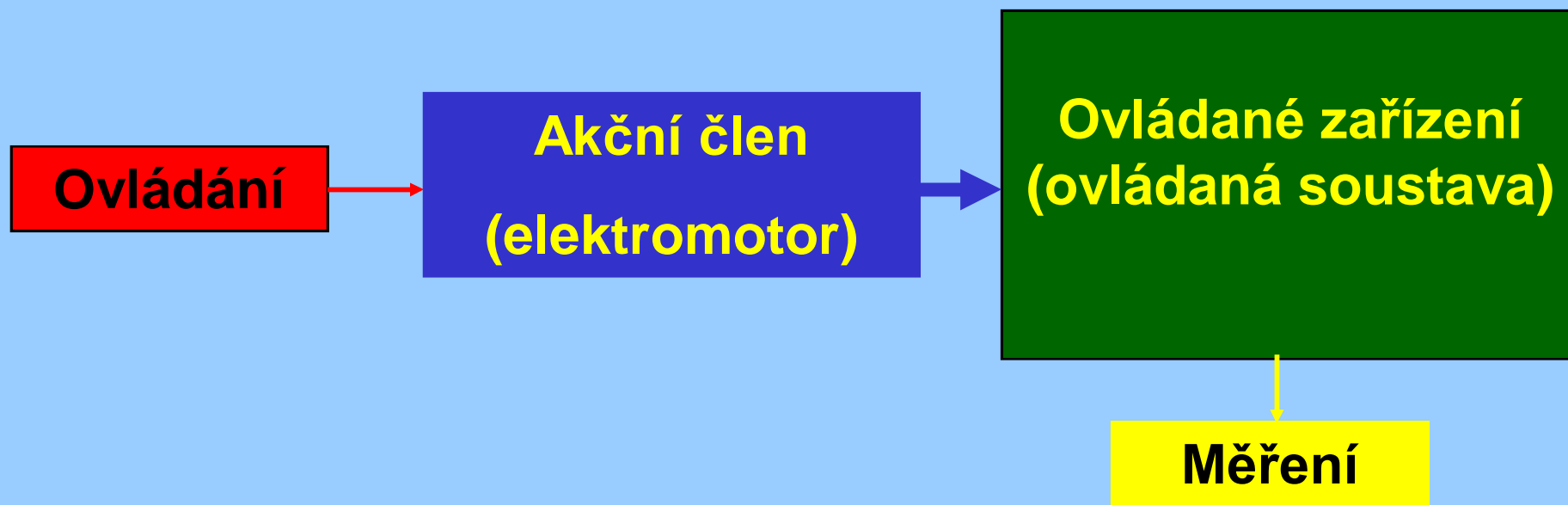


REGULACE ČINNOSTI ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ

- Úvod
- **Záporná zpětná vazba**
- Úloha regulátoru
- **Druhy regulátorů**
- **Seřízení regulátoru**
- Snímání informací o technologickém procesu

