

## 16. Meranie na analógovo–číslicovom prevodníku (ADC) mnohokanálového analyzátora impulzov

### 1. Všeobecná časť

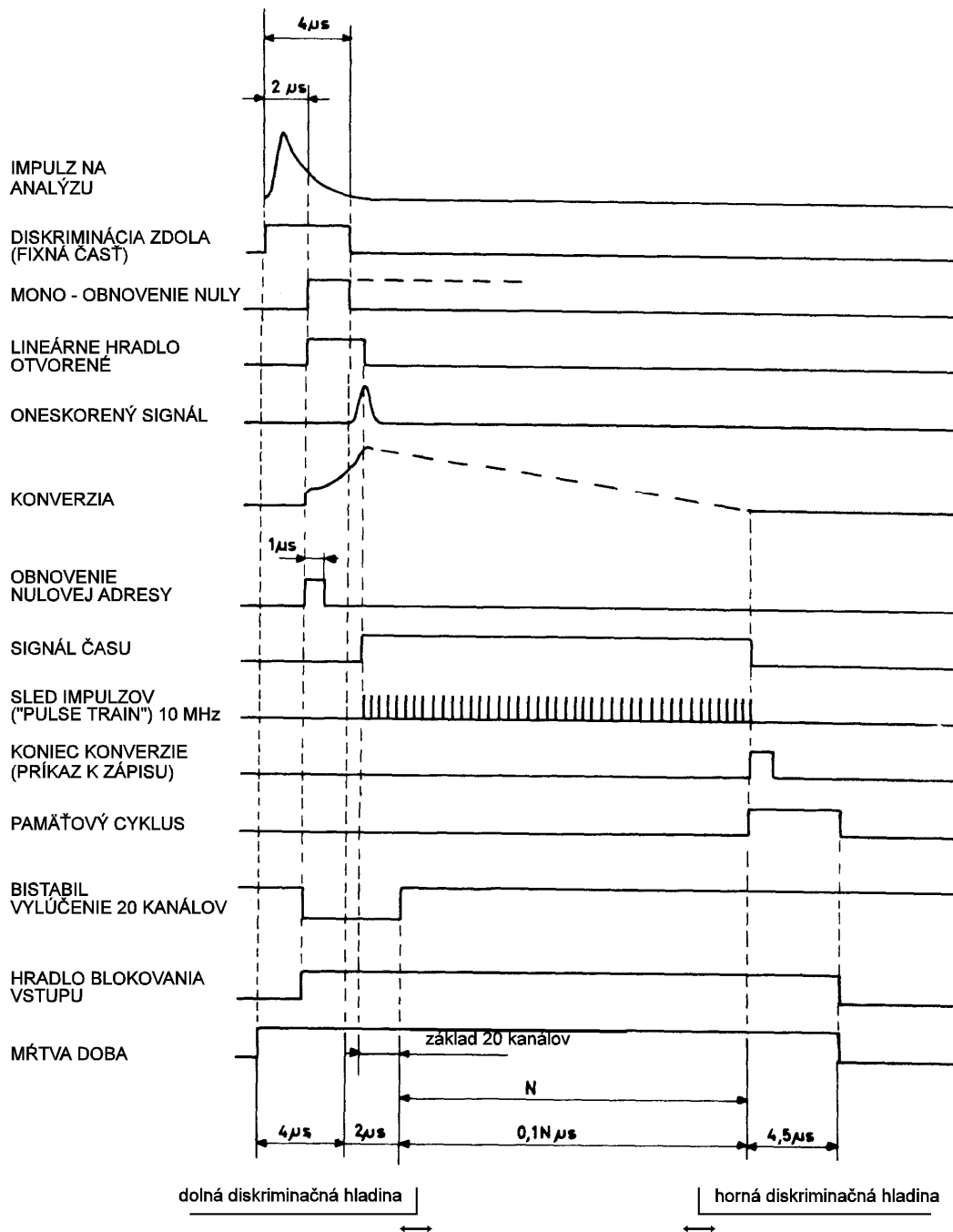
Analógovo–číslicový prevodník (ADC) je súčasťou každého analyzátora impulzov; jeho úlohou je premeniť vstupný analógový signál z detektora (alebo všeobecne, aj z iného zdroja napätia) na číslicový signál, ktorý sa ďalej spracováva obvyklým číslicovým spôsobom.

