy programu.

Příklad: ovládání míchadla v nádrži

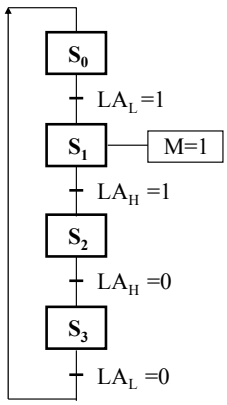


Úkol řízení: míchadlo má být zapnuto jen při napouštění

Proměnné: $LA_L = 1$ ... hladina nad čidlem
$LA_H = 1$ ... hladina nad čidlem
$M = 1$ ... míchadlo zapnuto

Stavy : S_0 ... nádrž prázdná
S_1 ... napouštění
S_2 ... nádrž plná
S_3 ... vypouštění

Sekvenční diagram :



Příklad: ovládání míchadla v nádrži

Popis stavů :

stav	LA_L	LA_H	PAM	**M**
$\mathbf{S_0}$	0	0	0	**0**
$\mathbf{S_1}$	1	0	1	**1**
$\mathbf{S_2}$	1	1	0	**0**
$\mathbf{S_3}$	1	0	0	**0**

Paměťový prvek :

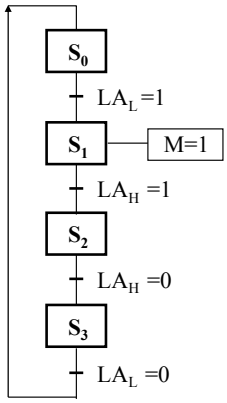
$S \equiv \overline{LA_L}$	$R \equiv LA_H$	$\mathbf{PAM_{n+1}}$
1	0	**1**
0	1	**0**
0	0	PAM_n

Výsledný logický výraz pro **M** :

$$M = LA_L \,.\, \overline{LA_H} \,.\, PAM$$

Stavy :
S_0 ... nádrž prázdná
S_1 ... napouštění
S_2 ... nádrž plná
S_3 ... vypouštění

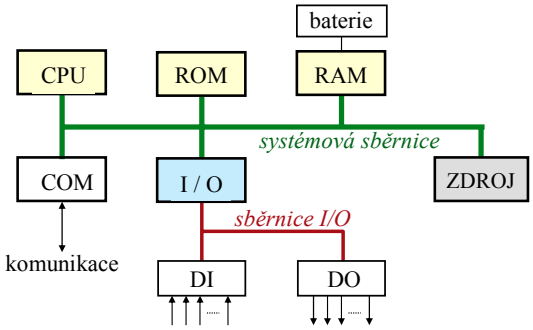
Sekvenční diagram :



Programovatelné logické automaty
(PLC)

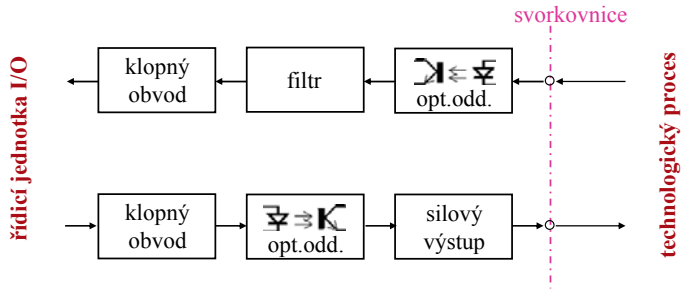
základní vlastnosti
princip práce
procesní počítače

Blokové schéma PLC



CPU ... centrální jednotka - zpracování informací podle programu
ROM ... paměť pouze pro čtení - systémové programy
RAM ... paměť pro čtení i zápis - řídicí program, mezivýsledky operací
IO ... řídicí jednotka vstupů a výstupů : DI ... logické vstupy
DO ... logické výstupy
COM ...jednotka pro komunikaci s dalšími částmi řídicího systému

