



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

219777
(11) (B1)

(22) Přihlášeno 12 03 81
(21) (PV 1808-81)

(40) Zveřejněno 27 08 82

(45) Vydáno 15 09 85

(51) Int. Cl.³
G 01 R 23/15
H 01 J 37/28

(75)

Autor vynálezu

VAŠINA PETR RNDr., FRANK LUDEK RNDr., BRNO

(54) Zapojení pro měření četnosti pulsů pulsního signálu

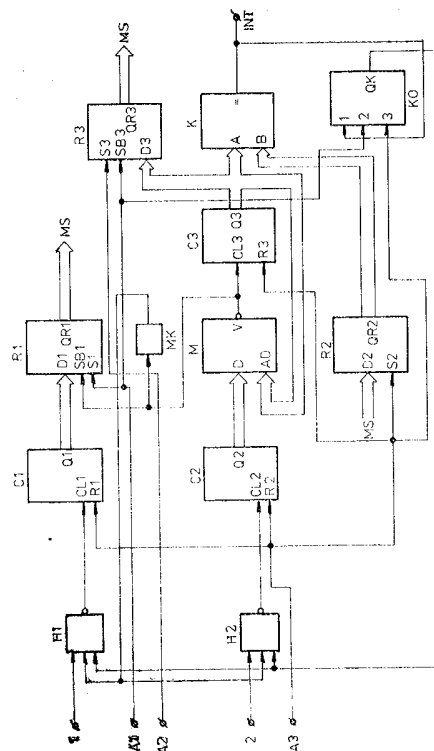
1

Vynález se týká zapojení pro měření četnosti pulsů pulsního signálu s korekcí na referenční signál s možností časovaného odběru digitálních údajů.

Zapojení umožňuje měření s konstantním poměrem signálu k šumu, automatickou korekci signálu pozadí a těch rušivých vlivů, které zasahují současně měřený i referenční signál.

Podstatou vynálezu je zapojení sestávající ze tří čítačů, z nichž první čítá impulsy v signálovém kanálu a jeho stav je přepisován do prvního registru vždy, dojde-li ve druhém čítači čítajícím impulsy referenčního kanálu k přenosu do významnějšího bitu, přičemž tyto přenosy jsou čítány třetím čítačem, jehož stav je porovnáván s předvoleným počtem uloženým ve druhém registru a při dosažení předvoleného stavu je dáno přerušení počítači (signál elektronického systému pro odběr digitálního údaje) a vynulován klopný obvod povolující čítání, který byl nastaven na začátku měření, přičemž při čtení prvního registru je obsah třetího čítače přečten do třetího registru.

2



Vynález se týká zapojení pro měření četnosti pulsů pulsního signálu s korekcí na referenční signál.

Úkolem mnohých fyzikálních měření je zpracování signálů tvořených sledem časově náhodně rozložených pulsů reprezentujících dílčí procesy, o jejichž četnost se zajímáme. Jako příklad lze uvést experimenty ve fyzice částic, spektroskopické metody založené na analýze elektromagnetického nebo korpuskulárního záření vysílaného excitovaným objektem atd. V těchto a řadě dalších případů se používají detektory (násobiče nabitých částic, fotonásobiče, scintilátory s fotodiodami apod.), které zaznamenávají dopad jednotlivých částic nebo kvant v podobě elektrických impulsů na vstupu elektronického zařízení pro vytváření a zpracování dat. Měřenými daty jsou v tomto případě hodnoty četnosti detekovaných pulsů v různě rozložených časových intervalech. S časem se velmi často také mění některý parametr měření — např. při analýze energií nabitých částic se postupně posouvá pásmo propustnosti filtru podél energiové stupnice a současně se detekuje četnost částic za filtrem.

Měření četnosti pulsů se provádí prostřednictvím čítání pulsů v průběhu jednotlivých časových intervalů. V některých případech může být důležitý pravidelný sled měření, jindy je vhodnější měřit tak, aby byl stále dodržován předem zvolený poměr signálu ke statistickému šumu.

Chceme-li měřit s konstantním poměrem signálu ke statistickému šumu, pak musíme při každém jednotlivém měření napočítat stejný počet pulsů a četnost určovat na základě doby měření. K tomu ovšem potřebujeme časovací obvod s dostatečně krátkým časovým krokem. Navíc při zpracování výsledku měření v reálném čase do tvaru četnosti pulsů musíme provést dělení dvou čísel o větším počtu bitů, což se může při rychlých měřeních stát limitujícím faktorem. Zpracování výsledků off-line zase umožňuje sledovat dosti přehledně průběh experimentu. Z těchto důvodů se měření s konstantním poměrem signálu k šumu nepoužívá, ačkoliv poskytuje nejhodnotnější výsledky, zejména při spektroskopických měřeních. Metodu měření s konstantním poměrem signálu k šumu lze úspěšně rozvinout zejména tehdy, když princip měřícího zařízení umožňuje sejmout kromě zkoumaného pulsního signálu ještě jiný referenční pulsní signál, jehož četnost je ovlivněna alespoň některými rušivými vlivy, ovlivňujícími i samotný měřený signál, např. úroveň pozadí, úroveň excitace a jejími fluktuacemi atd. Jako příklad lze uvést spektroskopii sekundárních elektronů, kde je měřeným signálem proud, resp. četnost elektronů procházejících energiovým filtrem, tj. četnost elektronů emitovaných s danou energií (v rámci určitého spektrálního okna). Jako referenční signál přichází v úvahu buď

celkový proud sekundárních elektronů úměrný úrovni a fluktuacím excitace studovaného objektu primárním zářením, nebo četnost sekundárních elektronů procházejících druhým širším spektrálním oknem soustředně umístěným, v jehož rámci je možno zanedbat příspěvek spektrálních vrcholů, a v němž se tedy (kromě úrovně a fluktuací emise) uplatňuje také vliv úrovně pozadí v dané oblasti spektra. Referenčního signálu lze v principu použít ke korekci vlivu uvedených rušivých faktorů na četnost měřeného signálu; dosud však tato možnost nebyla realizována.

Obvyklý způsob měření četnosti pulsního signálu ve fyzikálních přístrojích spočívá v prostém čítání pulsů v časových intervalech, jejichž konstantní délka je buď předvolena, nebo odvozena např. ze střední úrovně signálu. Jak již bylo uvedeno, tento způsob neumožňuje měřit s konstantním poměrem signálu ke statistickému šumu a především neumožňuje automaticky korigovat rušivé vlivy projevující se v existenci signálu pozadí, jeho proměnnosti a fluktuací.

Tyto dosavadní nevýhody odstraňuje zapojení pro měření četnosti pulsů pulsního signálu s korekcí na referenční signál, sestávající ze tří čítačů, tří registrů, dvou hradel, multiplexeru, komparátoru a dvou klopných obvodů, jehož podstatou je, že první čítač je spojen hodinovým vstupem s výstupem prvního hradla a výstupy s datovými vstupy prvního registru spojeného výstupy s mikroprocesorovým systémem, zatímco druhý čítač spojený hodinovým vstupem s výstupem druhého hradla je spojen výstupy s datovými vstupy multiplexeru, jehož adresové vstupy jsou spojené jednak s výstupními svorkami třetího čítače, dále s datovými vstupy třetího registru výstupy spojeného s mikroprocesorovým systémem a konečně s první řadou vstupů komparátoru, jehož druhá řada vstupů je spojena s výstupy druhého registru, který je datovými vstupy spojen s mikroprocesorovým systémem, přičemž první vstupní svorka je spojena s prvním vstupem druhého hradla a druhá vstupní svorka je spojena s prvním vstupem druhého hradla, zatímco druhé vstupy obou hradel jsou spojené s výstupem monostabilního klopného obvodu, jehož vstup je spojený se vzorkovacím vstupem prvního registru, s výstupem multiplexeru a s hodinovým vstupem třetího čítače, přičemž třetí vstupy obou hradel jsou spojeny s výstupem klopného obvodu, jehož první vstup je spojený s výstupem komparátoru a s výstupní svorkou, druhý vstup je spojený se vzorkovacím vstupem třetího registru a vybavovacím vstupem druhého registru nulovacími vstupy tří čítačů a třetí adresovou vstupní svorkou, zatímco druhá adresní vstupová svorka je spojena s vybavovacím vstupem třetího registru, jehož vzorkovací vstup je spojen s vybavovacím vstupem prvního re-

gistru a s první adresovou vstupní svorkou.

Hlavní předností zapojení podle vynálezu je možnost měření s konstantním poměrem signálu ke statistickému šumu, automatická korekce signálu pozadí a těch rušivých vlivů, které zasahují současně měřený i referenční signál a při požadavku na čtení signálu před dosažením nastaveného poměru signálu ke statistickému šumu umožňuje definované čtení se známým poměrem signálu ke statistickému šumu.

Vynález blíže objasní výkres, na kterém je uveden příklad zapojení určeného pro měření četnosti pulsů vyvolaných jednotlivými elektronami, které prošly filtrem elektronového spektrometru.

Zapojení tvoří 24bitový čítač **C 1**, jehož hodinový vstup **CL 1** je spojen s výstupem třívstupového součinnového prvního hradla **H 1**, prvním vstupem spojeného s první vstupní svorkou **1**. Výstupy **Q 1** prvního čítače **C 1** jsou spojeny s datovými vstupy **D 1** prvního registru **R 1**, který je výstupy **QR 1** připojen k datové sběrnici mikroprocesorového systému **MS**. Hodinový vstup **CL 2** druhého čítače **C 2** je připojen k výstupu druhého třívstupového součinnového hradla **H 2**, jehož první vstup je spojen s druhou vstupní svorkou **2**. Výstupy **Q 2** druhého čítače **C 2** jsou spojeny s datovými vstupy **D** multiplexeru **M**, který je adresovými vstupy **AD** spojen s výstupy **Q 3** třetího čítače **C 3**, jehož hodinový vstup **CL 3** je spojen s výstupem **V** multiplexeru **M**. Výstupy **Q 3** třetího čítače **C 3** jsou současně spojené s datovými vstupy **D 3** třetího registru **R 3**, výstupy **QR 3** spojeného se sběrnici mikroprocesorového systému **MS** a s první řadou vstupů **A** komparátoru **K**, přičemž druhá řada vstupů **B** je spojena s výstupy **QR 2** druhého registru **R 2**, jehož datové vstupy **D 2** jsou spojeny se sběrnici mikroprocesorového systému **MS**. Výstup komparátoru **K** je spojen jednak s výstupní svorkou **INT** a jednak s nulovacím prvním vstupem **1** klopného obvodu **KO**, jehož výstup je spojen se druhými vstupy **2** obou hradel **H 1**, **H 2**, třetími vstupy připojených k výstupu monostabilního klopného obvodu **MK**. Druhý vstup **2** klopného obvodu **KO** je spojen se svorkovacím vstupem **SB 3** třetího registru **R 3**, s vybavovacím vstupem **S 1** prvního registru **R 1** a první adresovou vstupní svorkou **A 1**, přičemž třetí nastavovací vstup **3** je spojen s vybavovacím vstupem **S 2** druhého registru **R 2**, s nulovacími vstupy **R 1**, **R 2**, **R 3** všech tří čítačů **C 1**, **C 2**, **C 3** a s třetí adresovou vstupní svorkou **A 3**, zatímco druhá adresová vstupní svorka **A 2** je přímo spojena s vybavovacím vstupem **S 3** třetího registru **R 3**.

Zapojení na obrázku pracuje za provozu takto: Klopný obvod **KO** je před začátkem měření ve vynulovaném stavu, kdy má na svém výstupu **QK** nízkou logickou úroveň, která je přivedena na třetí vstupy prvního i druhého třívstupového hradla **H 1** a **H 2**.

Tím je zabráněno průchodu signálu z první vstupní svorky **1** na první čítač **C 1** signálového kanálu a z druhé vstupní svorky **2** na druhý čítač **C 2** referenčního kanálu. Monostabilní klopný obvod **MK** je ve stabilním stavu, kdy má na svém výstupu vysokou logickou úroveň, signál s touto úrovní je přiváděn na třetí vstup prvního a druhého hradla **H 1**, **H 2**. Na začátku měření vyšle mikroprocesor po sběrnici **MS** na vstup druhého registru **R 2** údaj o požadovaném počtu pulsů v referenčním kanále a současně uvede adresovací signál na třetí adresové vstupní svorce **A 3** do aktivního stavu. Tím je údaj zapsán do druhého registru **R 2** a současně s tím je nastaven klopný obvod **KO** a vynulovány první, druhý a třetí čítač **C 1**, **C 2**, **C 3**. Údaj ve druhém registru **R 2** je kódován tak, že je-li v něm napsáno číslo **N**, bude měření probíhat až do načítání **2 N** pulsů v referenčním kanále. Nastavením klopného obvodu **KO** je jeho výstup **QK**, a tím i třetí vstup prvního a druhého hradla **H 1**, **H 2** ve vysoké logické úrovni, a tím je umožněn průchod pulsního signálu první vstupní svorky **1** přes první hradlo **H 1** na první čítač **C 1** a z druhé vstupní svorky **2** přes druhé hradlo **H 2** na druhý čítač **C 2**. Třetí čítač **C 3** je ve vynulovaném stavu, kdy jsou všechny jeho výstupy v nízké logické úrovni. Tento signál je přiveden na adresové vstupy multiplexeru **M**, čímž je připojen nejnižší bit druhého čítače **C 2** na výstup multiplexeru **V**, a tedy i na hodinový vstup **CL 3** třetího čítače **C 3**. Při přechodu nejnižšího bitu druhého čítače **C 2** z vysoké do nízké úrovně je tedy vyvolán hodinový puls pro třetí čítač **C 3**, který přejde ze stavu **0** do stavu **1**. Tím je změněna i adresa na vstupu multiplexeru **M**, který má tím propojen na výstup sousední vyšší bit. Při přechodu tohoto bitu do nízké logické úrovně je stav čítače **C 3** znovu zvýšen o jedničku a multiplexer **M** je přeadresován na další významnější bit. Tento proces se stále opakuje. Pulsy na výstupu **V** multiplexeru **M** jsou přivedeny současně i na vzorkovací vstup **SB 1** prvního registru **R 1**, do kterého je vždy přečten okamžitý stav prvního čítače **C 1** a na vstup monostabilního klopného obvodu **MK**, který se překlápí na určenou dobu do stavu, kdy má na výstupu nízkou logickou úroveň, která je přivedena na druhé vstupy prvního a druhého hradla **H 1**, **H 2**. Tím je zabráněno čítání v obou kanálech po dobu nutnou pro ustálení stavu třetího čítače **C 3** a multiplexeru **M** a pro přečtení stavu prvního čítače **C 1** do prvního registru **R 1**. Stav třetího čítače **C 3** je současně přiváděn i na první řadu vstupů **A** komparátoru **K**, přičemž na druhou řadu vstupů **B** je přiváděn stav druhého registru **R 2**. Je-li zjištěna shoda obou stavů, což znamená, že v referenčním kanále byl napočítán předvolený počet pulsů, přejde výstup komparátoru signali-

zující rovnost obou vstupních signálů do aktivního stavu, což vyvolá přerušovací signál počítače na výstupní svorce **INT** a současně vynuluje klopný obvod **KO**, čímž zastaví další čítání prvního a druhého čítače **C 1** a **C 2**. Jestliže není možno, například z časových důvodů, dosáhnout předvoleného počtu impulsů v referenčním kanále, může počítač ukončit měření i dříve tím, že uvede signál na první adresové vstupní svorce do aktivního stavu. Tím se stav prvního registru **R 1**, který byl do něho zapsán posledním vzorkovacím pulsem, přečte na sběrnici mikroprocesoru **MS**. Signál z první adresové vstupní svorky **A 1** je přiveden i na vzorkovací vstup **SB 3** třetího registru **R 3**, do kterého se přečte stav třetího čítače **C 3**, který odpovídá binárnímu řádu přenosu druhého čítače **C 2**, při kterém došlo k poslednímu vzorkování stavu prvního čítače **C 1** do prvního registru **R 1**. Tento údaj se do počítače přečte aktivováním signálu na druhé adresové vstupní svorce **A 2**. Signál z první adresové vstupní svorky **A 1** je současně přiveden na druhý nulovací vstup **2** klopného obvodu **KO**, který je tím vynulován a zastaví další měření.

Chceme-li tedy čítat pulsy s konstantním poměrem signálu ke statistickému šumu rovným 2^N , je třeba do druhého registru **R 2** uložit číslo 2^N . Měření pak probíhá tak dlouho, až referenční kanál načítá 2^N pulsů se statistickou neurčitostí 2^N . Poněvadž četnost pulsů referenčního kanálu je zatí-

žena rušivými vlivy společnými i pro signálový kanál, je doba měření automaticky korigována na tyto rušivé vlivy. Proměruje-li navíc spektrální vrcholy na pomalu proměnném výrazném pozadí, jako je tomu např. ve spektroskopii sekundárních elektronů, pak je proměnnou délkou měření pozadí automaticky vyrovnáváno na konstantní úroveň, kterou lze velmi jednoduše odečíst od naměřených výsledků. Jakmile referenční kanál ohlásí načítání 2^N pulsů, měření skončí a k dispozici je vzorek signálu.

Měření však může skončit i dříve na jiný vnější časující signál; stále je totiž k dispozici v prvním registru **R 1** údaj čítače při posledním přenosu čítače referenčních pulsů spolu s údajem o řádu přenosu ve třetím registru **R 3**. Upravíme-li v řídicím mikroprocesoru s ohledem na řád přenosu v každém měření programově odečítanou úroveň pozadí, dostáváme v pravidelných intervalech navzájem konsistentní vzorky signálu s nyní již proměnným poměrem signálu ke statistickému šumu s tím, že pro užitečné měření je skutečně využito více než 50 % celkového času.

Hlavními oblastmi použití zapojení pro měření četnosti pulsů pulsního signálu jsou zpracování fyzikálního měření, v nichž je signál tvořen sledem pulsů, a v nichž lze sejmut referenční signál, jako je tomu například ve spektroskopii sekundárních elektronů.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zapojení pro měření četnosti pulsů pulsního signálu s korekcí na referenční signál, sestávající ze tří čítačů, tří registrů, dvou hradel, multiplexeru, komparátoru a dvou klopných obvodů, vyznačené tím, že první čítač (**C 1**) je spojen hodinovým vstupem (**CL 1**) s výstupem prvního hradla (**H 1**) a výstupy (**Q 1**) s datovými vstupy (**D 1**) prvního registru (**R 1**) spojeného výstupy (**QR 1**) s mikroprocesorovým systémem (**MS**), zatímco druhý čítač (**C 2**), spojený hodinovým vstupem (**CL 2**) s výstupem druhého hradla (**H 2**), je spojen výstupy (**Q 2**) s datovými vstupy (**D**) multiplexeru (**M**), jehož adresové vstupy (**AD**) jsou spojené jednak s výstupními svorkami (**Q 3**) třetího čítače (**C 3**), dále s datovými vstupy (**D 3**) třetího registru (**R 3**) výstupy (**QR 3**) spojeného s mikroprocesorovým systémem (**MS**) a konečně s první řadou vstupů (**A**) komparátoru (**K**), jehož druhá řada vstupů (**B**) je spojena s výstupy (**QR 2**) druhého registru (**R 2**), který je datovými vstupy (**DZ**) spojen s mikroprocesorovým systémem (**MS**), přičemž první vstupní svorka (**1**) je spojena s prvním vstupem druhého hradla

(**H 1**) a druhá vstupní svorka (**2**) je spojena s prvním vstupem druhého hradla (**H 2**), zatímco druhé vstupy obou hradel (**H 1**, **H 2**) jsou spojené s výstupem monostabilního klopného obvodu (**MK**), jehož vstup je spojený se vzorkovacím vstupem (**SB 1**) prvního registru (**R 1**), s výstupem (**V**) multiplexeru (**M**) a s hodinovým vstupem (**CL 3**) třetího čítače (**C 3**), přičemž třetí vstupy obou hradel (**H 1**, **H 2**) jsou spojeny s výstupem (**QK**) klopného obvodu (**KO**), jehož první vstup je spojený s výstupem komparátoru (**K**) a s výstupní svorkou (**INT**), druhý vstup je spojený se vzorkovacím vstupem (**SB 3**) třetího registru (**R 3**) a vybavovacím vstupem (**S 2**) druhého registru (**R 2**) nulovacími vstupy (**R 1**, **R 2**, **R 3**) tří čítačů (**C 1**, **C 2**, **C 3**) a třetí adresovou vstupní svorkou (**A 3**), zatímco druhá adresová vstupní svorka (**A 2**) je spojena s vybavovacím vstupem (**S 3**) třetího registru (**R 3**), jehož vzorkovací vstup (**SB 3**) je spojen s vybavovacím vstupem (**S 1**) prvního registru (**R 1**) a s první adresovou vstupní svorkou (**A 1**).