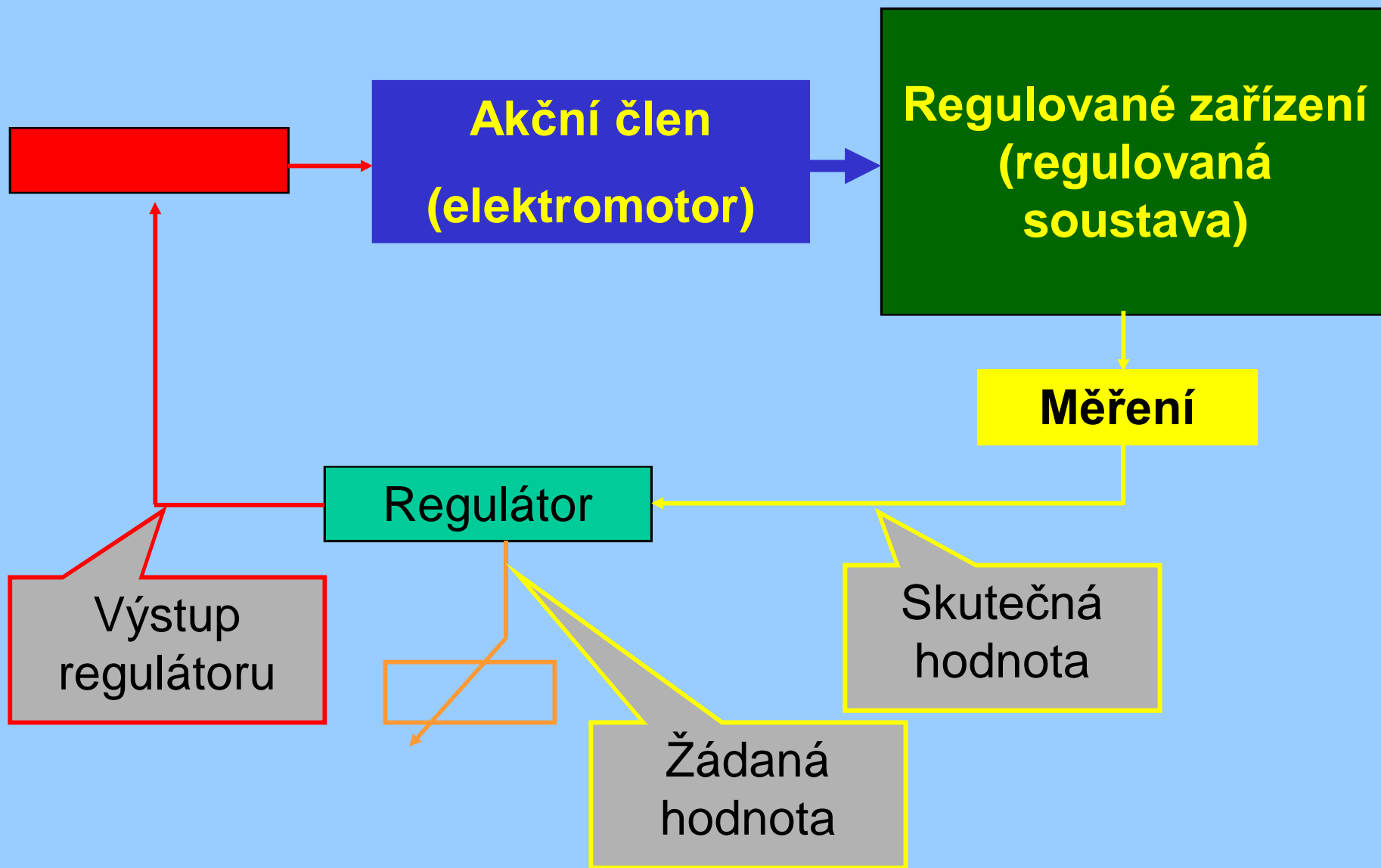
Úvod

Ovládání je řízení, při kterém ovládáme soustavu bez automatické zpětné vazby



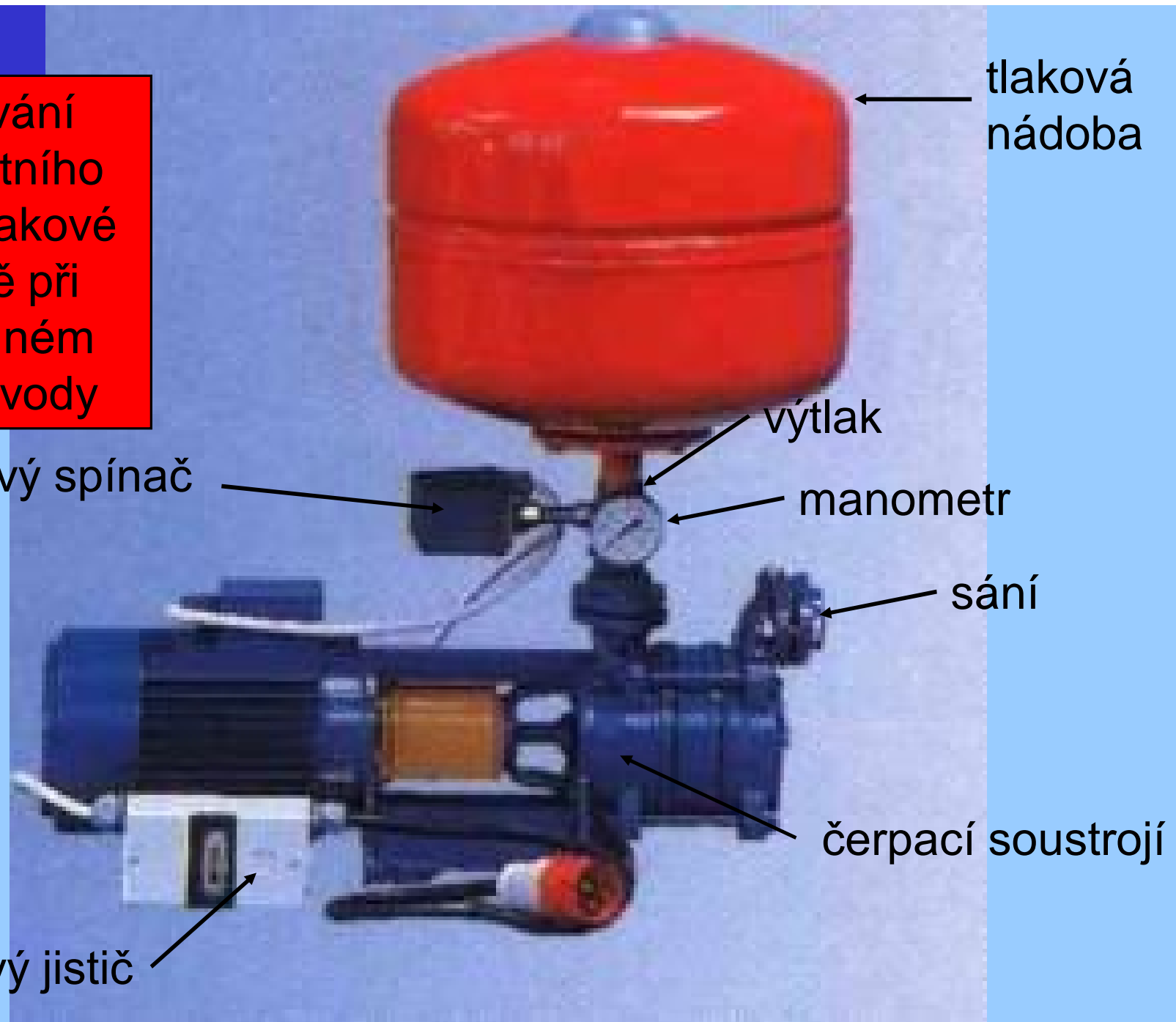
Úvod

Regulace je řízení, při kterém regulovaná veličina sleduje řídící veličinu



Příklad

Udržování konstantního tlaku v tlakové nádobě při proměnném odběru vody



**kontakty
spínače**

**=
řízení**

čerpací soustrc

**=
akční člen**

tlaková nádoba

**=
regulované zařízení**

manometr

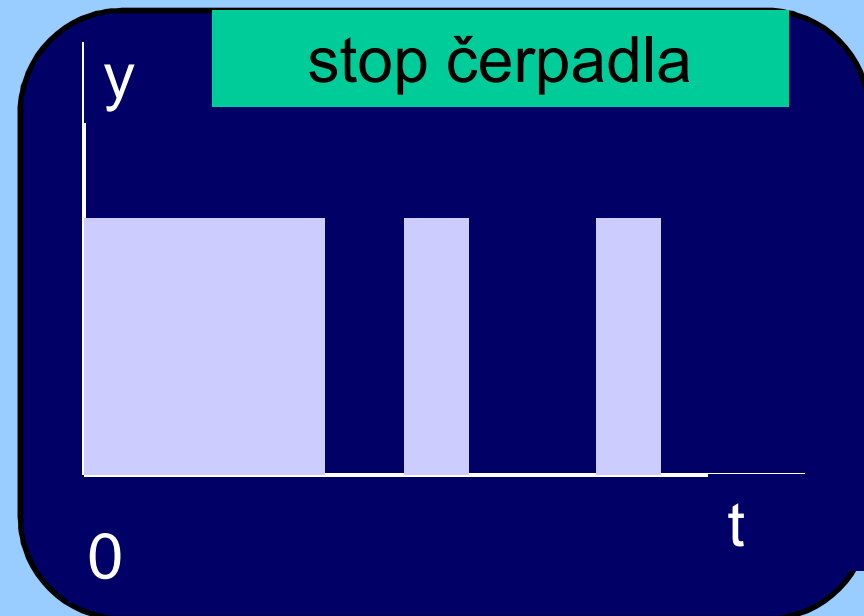
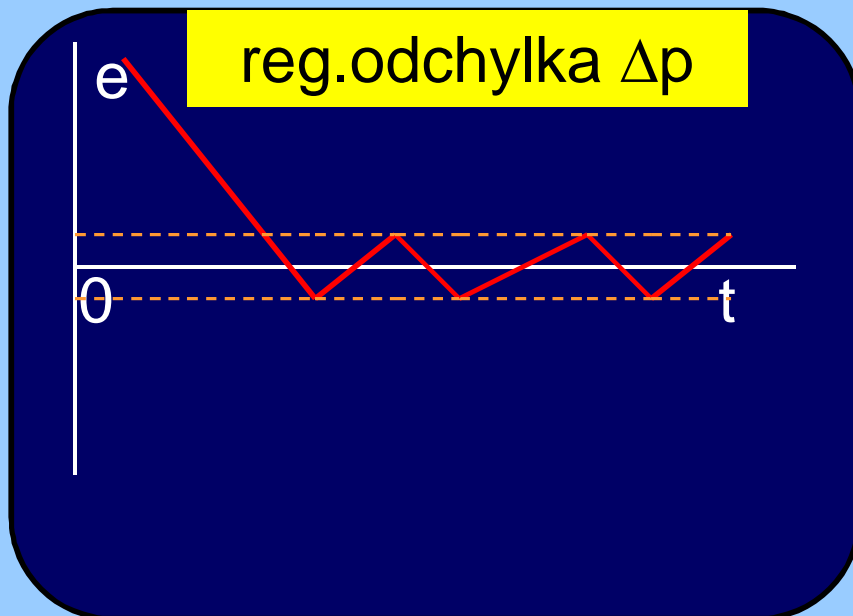
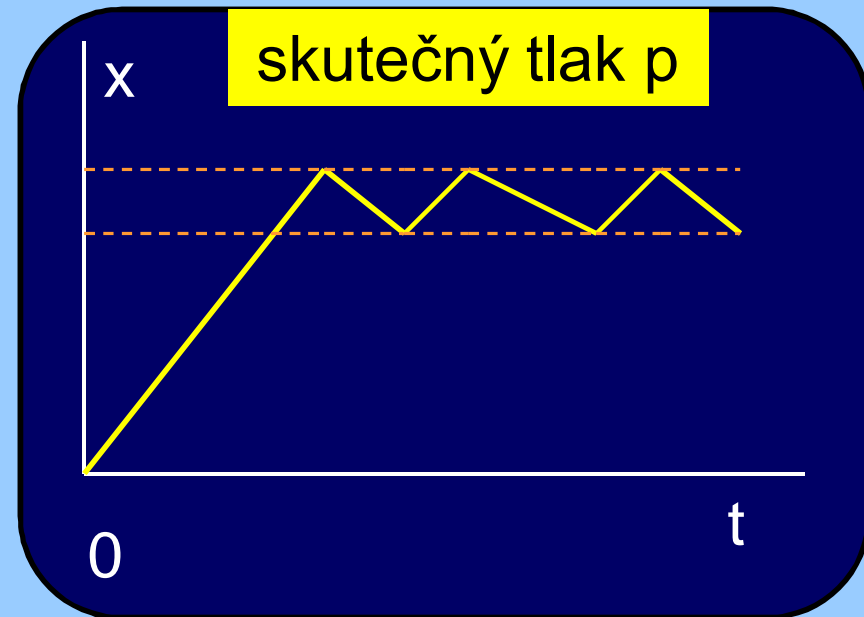
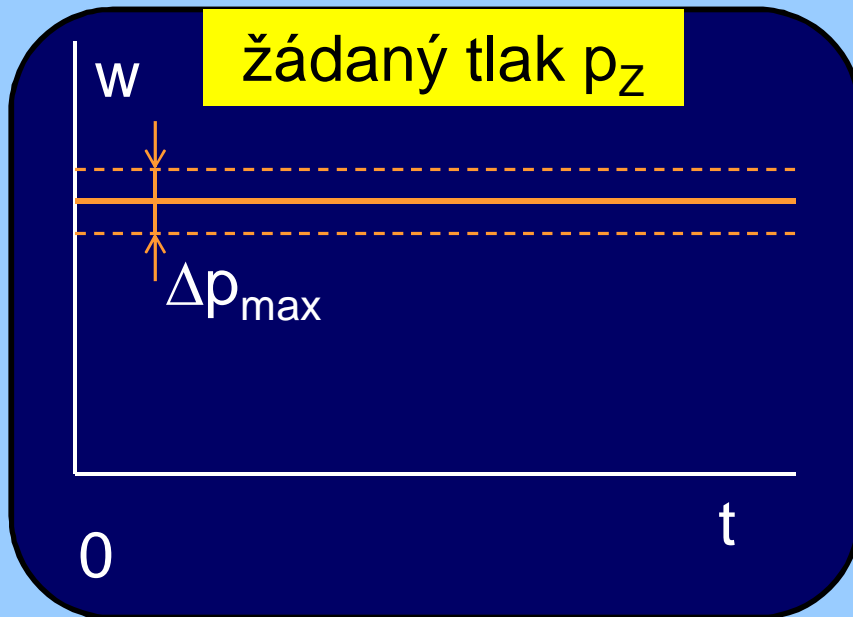
**=
měření**

