

ЗАРЯДНО-ЦИФРОВ ЛОГАРИТМИЧЕН РЕЗОНАНСЕН ПРЕОБРАЗУВАТЕЛ

инж. Митьо Георгиев Митев - ТУ София
(тел. 02/636-20-56, E-mail: mitev@acad4sun.vmei.acad.bg)
инж. Чавдар Борисов Ленеv - ИЯИЯЕ, БАН, София
(тел. 02/71-44-393 E-mail: tchav1@yahoo.com)

Charge to Digital Logarithmic Resonance Converter
Eng. Mityo Mitev - Technical Universiti - Sofia
Eng. Chavdar Lenev - INTNE, BAS - Sofia

Summary: A modified version of the logarithmic converter (charge to digital) with LC resononanse circuit with shock-start is analised in this paper. A similar method is applied during the measurment of current pulses with narrow pulse widths, such as 30ns - 250ns, in the dinamic range of 10000 with 10% accuracy and with 128 channels. The above modification to the logarithmic converters have brought high repeatability of the different devices by independently tuning of the treshold voltage and the slope of the converter characteristic. Laboratory experiments of the actual converter were being carried out and the experimental results are shown.

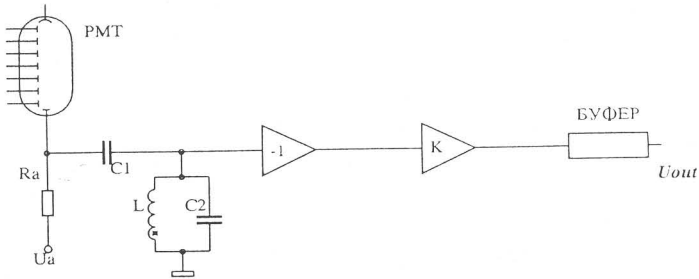
I. Въведение

При измерване на йонизиращи лъчения широко приложение намират сцинтилационните детектори [1], състоящи се от сцинтилатор и фотоелектронен умножител (ФЕУ). Характерната продължителност на импулсите в анода на ФЕУ е в интервала от 30 до 250 ns, а големината на анодния ток е пропорционална на енергията на частицата, предизвикала процеса. За регистриране и анализ на амплитудата на тези сигнали (респективно енергийния спектър на йонизиращото лъчение) обикновено се използват многоканални амплитудни анализатори (МАА), които са сложни и скъпи апаратури.

В редица случаи при физичните експерименти възниква необходимост от едновременно регистриране на сигналите от голямо количество детектори (от 20 до 2000 ФЕУ). Очевидно е, че в тези случаи за регистриране и анализ на сигналите е невъзможно използването на МАА. Приложение в практиката намират по-прости методи за определяне амплитудата на сигналите, които естествено са по-неточни.

Един от използваните методи [Л.2] се основава на ударно възбуждане на резонансен трептящ кръг и отброяване на периодите за затихване на породените трептения до определено ниво. Обобщената схема на подобен преобразувател е показана на фиг. 1.

Началната амплитуда на затихващото колебание в резонансния кръг зависи от големината на анодния ток, анодния товарен резистор, както и от съотношението на разделящия кондензатор С1 и кръговия капацитет С2. Времето за затихване зависи от качествения фактор на резонансния трептящ кръг. Изискванията към Ra и С1 са противоречиви, т.к. оказват шунтиращо влияние на кръга и влошават качествения му фактор.



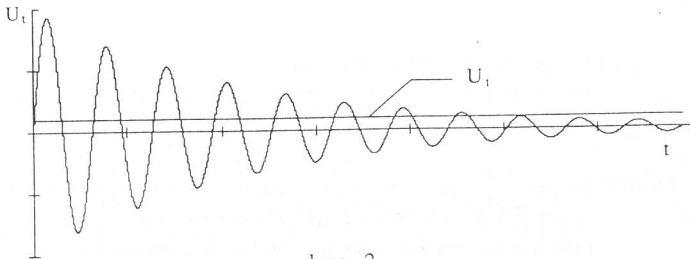
фиг. 1

Напрежението върху трептящия кръг може да се опише с израза:

$$U(t) = U_m \cdot e^{-t/B} \cdot \sin(t) \quad (1)$$

където U_m - макс. амплитуда, до която е възбуден кръга;
 B - логаритмичен декремент на затихването.

Компараторът формира импулси от полувълните, чиято амплитуда е по-голяма от праговото му напрежение U_1 (фиг.2).



фиг. 2

Като се реши уравнението (1) спрямо t се получава зависимостта за броя импулси, които се формират от различни по амплитуда входни импулси.

$$N = B \ln U_m / U_t \quad (2)$$

Логаритмичният декремент на затихването зависи от качествения фактор на трептящия кръг. Чрез него може да се настройва наклона на предавателната характеристика на схемата, а обхвата - чрез праговата чувствителност на компаратора и чрез анодното напрежение на ФЕУ.

От казаното до тук могат да се обобщят основните недостатъци на това схемно решение, а именно:

1. *Непълно събиране на заряда* от токовия импулс от ФЕУ, т.к. част от него протича през товарния резистор. Това води до намаляване чувствителността на схемата.

2. *Влошаване качествения фактор* на трептящия кръг поради шунтиращото влияние на товарния резистор на ФЕУ, в резултат на което пада наклона на предавателната характеристика.

3. *Изходните импулси са с основна честота, идентична с тази, на която е настроен трептящия кръг.* Това налага вземането на много стриктни мерки за екраниране с цел намаляването на паразитни обратни връзки.

4. *Качествения фактор на кръга* (и съответно логаритмичния декремент на затихване) *много трудно се пренастройва*, при това в тесни граници.

5. *Необходимостта от поддържане на относително висок праг на сработване на компаратора* (поради наличието на смущения, неизбежно съпътстващи работата му) води до стесняване на динамичния обхват.

6. *Ширината на изходните импулси намалява* към края на формирания пакет.

II. Модифицирано схемно решение

За отстраняване на гореизброените недостатъци и подобряване работата на схемата в нея могат да бъдат въведени следните изменения:

1. *Индуктивна връзка* между резонансния трептящ кръг и анодната верига на ФЕУ. Освен пълно събиране на заряда на импулса, се получава и галванично разделяне на високоволтовата анодна верига на ФЕУ от входа на усилвателя.

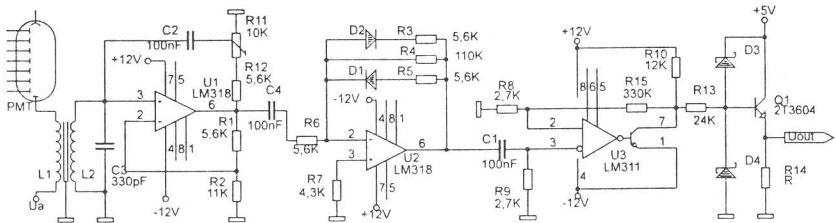
2. *Въвеждане на положителна обратна връзка*, чрез която се компенсират част от загубите в резонансния кръг. Намалява се относителния дял на паразитните обратни връзки. Създава се

възможност за финна настройка на логаритмичния декремент на затихване на резонансния кръг.

3. Използване на схема на *компаратор с двуполярен хистерезис*, симетрично около нулевото ниво. Праговете на сработване се подбират над нивото на собствените шумове на схемата, с което се постига висока шумоустойчивост. Импулсите в изходния пакет се получават с еднаква продължителност.

4. Включване преди компаратора на *усилвател с нелинейна предавателна характеристика*, който усилва сигнала в областта на ниските амплитуди. По този начин се постига ефективно “свиване” на хистерезиса на компаратора и в резултат на това - увеличаване на динамичния диапазон на преобразувателя.

Принципната схема на преобразувателя, реализиран в съответствие с предложените изменения, е показана на фиг. 3. На фигурата не са показани филтриращите кондензатори в захранващите вериги и веригите за честотна корекция на ОУ. Резонансната честота на трептящия кръг е подбрана 1 МHz с цел постигане на пълно и неизкривено събиране на енергията при постъпване на импулси с най-голяма очаквана продължителност. Индуктивността е реализирана на стандартна феритна сърцевина тип RM6, с което се постига и известно екраниране за паразитни смущения, предавани по електромагнитен път.



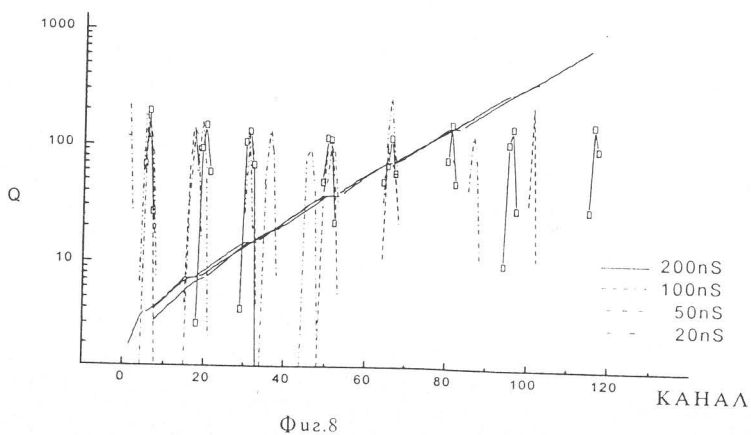
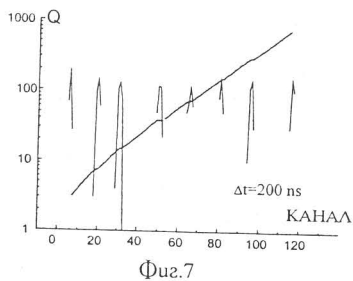
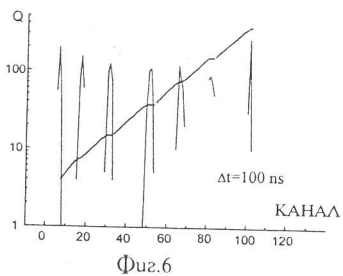
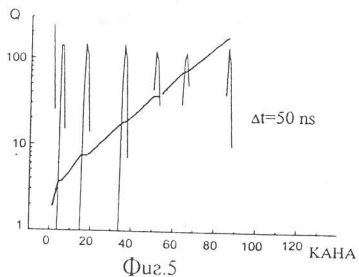
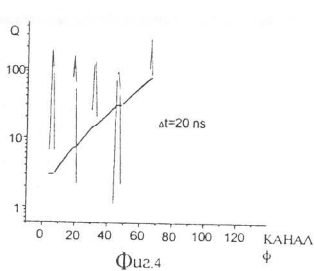
фиг.3

III. Експериментални резултати

За изследване характеристиките на така създадената схема като източник на сигнал вместо ФЕУ е използван генератор на ток, управляван от импулсен генератор тип PGP-5A. Изходните пакети от импулси се регистрират от 128 канален анализатор, данните от който се прехвърлят в персонален компютър.

При измерването са реализирани 4 серии при продължителност на входните токови импулси съответно 200ns, 100ns, 50 ns и 20ns и големина на тока от 300µA до 30 mA. При всяка комбинация са

регистрирани около 300 събития. Обработените резултати от отделните серии са представени съответно на фиг. 4 - 7, а обобщените резултати - на фиг. 8.



Наблюдава се много добро съгласуване на резултатите, постигнати при възбуждане с токови импулси с различни продължителности, но реализиращи пренасяне на еднакво количество заряд при средни и високи стойности на постигнатия обхват. При ниски стойности съществува известна разходимост, дължаща се на шумове и неточно установяване и подържане параметрите на токовия импулс.

Предложеният преобразувател може да бъде използван за спектрален анализ при измерване на γ -фон или регистриране на високоенергетични космически лъчения посредством сцинтилационни и черенковски детектори. Простотата на схемното решение позволява то да бъде използвано в случаите, когато е необходимо регистриране на сигналите от голямо количество детектори при широк динамичен диапазон (10^3 - 10^4) на енергията на изследваните частици с грешка, по-малка от 10%.

Литература:

1. Вяземский, В.О., И.И. Ломоносов, А.Н. Писаревский, Н.В. Протопопов, В.А. Рузин, Е.Д. Тетерин. Сцинтилляционный метод в радиометриях. Госатомиздат. Москва, 1961 г.

2. Ромашин В.А., Б.В. Субботин. Регистрация амплитудной информации сцинтилляционных детекторах установка АНИ. Труды ФИАН. 147, 92 (1981г.)