ADC predstavuje v mnohokanálovom analyzátore relatívne samostatnú jednotku, jeho výstupom sú impulzy v unifikovanom tvare, kompatibilné s TTL logikou (0 V a 5 V, priradenie logických úrovní je voliteľné a závisí len od výrobcu). Výstupné impulzy sa cez obvody riadiacej jednotky vedú priamo do pamäte analyzátora.

V tomto cvičení pracujeme obvykle so 400–kanálovým analyzátorom impulzov **SA41** francúzskej firmy *Intertechnique*, rok výroby 1974. Aj keď ide o starší prístroj, o jeho kvalite svedčí už doba aktívneho používania. Analógovo–číslicové prevodníky novších prístrojov pracujú na rovnakom princípe; samozrejme rýchlejšie a s väčším počtom kanálov. Najväčším rozdielom voči dnešným prístrojom je, že analyzátor **SA41** používa ešte magnetickú pamäť s dobou prístupu 4,5  $\mu$ s; rozdiel voči prístupovým dobám dnešných pamätí je teda niekoľko rádov. Napriek tomu, pri jeho rýchlosti a schopnosti analyzovať až do cca 50 000 imp/s ešte stále ďaleko presahuje rýchlosť ostatných prvkov spektrometrickej trasy.

Funkcia a časové priebehy jednotlivých signálov v ADC sú uvedené na obr. 16.1. V tomto cvičení sa budeme venovať trom z nich: signálu "**Koniec konverzie** (*Conversion End*)", signálu "**Pulse Train**" a signálu "**Mŕtva doba** (*Dead Time*)".

**Poznámka:** Počítačová technika kladie stále vyššie nároky na digitalizáciu, takže v súčasnosti sa skoro denne objavujú informácie o nových ADC prevodníkoch s obrovskými rýchlosťami, pričom rýchlosť sa neustále posúva vyššie. Niektoré typy sú známe ako tzv. sigma– alebo omega–prevodníky; v našom prípade ide o prevodník tzv. integračného typu, kde základným princípom konverzie je lineárne vybíjanie kondenzátora.



Obr. 16.1: Analýza jedného impulzu v analógovo-číslícovom prevodníku (ADC), spolu s časovými priebehmi najdôležitejších vnútorných signálov. Činnosť prevodníka sa zvonka obmedzuje ešte dolnou a hornou diskriminačnou hladinou, ktoré sú nastaviteľné ako premenné napätie. Prevodník takto pracuje len v intervale, vymedzenom dolnou a hornou diskriminačnou hladinou. Pilotná frekvencia je 5 alebo 10 MHz, v závislosti od nastaveného konverzného zisku.

## 2. Zadanie a postup merania

Pri meraní ako náhradný zdroj impulzov použijeme jednoduchý generátor s obdĺžnikovým priebehom napätia pri frekvencii 10 kHz, za ktorým je zaradený tvarovací obvod, aby sme na vstup analyzátora privádzali krátke kladné impulzy. Napätie privádzame na vstup zosilňovača, amplitúdu nastavujeme a kontrolujeme osciloskopom. (Treba si uvedomiť, že tým sa samozrejme dopúšťame značnej subjektívnej chyby odčítania). V druhej časti merania použijeme jednoduchý ciachovný generátor, určený špeciálne na tento účel. Pozostáva z ortuťového relé, spínaného sieťovou frekvenciou, ktoré kľúčuje presne stabilizovaný zdroj napätia. Deliaci pomer sa nastavuje prepínaním presných odporových deličov a v poslednom stupni 10–otáčkovým potenciometrom.

Samotný prevodník analyzuje impulzy v rozsahu 0 V až +8 V. Pri meraní však používame aj zosilňovač analyzátora, takže výška vstupných impulzov bude v rozsahu od 0 do cca 55 mV.

