

В. В. ЖИЛЬЦОВ, д. т. н. В. Л. КОСТЕНКО

Украина, Одесский национальный политехнический университет
E-mail: vadim-zilcov@rambler.ru

Дата поступления в редакцию
04.03 2009 г.

Оппонент д. т. н. И. Д. ВОЙТОВИЧ
(Ин-т кибернетики, г. Киев)

УСТРОЙСТВО СБОРА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕНЗОТРАНЗИСТОРНЫХ ДАТЧИКОВ

Разработано устройство сбора информации. Исследована возможность уменьшения потребляемой мощности такой системы за счет использования мультиплексора и микроконтроллера для предварительной обработки данных от множества датчиков и уменьшения потока данных в персональный компьютер.

Проблема сбора биометрической информации всегда актуальна в медицинских исследованиях. С этой целью применяется широкий набор устройств анализа параметров [1]. Однако известные устройства сбора биометрической информации не всегда используют адаптированные к условиям измерений программные и аппаратные средства. Кроме того, важную роль играет экономический аспект применения аппаратных средств диагностики.

Известные системы измерения биометрических параметров различных фирм (HUNTLEIGH, Германия, Micra Medical, Великобритания, General Electric, США и др.) с высокой точностью контролируют достаточно большое число параметров. Поток информации, поступающий от сетей таких датчиков с расчетной скоростью 2,56 Гбит/с, требует современных вычислительных средств обработки на базе дорогих и мощных процессоров класса Core 2 Quad (Core 2 Duo) или Phenom X4 Quad-Core. Стоимость таких систем — от сотен до десятков тысяч долларов США [2], кроме того, их энергопотребление достаточно высоко, что ограничивает широкое применение.

Решение проблемы может заключаться в оптимизации программного и аппаратного обеспечения с сохранением или улучшением основных эксплуатационных характеристик, в результате чего снизятся затраты на приобретение и обслуживание устройств.

В настоящей статье описано устройство сбора биометрических параметров, особенностью которого является использование в качестве чувствительных элементов комбинированных тензотранзисторных датчиков, организованных в интеллектуальную сеть. Вычислительные мощности в таком устройстве распределяются для промежуточной обработки информации, получаемой на разных этапах.

Авторы исследовали макеты, построенные по схеме, эквивалентной тензотранзисторам TZR-06020-P

(Россия) [3]. В результате компьютерного моделирования была получена эквивалентная схема комбинированного тензотранзистора (рис. 1), который содержит дополнительный управляющий электрод, позволяющий в реальном времени адаптировать его рабочие характеристики к условиям эксплуатации. Структура и основные характеристики комбинированных тензотранзисторов приведены в [4], принципы организации интеллектуальных сетей датчиков описаны в [5].

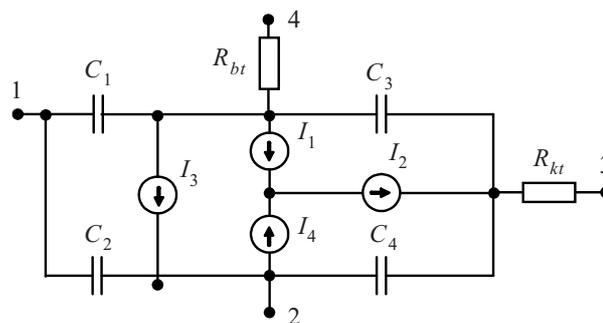


Рис. 1. Эквивалентная схема комбинированного тензотранзистора

Особенности конструкции комбинированного тензотранзистора заключаются в следующем:

- база является одновременно подложкой МДП-структуры;
- источники тока I_1 и I_4 соединены последовательно, параллельно к ним подключен источник тока I_3 ;
- база комбинированного тензотранзистора с сопротивлением R_{bt} через емкости C_1 и C_2 подключена одновременно к источникам тока I_1 и I_4 и к затвору;
- коллектор тензотранзистора с сопротивлением R_{kt} соединен с источниками тока I_1 и I_4 , а при помощи емкости C_3 — с сопротивлением R_{bt} ;
- емкость C_4 подключена параллельно источнику тока I_4 .

Источник тока I_1 моделирует ток коллектора комбинированной транзисторной структуры:

$$I_1 = I_{11} + I_{12} + I_{13} + I_{14}, \quad (1)$$

- где I_1 — полный ток коллектора;
- I_{11} — ток, соответствующий прямому активному режиму биполярного транзистора;
- I_{12} — переменная составляющая тока коллектора;
- I_{13} — ток в инверсном активном режиме;
- I_{14} — ток утечек.

В случае, когда $I_{12}=I_{14}=0$, уравнение (1) представляет собой классическую модель Эберса–Молла.

Источник тока I_4 моделирует ток эмиттера комбинированной транзисторной структуры и определяется аналогично току источника I_1 .

