

PC контролер за измервания при автомобилни двигатели

Жейно Жейнов

A PC controller for measurement of automotive motors: The article describes a fast PC controller, which makes easier the laboratory measurement of automotive motors. The device consists of a one-channel ADC with 8-bit resolution, a static RAM for storing of the digitized signal and a programmable timer, which determines the data rate. The paper includes a simplified block-diagram of the device and a briefly description of the principle of operation, basic work modes and technical specifications.

Key words: PC controller, Analog to digital converter, automotive motor measurement.

ВЪВЕДЕНИЕ

При тестване и диагностика при автомобилни двигатели се използва специализирана апаратура, която събира данните от сензори, разположени в измерваните точки на двигателя. Обикновено изходните напрежения на тези сензори са аналогови и нормирани. За да могат да се обработят и анализират, първо получените данни се преобразуват в цифрова форма с помощта на аналогово-цифров преобразувател (АЦП). Тази обработка се извършва чрез инструментални модули, които могат да бъдат два вида: вътрешни и външни [1]. Предимствата на вътрешните модули е, че са по-бързи, защото могат да ползват системния интерфейс на PC и DMA канали. Те са с по-ниска цена, защото не е необходимо допълнително захранване за компонентите, тъй като се използва това на персоналния компютър. Външните модули предлагат подобрена изолация от електрически смущения и са по-удобни за включване на допълнителна апаратура. Времето за аналогово-цифрово преобразуване се избира в зависимост от процесите, които се изследват и скоростта на въртене на коляновия вал. Типичните времена на преобразуване за подобни модули се движат между 10 μ s и 1 s. Броят на разрядите на АЦП се избира между 8 и 16 бита. Входното аналогово напрежение обикновено има стойности между -10 V и +10 V. Усилвателите за модула могат да са външни - свързани преди АЦП или вградени в чипа. Предимство на външния усилвател е, че може да се разположи близо до източника на сигнал, което рязко намалява смущенията в аналоговия сигнал от свързващите проводници. Усилвателите, които се ползват в подобни устройства могат да имат фиксирано или променливо усилване. Броят на каналите в инструменталния модул се движи между 1 и 256. При модули с няколко канала обикновено времето на преобразуване е обратно пропорционално на броя на каналите, тъй като в повечето случаи се използва един преобразуващ АЦП, който обслужва всички канали чрез мултиплексиране във времето.

Работата на модулите започва с инициализиране за извършване на аналогово-цифровото преобразуване. След като АЦП е завършило преобразуването, данните могат да се прехвърлят в паметта на PC по няколко начина:

- програмно, когато програмата проверява готовността на АЦП;
- чрез прекъсване, като АЦП прекъсва работата на програмата при готови данни;
- чрез директен достъп до паметта (DMA).

Най-бързи са модулите, които използват DMA канали за прехвърляне на данните от АЦП към PC. Те са най-сложни, скъпи и трудни за програмиране.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В статията се разглежда вътрешен специализиран измервателен модул за настолен PC с ISA слот. Модулът е разработен за лабораторни цели. Той извършва преобразуване на аналогово напрежение в цифрова форма и записва данните в буферна памет с цел по-нататъшна обработка от потребителска програма.

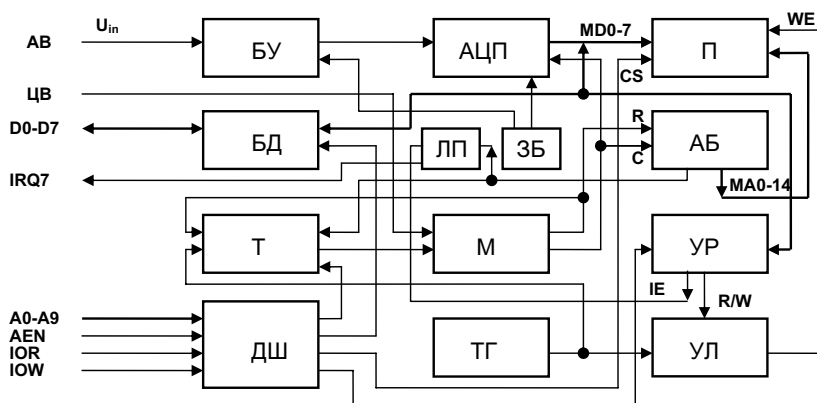
Честотата на дискретизация може да се програмира. Предвидена е възможност за външна синхронизация на записа на данните.