**Počiatkové nastavenie:** Frekvencia generátora 10 kHz, výška vstupného impulzu 100 mV. Zosilnenie  $1 \times 1/32 \times 25$  kan/V (posledná hodnota je konverzný zisk), časová základňa osciloskopu  $2 \mu\text{s}/\text{cm}$ , synchronizácia "norm". Diskriminátor je úplne otvorený, t. j. horná diskriminačná hladina (*upper level*) je na maximálnej hodnote, dolná hladina (*lower level*) je na minimálnej hodnote. Základňa offsetu (*zero threshold*) je na nule.

### 1) Sledovanie signálu "**Koniec konverzie**".

Na vstup 2 osciloskopu pripojíme signál "**Koniec konverzie**". Zistíte výšku a šírku impulzu a dobu konverzie (oneskorenie voči príchodu impulzu na vstup zosilňovača) Tieto tri hodnoty si zapíšete do tab.16.1.

Charakteristiky impulzu "Koniec Konverzie"

Tab. 16.1

výška impulzu =	V	šírka impulzu =	$\mu\text{s}$	doba konverzie =	$\mu\text{s}$
-----------------	---	-----------------	---------------	------------------	---------------

### 2) Sledovanie signálu "**Pulse Train**" (približne: sled impulzov).

Na vstup 2 osciloskopu pripojíme signál "**Pulse Train**" (podľa potreby jemne doladiť synchronizačnú hladinu). Začiatok konverzie je približne  $5 \mu\text{s}$  po príchode vstupného impulzu, koniec podobne ako doba konverzie v predchádzajúcom prípade.

- a) Zvyšujeme prahovú hodnotu offsetu (*zero threshold*). Čo sa deje so signálom "**Pulse Train**"? (zapíšete si do rámčeka).

--

- b) Prah offsetu späť na nulu. Zdvihneme dolnú diskriminačnú hladinu (*lower level*). Čo sa deje so signálom "**Pulse Train**"? (zapište si do rámčeka).

- c) Čo sa deje pri zmene amplitúdy? Čo sa deje pri zmene frekvencie?

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

- d) Dolnú diskriminačnú hladinu späť na nulu. Znižujeme hornú diskriminačnú hladinu (*upper level*). Čo sa deje so signálom "**Pulse Train**"? (zapište si do rámčeka).

- e) Hornú diskriminačnú hladinu späť (hradlo celkom otvorené). Osciloskop synchronizujeme na kanál **2**. Prepíname hodnoty konverzného zisku 25, 50, 100 kan/V. Sledujeme sklon konverznej (vybíjacej) priamky a frekvenciu pilotných (hodinových) impulzov.

### 3) Meranie mŕtvej doby a kontrola linearity analógovo-číslcového prevodníka (ADC).

#### Prvé meranie:

Synchronizáciu osciloskopu prepnete späť na kanál **1**. Na vstup **2** osciloskopu pripojte signál mŕtvej doby.

**Poznámka:** Signál mŕtvej doby analyzátora, resp. ADC prevodníka je natoľko dôležitý, že sa osobitne vyvádza aj na ručičkový merací prístroj na prednom paneli analyzátora (ten pravda, poskytuje len orientačný údaj).

**Generátor:** frekvencia 10 kHz. **Analyzátor:** zvolený rozsah kanálov 0 – 200 (kláves E). Pred prvým meraním vymažeme obsah zvolenej pamäte tlačidlom **ERASE** (potom už nie !!!). Dolné a horné hradlo otvorené, offset (*zero threshold*) na nule. Zosilnenie  $A = 1 \times 1/2 \times 25$  kan/V. Prepínač "*time measurement*" na **ON** (zapnuté). **Prvá predvoľba času:** 20 s. Časová základňa osciloskopu: 1  $\mu$ s/cm.

Merame pri ôsmich hodnotách výšky vstupných impulzov: 5, 10, 20, 25, 30, 40 a 50 mV, vždy po 20 sekúnd. Na osciloskope odčítame mŕtvu dobu v režime **READ** (čítanie), potom spustíme meranie **STORE** (zápis) a počas predvolených 20 sekúnd merania znova odčítame mŕtvu dobu. V režime **STORE** bude o cca 4-5  $\mu$ s dlhšia ako v režime **READ**, kvôli zápisu do pamäte analyzátora. Predvoľbu času pri každom meraní zvýšime o 20 sekúnd (posledná

bude 160 sekúnd). Takto môžeme všetkých osem meraní zaznamenať do jedného segmentu pamäte analyzátoru.