Для тока источника I_1 , характеризующего МДП-часть прибора, можно записать

$$I_1 = \begin{cases} b_3 U_{11} \left[\theta - \frac{1}{2}(1 + \eta) |U_{11}| \right] + g_e U_{11} & \text{при } |U_{11}| \leq \frac{\theta}{1 + \eta}; \\ \frac{1}{2} \frac{b_3}{1 + \eta} \theta^2 \text{sign}(U_{11}) + g_e U_{11} & \text{при } |U_{11}| \geq \frac{\theta}{1 + \eta}; \\ 0 & \text{при } \theta \leq 0; \end{cases} \quad (2)$$

где $\theta = U_{c1} - U_{пор} + (2/3)\eta U_{c4}$;
 $U_{пор}$ — пороговое напряжение МДП-структуры;
 b_3 — эффективность эмиттера;
 η — поправочный коэффициент;
 g_e — внутренняя проводимость МДП-структуры;
 U_{c1}, U_{11}, U_{c4} — соответственно напряжение затвор-исток (эмиттер), сток-исток (коллектор-эмиттер), подложка-исток (база-эмиттер).

Компьютерное моделирование и макетирование комбинированного транзисторного устройства проводилось по эквивалентной схеме, модернизированной и дополненной в соответствии с решаемой задачей. Структурная схема такого устройства представлена на **рис. 2**.

Во входной части устройства применяются твердотельные датчики съема тензометрических показаний, а также АЦП высокой точности (разрядностью до 14 бит). Это позволяет снизить энергопотребление и массогабаритные показатели устройства с одновременным улучшением его экономических показателей. Пример схемы подключения датчика показан на **рис. 3**.

Выбор тензометрических датчиков полупроводникового типа обусловлен следующими преимуществами [3]:

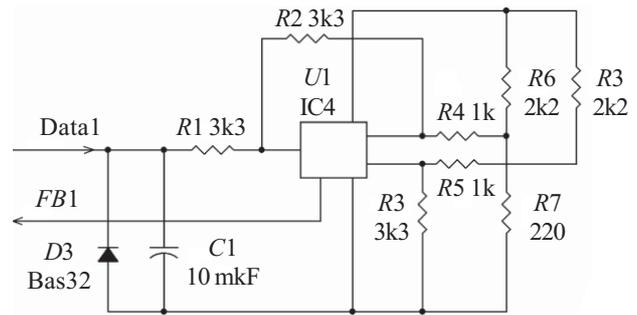


Рис. 3. Схема подключения датчика (FB1 — FeedBack — канал обратной связи)

- высокой чувствительностью (коэффициент тензочувствительности — от 50 для поликристаллических пленок до 260 для монокристаллов);
- высоким коэффициентом всестороннего сжатия (до $5,8 \cdot 10^{-3}$ МПа⁻¹);
- линейностью тензохарактеристики;
- низким температурным коэффициентом сопротивления;
- высокой радиационной стойкостью;
- стойкостью к внешним воздействиям (предел прочности на сжатие 40 кгс/мм²);
- высокой точностью изготовления датчиков, благодаря чему возможна реализация комбинированных сенсоров с различными характеристиками;
- адаптивностью обратной связи.

Датчики организованы в интеллектуальную сеть. Сигнал с датчиков поступает для дальнейшей обработки в цифровом виде. Следует отметить, что цифровое представление сигнала позволяет снизить требования к каналу передачи данных (его помехоустойчивости, длине проводников, качеству соединений) и применять цифровые мультиплексоры для уменьшения количества линий сбора данных. Применение многоканальных мультиплексоров, поддерживающих функцию каскадирования, дает возможность гибкого масштабирования сети из более чем 512 датчиков, и их количество может увеличиваться.

Дальнейшая обработка информации происходит на нескольких микропроцессорах средней вычислительной мощности. Рабочая частота используемых микропроцессоров семейства MC PIC может варьироваться в диапазоне от 4 до 100 МГц. При этом обеспечивается высокая производительность (до 25 млн.

