

ÚVOD K DISKRÉTNĚ PRACUJÍCÍM SOUSTAVÁM

1. Vývoj, historie:

Analogové diskrétně pracující soustavy se vyvíjejí od 60. let minulého století;

Vývoj:

- N-cestné soustavy – realizace úzkých pásmových propustí pro měřicí účely,
- Soustavy s přenosem náboje – CCD + odvozené varianty,
- SC – začátek 80. let, v současné době "klasická" technika diskrétně pracujících obvodů,
- SI – od 90. let, "aktuální současnost" – stále ještě ve vývoji.

Každá etapa je podmíněna úrovní a vývojem mikroelektronických technologií – je "odpovědí" na konkrétní stav technologie!

2. Charakterizace:

diskretizace v čase – vede na aplikaci analogových spínačů v "dynamickém režimu"

- ⇒ soustavy - s neřízenými spínači,
 - s řízenými spínači → "vlastní" hodiny,
 → "externí" hodiny.

První skupina: převážně výkonové aplikace

Druhá skupina: - výkonové aplikace (spínané zdroje),
 - signálové aplikace.

V dalším se budeme orientovat převážně na *signálové aplikace* → soustavy s řízenými spínači a externími hodinami.

Pozor: *spínače v "dynamickém režimu"* : $f_c \gg f_{sig}$.

spínače představují nelineární prvek – diskrétně pracující soustava je obecně nelineární

uplatňuje se vzorkovací teorém – každý spínač "vzorkuje"! Je nutné počítat s efekty, které vzorkování vyvolává! (aliasing, víceznačné frekvenční vlastnosti,..)

vícefázový pracovní režim – korektní funkce diskrétně pracující analogové soustavy vyžaduje vícefázový pracovní režim. Obvykle dvoufázový, ve speciálních zapojeních tří- i vícefázový → vliv na přenosové vlastnosti i styl popisu obvodu!

obecná charakterizace – shrnutí:

diskrétně pracující analogové soustavy přejímají

od spojitě pracujících	od digitálních
<ul style="list-style-type: none"> - formu zpracovávaného signálu, - kmitočtová omezení, - dynamické vlastnosti, - v omezené míře vliv prostředí, - reprodukovatelnost 	<ul style="list-style-type: none"> - zpracování signálu v čase, - nutnost "hodin" – řídicího signálu spínačů, - nejednoznačné vlastnosti, - "univerzálnost" – ve smyslu přeladění - snadnou integrovatelnost

3. Aplikace:

- Integrované filtry,
- Převodníky D/A, A/D, převodníky Sigma-Delta, modulátory, zesilovače třídy D a vyšší, spínané zdroje (nábojové pumpy) ...
- Speciální aplikace

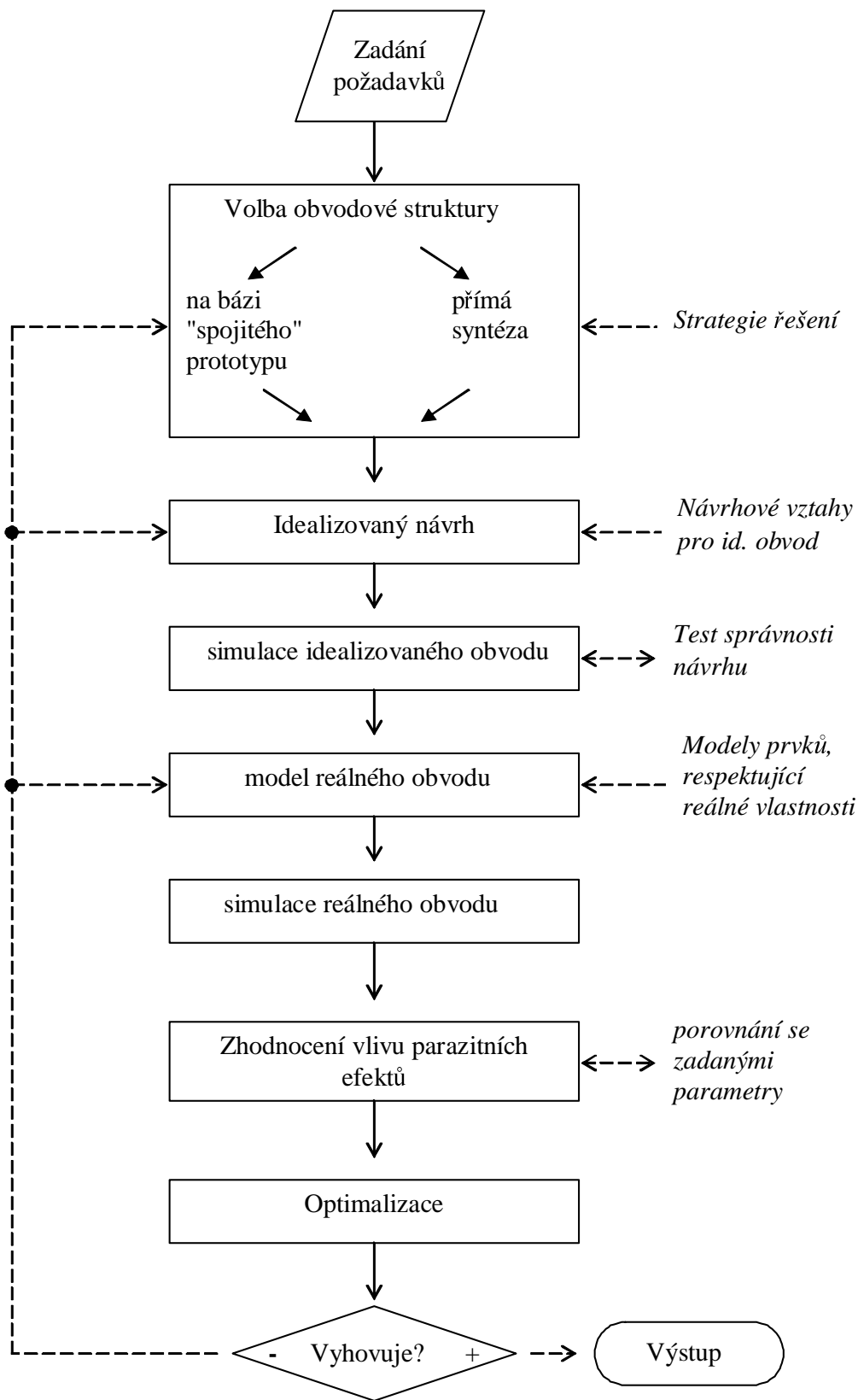
Využitelná frekvenční oblast: max. frekvence zpracovávaného signálu cca o 1 řád nižší než max. hodinová frekvence digitálních obvodů, realizovaných danou technologií.

4. Hlavní principy:

- 1) Spínané kapacitory,
- 2) Spínané proudy.

Problémy návrhu diskrétně pracujících analogových soustav.

1. Základní algoritmus návrhu:



Problémy návrhu: problémy řešení jednotlivých kroků algoritmu

Klíčové jsou:

- modelování obvodu
- simulace (analýza)
- vyhodnocení výsledků simulace

vše souvisí s obvodovým popisem !

3. Obvodový popis DPAS:

Začneme porovnáním metod popisu spojité a diskrétně pracujících systémů:

	spojitě pracující	diskrétně pracující
signál:	spojitý	diskretizovaný v čase
základní popis:	diferenciální rovnice	diferenční rovnice
linearizace, přechod do frekvenční oblasti:	Laplaceova transformace ↓	Transformace Z ↓
popis ve frekvenční oblasti:	obvodové funkce proměnné p $p = \sigma + j\omega$	obvodové funkce proměnné z $z = r \cdot e^{j\theta}$

Diskrétně pracující analogová soustava má dvojí charakter:

- ze systémového pohledu se chová "diskrétně" a můžeme jí popsat na základě pravidel, platných pro digitální systémy
- v průběhu jedné periody (jedné fáze) řídicího (spínacího) signálu se chová "spojitě".

Při obvodovém popisu tedy musíme respektovat

- charakter signálů (vstupního i vnitřních signálů soustavy),
- časový okamžik změny zpracování signálu (přepnutí spínačů)
- "spojité" chování a vlastnosti soustavy v rámci jedné spínací fáze,
- diskrétní charakter zpracování signálu při pohledu "z venku"



Popis —→ na bázi "spojité" reprezentace obvodu

↙ s preferováním diskrétního charakteru zpracování signálu

Porovnání obou přístupů:

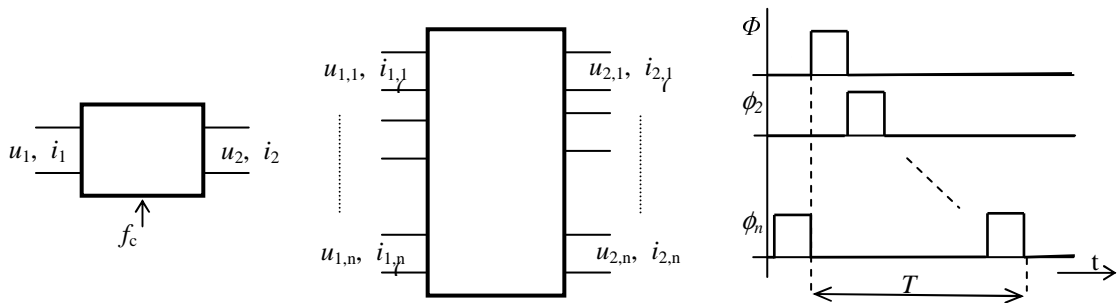
"spojitá" reprezentace obvodu:	"diskrétní" reprezentace obvodu:
<ul style="list-style-type: none"> • vycházím z diferenciálních rovnic → ve vícefázových soustavách samostatná soustava rovnic pro každou fázi • každou soustavu rovnic musím doplnit počátečními podmínkami, které respektují princip kontinuity (spojitý charakter signálu!) 	<ul style="list-style-type: none"> • vycházím z diferenčních rovnic → ve vícefázových soustavách opět samostatná sada rovnic pro každou fázi. • zanedbávám "spojitý" charakter obvodu v rámci jedné fáze ⇒ předpokládám <ul style="list-style-type: none"> ▪ diskrétní signály, ▪ nekonečně krátké ustálení obvodu po přepnutí spínačů ⇒ vede k idealizaci obvodu!
<p>Výhody: obecný popis - není omezen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ tvar signálu, ▪ vlastnosti obvodových prvků, <p>⇒ mohu bez omezení popisovat chování reálných obvodů. Přímý výstup v časové oblasti</p>	<ul style="list-style-type: none"> • jednoduché sestavení diferenčních rovnic (metoda uzlových napětí a její modifikace) • snadný přechod do frekvenční oblasti • možnost sestavení obvodových rovnic přímo ve frekvenční oblasti • možnost symbolického popisu obvodu • Přímý výstup v časové i frekvenční oblasti
<p>Nevýhody:</p> <ul style="list-style-type: none"> • komplikovaný přechod do frekvenční oblasti, omezení na numerickou formu výsledků, • při zachování komplexnosti popisu vyžaduje speciální formu obvodových funkcí (F(p,z)), • výpočetní algoritmy jsou komplikované a časově náročné. 	<ul style="list-style-type: none"> • omezená sestava obvodových prvků, ⇒ většinou je možné pracovat jen s idealizovanými prvky! • velmi obtížná simulace reálných obvodů (pokud je vůbec možná)
<p>Speciální případy: popis na základě ekvivalentního "spojitého" prototypu</p>	

4. Respektování pracovního režimu

Diskrétně pracující analogové obvody jsou **vícefázové** – v nejjednodušším případě dvoufázové (interpretace: spínač sepnutý – spínač vypnutý). To má za následek

- nutnost definice časového okamžiku, kdy je vstup (výstup) aktivní – to vede na vícebranovou reprezentaci obvodu.

Vícefázový obvod můžeme interpretovat jako časově multiplexovaný obvod, který modelujeme N-branem



- Řídicí signál musí být vícefázový, jednotlivé fáze jsou proti sobě na časové ose posunuty. Perioda T je určena dobou, za kterou proběhne cyklus všech fází – viz obr.

5. "Diskrétní" obvodový popis

A) V časové oblasti:

vycházím z diferencčních rovnic, kde derivaci v čase nahrazuji diferencí hodnot obvodové veličiny ve dvou po sobě následujících fázích (periodách) přepínacího signálu.

konkrétně: bude ukázáno při řešení obvodů SC a SI

B) Přechod do frekvenční oblasti:

⇒ **Transformace z** . → pozor, na rozdíl od digitálních signálů má mnohem bohatší "vyjadřovací prostředky"!

C) Přímé řešení obvodu ve frekvenční oblasti:

⇒ **Je možno aplikovat algoritmy metody uzlových napětí**

Al:

- vícefázový princip činnosti vyžaduje speciální uspořádání matice soustavy: obecný tvar soustavy rovnic v maticovém tvaru pro n -fázový systém má tvar

$$\begin{bmatrix} \underline{Y}_{11} & & & & -z^{-1/n}\underline{Y}_{1n} \\ -z^{-1/n}\underline{Y}_{21} & \underline{Y}_{22} & & & \\ & -z^{-1/n}\underline{Y}_{32} & \underline{Y}_{33} & & \\ & & & & \\ & & & -z^{-1/n}\underline{Y}_{(n/1)n} & \underline{Y}_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{U}_2 \\ \underline{U}_3 \\ \vdots \\ \underline{U}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{I}_1 \\ \underline{I}_2 \\ \underline{I}_3 \\ \vdots \\ \underline{I}_n \end{bmatrix}$$

kde \underline{Y}_{ii} ... je submatice soustavy pro i -tou fází,
 \underline{Y}_{ik} ... je "přenosová" submatice, která charakterizuje předávání informace o
obvodových veličinách (uzlových napětích) mezi fází k a i .

Poznámka: jak vypadá soustava pro dvoufázový systém?

*Poznámka: soustava "napětově-proudových" rovnic může být transformovaná i
na soustavu "napětově-nábojových" rovnic v případě soustavy SC!*

- V soustavě rovnic mohou být jen ty obvodové prvky, které nemají frekvenčně závislé impedance. Ostatní prvky lze jen vhodným způsobem simulovat (pokud to jde).