tlakový spínač

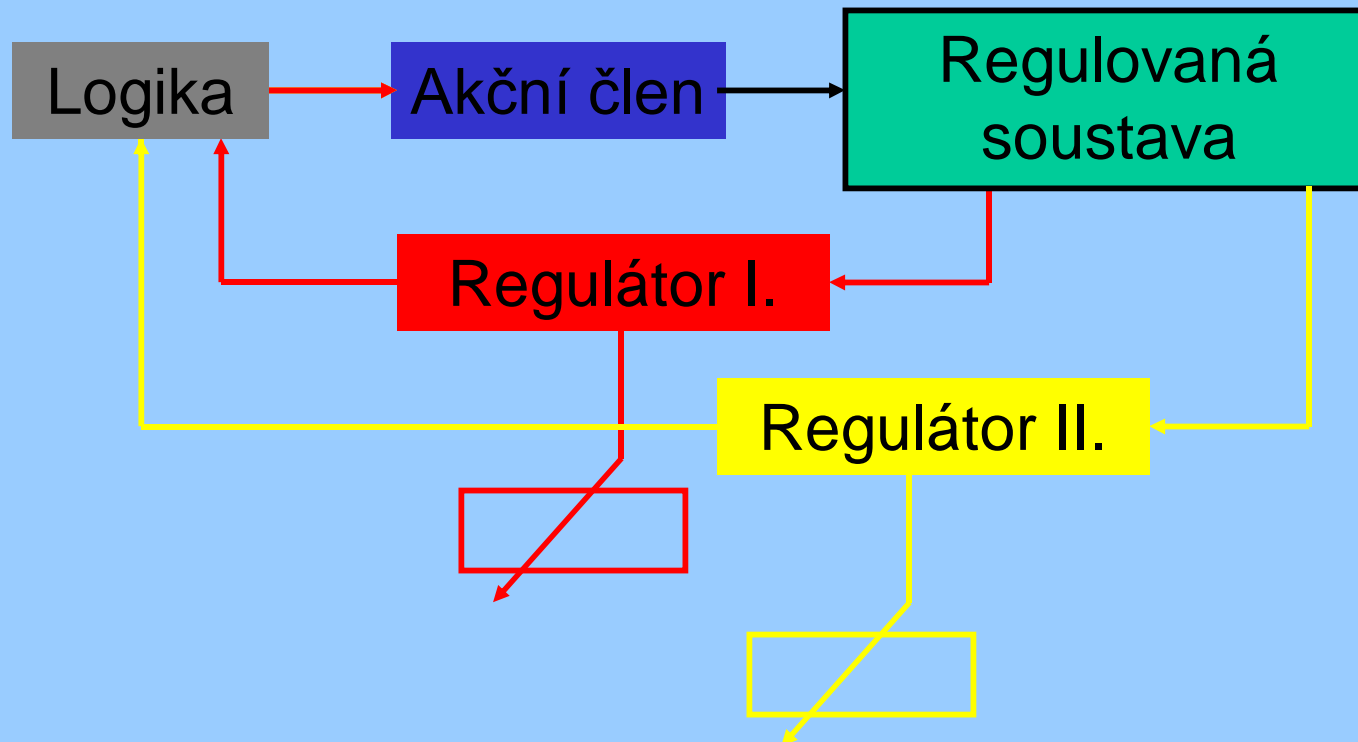
**=
regulátor**

**Dvoustavová
regulace**

Dvoustavová regulace VYP - ZAP

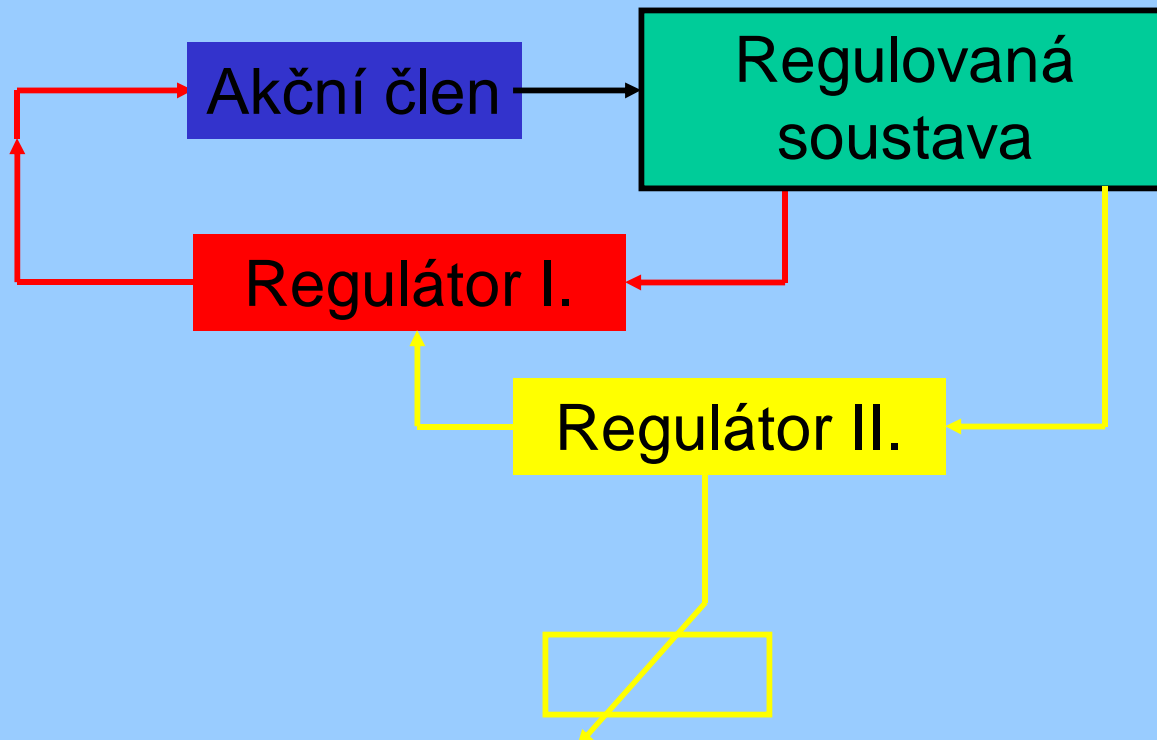


Regulace většího počtu veličin – kombinace více smyček



Jednotlivé smyčky pracují nezávisle na sobě
logický člen vybírá smyčku, která působí na akční člen

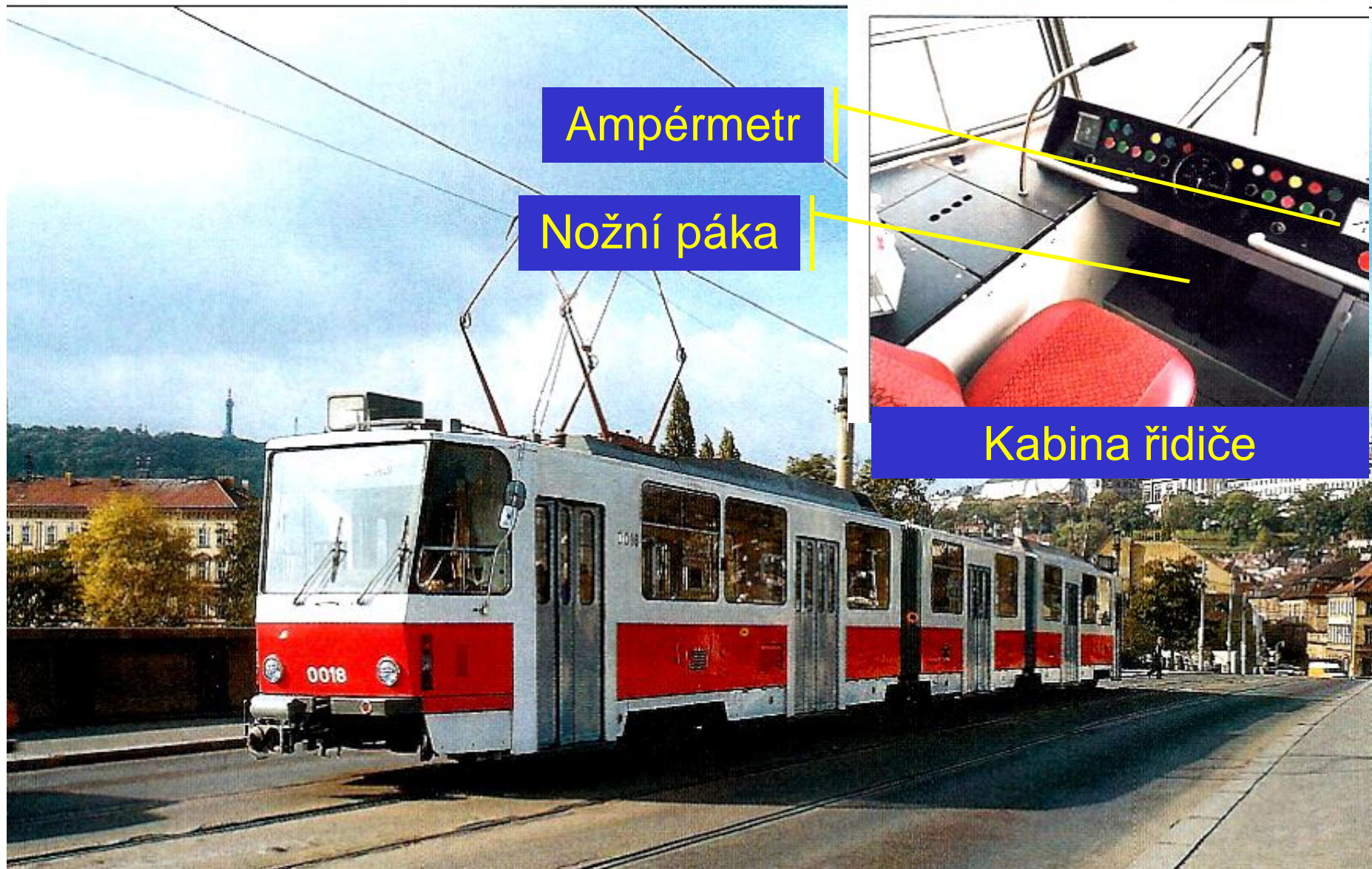
Regulace většího počtu veličin – kombinace více smyček



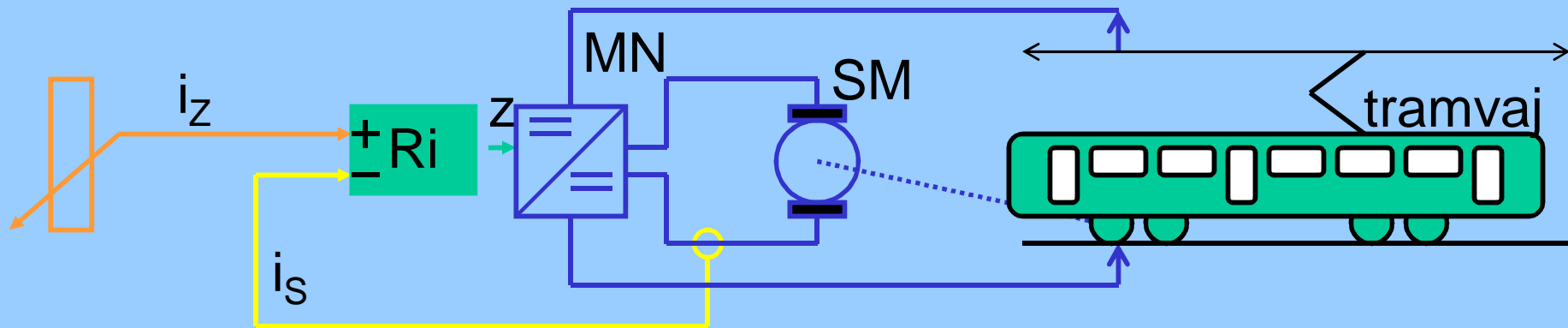
Smyčky pracují jako vnořené (v sérii)