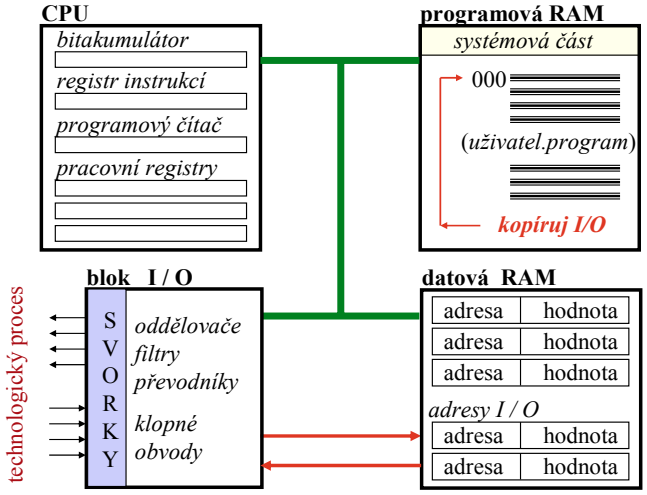
Vnitřní struktura vstupů a výstupů



Základní programové funkční prvky PLC

- podmíněné příkazy - provedou se pouze tehdy, je-li splněna podmínka, která je uvozuje, nastavují hodnoty logických proměnných
- časovače - odměřují délku časových intervalů; spouštějí a zastavují se binárním signálem, výstup binární (po proběhnutí času)
- čítače - počítají vstupní pulsy nebo vysílají pulsy na výstup; ovládají se binárním signálem, výstup binární (po odpočítání zadaného počtu pulsů)
- sekvenční registry - posloupnost bitů (každý je adresovatelný); vložení binární informace na vstup způsobí posun celé posloupnosti, obsah posledního bitu se ztrácí (dávají možnost vložit informaci a po určitém počtu kroků ji zase vyjmout a zpracovat)

Princip činnosti PLC

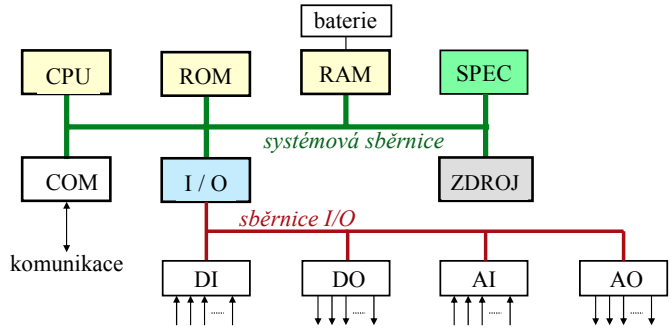


Rozšíření PLC

- práce s analogovými signály - doplnění jednotky I/O o převodníky analogových signálů
- práce s číselnými proměnnými - aritmetické operace, některé funkce, porovnávání (možnost práce s celými i racionálními čísly)
- regulátory - zabudované PSD regulační algoritmy, možnost spojování regulátorů do kaskády
- hodiny reálného času - řízení procesu v závislosti na datu a denní době,
- panel operátora - zobrazování stavu procesu na displeji, možnost zadávat číselné údaje a volit různé programy
- speciální algoritmy - automatické nastavování konstant regulátorů, práce s tzv. fuzzy proměnnými, ...

PLC → **procesní počítač**

Blokové schéma rozšířeného PLC



CPU ... centrální jednotka - zpracování informací podle programu
ROM ... paměť pouze pro čtení - systémové programy
RAM ... paměť pro čtení i zápis - řídicí program, mezivýsledky operací
IO ... říd. jednotka vstupů a výstupů: DI / DO ... logické vstupy / výstupy
AI / AO ... analogové vstupy / výstupy
COM ... jednotka pro komunikaci s dalšími částmi řídicího systému

Programování PLC (ukázka jedné z možností)

struktura podmíněného příkazu :

číslo příkazu	**podmínka nastavující bitakumulátor**
	instrukce: nastavení obsahu adres, skok , ... provedou se pouze tehdy, je-li obsah bitakumulátoru = 1

konstrukce podmínek (BA ... bitakumulátor) :

A	***adresa***	logický součin obsahu BA a obsahu adresy
AN	***adresa***	logický součin obsahu BA a negace obsahu adresy
O	***adresa***	logický součet obsahu BA a obsahu adresy
ON	***adresa***	logický součet obsahu BA a negace obsahu adresy

Programování PLC (ukázka jedné z možností)

struktura podmíněného příkazu :

číslo příkazu	**podmínka nastavující bitakumulátor**
	instrukce: nastavení obsahu adres, skok , ... provedou se pouze tehdy, je-li obsah bitakumulátoru = 1

konstrukce instrukcí:

=	***adresa***	nastaví obsah adresy na 1 (pro jeden cyklus automatu)
=N	***adresa***	nastaví obsah adresy na 0 (pro jeden cyklus automatu)
=S	***adresa***	nastaví obsah adresy na 1, zůstane až do zrušení (≡ SET)
=R	***adresa***	nastaví obsah adresy na 0, zůstane až do zrušení (≡ RESET)
JC	***návěští***	provede skok na místo programu označené návěštím

Programování PLC

ukázka programu pro řízení míchadla v nádrži v kódu pro PLC Alfa Laval SattControl OP 45

```
01:  AN   LAL  ;   je-li hladina pod minimem
     =S   PAM  ;   nastav příznak napouštění

02:  A    LAH  ;   je-li hladina nad maximem
     =R   PAM  ;   zruš příznak napouštění

03:  A    LAL  ;   hladina je nad minimem          } podmínka
     AN   LAH  ;   a hladina není nad maximem
     A    PAM  ;   a je nastaven příznak napouštění
     =    M    ;   zapni míchadlo                   instrukce
```