Súčasne sledujeme hodnotu mŕtvej doby na malom meracom prístroji na analyzátore. Pri frekvencii 10 kHz sa už údaj meracieho prístroja výrazne mení s amplitúdou. To v skutočnosti znamená, že ADC prevodník sa už prestáva "nudiť" a usilovne pracuje.

Hodnoty mŕtvej doby si zapíšete do tab.16.2. Nameraný výsledok nakoniec vytlačte na pásku a vyneste do grafu (2 čiary).

Tabuľka nameraných hodnôt s generátorom frekvencie

Tab.16.2

A. $f = 10 \text{ kHz}$ , $A = 1 \times 1/2 \times 25 \text{ kan/V}$			
predvoľba času [s]	Výška vstupných impulzov [mV]	mŕtva doba [ $\mu\text{s}$ ]	
		READ	STORE
20	5		
40	10		
60	15		
80	20		
100	25		
120	30		
140	35		
160	40		
180	44		

### Druhé meranie:

**Ciachovný generátor:** Frekvencia fixná (50 Hz). Kalibráciu ciachovného generátora pomocou osciloskopu nastavíme tak, aby pri plnej hodnote 10–otáčkového potenciometra (10,0) bolo výstupné napätie presne 50 mV. **Analyzátor:** rozsah kanálov 200 – 400 (kláves F). Pred prvým meraním zase vymazať pamäť (**ERASE**), potom už nie. **Zosilnenie:**  $A = 1 \times 1/8 \times 100 \text{ kan/V}$ . **Prvá predvoľba času:** znova 20 s; pred každým ďalším meraním o 20 s viac. Hodnoty mŕtvej doby si zapíšete do tab.16.3. Nakoniec výsledok znova vytlačte na pásku.

**Poznámka:** Často sa stane, že pri niektorom meraní padne meraná čiara viac alebo menej symetricky medzi dva kanály (prípadne aj viac kanálov, ak vstupné impulzy nemajú presne rovnakú výšku). Potom sa samozrejme za výsledný počet impulzov považuje ich súčet. Polohu čiary potom určíme presnejšie ako váženú strednú hodnotu (ťažisko) medzi oboma (alebo viacerými) kanálmi.

**Poznámka 2:** Pri najnižšom vstupnom napätí 5 mV býva niekedy problémom správne zasynchronizovať osciloskop a nastaviť výšku impulzu. Vnútorne obvody analyzátora totiž vyžarujú svoje vlastné signály, ktoré sa parazitnými väzbami dostanú na vstup osciloskopu a majú približne túto amplitúdu. V takom prípade pomôže odpojiť pamäť (ADC prevodník prestane pracovať), nastaviť hodnotu na vstupe a pamäť znova pripojiť. Analyzovať sa bude len vstupný impulz (vlastné šumy nie).

Tabuľka nameraných hodnôt s ciachovným generátorom 50 Hz

Tab. 16.3

A. $f = 10 \text{ kHz}$ , $A = 1 \times 1/2 \times 25 \text{ kan/V}$			
Predvoľba času [s]	výška vstupných impulzov [mV]	mŕtva doba [ $\mu\text{s}$ ]	
		READ	STORE
20	5		
40	10		
60	15		
80	20		
100	25		
120	30		
140	35		
160	40		
180	45		
200	50		
220	55		

Výsledok merania zobrazte v dvoch grafoch. Na jednom vyneste mŕtvu dobu v režime **READ** aj **STORE** v závislosti od výšky vstupného impulzu, na druhom z vytlačenej pásky číslo kanálu v závislosti od výšky vstupného impulzu (čo je vlastne graf linearity). Ak náhodou výsledok padne medzi dva kanály, použite aj jedno desatinné miesto.

Ak máte k dispozícii **MS GRAPH**, **EXCEL** alebo **MS ORIGIN**, obidva grafy si vytlačte.

### 3. Literatúra

- [1] Analyseur 400 Canaux, Type SA41, Notice Technique (firemná literatúra), Intertechnique, Plaisir, 15-70-11.