

Experimenty s čítačem GM01

PETER ŽILAVÝ

Univerzita Karlova v Praze, Matematicko – fyzikální fakulta

Již několik let se jako součást soupravy GAMAbeta 2007 dodává do škol čítač impulsů GM01. Cílem tohoto článku je seznámit čtenáře s jeho vlastnostmi a obsluhou a přinést několik námětů na fyzikální experimenty s tímto přístrojem i z jiných oblastí fyziky, než je jaderná fyzika, pro kterou byl přístroj původně navržen.

Úvod

Čítač GM01 je dvoukanálový, procesorem řízený čítač impulsů určený ke školním laboratorním účelům, především ve spojení se soupravou Gamabeta a GAMAbeta 2007 [1]. Je vybaven dvěma ekvivalentními vstupy střídavého signálu, vstupem pro externí napájení AC 9V z přiloženého externího zdroje a USB komunikačním rozhraním, které umožňuje připojení přístroje k počítači.

Ovládání přístroje

K ovládání čítače slouží pět tlačítek umístěných na čelním panelu přístroje. Horním malým tlačítkem lze nastavovat dobu, po kterou čítač počítá impulsy (10 s, 50 s, 100 s a nekonečno). Zvolená doba je zobrazována vedle tlačítka na displeji. Stiskem velkého tlačítka START proběhne měření podle přednastaveného času, po jehož uplynutí se měření ukončí a naměřený údaj zůstane na displeji do odstartování dalšího měření nebo do vynulování displeje. V režimu NK - nekonečno je měření jedním stiskem tlačítka START odstartováno a následujícím stiskem ukončeno. Naměřený údaj přitom zůstává na displeji, až dokud jej nevymažeme tlačítkem nulování (Nul).



Obr.1 Čítač GM01 v režimu měření z obou vstupů po dobu 10 s

Druhým tlačítkem shora ovládáme pracovní mód přístroje. Tedy to, ze kterého vstupu se údaje zobrazují na displeji. Je možné zobrazovat první vstup (In1 – konektor na

levé straně) nebo druhý vstup (In2 – konektor vpravo) zvlášť, případně oba vstupy (Duo) společně.

Třetím tlačítkem shora (Nul) nulujeme údaj čítače a posledním ovládáme podsvícení displeje.

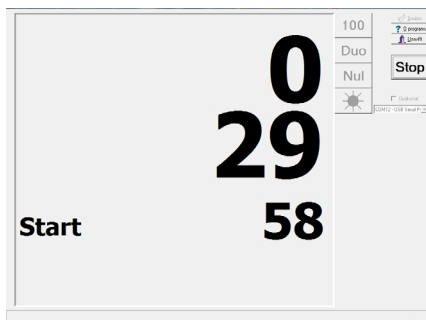
V režimu jednotlivých kanálů (In1, In2) se v prvním řádku zobrazuje velkým písmem počet impulzů. Pokud jejich počet překročí 9999, zobrazují se násobky 10000 na čtvrtém řádku vpravo. Na druhém řádku vlevo se zobrazuje čas měření v sekundách. Třetí řádek je určen pro informační text.

Při měření na obou kanálech současně (Duo) je na prvním řádku zobrazován počet impulzů 1. kanálu. Při větším počtu impulzů než 9999 se vyšší řády zobrazují menším písmem. Totéž platí pro druhý kanál, kterého stav je zobrazen na dalším řádku. Na posledním řádku se zobrazuje informační text a měřený čas.

Spolupráce přístroje s počítačem

S čítačem je dodáván obslužný program, pomocí kterého můžeme čítač ovládat a naměřené údaje ukládat a zobrazovat na displeji připojeného PC. Displej čítače tak lze také promítnout pomocí dataprojektoru pro celou třídu. Čítač lze ovládat z programu, ale i program lze ovládat z čítače. Program může pracovat ve dvou režimech:

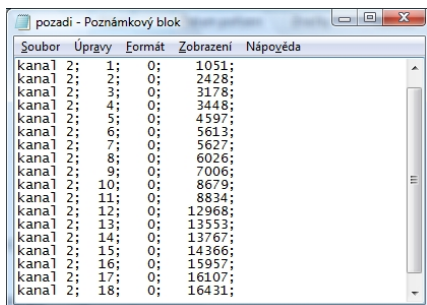
V prvním režimu (režim zobrazování) je zobrazování i ovládání umožněno jak na čítači, tak i v programu. Ovládání čítače z PC je stejné, jako v případě použití tlačítek přímo na přístroji. Na konci měření se výsledné údaje (počet načítaných impulzů za zvolený časový interval) zapiší (připíší) do souboru na pevný disk PC.



