

ШІСТНАДЦЯТИРОЗРЯДНИЙ АНАЛОГОВО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ СИГНАЛІВ ДЛЯ ШИНИ *ISA IBM PC*

Запропоновано схему аналогово-цифрового перетворювача сигналів сумісного за параметрами з сигналами системної магістралі *ISA*, який при 16-розрядній шині даних і вхідній напрузі ± 5 В забезпечує відносну похибку перетворення не більше 0,001%. Схема дозволяє при використанні найпростішого *IBM* комп'ютера і програмного забезпечення на мовах *C*, *Pascal* або *Basic* провести обробку та аналіз інформаційних сигналів змінної напруги довільної форми частотою до 100 кГц.

The analog-digital transformer with signal parameters compatible *ISA* Bus which has 16 bit data line and make sure relatively error of transformation less then 0,001% for input signal ± 5 V is proposed. The device lets with uses simple *IBM* computer and programme on *C*, *Pascal* or *Basic* make treatment and analysis of information signal variable voltage any form with frequency to 100 kHz.

Для автоматичного керування технологічними процесами і дослідження характеристик напівпровідникових структур використовуються електронно-обчислювальні машини та спеціалізовані інтегральні схеми (ІС) мікроконтролери. Узгодження інформаційних сигналів від зовнішніх пристроїв із сигналами керування забезпечується аналогово-цифровими (АЦП) і цифро-аналоговими (ЦАП) перетворювачами [1,2]. При комутації промислових ІС АЦП до сучасних *IBM*-сумісних ЕОМ потрібно узгоджувати розрядність цифрових даних АЦП з ЕОМ, а також нестандартні опорні напруги і напруги живлення ІС АЦП зі стандартними напругами комп'ютерів. Розрядність перетворення і відносна похибка перетворення, чутливість перетворювача за вхідним сигналом і максимальне значення рівня вхідних сигналів, швидкість обміну інформацією і апертурний час відліку є взаємозв'язаними величинами і покращення одного з них приводить до погіршення іншого. Тому можливості сучасних 8-12 розрядних інтегральних АЦП з організацією управління по одно або двопровідній послідовній шині (*SPI*, *Microwire*, *I²C* і т.п.) не завжди відповідають вимогам фізичного експерименту [3].

Точність перетворення визначається кількістю розрядів АЦП. n -розрядний АЦП може сформувати 2^n різних двійкових коди. Мінімальна величина похибки при заміні реальної неперервної функції ступінчатою із 2^n відліками рівна половині величини кроку квантування – половині

аналогової ваги молодшого значущого розряду. Залежність абсолютних вагових значень молодшого значущого розряду (ΔU) і відповідних їм абсолютної ($\Delta U/2$, мВ) і відносної ($\Delta U/(2U)$, %) похибок вимірів від розрядності АЦП n при повній шкалі вимірюваної напруги 10 В приведено у таблиці 1. Збільшення двійкового коду на 4 розряди приводить до зменшення похибки вимірів у середині шкали на 1,5 порядки.

Оптимальна експлуатація АЦП з роздільною здатністю вище 0,015% вимагає прецизійної точності калібрування всього вимірювального кола – від давачів до пристроїв індикації і друку, а, відповідно, більших апаратних затрат у вимірювальній системі. При графічному відтворенні сигналів по ширині листа формату А4 при роздільній здатності 600 dpi лазерний принтер може розмістити тільки 7000 окремих точок, а графічний екран по вертикалі вміщує не більше 800 точок [3]. Таким чином, застосування 16, 24 і більше розрядних пристроїв у наукових дослідженнях виправдане тільки при необхідності математичних розрахунків параметрів досліджуваних характеристик або графічній побудові окремих їх ділянок із заданим збільшенням.

Для надвисокоточних досліджень у вимірювальному комплексі на базі ЕОМ застосовують прецизійні прилади промислового виробництва із цифровими виходами для вимірюваних сигналів.

Таблиця 1 Залежність точності аналого-цифрового перетворення від розрядності АЦП.

n	2^n	ΔU , мВ	$\Delta U/2$, мВ	$\Delta U/(2U)$, %
8	256	39	18,5	0,19
10	1024	9,8	4,9	0,05
12	4096	2,4	1,2	0,012
16	65536	$1,53 \cdot 10^{-1}$	$0,75 \cdot 10^{-1}$	0,0008
20	$1,05 \cdot 10^6$	$9,54 \cdot 10^{-3}$	$4,77 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$
24	$1,68 \cdot 10^7$	$5,96 \cdot 10^{-4}$	$2,98 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6}$
28	$2,7 \cdot 10^8$	$3,73 \cdot 10^{-5}$	$1,86 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-7}$
32	$4,3 \cdot 10^9$	$2,33 \cdot 10^{-6}$	$1,17 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$

В даному випадку АЦП розроблено у вигляді функціонально завершеного вузла, що комутується до материнської плати комп'ютера через з'єднання типу *PCCON2X31* (XP2) і *PCCON2X18* (XP3) для системної магістралі *ISA*.

АЦП з центральним мікропроцесором (МП) зв'язаний за принципом спільної шини [4] і складається з інтерфейсної та операційної частин (рис.1). Операційна частина виконана на біполярних транзисторах *VT1-VT7*, операційних підсилювачах (*DA1-DA3*) та ІС *DD1-DD3*, *DD13-DD17* і власне забезпечує перетворення аналогового сигналу у цифровий код. Інтерфейсна частина розроблена на ІС *DD4-DD12* і призначена для передачі сигналів керування від МП до операційної частини та запису шістнадцятирозрядних двійкових слів з виходу операційної частини в запам'ятовуючій пристрій ЕОМ. Звернення до АЦП з МП реалізується появою на адресній шині *SA0-SA9* (XP2) власного адресного коду АЦП. Інвертування окремих імпульсів на *DD4.1-DD4.3* (K555ЛН1) дозволяє на виході 8 *DD5* (K555ЛA2) одержати керуючий сигнал низького рівня, який ініціалізує дешифратор адреси *DD6* (K555ИД7) і дозволяє запис керуючих слів у регістри кодів комутатора вхідних сигналів на ІС *DD7* (K1533ТМ8), регістри кодів калібратора амплітуди на ІС *DD8* (K1533ТМ8), а також коду передумовки в реверсивні лічильники *DD14-DD17* (K1533ИЕ7) через буферні регістри *DD9*, *DD10* (K1533ИР37), або зчитувати дані з виходів лічильників через шинні формувачі *DD11*, *DD12* (K1533АП6). Можливість реалізації в ІС K1533ИР37 і K1533АП6 високоімпендансного стану [6] дозволяє розділити вихідні та вхідні інформаційних потоки на шині даних системної магістралі комп'ютера.

Вхідні сигнали подаються на операційну частину через з'єднання XP1. Сигнал для досліджування визначається двійковим кодом адреси інформаційного входу X0-X7, що подається на адресні входи 1,2,4 комутатора вхідних сигналів

DD1 (K561КП2) при наявності логічного 0 на вході стробування *S* *DD1*. Якщо на вході *S* логічна 1, то вихід мультиплексора K561КП2 вимикається від входів X0-X7 і переходить у високоімпендансний стан.

Використання в калібраторі амплітуди *DA1* (K140УД6А) польових транзисторів КП303В (*VT1*, *VT2*) у колах зворотного зв'язку дозволяє оперативно змінювати коефіцієнт підсилення схеми з допомогою дворозрядного двійкового коду і, відповідно, підвищувати точність перетворення.

Перетворення миттєвого значення амплітуди досліджуваного вхідного сигналу у відповідний двійковий код в операційній частині реалізовано за послідовною схемою перетворення "амплітуда-час-код" [5].

Перетворювач "амплітуда-час" працює за принципом лінійного перетворення величини напруги вибірки вхідного сигналу $U_{вх}$, що запам'ятовується в конденсаторі *C6*, у прямокутний імпульс, тривалість якого пропорційна амплітуді $U_{вх}$. Це досягається за рахунок лінійного розряду конденсатора *C6* через джерело постійного струму на транзисторі *VT6* (КТ203В) і стабілітроні *VD7* (КС139Г). Величина струму розрядки регулюється підстроювальним резистором *R23*. Прямокутний імпульс формується з допомогою транзисторного ключа *VT7* (КТ315А) і логічних елементів *DD2.1*, *DD2.3*. Перетворення тривалості прямокутного імпульсу у пропорційний амплітуді напруги двійковий цифровий код забезпечує генератор лічильних імпульсів на елементах *DD2.2*, *DD2.4* (K555ЛН1), *DD3.1* (K555ЛA4) і накопичувальний лічильник на ІС реверсивних лічильників *DD14-DD17* (K1533ИЕ7). Позитивний імпульс на виході елементу *DD2.3* відкриває елемент *DD3.1*, і імпульси *LC* генератора з виходу елементу *DD2.4* частотою 50 МГц через елемент співпаданя *DD3.1* надходять на вхід шістнадцятирозрядного лічильника на мікросхемах *DD14-DD17*. Результат у вигляді двійкового коду пропорційного вхідній напрузі $U_{вх}$ зчитується з виходів лічильників.

Перетворювач має хорошу лінійність при вхідних сигналах більше 0,8 В. Для забезпечення такого режиму у схемі введено два діоди на транзисторах *VT5.1* і *VT5.2*, що забезпечує початковий рівень вхідної напруги ≥ 1 В. Відповідно, при оцифруванні сформованого імпульсу "часу" в реверсивний лічильник потрібно записати такий код передумовки, щоб відбувалося віднімання

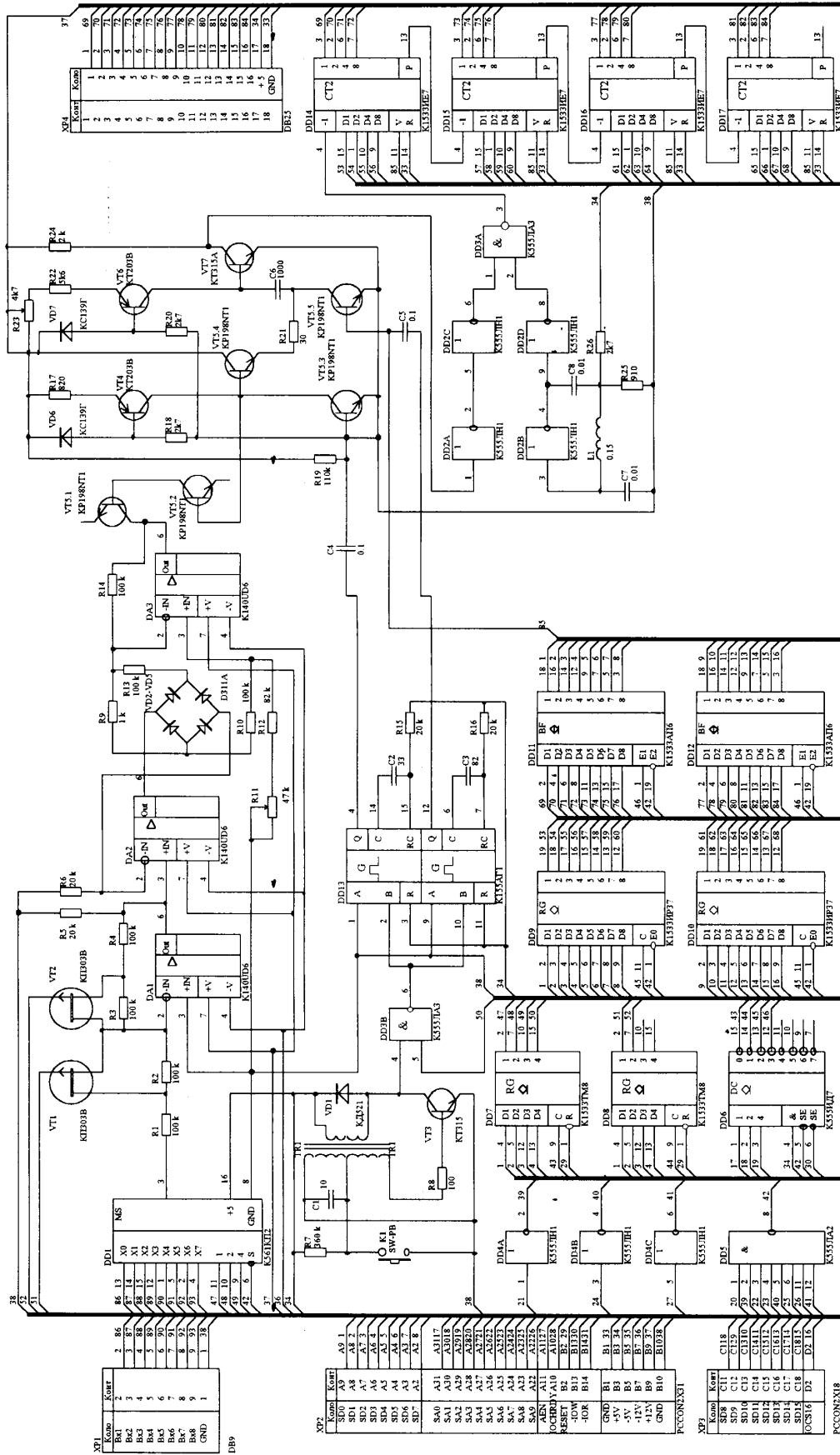


Рис. 1. Принципова електрична схема шістнадцятирозрядного АЦП.

початкового рівня, тоді двійковий код на виході лічильника буде пропорційний $U_{вх}$. При керуванні роботою АЦП з МП код передустановки визначається і передається в АЦП програмно. Більш детально методика вказаного перетворення описана в [5]. Відмітимо, що для дослідження вхідних сигналів з граничною частотою до 100 кГц доцільно використовувати ІС швидкодіючої 531 серії [6].

Керування роботою операційної частини АЦП здійснюється з допомогою запускаючих імпульсів сформованих блокінг генератором на VT3 (КТ315Г) та ІС DD13 (К155АГ1) і синхронізується імпульсом керування з МП, що подається на вивід 5 ІС DD3.2 (К555ЛА3).

АЦП може працювати і в автономному режимі як звичайний вольтметр [5]. Для цього до з'єднання ХР4 вмикається додатковий вузол індикації на дискретних елементах типу АЛ307БМ, або з дешифраторами для семисегментних індикаторів АЛС324Б.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевкопляс Б.В. Микропроцессорные структуры. Инженерные решения: Справочник.– М.: Радио и связь, 1990.
2. Маслов А.А., Сахаров О.Н. Аналогоцифровые микропроцессорные устройства. – М.: Из-дво МАИ, 1991.
3. Гель П. Как превратить компьютер в измерительный комплекс. – М.: ДМК, 1999.
4. Новиков Ю.В., Калашиников О.А., Гуляев С.Э. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC. – М.: ЭКОМ., 1997.
5. Матанцев Б. Восемьразрядный АЦП // Радио. – 1992. - №7. - С. 41-44.
6. Бирюков С.А. Применение цифровых микросхем серий ТТЛ и КМОП. – М.: ДМК, 1999.