Устройството съдържа бърз едноканален 8-битов аналогово-цифров преобразувател, чийто цифрови изходи се записват в буферна RAM с обем 128 KB. То има цифров стробиращ вход. Моментите за пускане на аналогово-цифровото преобразуване се задават с помощта на програмируем таймер. Интерфейсът с PC е стандартен ISA-8. При запълване на вътрешната памет с дискретизирани отчети, модулът може да генерира прекъсване за ускоряване на прехвърлянето на данните.

Опростената блокова схема на измервателния модул е представена на фиг. 1. Използвани са следните означения:

БУ - буферен усилвател;	БД – буфери за данни;
АЦП – чип АЦП;	АВ – аналогов вход
АБ - адресен брояч;	ЦВ – цифров вход;
УЛ - управляваща логика;	П – памет за данни;
ЗБ – захранващ блок и източници на еталонно напрежение;	ЛП - логика за прекъсване;
Т - таймер;	М – мултиплексор;
ТГ - тактов генератор;	М – мултиплексор;
УР - управляващ регистър;	ДШ – дешифратор.

Входният аналогов сигнал с напрежение от 0 до 5 V постъпва от съединител на платката към входа **АВ** на широколентов видеоусилвател **БУ**. Той е необходим, защото обхватът на входното напрежение на **АЦП** е от -2 V до 0 V и входното съпротивление на чипа за аналоговия му вход е ниско – около 25 Ω [5]. **БУ** има входно съпротивление около 330 Ω, ниско изходно съпротивление и е защитен от пренапрежение. **БУ** инвертира входното аналогово напрежение и го преобразува в нивото, необходимо за нормалната работа на **АЦП**. Като аналогово-цифров преобразувател в модула се използва чипа K1107PB2, който е руски аналог на популярната интегрална схема (ИС) TDC1007. В него има **АЦП** от паралелен тип, което може да осигури време на преобразуване до 50 ns. Крачетата му са свързани така, че на изхода му се получава двоично число без знак, което е пропорционално на входното напрежение U_{in} .



Фиг. 1 Блокова схема на модула

Цифровите изходи на **АЦП** се подават като данни за запис **MD0-MD7** към шините за данни на **П** с организация 128K*8, изградена като масив от 4 ИС статична

RAM тип 62256. Адресните шини на паметта **МА0-МА14** са свързвани с изходите на 17-битов сумиращ синхронен брояч, реализиран с 5 ИС 74LS161. Входът **R** за нулиране и тактовия вход **C** на броячите са свързвани към изходите на мултиплексора **M**, чийто селекторни входове се управляват програмно от битове на управляващия регистър **УР** на модула. За запис на дискретизирания входен сигнал те се превключват съответно към цифровия вход **ЦВ** и изхода на програмируем таймер **T**. При четене на данните от паметта изходите на мултиплексора се превключват програмно към TTL - нива лог.0 или лог.1, което позволява формиране на изхода на **АБ** на последователни адреси след нулиране на **АБ**. Тактовият генератор е реализиран с цифрови TTL ИС и работи на честота $f=2$ MHz. На изхода му се получава правоъгълно напрежение с коефициент на запълване 0.5. Изходът му е свързан с тактовия вход на първия таймер от таймера **T**, аналог на I8253. Двата таймера на тази ИС са свързани последователно, като 32-битов брояч, което позволява програмна проверка на броя записани отчети в **П**. Времето на преобразуване T_c се задава чрез програмиране на коефициента на делене K на първия 16-разряден таймер от чипа 8253 по формулата (1):

$$T_c = \frac{K}{f}, \quad \text{където } K \text{ е между } 2 \text{ и } 65535. \quad (1)$$

По такъв начин T_c може да се изменя програмно между 1 μ s и 33 ms.

Работата на чипа TDC1007 се синхронизира по тактов сигнал с TTL ниво, постъпващ на едно от крачетата му. Аналогово-цифровото преобразуване започва по положителния фронт на тактовите импулси. Резултатът от преобразуването се прехвърля по следващия положителен фронт на тактовите импулси в изходен буферен регистър и съхранява там. Той е достъпен през изходите на чипа. Тъй като спектърът на входния сигнал не надхвърля 2.5 MHz, на входа на АЦП не е поставена аналогова памет [6].

В модула е предвидена логика за прекъсване **ЛП**, която изработва прекъсване IRQ7 към РС, когато има препълване на **АБ** (т.е. ако **П** се запълни с данни). Сигналът за прекъсване може да се разрешава и забранява чрез изхода **IE** на **УР**. Той комутира изхода на буфер с 3 състояния към линията IRQ7.

Работата на броячите се управлява чрез мултиплексора **M**. Селекторните входове на мултиплексора са свързани към изходи на управляващия регистър (**УР**). Режим на работа на паметта (четене или запис) се управлява чрез изхода **R/W** на **УР**. Входовете за данни на **УР**, **T** и **П** са буферирани към РС чрез двупосочни буфери с 3 състояния (**БД**), реализирани с ИС от тип 74LS245. Управлението на тези буфери се осъществява от **ДШ** чрез дешифриране на адреса при входно-изходна операция на процесора и управляващите сигнали от интерфейса. За отделяне на изходите на **АЦП** от шината за данни на РС данните към паметта се буферират допълнително с буфери с 3 състояния (не са показани на фиг. 1). Управлението на режимите на работа на RAM и буферните схеми, както и изработването на подходящите сигнали, необходими за нормалната работа се осъществява чрез блока управляваща логика (**УЛ**) и се синхронизира по фронтовете на сигнала от тактовия генератор (**ТГ**).

От гледна точка на програмиста модулетът представлява 6 програмно достъпни регистъра, заемащи 6 поредни адреса във входно-изходното пространство на компютъра от адрес 390H нататък. На първите четири от тях са разположени регистрите на таймера 8253, а на последните два се намират порт за четене на данни от паметта и управляващ регистър на модула. С помощта на мостчета е възможна промяна на базовия адрес на модула, което позволява съвместна работа на няколко такива модула в един РС.

Захранващият блок (**ЗБ**) е предназначен да изработи захранващи и еталонни напрежения, необходими за нормалното функциониране на **БУ** и **АЦП**. Той съдържа

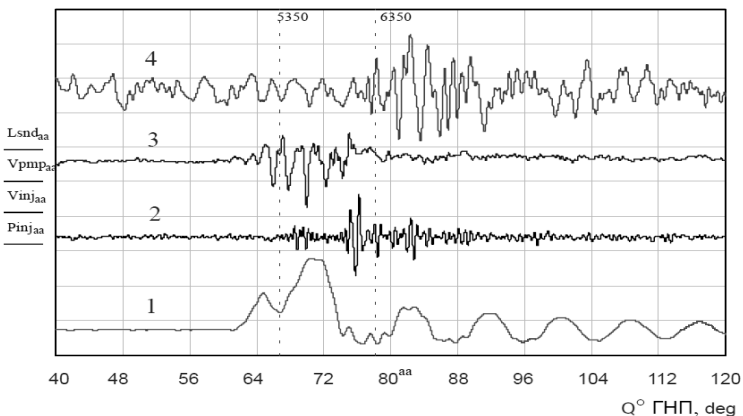
блок DC-DC преобразувател от +12 V на -6 V, реализиран като импулсен стабилизатор на напрежение и блок прецизен стабилизатор на напрежение -2 V.

За съкращаване времето на създаване на нови модули бе създадена методика за оживяване и настройка, включваща последователност на сглобяване и тестови асемблерни програми за проверка на чиповете както и алгоритъм за настройка на аналоговата част.

Потребителското програмно осигуряване бе написано на езика Borland Delphi и работеше под ОС Windows. То управляваше модула в 3 основни режима:

- 1) Запис на дискретизиран сигнал в паметта на модула:
 - с асинхронно пускане на записа от клавиатурата;
 - с използване на външен разрешаващ сигнал.
- 2) Четене на паметта на модула и запис на данните в дисков файл;
- 3) Изобразяване на съдържанието на файл с данни в графична форма.