Obr. 2 Okno obslužného programu

Frekvenční pásmo čítače v tomto režimu je dáno zapojením vstupů a použitou ochranou proti jejich přetížení. V režimu zobrazování je čítač schopen zpracovat pravoúhlé i harmonické signály o frekvencích do 10 kHz při amplitudě 10 V. Horní mez frekvence klesá se snižující se amplitudou. Např. u pravoúhlých signálů je možné měřit do 3 kHz při amplitudě signálu 1 V, u harmonických signálů je možné měřit do 3 kHz při amplitudě 3 V.

Ve druhém režimu (režim PC) se na displeji čítače objeví velký nápis PC a zařízení se dá ovládat pouze z programu. Na disk se ukládají jednotlivé záznamy (časy v milisekundách od začátku měření) jednotlivých impulzů. V režimu PC je možné nastavit dobu měření od 1 s do 9999 s.



Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda
kanal 2;	1;	0;	1051;	
kanal 2;	2;	0;	2428;	
kanal 2;	3;	0;	3178;	
kanal 2;	4;	0;	3448;	
kanal 2;	5;	0;	4597;	
kanal 2;	6;	0;	5613;	
kanal 2;	7;	0;	5627;	
kanal 2;	8;	0;	6026;	
kanal 2;	9;	0;	7006;	
kanal 2;	10;	0;	8679;	
kanal 2;	11;	0;	8834;	
kanal 2;	12;	0;	12968;	
kanal 2;	13;	0;	13553;	
kanal 2;	14;	0;	13767;	
kanal 2;	15;	0;	14366;	
kanal 2;	16;	0;	15957;	
kanal 2;	17;	0;	16107;	
kanal 2;	18;	0;	16431;	

Obr. 3 Údaje zaznamenané čítačem to textového souboru v režimu PC

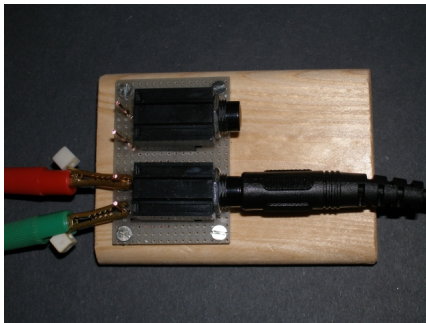
Pokud se nezvolí na začátku měření nový soubor, jsou data z měření připisována do původního souboru. Od dat z předchozího měření jsou oddělena prázdným řádkem. Soubor lze editovat v textovém editoru (PS Pad, Notepad...) a zpracovávat následně např. v tabulkovém procesoru (Excel...).

Jelikož v režimu PC je informace o čase příchodu každého impulzu (příchodu vstupního signálu prahovou úrovní) přenášena přes USB rozhraní do počítače, je možno čítač v tomto režimu použít pro měření periodických signálů pouze do frekvence přibližně 150 Hz. Čas příchodu impulzu je zjištěn a zaznamenán uvnitř čítače a teprve poté přenášen do PC. Čítač je tak schopen zjistit a zaznamenat (v souladu s jeho předpokládaným použitím s detektorem ionizujícího záření) i sekvenci několika impulzů následujících po sobě podstatně rychleji, než odpovídá uvedené frekvenci 150 Hz.

Jednoduché pokusy s čítačem GM01

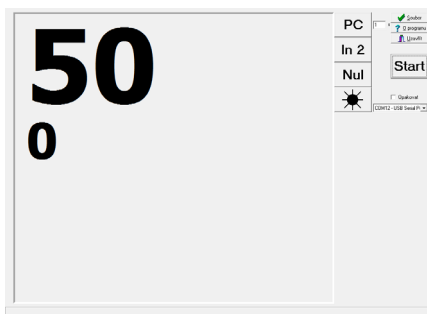
Měření frekvence napětí elektrické sítě

Čítač GM01 lze jednoduchým způsobem využít k měření napětí elektrické sítě. Stačí přímo připojit jeden ze vstupů čítače k sekundárnímu vinutí síťového transformátoru (jednotky voltů až 24 V). Lze využít existujícího střídavého rozvodu 12 V či 24 V v učebně, případně lze s výhodou využít střídavého zdroje (9 V ~) dodávaného s čítačem. Pro snadné připojení různých zdrojů signálu ke vstupům čítače je vhodné vytvořit si jednoduchý adaptér (obr. 4), který umožňuje použít kabel dodávaný s čítačem.



