

# БЪРЗОДЕЙСТВУВАЩА СИСТЕМА ЗА СЪБИРАНЕ И ОБРАБОТКА НА АНАЛОГОВА ИНФОРМАЦИЯ

Ангел Попов - ВМЕИ - София

Мирчо Мъглижанов - ВМЕИ - Пловдив

Даринка Манова - ВМЕИ - Пловдив

В работата се разглеждат някои проблеми свързани със събиране, обработка и визуализация на широкоспектрни аналогови сигнали. Предложен е метод за дискретизация с честота на дискретизация по-ниска от тази, препоръчвана от теорията (Найкюист - Шенон - Котелников), на бързоизменящи се периодични сигнали с произволна (най-често импулсна) форма. Анализирани са трудностите при възстановяване на формата на сигнала и са предложени начини за решаването им. Чрез цифрова обработка след аналого-цифровото преобразуване се постига: (i) регуциране на шумовете извън спектъра на изследвания сигнал; (ii) корекция на високочестотните изкривявания; (iii) повишаване на вертикалната разделителна способност.

Конструиран е модул към автоматизирана измервателна система, управлявана от персонален компютър. Схемното решение на модула е на базата на ECL структури (паралелен аналого-цифров преобразувател и схеми за синхронизация).

**1. УВОД.** Паралелните аналого-цифрови преобразуватели (т.нар. *Flash ADC*) се използват напоследък търгре широко при изследване на сигнали в бързодействуващи електронни схеми [2]. Едно много характерно тяхно приложение представляват цифровите осцилоскопи реализирани като модули към персонален компютър. Основни компоненти на търгъв модул са: паралелен АЦП и буферна памет. Данните от тази памет се предават в компютъра, където се обработват и визуализират.

**2. ОСНОВНИ ЗАДАЧИ.** В публикациите [2÷9] са разгледани редица въпроси свързани с конструирането и приложението на системи на базата на паралелни (*Flash*) аналого-цифрови (А-Ц) преобразуватели (АЦП), т.нар. *Flash Data Acquisition Systems*.

Настоящата работа има за цел решаването на следните проблеми:

а) Усъвършенствуване на предложения от авторите метод [4] за дискретизация на периодични сигнали със субнайкюистова честота (т.нар. субдискретизация [1]) по отношение на: (i) точност при възстановяване формата на сигнала; (ii) опростяване на хардуера чрез напълно асинхронно действие на дискретизиращия сигнал спрямо преобразувания;

б) Цифрова обработка (DSP) в компютъра на данните от аналого-цифровото преобразуване с цел: (i) подобряване на отношението сигнал/шум; (ii) корекция на високочестотните изкривявания във входната аналого-цифрова част на модула за А-Ц преобразуване; (iii) повишаване на вертикалната разделителна способност;

в) Конструиране на модул към персонален компютър (PC) - в съответствие с изискванията на метода за дискретизация на периодични сигнали, снабден със стандартни интерфейси за обмен.

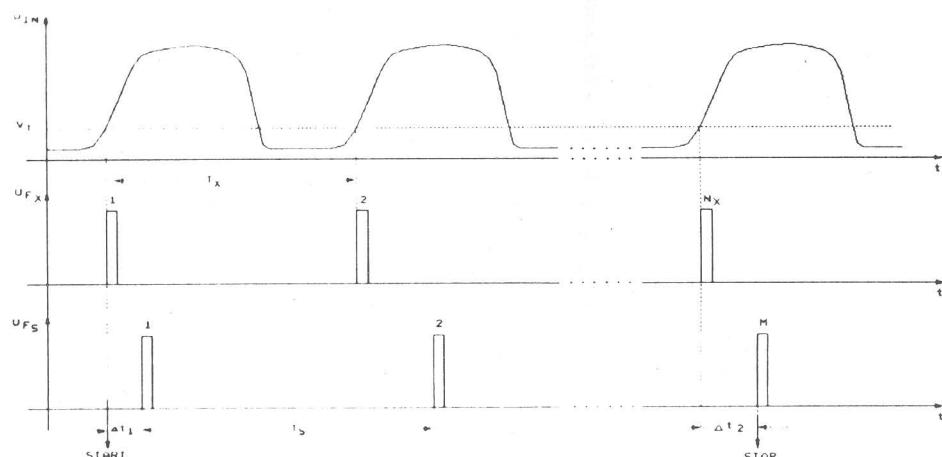
### 3. ДИСКРЕТИЗАЦИЯ И ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ ФОРМАТА НА ПЕРИОДИЧНИ СИГНАЛИ.

При експерименталните изследвания на електронни схеми преобладават периодични сигнали, които могат да се дискретизират с честота  $f_s$  (*sampling rate*), много по-ниска от тази определена по теоремата на Найкуист (Шенон, Котелников) [1]. Модерната измервателна апаратура [7,8,9] използва този начин на работа (т.нр. *Random Repetitive Sampling-RRS*). За съжаление същността му не е описана в досъщната ни литература. В [4] е предложен метод за неговата реализация, чиито подобрен вариант е изложен по-долу.

**3.1. А-Ц преобразуване.** Основните времеви съотношения са показани на фиг.1.

Синхронизиращите импулси се формират при преминаване на входния сигнал през прага  $V_T$ . Броят им  $N_x$  се натрупва в брояч. Първият синхроимпулс определя началото (*START*) на цикъла за събиране на данни  $T_{ACQ}$ . АЦП от своя страна работи с честота на дискретизация  $f_s$ , фазово независима от входния, съответно синхронизиращия сигнал. С тази честота данните от изхода на АЦП постъпват в памет с капацитет  $M$ . При напълване на паметта цикълът завършва (*STOP*). От фиг.1 се вижда че:

$$(1) \quad T_{ACQ} = N_x T_x + \Delta t_2 = M T_s + \Delta t_1$$



Фиг. 1

**3.2. Възстановяване формата на входния сигнал.** За целта е необходимо да се определи периода му  $T_x$  и мястото във времето на всяка стойност получена от АЦП и записана в паметта. От (1) се получава

$$(2) \quad T_x = \frac{MT_s}{N_x} + \frac{\Delta t}{N_x}$$

Единствената неизвестна величина

$$(3) \quad \Delta t = \Delta t_1 - \Delta t_2$$

е трудно да се измери точно. Пренебреждането ѝ пък внася грешка в  $T_x$ . Интересно е да се отбележи, че при синхронизация на АЦП с входния сигнал, т.е. при  $\Delta t_1 = 0$ , грешката в общия случай нараства, т.е. асинхронният режим е за предпочтение - реализира се по-лесно и не влошава точността на метода.

Основният начин за намаляване на грешката, определена от (3), е в увелячаване на  $N_x$  посредством увелячаване обема на паметта. (Съвременните системи работят с памети от порядъка на 50-100K думи [9]). В [4] е предложен "по-хитър" подход - да се използува умерена по обем памет, а адресният брояч, както и броячът за  $N_x$  да бъдат много по-големи. Въобще увелячаването на  $N_x$  позволява да приемем, че периодът на преобразувания сигнал е

$$(4) \quad T_x = \frac{MT_s}{N_x}$$

Тогава чрез последователно четене на данните от паметта времевата координата на всяка точка спрямо началото се определя по следната формула [4]:

$$(5) \quad \Delta T(n) = n \cdot T_s - T_x \text{Ent}\left(n \cdot \frac{T_s}{T_x}\right),$$

където:  $n = 0 \div M$  е поредния адрес от паметта, а функцията  $\text{Ent}$  е равна на цялата част на числото в скобите.

**4. ЦИФРОВА ОБРАБОТКА.** Обработката в компютъра на данните от А-Ц преобразуване може да намали някои методични и инструментални грешки и да повиши точността на реконструирания входен сигнал.

4.1. От (4) можем да определим честотата на дискретизация

$$(6) \quad f_s = f_x \frac{M}{N_x}$$

При възстановяване на формата на сигнала от  $M$  стойности намиращи се в  $N_x$  периода се възстановява много по-малък брой  $N_{rec}$  периода ( $N_{rec} \ll N_x$ ), които се зареждат във видеопаметта за визуализация. По този начин се получават сигнали привидно дискретизирани с много по-висока еквивалентна честота.

$$(7) \quad f_{\text{Seq}} = f_x \frac{M}{N_{\text{rec}}} >> f_s$$

Шумовете, дължащи се на твърде широката еквивалентна честотна лента, могат да се намалят чрез нискочестотен цифров филтър, подтискащ всички честоти извън спектъра на преобразувания сигнал.

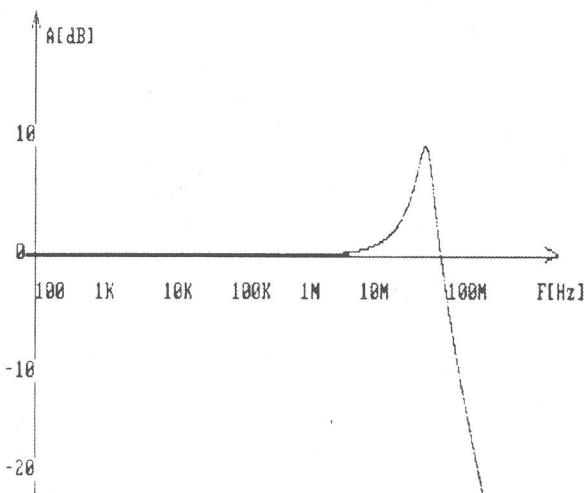
**4.2.** Входните аналогови вериги на АЦП (адионтоамтор, входен усилвател) внасят затухване в областта на високите честоти от спектъра на сигнала. То може да бъде компенсирано чрез високочестотна корекция в споменатия по-горе НЧ филтър. За тази цел бе експериментирана цифрова филтрация с филтър на Чебишев. Неговата предавателна характеристика е

$$(8) \quad T(p) = \frac{1}{(P-P_k)(P-\bar{P}_k)} = \frac{1}{P^2 + b_1 P + b_0}$$