Vnitřní (podřízená) smyčka je řízena vnější (nadřazenou) smyčkou

Spojité regulace proudu motoru tramvaje (podřízená smyčka)



Spojité regulace proudu motoru tramvaje (podřízená smyčka)



SM - stejnosměrný motor

MN - měnič stejnosměrného napětí

Ri - regulátor proudu s výstupem z pro řízení měniče napětí

i_z - žádaná hodnota proudu (momentu)

nožní páka řidiče

i_s - skutečná hodnota proudu (momentu)

ampérmetr řidiče

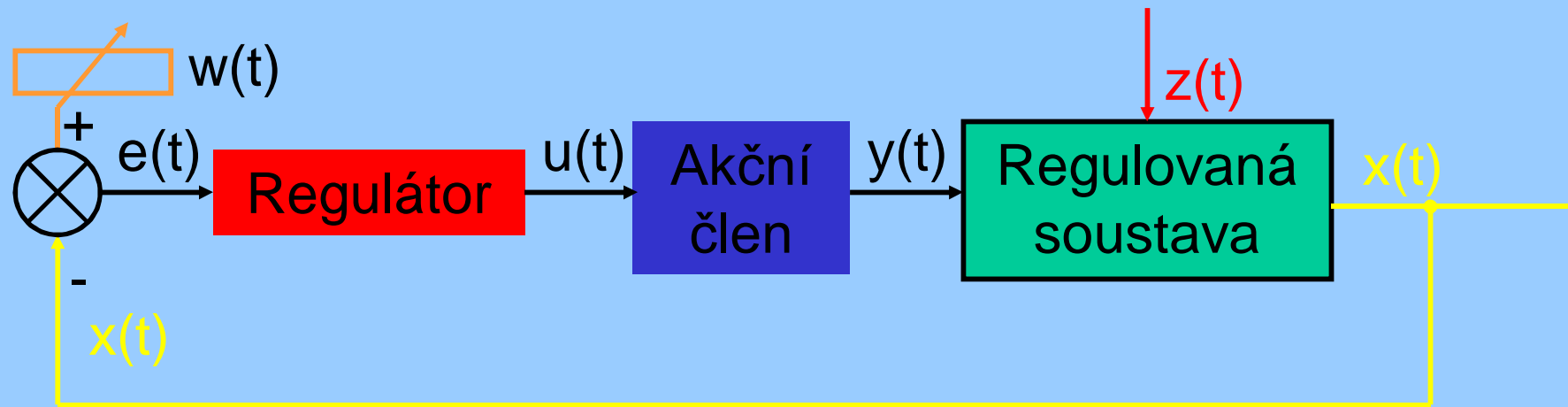
e - regulační odchylka $= i_z - i_s$

$-i_s$ - záporná zpětná vazba

Je na tramvaji nadřazená smyčka?

Ano, tvoří ji řidič, ovládající nožní páku dle tachometru

Regulační smyčka



- $w(t)$ - žádaná hodnota
- $x(t)$ - skutečná hodnota
- $e(t)$ - regulační odchylka $= w(t) - x(t)$
- $u(t)$ - výstupní veličina regulátoru
- $y(t)$ - akční veličina
- $z(t)$ - poruchová veličina

přenos regulované soustavy

$$G_S = x / y$$

přenos akčního členu

$$G_{AC} = y / u$$

přenos regulátoru

$$G_R = u / e$$

přenos otevřené smyčky

$$G_{OS} = x / e = G_R * G_{AC} * G_S$$

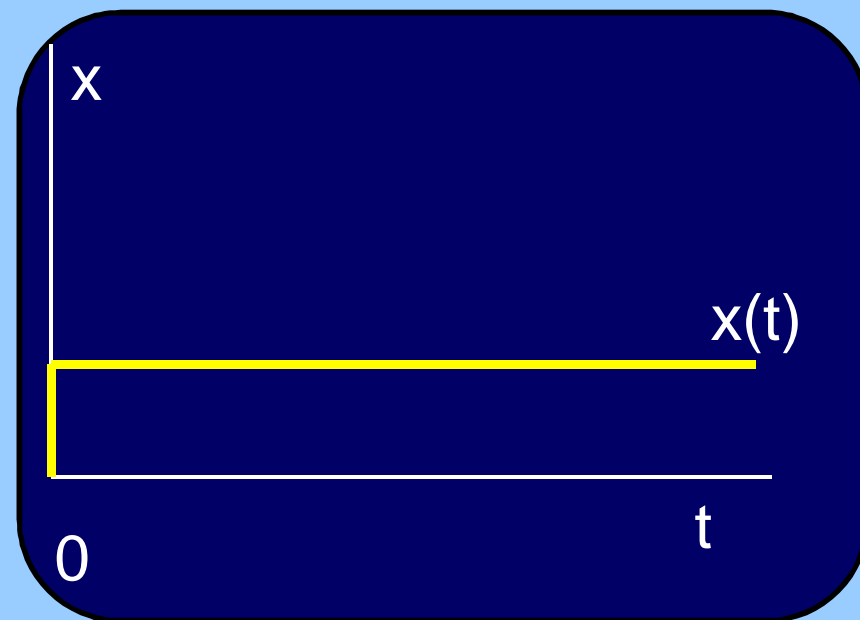
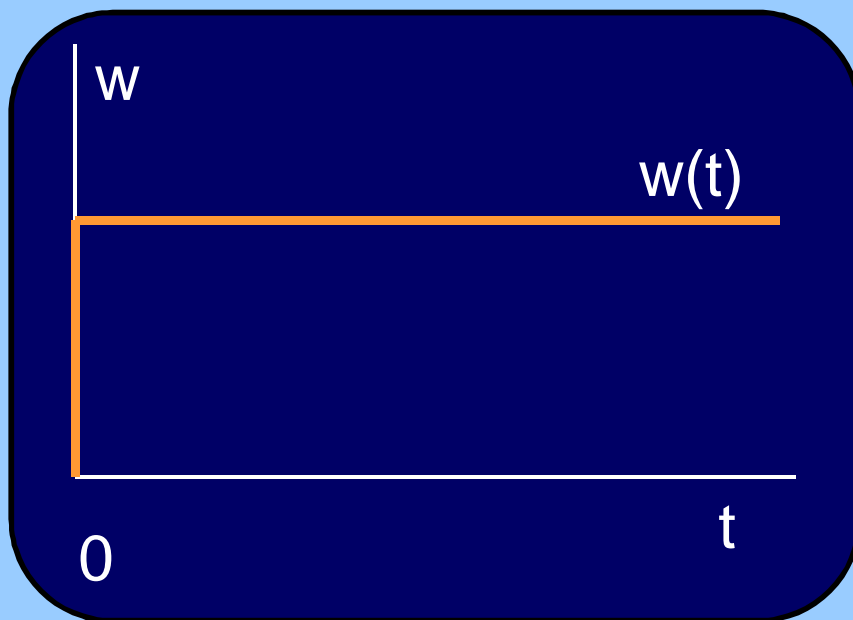
Druhy regulátorů