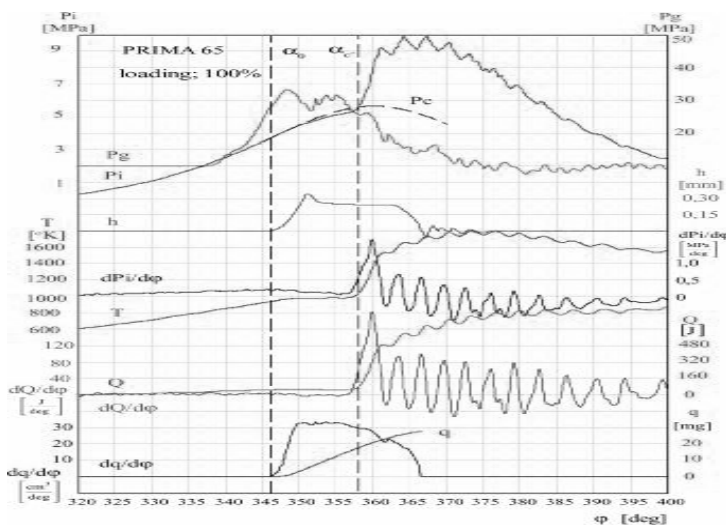
Описаният по-горе лабораторен измервателен модул бе проектиран за нуждите на катедра „Транспортна техника и технологии“ в ТУ - Варна. Модулът се ползваше в една от лабораториите за измерване на налягането, вибрациите и шума при дизелови двигатели. На графиките по-долу са показани различни изследвания на зависимости между параметрите на автомобилния двигател, които са получени чрез измерване с описания модул АЦП. Първичните данни се записваха в текстов файл и после се обработваха с помощта на пакета Mathcad®. На фиг. 2 са показани моментни стойности на налягането при впръскване, вибрациите на горивната дюза и корпуса на гориво нагнетателната помпа. Те са снети от датчици за налягане и вибрации на стенд MOTORPAL NC104 [4]. Честотата на дискретизация е избрана 350 kHz.



Pinj - налягане на впръскване;
 Vinj - виброускорение на дюзата;
 Vpmp - виброускорение на помпата;
 Lsnd - звуково налягане.

Фиг. 2. Зависимост на виброакустически параметри от налягането

Експериментално снети графики на налягането и температурата в цилиндъра през работния цикъл на дизелов двигател са показани на фиг. 3, която е взета от [2]. Те илюстрират шума и отделената топлина при дизелов двигател Perkins PRIMA 65.



Фиг. 3. Зависимости на налягането и температурата през работния цикъл

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Натрупаният опит по използването на създадения модул АЦП за РС показва, че той успешно може да бъде прилаган за измерване в реално време на един или няколко параметъра на автомобилен двигател. Едновременно наблюдение на няколко величини изисква към персоналния компютър да се включат няколко такива модула с общи разрешаващи входове и различни входно-изходни базови адреси, както и модифициране на софтуера за управление.

Бързодействието на този контролер се оказа недостатъчно за изследването на някои по-бързи процеси като изменението на напрежението на запалване на горивната смес във времето.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Gates, J. Becker. Laboratory automation using the IBM PC. Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1989.
- [2] Z. Ivanov, N. Ivanov. Functional dependence of the noise of the work process on automotive diesel engines. International Congress Motor Vehicles & Motors 2006. Kragujevac 2006.
- [3] М. Гук. Аппаратные интерфейсы ПК. Питер, Санкт-Петербург 2003.
- [4] З. Иванов, И. Пилев. Виброакустически измервания на дизелова горивна уредба. Международна конференция MOTAUTO'02. Сборник доклади т.1. Русе, 2002.
- [5] Ст. Калоянов. Бързодействащи аналогово-цифрови преобразуватели K1107. Радио, телевизия, електроника, бр.3/1990.
- [6] Б. Федорков, В. Телец. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. Москва, Энергоатомиздат, 1990.

За контакти:

Гл. ас. Жейно Иванов Жейнов, Катедра "Компютърни науки и технологии", Технически университет - Варна, Тел.: 052 383621, E-mail: zh_viv@abv.bg.

Докладът е рецензиран.