За определяне на  $b_1$  и  $b_0$  се използва следната система от две уравнения:

$$(9) \quad \left| \begin{array}{l} Q(p) = \frac{\sqrt{b_0}}{b_1} \\ \omega_m = \sqrt{b_0 - \frac{b_1^2}{2}} \end{array} \right.$$

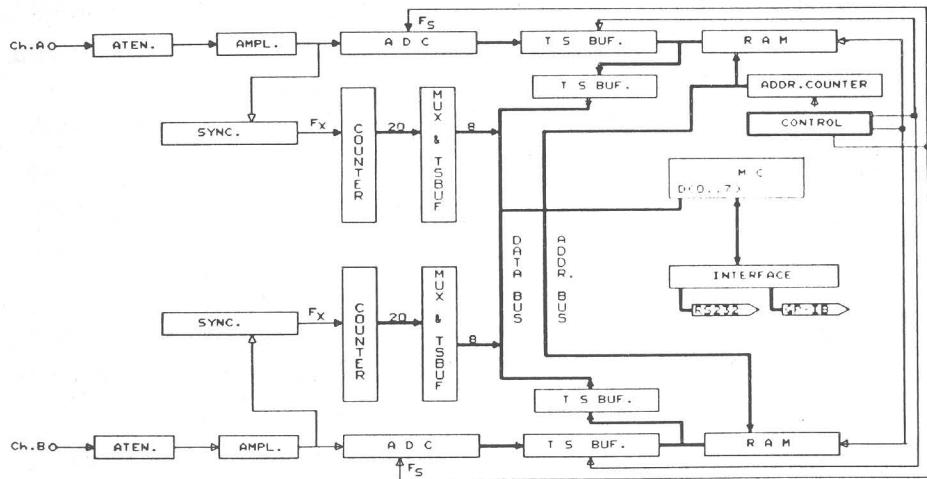
По зададен качествен фактор  $Q$  и честота  $\omega_m$  се изчисляват  $b_0$  и  $b_1$ . Нормираната АЧХ на филтъра е показвана на фиг. 2.



Фиг. 2

**4.3. Ефектът описан в 4.1 може да се третира и като компресиране в твърде кратък отрезък от време на данни равномерно разпределени в много по-продължителен времеви интервал. Тогава чрез усредняване на данните, визуализиращи всяка точка от екрана, се повишава разделителната способност на системата.**

**5. АПАРАТНА РЕАЛИЗАЦИЯ.** На фиг.3 е показана блоковата схема на модула, конструиран въз основа на метода, изложен по-горе в т.3. Модулът представлява апаратната част на гвуканален цифров осцилоскоп към автоматизирана измервателна система на базата на PC. Критичните за бързодействието блокове - паралелният АЦП (К1107ПВ3) и синхронизацията - са с ECL структура. Това позволява преобразуването на сигнали с честотен спектър до 60MHz с честота на дискретизация до 50MHz. Блокът COUNTER отчита броят периоди  $N_x$  на входния сигнал. Микроконтролерът MC (8031) управлява обмена между модула и PC. Примеждава сериен (RS232) и паралелен (GPIB) интерфейси.



Фиг. 3

**6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Описаната бързодействуваща система за събиране и обработка на аналогова информация е разработена и внедрена в лабораторията по Цифрова схемотехника към ВМЕИ Пловдив.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях., м.и. Москва, Мир, 1983.
2. Попов А., Д. Манова. Системи за събиране на данни изградени с паралелни АЦП. Шеста международна конференция "САИТНИ 92", Варна - СВ. Константин, 1-3 октомври 1992.
3. Попов А., Д. Манова., М. Мъглижанов. Цифров осцилоскоп предназначен за автоматизирана тестова система. Седма международна конференция "САИТНИ 93", Варна - СВ. Константин, 1-3 октомври 1993.
4. Попов А., Д. Манова., М. Мъглижанов. Аналогово-цифрово преобразуване и възстановяване формата на сигнала в бързодействуващи системи за събиране на данни. Седма международна конференция "САИТНИ 93", Варна - СВ. Константин, 1-3 октомври 1993.
5. Марцинкевич А. и др. Быстро действующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП М. Радио и связь, 1988.
6. Tektronix rolls out 500-MHz flash A-D converter. *Computer Design*. January 1, 1989, p 104
7. Witte R. Sample Rate and Display Rate in Digitizing Oscilloscopes. *Hewlett-Packard Journal*. February 1992
8. Fundamentals of Aliasing LeCroy - AN CSD-003. 1990.
9. Benefits of long memories in digital oscilloscopes. LeCroy AN ITI - 008.

## FAST SYSTEM FOR ANALOG DATA ACQUISITION AND PROCESSING

A.Popov - Technical University (VMEI) - Sofia  
M. Maglijanov - Technical University (VMEI) - Plovdiv  
D. Manova - Technical University (VMEI) - Plovdiv

## A B S T R A C T

Some problems concerning Fast Analog Data Acquisition Systems based on the use of Flash A-D Converters and PC are considered. An approach to the digitizing and waveform reconstructing of fast periodic signals is proposed. The S/N ratio and the precision of the displayed waveform are approved by using DSP A digital oscilloscope is designed as a part of a PC based automatic test equipment (ATE) failored for educational purposes.