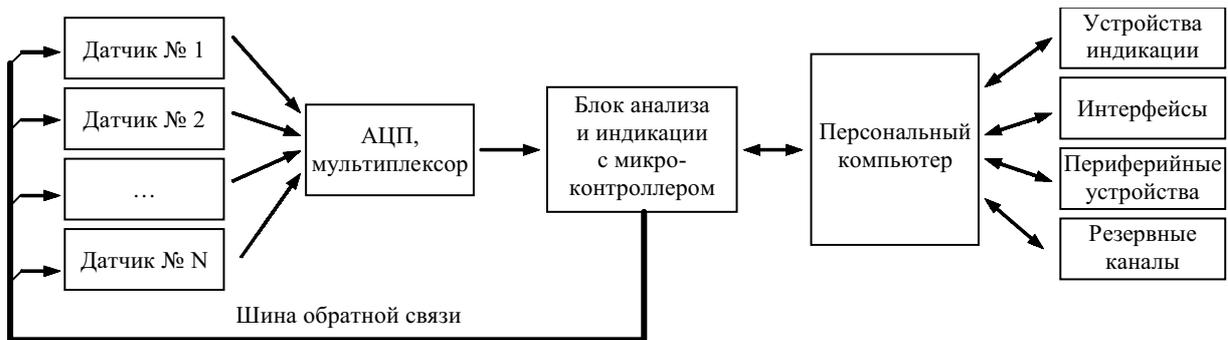


Рис. 2. Структурная схема устройства сбора информации

Параметр	Измеритель [6]	Разработанное устройство
Напряжение питания устройства, В	7,5—15	5—30
Потребляемый ток, мА	<110	<180
Количество измерительных каналов	32	>64
Коэффициент усиления по дифференциальному входу	10—1000	до 12000
Погрешность измерения деформации, %	не больше 3	не больше 1
Разрядность АЦП, бит	10	14
Длительность измерения одного канала, мкс	3,53	1,5
Погрешность усиления, %	не хуже 1,5	не хуже 1
Диапазон частот измеряемых сигналов, Гц	0—20	0—20
Скорость передачи данных на ПК, бод	9600	9600

операций в секунду) и не требуются дополнительные системы охлаждения процессора.

Наличие промежуточных «вычислительных центров» позволяет при необходимости учитывать особенности сигнала на определенном участке сети датчиков (тип выходного сигнала датчика, необходимую точность обработки сигнала), а также включать или выключать ветви сети датчиков для снижения энергопотребления. Благодаря введению канала обратной связи появляется возможность гибкого управления сетью и изменения ее функциональных характеристик (чувствительность датчиков, температурная компенсация). Канал обратной связи организован таким образом, что каждый датчик перестраивается независимо за счет дополнительных управляющих элементов [5].

С целью снижения затрат на оптимизацию программного обеспечения был разработан пакет программ на языке Assembler, что позволило совместить высокую степень функциональности и малый объем машинного кода. Это дало возможность использовать при построении устройства более простые, экономичные и вместе с тем высокопроизводительные микроконтроллеры семейства MC PIC.

Программное обеспечение (ПО) разработано в среде Windows на языке Delphi. Выбор среды разработки обусловлен доступностью лицензионного ПО (стоимость пакета ПО Delphi около 1000 долл. США, пакета Windows XP HE — 80 долл. США и т. д.), а также удобством работы в данной среде.

Электронная схема платы-приемника разработана в среде «OrCAD – Capture CIS». Ее отладка производилась в среде «OrCAD – Layout Plus».

Для исследования эксплуатационных свойств системы был изготовлен ее макет, включающий в себя специально разработанную печатную плату с размещенными на ней функциональными узлами. В качестве измерительных сенсоров применялись перестраиваемые полупроводниковые датчики.

Многофункциональная микросхема с возможностью многократного программирования — микропроцессор PIC 16F452 — обладает высокой производительностью. Отличительной характеристикой выбранной модели процессора является наличие 32-х вхо-

дов с внутренними АЦП. Такая особенность дает возможность при необходимости получать цифровой сигнал высокой точности без применения дополнительных аппаратных средств.

В качестве мультиплексора выбран низковольтный 8-канальный аналоговый мультиплексор MAX4600-4699 с сопротивлением открытого ключа 3,5 Ом.

Микроконтроллер MAX232 позволяет достигать максимальной скорости передачи данных 115200 Кбит/с, однако для повышения помехозащищенности канала передачи данных скорость была уменьшена до 9600 Кбит/с. Для сравнения эксплуатационных свойств в **таблице** приведены характеристики действующего макета и аналогичного устройства [6].

Исследования показали, что разработанное устройство благодаря наличию унифицированных входных каналов позволяет расширить информативную возможность за счет подключения датчиков различных параметров, например оптических, температурных и т. д.

В ходе исследования макета было измерено энергопотребление системы в целом и каждого ее элемента в отдельности.

Для применяемых полупроводниковых твердотельных датчиков характерно низкое энергопотребление. При значениях тока от 2 до 15 мА и при напряжении питания датчика 5—12 В потребляемая мощность не превышала 0,18 Вт.

Мультиплексор MAX 4850 потребляет ток 5 мА при напряжении питания 4,5 В. Потребляемая мощность составляет 0,00225 Вт.

Потребляемая мощность микропроцессоров семейства MC PIC определялась по формуле:

$$P = V_{dd} \{ I_{dd} - \sum I_{oh} \} + \sum \{ \{ V_{dd} - V_{oh} \} I_{oh} \} + \sum \{ V_{ol} I_{ol} \}, \quad (2)$$

где V_{dd} — напряжение питания;

I_{dd} — ток ядра процессора;

индексы «oh» и «ol» соответствуют логической единице и логическому нулю порта.