P - proporcionální regulátor

Odezva na jednotkový skok w má rovněž skokový průběh

$$x(t) = K_P * w(t)$$

$$G_R = \frac{x(p)}{w(p)} = K_P$$



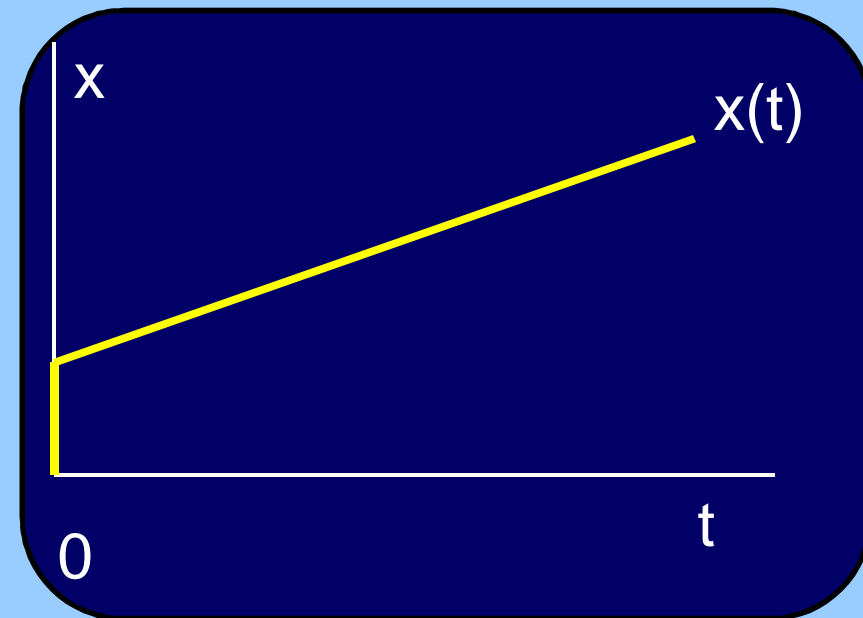
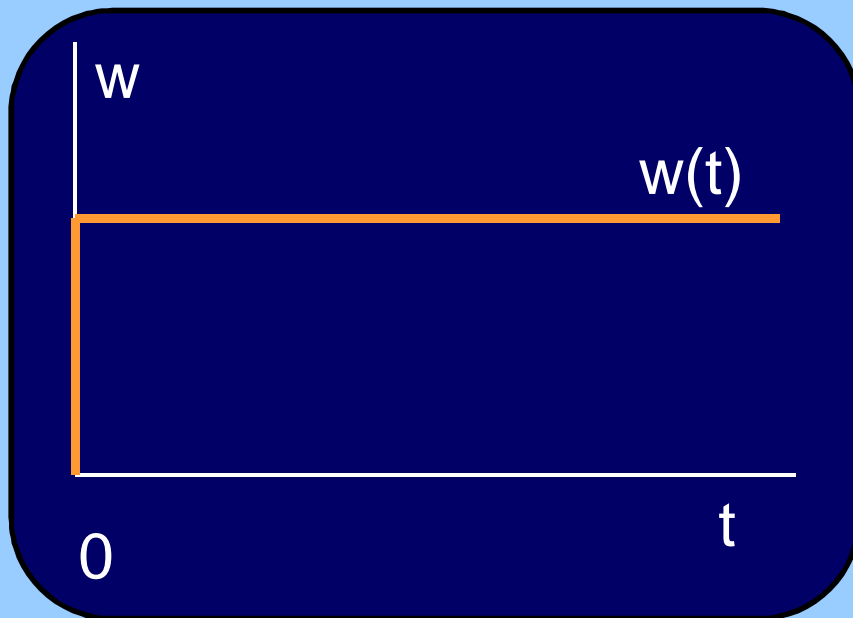
Druhy regulátorů

PI - proporcionálně-integrační regulátor

Odezva na jednotkový skok w má na začátku skok a následující průběh je integrálem vstupu w

$$x(t) = K_P * w(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t w(t) * dt$$

$$G_R = \frac{x(p)}{w(p)} = K_P + \frac{1}{pT_I}$$



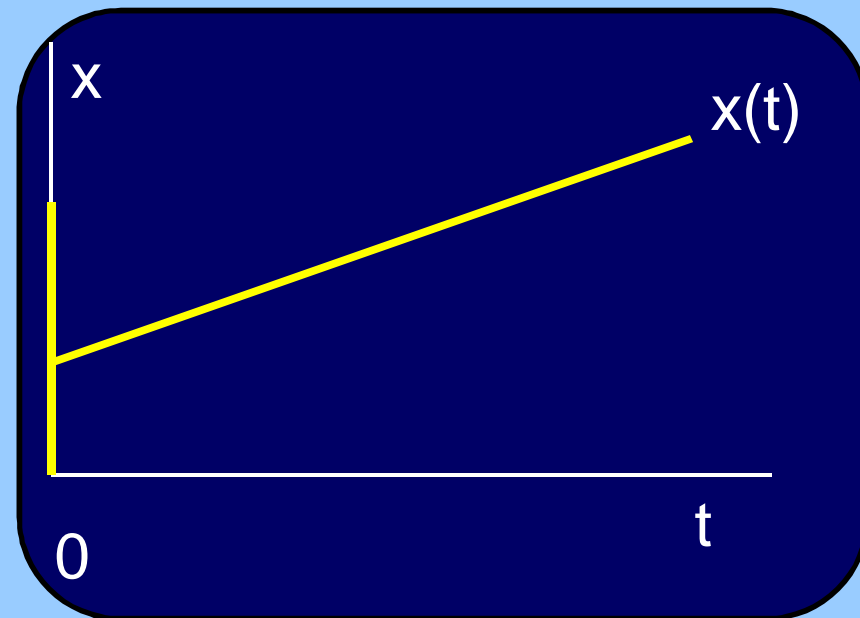
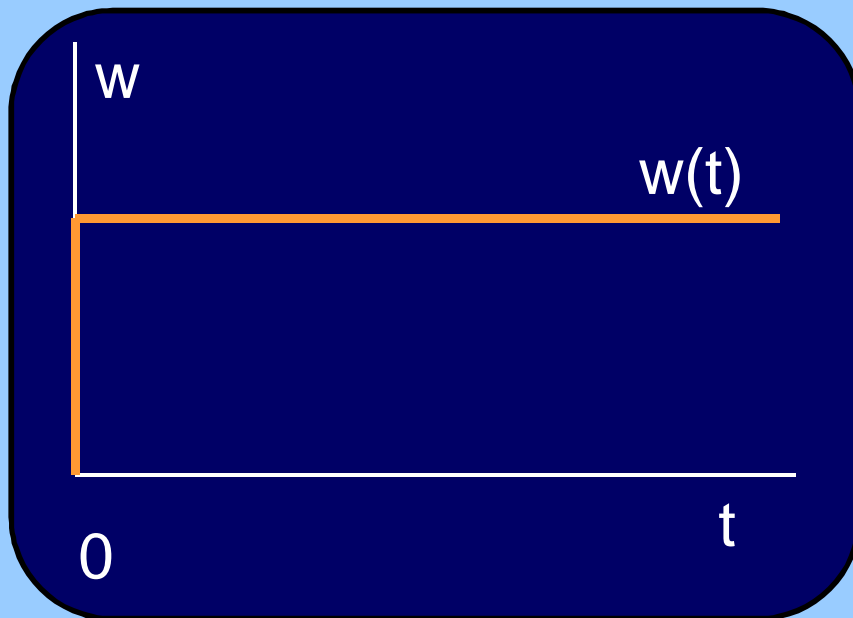
Druhy regulátorů

PID - proporcionálně-integračně-derivační regulátor

Odezva na jednotkový skok w má na začátku větší skok díky derivační složce, která reaguje na změnu w a následující průběh je integrálem vstupu w

$$x(t) = K_P * w(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t w(t) * dt + T_D * \frac{dw(t)}{dt}$$

$$G_R = \frac{x(p)}{w(p)} = K_P + \frac{1}{pT_I} + pT_D$$



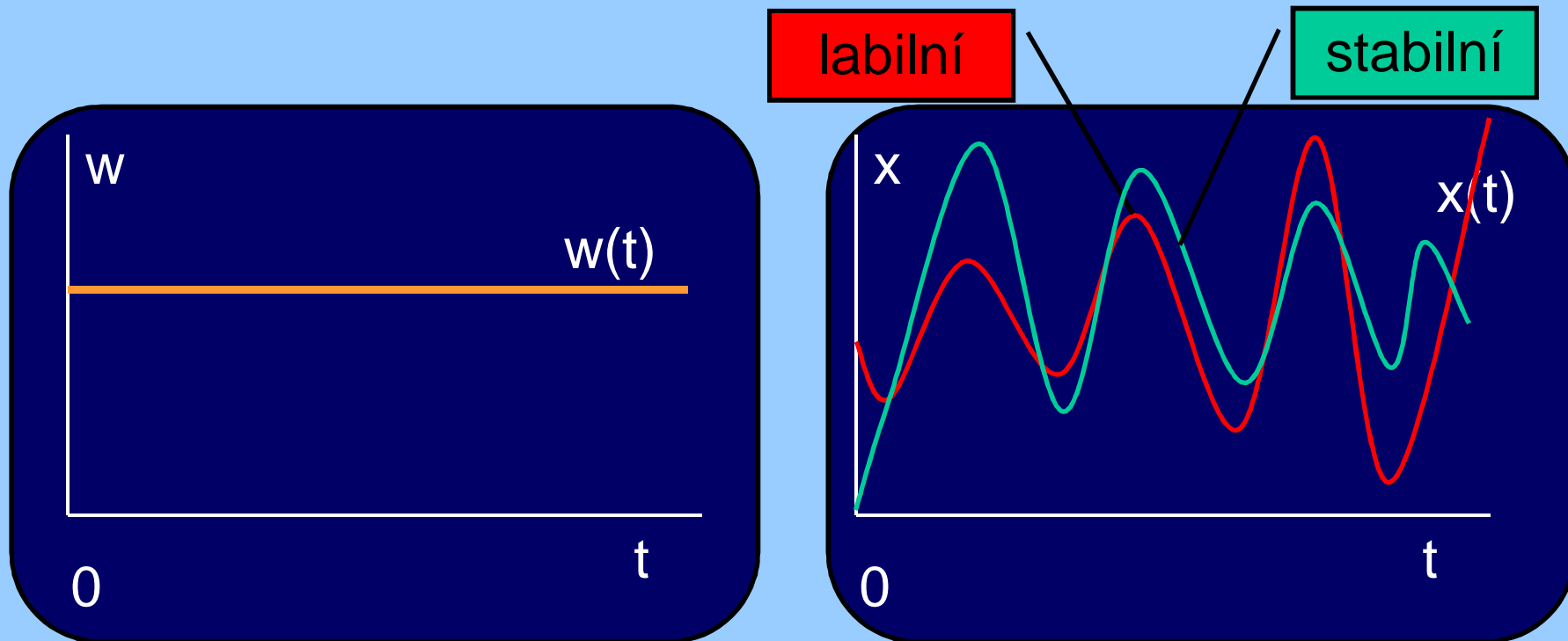
Úloha regulátoru

nastavením vhodného přenosu G_R dosáhnout stabilního chování celé regulační smyčky

Jak se to dělá?

Navrhne se vhodná struktura regulátoru

Sleduje se časový průběh skutečné hodnoty x pro různé parametry regulátoru (simulací i na skutečné soustavě)

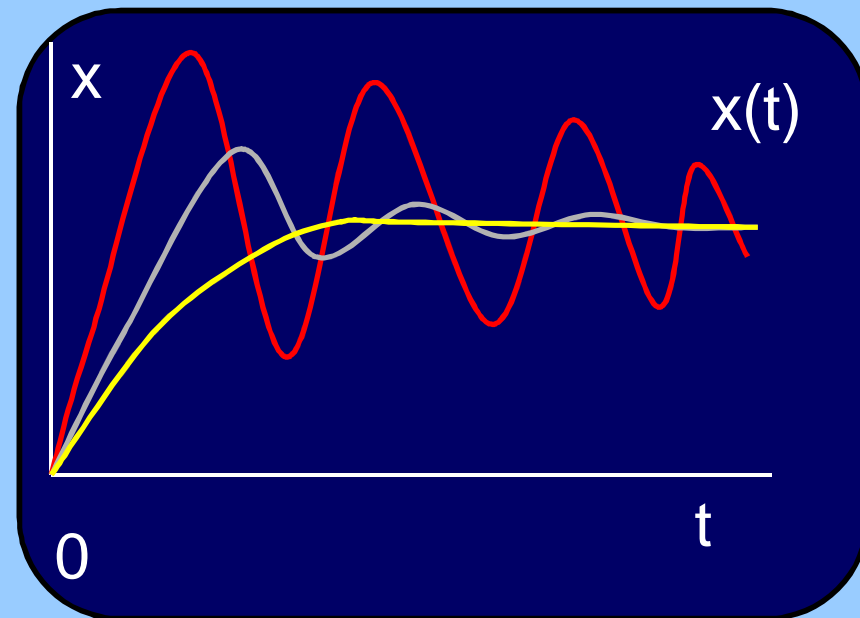
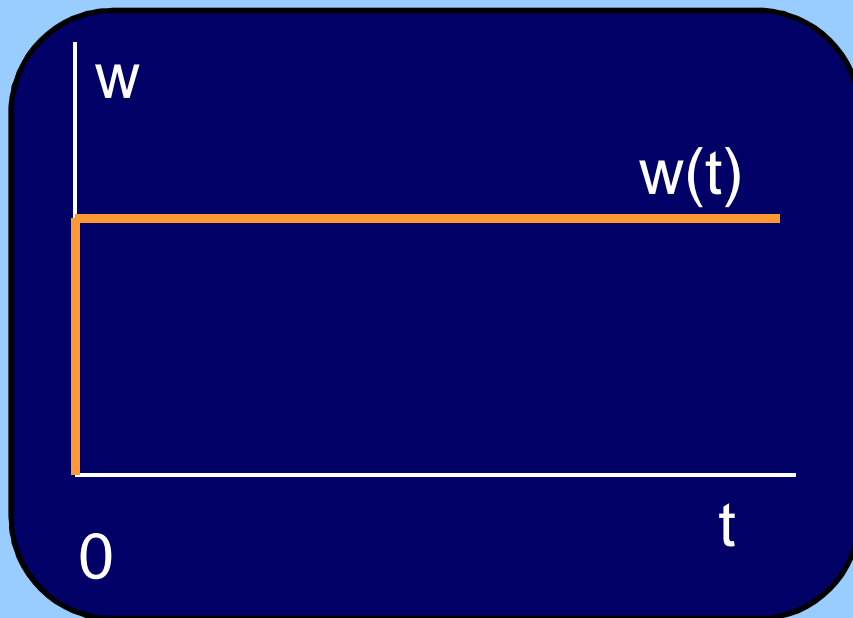


Úloha regulátoru

nastavením vhodného přenosu G_R dosáhnout optimálního chování celé regulační smyčky

Jak se to udělá jednoduše?

Sleduje se časový průběh odezvy skutečné hodnoty x na jednotkový skok žádané hodnoty w pro různé parametry regulátoru

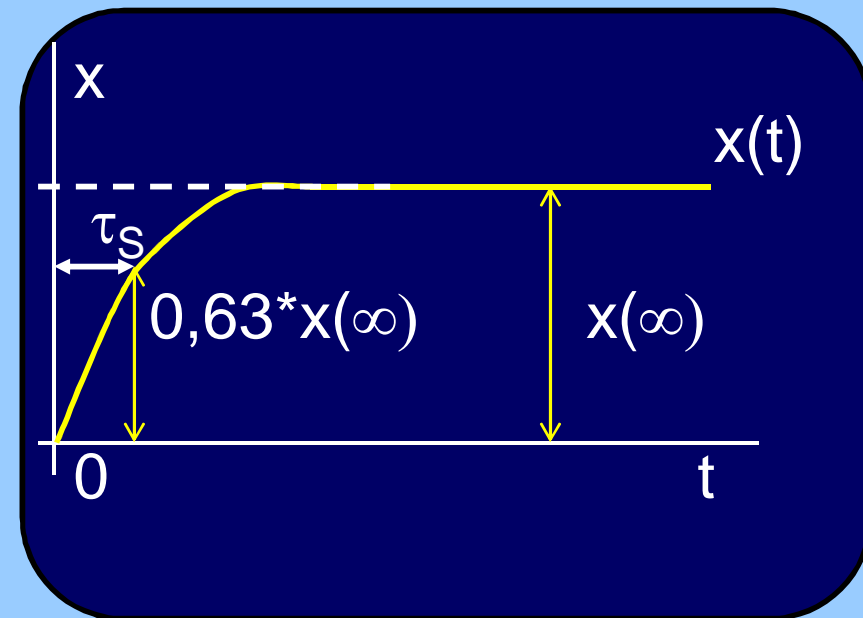
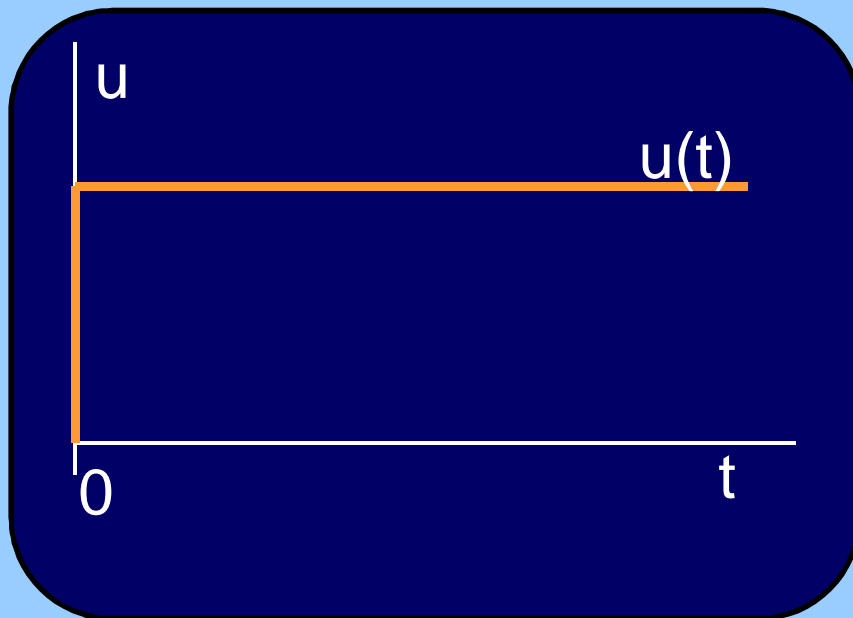


Úloha 1

Zjistit časové chování modelu regulované soustavy

Jak to udělat?

- 1) Sleduje se časový průběh výstupu $x(t)$ na skokovou změnu vstupního signálu $u(t)$.
- 2) Odečteme časovou konstantu τ_S (čas, kdy hodnota výstupu $x(\tau_S) = 0,63 \cdot U$)



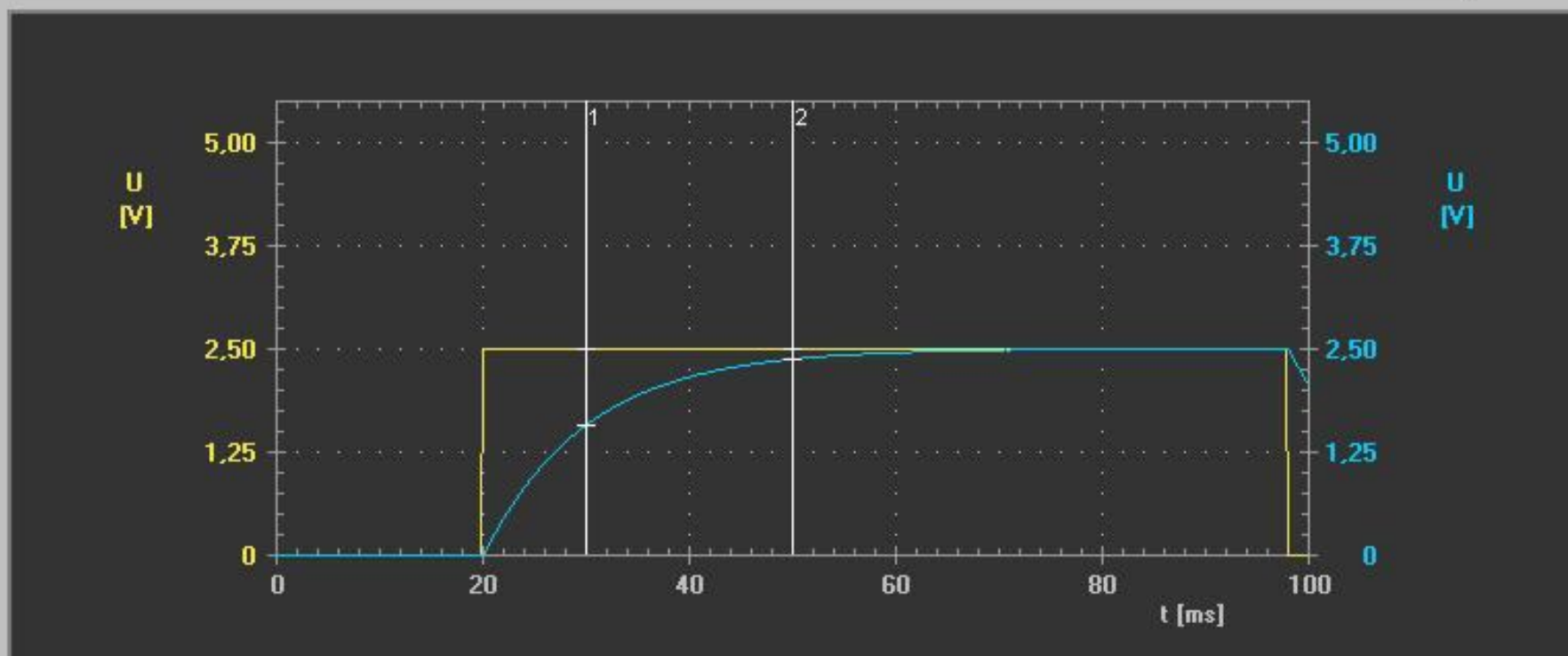
Úloha 1 - časová konstanta regulované soustavy

RC

Legend	Edit	Delete	Function	Cursor	1	2
● OUT	Vstup		Output	Mode	t [ms]	30,0
● B	Výstup		Cursor		● A	2,500 V
			Measure	Paired	● B	1,575 V
			Math	Voltage		2,375 V
			Utility			

Status	File
<input type="checkbox"/> Stop	Open
	Save
	Print
	Exit

Init



Acquisition	Time	Gain	Average
Normal Run Single Sequence ○ B1 ○ B2 ○ B3 ○ B4 Clr	◀ ▶	● OUT ▲ ▼ ● B ▲ ▼	Off ▲ ▼

Úloha 2

Zjistit chování soustavy s P regulátorem s různým K_P

Jak to udělat?

- 1) Sleduje se časový průběh výstupu $x(t)$ na skokovou změnu vstupního signálu $w(t)$.
- 2) Měníme zesílení K_P a sledujeme jeho vliv na rychlost odezvy a na chybu ustálené hodnoty.

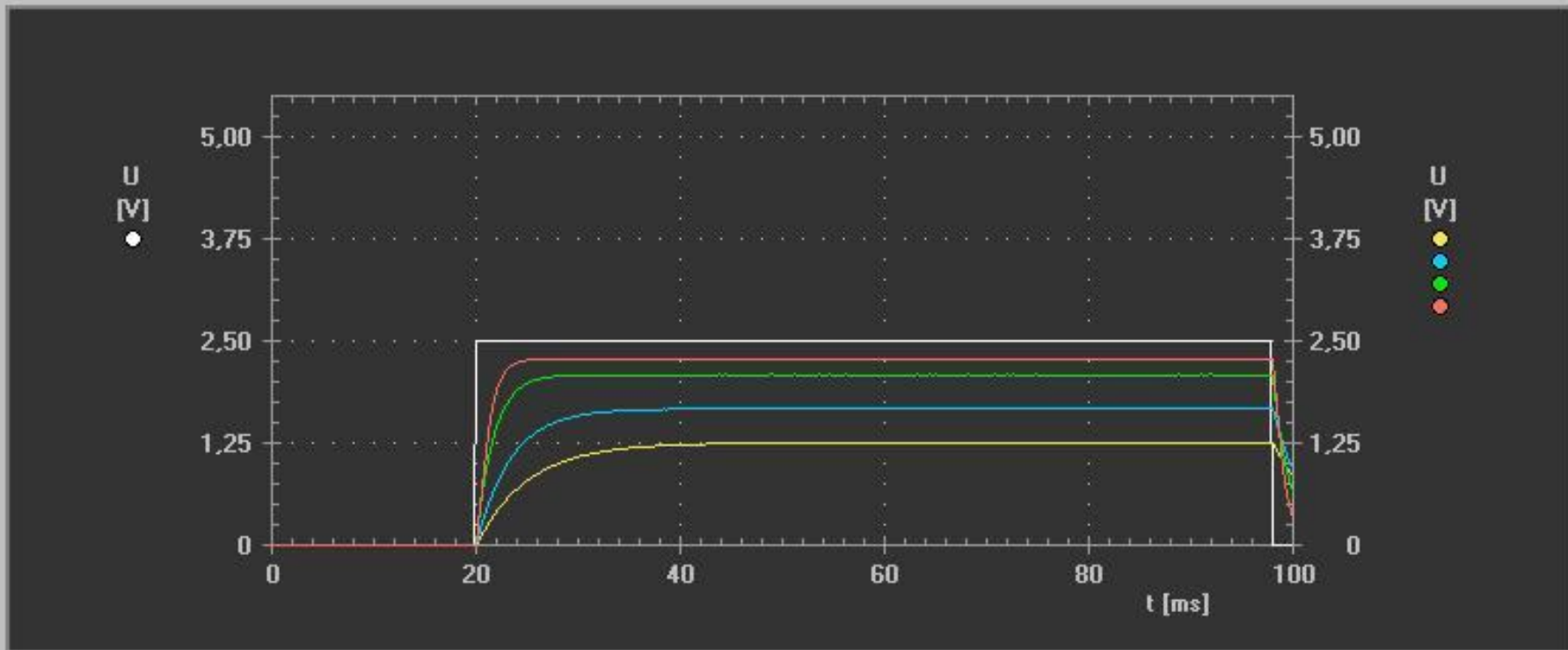
$$x_{\infty} = \frac{1}{1 + K_P} * w_{\infty}$$

Úloha 2 - regulovaná soustava s P regulátorem

Legend	Edit	Delete	Function	Output
○ OUT	Vstup		Output	Open
● B1	$K_p = 1$		Cursor	Save
● B2	$K_p = 2$		Measure	Edit
● B3	$K_p = 5$		Math	
● B4	$K_p = 10$		Utility	

Status	File
■ Stop	Open
	Save
	Print
	Exit

Init



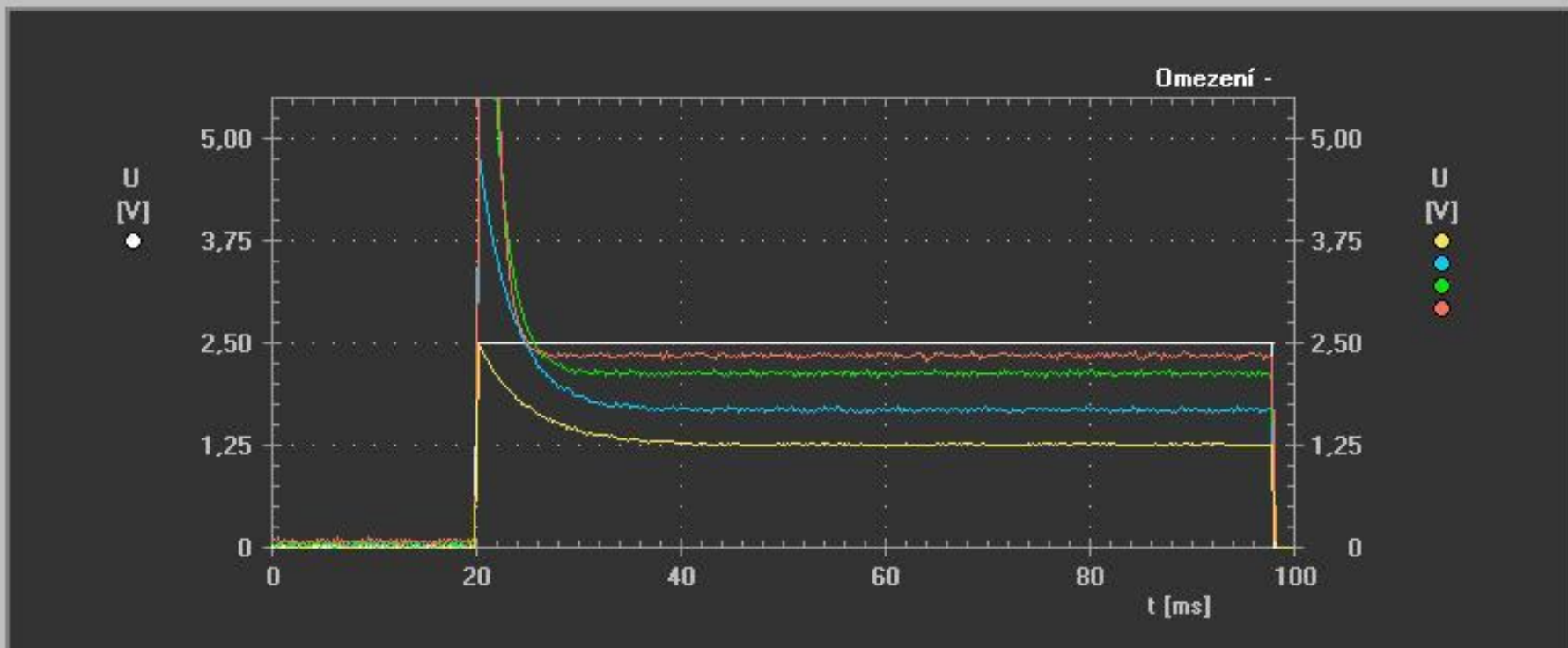
Acquisition					Time	Gain	Average
Normal	Run	Single	Sequence	Clr	◀ ▶	○ OUT ▲ ▼	Off ▲ ▼

Úloha 2 - regulovaná soustava s P regulátorem - výstup regulátoru

Legend	Edit	Delete	Function	Output
○ OUT	Vstup		Output	Open
● B1	$K_p = 1$		Cursor	Save
● B2	$K_p = 2$		Measure	Edit
● B3	$K_p = 5$		Math	
● B4	$K_p = 10$		Utility	

Status	File
■ Stop	Open
	Save
	Print
	Exit

Init



Acquisition					Time	Gain	Average
Normal	Run	Single	Sequence	● B1 ● B2 ● B3 ● B4 Clr	◀ ▶	○ OUT ▲ ▼ ● B ▲ ▼	Off ▲ ▼

Úloha 3

Zjistit chování soustavy s I regulátorem s různými T_1

Jak to udělat?

- 1) Sleduje se časový průběh výstupu $x(t)$ na skokovou změnu vstupního signálu $w(t)$.
- 2) Měníme časovou konstantu T_1 a sledujeme její vliv na rychlost odezvy a na chybu ustálené hodnoty.

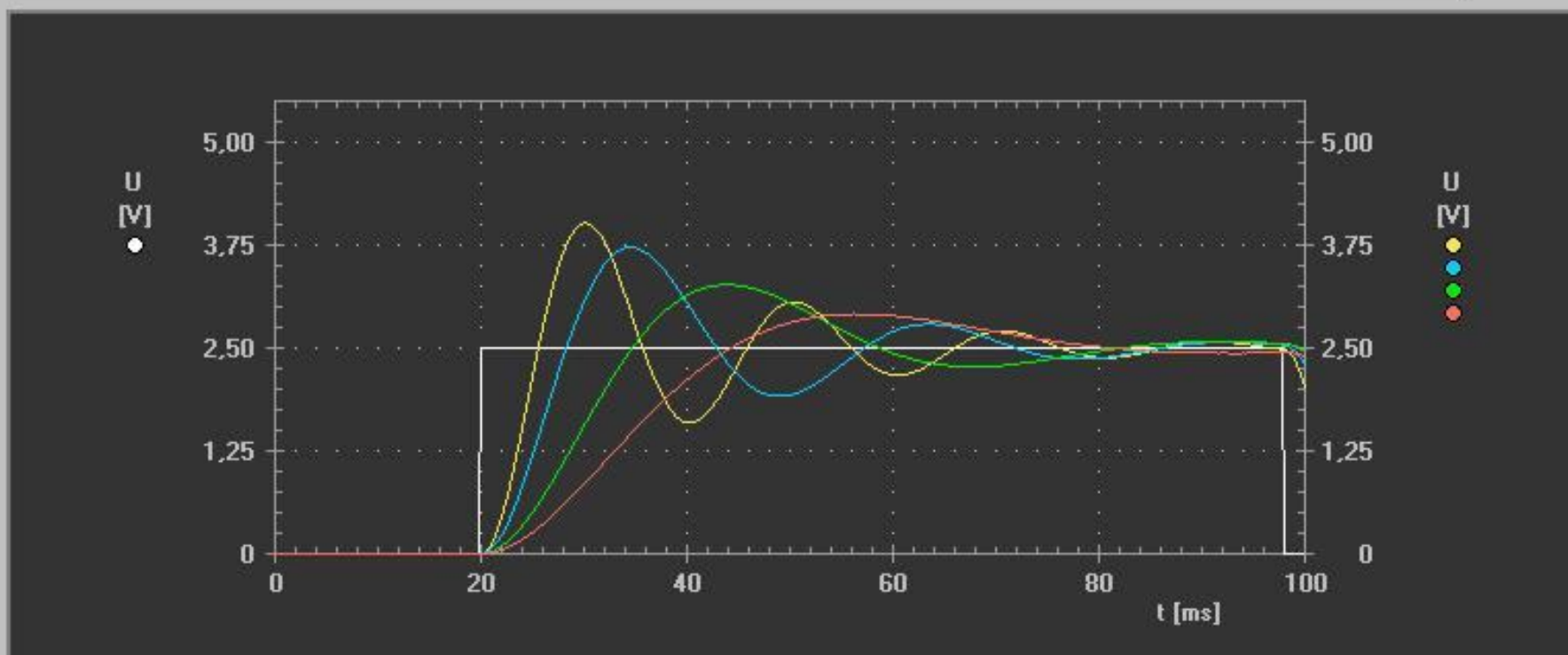
Úloha 3 - regulovaná soustava s I regulátorem

RC

Legend	Edit	Delete	Function	Output
<input type="radio"/> OUT			Output	Open
<input checked="" type="radio"/> B1			Cursor	Save
<input checked="" type="radio"/> B2			Measure	Edit
<input checked="" type="radio"/> B3			Math	
<input checked="" type="radio"/> B4			Utility	

Status	File
<input checked="" type="checkbox"/> Stop	Open
	Save
	Print
	Exit

Init



Acquisition					Time	Gain	Average								
Normal	Run	Single	Sequence	<input checked="" type="radio"/> B1	<input checked="" type="radio"/> B2	<input checked="" type="radio"/> B3	<input checked="" type="radio"/> B4	Clr	◀ ▶	<input type="radio"/> OUT	▲ ▼	<input checked="" type="radio"/> B	▲ ▼	Off	▲ ▼

Úloha 4

Zjistit chování soustavy s PI regulátorem s různým K_p a T_i

Jak to udělat?

1) Sleduje se časový průběh výstupu $x(t)$ na skokovou změnu vstupního signálu $w(t)$.

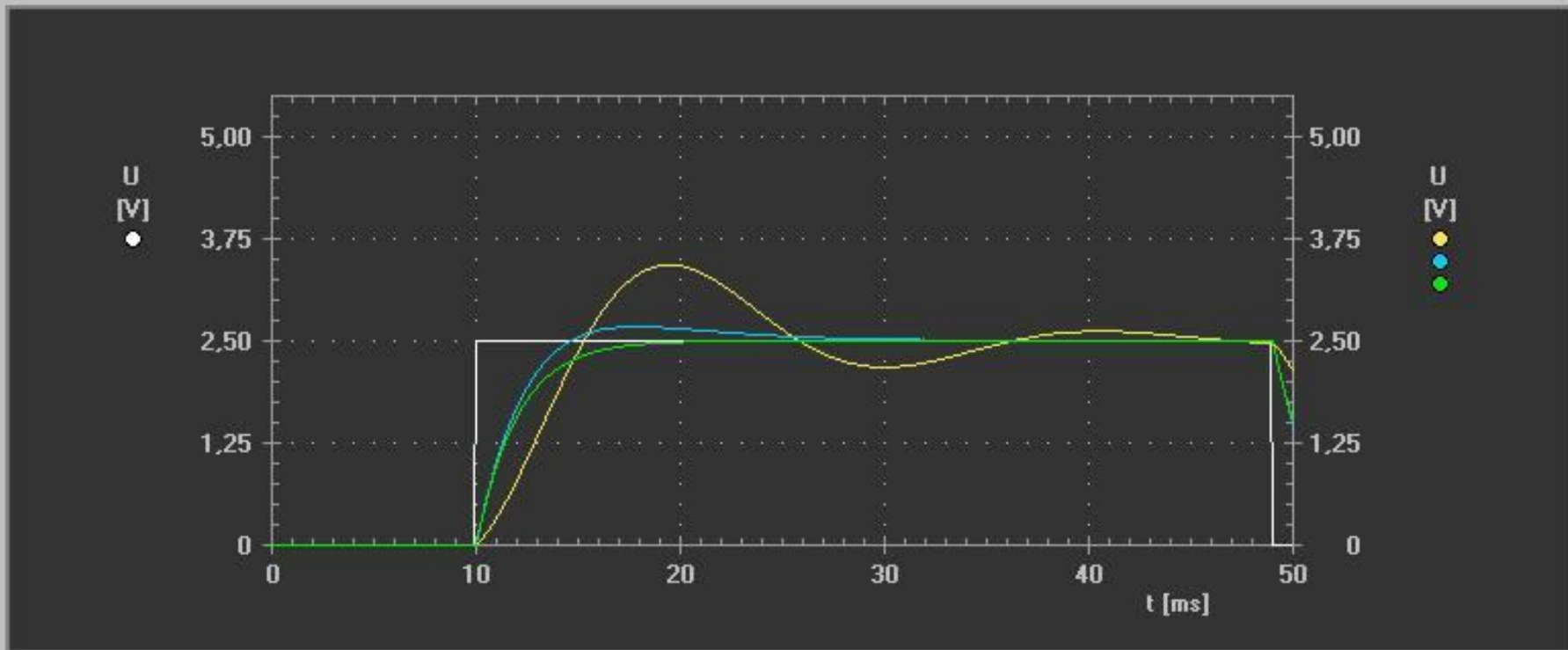
2) Měníme parametry K_p a T_i a sledujeme jejich vliv na rychlost odezvy, kmitání, rychlost dosažení ustálené hodnoty.

Úloha 4 - regulovaná soustava s PI regulátorem

Legend	Edit	Delete	Function	Output
○ OUT			Output	Open
● B1			Cursor	Save
● B2			Measure	Edit
● B3			Math	
			Utility	

Status	File
■ Stop	Open
	Save
	Print
	Exit

Init



Acquisition					Time	Gain	Average
Normal	Run	Single	Sequence	● B1 ● B2 ● B3 ● B4 Clr	◀ ▶	○ OUT ▲ ▼ ● B ▲ ▼	Off ▲ ▼

Diskuze:

1. Jaký je rozdíl mezi ovládáním a regulací?
2. Jaká znáte zapojení více regulačních smyček?
3. Jaké znáte typy základních regulátorů?
4. Jaká je trvalá odchylka P regulátoru?
5. Jaká je trvalá odchylka PI regulátoru?