Obr. 4 Jednoduchý adaptér pro připojení měřených signálů ke vstupům čítače

Samotné měření pak provedeme ve spojení čítače s počítačem v režimu PC (záznam časů jednotlivých impulsů), který umožňuje nastavení doby měření 1 s. Spustíme měření tlačítkem START. Po 1 s čítač ukáže zaznamenaný počet period síťového napětí, který pro dobu 1 s přímo odpovídá měřené frekvenci. V zaznamenaném textovém souboru pak můžeme vidět také rozdíly v časech, které odpovídají periodě síťového napětí 20 ms.



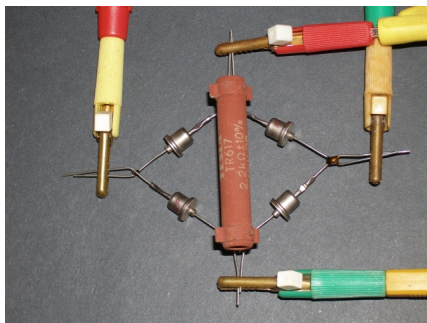
Obr. 5 Měření frekvence elektrické sítě v režimu PC.

Měření frekvence dvojcestně usměrněného napětí

Předchozí experiment můžeme doplnit o dvojcestný (zatížený) usměrňovač, který připojíme místo čítače ke zdroji střídavého napětí. Vstup čítače pak připojíme na výstup usměrňovače.

Usměrňovač sestavíme ze čtyř diod a zatěžovacího rezistoru (viz obr. 6) „ve vzduchu“ pájením. Odpor rezistoru volíme v řádu kiloohmů. Takto sestavený usměrňovač pak můžeme připojit ke zdroji i k čítači pomocí vodičů s krokosvorkami.

Při samotném měření frekvence pak pokračujeme stejně jako v předchozím případě ve spojení čítače s počítačem v režimu PC. Měřená frekvence 100 Hz je v tomto režimu ještě spolehlivě čítačem zpracována.

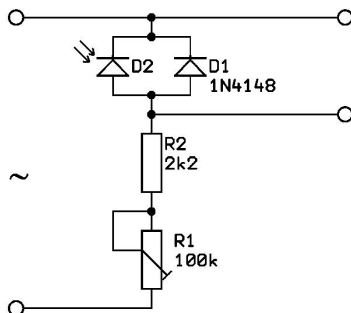


Obr. 6 Sestavený dvojcestný usměrňovač

Měření doby zakrytí světelné závoří

Čítače se často používají i k měření doby trvání krátkých dějů, např. k měření doby sepnutí kontaktu či zakrytí světelné závoří. Využívá se přitom principu (viz např. [2]), kdy je vstup čítače připojen ke zdroji střídavého (pulzujícího) napětí známé frekvence přes spínací kontakt, logický člen či jiný výstup světelné závoří. Počet impulzů zaznamenaný čítačem je pak přímo úměrný frekvenci zdroje a době sepnutí kontaktu či zakrytí závoří.

Příklad využití tohoto principu s čítačem GM01 ukazuje obr. 7 a obr. 8.

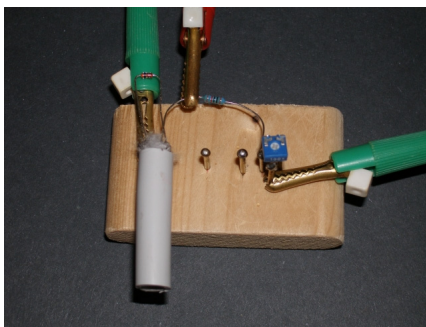


Obr. 7 Schéma zapojení jednoduché světelné závoří pro připojení k čítači GM01

Základem této světelné závoří je (téměř libovolná) fotodioda (D2), ke které je paralelně připojena dioda (D1) s malým napětím v propustném směru (např. Schottkyho dioda BAT 46, zapojení bylo vyzkoušeno ale i s obyčejnou usměrňovací diodou 1N4148). Pokud tuto kombinaci připojíme přes odpor (R1, R2) ke zdroji střídavého napětí, bude na výstupu při osvětlení fotodiody (např. světlem z kapesní svítilny) pouze malé (neharmonické) střídavé napětí, kterého velikost je dána především napětím na D1 v propustném směru. V případě zakrytí fotodiody („nevede“) se na výstupu

objeví pulzující napětí, které již je schopen čítač zaregistrovat. Čítač tak vlastně počítá počet period střídavého napětí zdroje během zakrytí světelné závoří.

Poznámky k realizaci: fotodiodu (zvláště pokud je v průhledném pouzdře) je vhodné zezadu začernit (např. lihovým fixem) a umístit do neprůhledné trubičky, aby na ní mohlo dopadat pouze světlo zepředu. Je nutné také dodržet správnou polaritu připojení výstupu závoří k čítači: katodu D1 připojit k špičce konektoru „jack“ kabelu od čítače a anodu D1 (uzel s R2 – viz obr. 6) připojit k „zemi“ čítače – kontaktu na konektoru, který je nejbližší plastovému pouzdru (prostřední kontakt konektoru je nezapojen). Pro napájení závoří lze s výhodou opět použít střídavý zdroj napětí 9 V ~ dodávaný s čítačem.



Obr. 8 Příjímací část světelné závoří

Popsanou světelnou závoru lze využít například k pokusům z mechaniky, kdy svisle puštěným papírem necháme zakrýt světlo z kapesní svítilny dopadající na fotodiodu a ze změřené doby zakrytí a rozměru papíru pak můžeme určit jeho zrychlení.

Měření akustických frekvencí

Čítače GM01 lze s výhodou využít i při některých pokusech z akustiky. Jelikož v tomto případě už potřebujeme měřit kmitočty v řádu stovek Hz až jednotek kHz, nelze již použít režim PC, ale musíme použít režim zobrazování 10 s. Měření frekvence tedy bude probíhat po dobu 10 s a výsledný počet period registrovaný čítačem musíme vydělit deseti.

K pokusu budeme kromě čítače potřebovat reproduktor, tónový generátor (zdroj harmonického signálu), který je schopen tento reproduktor napájet (výstupní napětí alespoň 3 V), propojovací vodiče a hudební nástroj (např. flétnu).

K tónovému generátoru připojíme reproduktor a paralelně i vstup čítače. Šikovný žák zahraje na hudební nástroj zvolený tón (např. malé a) a pomocí sluchu „naladí“ na generátoru tón stejné výšky. Následně v režimu 10 s spustíme na čítači měření tlačítkem START. Po 10 s čítač ukáže zaznamenaný počet period síťového napětí, který po vydělení deseti odpovídá měřené frekvenci (např. 440 Hz). Pokus pak opakujeme

ještě jednou nebo dvakrát s tónem o oktávu vyšším a ukážeme, že tón o oktávu vyšší má dvojnásobnou frekvenci než tón původní.

Poznámka k realizaci: Aby čítač spolehlivě zpracoval vstupní signál, musí mít tento signál dostatečnou úroveň (viz Úvod). To však někdy může znamenat příliš velkou hlasitost zvuku z reproduktoru. Tento problém lze jednoduše vyřešit zapojením rezistoru o odporu jednotek ohmů do série s reproduktorem.

Díky použití (harmonického) tónového generátoru místo přímého zesílení signálu z mikrofону odpadají problémy při měření frekvence „nesinusových“ tónů.

Závěr

Čítač impulzů GM01 ze soupravy GAMAbeta 2007 lze využít kromě pokusů z oblasti jaderné fyziky také k celé řadě dalších experimentů, kde je potřeba počítat události, měřit frekvence či doby trvání krátkých dějů. Uvedené pokusy jsou jen inspirací k mnoha dalším školním experimentům, které lze s čítačem provést.

Literatura

- [1] Žilavý P.: Pokusy se soupravou Gamabeta 2007, Didfyz 2008, sborník z konference, ed. by L. Zelenický, J. Ondruška, UKF Nitra (2009)
- [2] Havel V.: Demonstrační měření krátkých časových intervalů, In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 2, sborník z konference, ed. by K. Rauner, ZČU Plzeň (1997)