Потребляемая мощность выбранного нами микропроцессора PIC 16F452 не превышает 1,2 Вт.

Для устройства, состоящего из N датчиков, одного микропроцессора и n мультиплексоров максимальная потребляемая мощность P_u может быть рассчитана по формуле

$$P_u = NI_d U_d + P_p + n I_m U_m, \quad (3)$$

где N — количество датчиков;

I_d — ток потребления датчика (0,015 А);

U_d — напряжение питания датчика (12 В);

P_p — потребляемая мощность микропроцессора (1,2 Вт);

n — количество мультиплексоров;

I_m — ток потребления мультиплексора (0,005 А);

U_m — напряжение питания мультиплексора (4,5 В).

Таким образом, исследования показали, что устройство, построенное на предлагаемой элементной базе и состоящее из 64-х датчиков, шести мультиплексоров и микропроцессора, потребляет мощность не более 12,9 Вт, что значительно ниже, чем у существующих аналогов.

Тестирование устройства заключалось в проверке механической прочности монтажа компонентов, корректности работы протокола обмена, возможности обеспечения помехоустойчивости приемников и каналов передачи информации и заданного времени наработки на отказ.

Поток данных от датчиков, проходя обработку в устройстве сбора информации, оптимизируется. Становится возможной передача результатов по сетям с пропускной способностью до 10 Мб/с. В свою очередь, для обработки потока меньшего объема и с большей степенью предварительной структуризации требуется процессорная мощность вычислительных ма-

шин на 30—60% меньше, чем у предлагаемых на рынке аналогов.

На основании результатов исследования установлено, что система обладает высокой точностью, собрана на доступной и недорогой элементной базе и позволяет подключать на вход унифицированной базе датчики различных типов. Общие затраты на изготовление рабочего макета устройства были на порядок ниже стоимости соответствующих аналогов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Войтович І. Д., Корсунський В. М. Інтелектуальні сенсори.— К.: Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова, 2007.
2. Компания Huntleigh Healthcare — разработчик и производитель неинвазивного медицинского оборудования — www.huntleigh.ru.
3. Ваганов В. И. Интегральные тензопреобразователи.— М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Костенко В. Л., Швец Е. Я., Киселев Е. Н., Омельчук Н. А. Измерительные преобразователи на основе комбинированных твердотельных структур.— Запорожье: ЗГИА, 2001.
5. Костенко В. Л., Жаровцев С. О., Чигаев Г. А. Специализированные сети на основе твердотельных датчиков // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2008.— № 2.— С. 14—16.
6. Дружинин А. А., Вуйцик А. М., Ховерко Ю. Н. Многоканальный измеритель деформации для исследования конструкционных материалов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2008.— № 3.— С. 17—19.

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции

- Метод защиты поверхности припоя от окисления (Украина, г. Одесса)
- Многофункциональное устройство электропитания (Украина, г. Одесса)
- Вихретоковый анизотропный термоэлектрический приемник (Украина, г. Черновцы)
- Оптико-акустические эффекты в решетчатых упаковках (опаловые матрицы как метаматериал) (Россия, г. Москва)
- Технологии изготовления тонкопленочных резисторов (Россия, г. Арзамас)
- Технологические особенности получения качественных активных слоев InP в составе гетероструктур для диодов Гана (Украина, г. Львов)
- Термостабильные интерференционные ZnO-покрытия для активных элементов ZnSe:Cr²⁺-лазеров ИК-диапазона (Украина, г. Харьков)
- Волоконно-оптические мультиплексоры / демультиплексоры для систем передачи информации (Россия, г. Москва)
- Технология и конструкция модуля солнечных батарей на основе соединений A³B⁵ с концентраторами солнечной энергии и высокоэффективной системой теплоотвода (Украина, г. Львов)
- Развитие средств создания безмасляного вакуума для электронных установок и комплексов (Россия, г. Москва)
- Исследование метрологических характеристик интеллектуальных сенсоров для измерения температуры. Методики расчета разрешающей способности АЦП и обработки аналоговых и цифровых сигналов (Украина, г. Одесса)
- Радиоволновое охранное устройство на излучающем кабеле (Украина, г. Львов)



- Исследование термического сопротивления пульсационной тепловой трубы (Украина, г. Киев)
- Широкоапертурный высокочастотный источник ионов низкой энергии с электронной компенсацией (Украина, г. Харьков)
- Физико-технические основы создания нерезонансных микроволновых устройств обработки диэлектрических материалов (Украина, г. Одесса)
- Фотоэлектростимулированная пассивация спектрометрических CdZnTe-детекторов (Украина, г. Харьков)

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции