



# Автономный регистратор ритма сердечных сокращений

Юрий Балашов, Владимир Козьмин, Николай Перепелица,  
Александр Поляков

Описывается автономный прибор функциональной диагностики, предназначенный для суточной регистрации ритма сердечной деятельности человека. Записанная ритмограмма передается в персональный компьютер для визуализации и математической обработки.

Существенным фактором, влияющим на успех лечения кардиологических заболеваний человека, является возможность их диагностирования на ранней стадии возникновения. Однако осуществить такое диагностирование крайне трудно, так как в начале заболевания отклонения показателей состояния сердечно-сосудистой системы человека от нормы являются незначительными. Достоверно выявить подобные отклонения возможно с помощью методов диагностики, основанных на математическом анализе суточной записи ритма сердечных сокращений [1,2]. В данной статье описывается автономный малогабаритный прибор функциональной диагностики — регистратор периодов сердечных сокращений (ПСС), обеспечивающий запись ритмограммы сердечных сокращений человека в течение суток с последующей передачей накопленной информации в персональный компьютер (ПК) для ее математической обработки.

## Основные требования, предъявляемые к регистратору ритма

Для того чтобы сделать возможным эффективное использование регистратора ритма в условиях рядового лечебного учреждения, желательно, чтобы он удовлетворял следующим основным требованиям.

Регистратор должен иметь автономное питание, обеспечивающее его непрерывную работу в течение продолжительного времени (не менее суток). Он должен иметь малые массу и габариты, быть простым в управлении и обслуживании. Одно из самых важных требований, предъявляемых к регистратору, — безопасность его использования в смысле поражения обследуемого электрическим током. Кроме того, прибор должен быть надежным в эксплуатации и по возможности недорогим.

Очевидно, что удовлетворить указанным требованиям может только устройство, выполненное на современных микроэлектронных компонентах, имеющих малый потребляемый ток. Чтобы повысить надежность и простоту обслуживания прибора, регистрация измеренных значений ПСС должна осуществляться во внутреннем твердотельном запоминающем устройстве, а не на магнитной ленте.

## Структурная схема, элементная база и особенности конструкции регистратора

Внешний вид регистратора показан на рис. 1, один из возможных способов крепления на пациенте на рис. 2. Прибор состоит из двух основных функциональ-

ных модулей: кардиоусилителя и блока цифровой регистрации сигналов. Структурная схема регистратора показана на рис. 3. Кардиоусилитель и блок регистрации сигналов размещены в одном портативном корпусе из ударопрочной пластмассы с габаритными размерами 100×65×25 мм. Питание прибора осуществляется от гальванической батареи или аккумулятора с номинальным напряжением 8-9 В, размещаемой в батарейном отсеке прибора внутри его корпуса.

Проблема обеспечения электрической безопасности при использовании регистратора решена следующим образом. Конструктивно прибор выполнен так, что подключение к нему электродов и линии связи с ПК выполняется че-



Рис. 1. Внешний вид автономного регистратора сердечных сокращений



Рис. 2. Автономный регистратор, установленный на теле пациента

рез один и тот же разъем, как показано на рисунке. Поэтому только после отключения электродов регистратор может быть соединен для передачи накопленных данных через линию связи с ПК. Это исключает появление на электродах прибора потенциалов, опасных для здоровья обследуемого пациента.

Малые масса и габариты регистратора обусловлены тем, что в качестве основного элемента блока цифровой регистрации используется однокристалльная микроЭВМ (ОЭВМ).

Из возможных типов ОЭВМ, пригодных для решения данной задачи, была выбрана 8-разрядная ОЭВМ AT89C51, программно и аппаратно совместимая с Intel 87C51 [3-4]. Эта сравнительно недорогая микросхема в своем составе имеет все необходимые узлы для реализации блока регистрации сигналов, работающего в составе автономного устройства: центральный восьмиразрядный процессор, память программ и данных, порты ввода-вывода, два шестнадцатиразрядных таймера-счетчика, систему прерываний и встроенный последовательный интерфейс. ОЭВМ имеет режим холостого хода, при переходе в который потребляемый ток резко уменьшается, но функционирование системы прерываний и таймеров-счетчиков сохраняется.

Назначение регистратора — это измерение и регистрация периодов сердечных сокращений — временных интервалов между двумя последовательными сокращениями сердца. Наибольшую скорость изменения (нарастания или убывания) обычно имеет R-зубец электрокардиосигнала, поэтому в приборе ПСС измеряется как временной интервал между двумя соседними R-зубцами.

Биоэлектрический сигнал с электродов поступает в аналоговый кардиоусилитель, собранный на операционном усилителе AD620AN, который усиливает и ограничивает спектр сигнала. Затем в двенадцатиразрядном аналого-цифровом преобразователе (АЦП) MAX 187 сигнал преобразуется в цифровой вид и далее поступает в ОЭВМ. В ОЭВМ производится цифровое дифференцирование сигнала, необходимое для устранения дрейфа, вызванного двигательной

требление. После прихода очередного импульса дискретизации цикл вычислений повторяется.

Для запоминания измеренных значений использовано статическое КМОП запоминающее устройство емкостью 128 кбайт. Запоминающее устройство располагается на панельке, в корпусе которой расположен литиевый элемент питания со сроком службы до 5 лет. Перед записью в память ОЭВМ производится компрессирование измеренных значений ПСС, поэтому такая емкость оказывается достаточной для хранения ритмограмм общей продолжительностью более 24 часов.

Для формирования напряжений +5 В и -5 В из однополярного напряжения +9 В в блоке питания устройства использована микросхема импульсного преобразователя напряжения MAX 738, имеющая вход разрешения преобразования. Это делает возможным выключение регистратора по сигналу от ОЭВМ. Для реализации протокола последовательного обмена с персональным компьютером используется микросхема Max RS232.

### Режимы работы регистратора

Можно выделить два основных режима работы регистратора: контроль и регистрация ПСС и обмен с ПК (рис. 4). После подключения разъема с электродами или линии связи с ПК прибор включает питание, распознает вид подключенного к нему разъема и переходит в соответствующий режим работы.

Если подключен разъем с электродами, то прибор переходит в режим контроля и регистрации ПСС, если подключен разъем линии связи, то прибор переходит в режим обмена с ПК. При

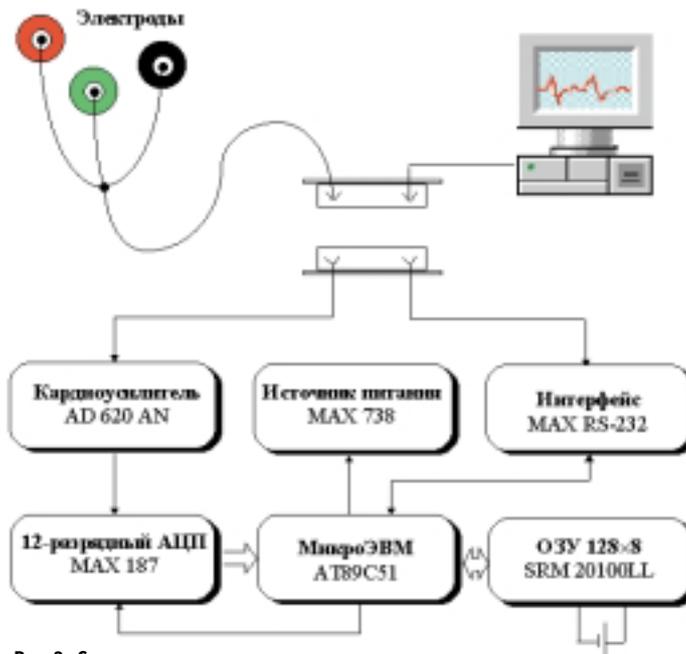


Рис.3. Структурная схема регистратора сердечного ритма

активностью мышц, и точного выделения моментов появления R-зубцов кардиосигнала. Абсолютное значение продифференцированного сигнала сравнивается с порогом, значение которого автоматически подстраивается под максимумы сигнала, так чтобы обеспечить уверенную регистрацию R-зубца, но в то же время и защиту от ложных срабатываний в результате действия помех. В случае превышения порога производится вычисление ПСС как интервала между текущим и предыдущим появлением R-зубца и запись вычисленного значения в запоминающее устройство. По окончании вычислений ОЭВМ переводится в холостой ход, что значительно уменьшает ее среднее энергопо-



Рис. 4. Режимы работы регистратора

этом регистратор подает мелодичные звуковые сигналы, характерные для каждого из этих режимов.

В режиме контроля и регистрации ПСС, в свою очередь, имеются два подрежима. Первый подрежим предназначен для контроля наличия кардиосигнала, снимаемого с электродов, во втором подре-

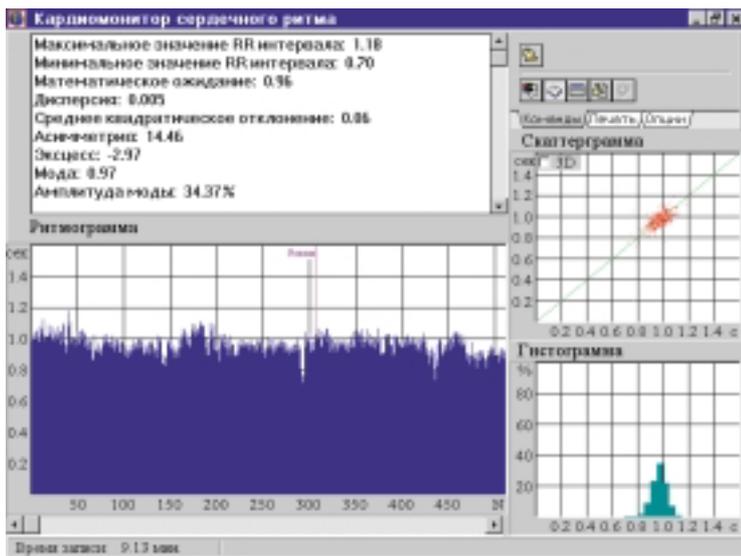
режиме производится измерение ПСС и их запись в память. Переключение в тот или другой подрежим осуществляется микропереключателем, расположенным на корпусе прибора. После включения питания, вне зависимости от положения этого микропереключателя, регистратор переходит в подрежим контроля наличия кардиосигнала, что обеспечивает проверку правильности наложения электродов на тело обследуемого.

После переключения в подрежим измерений и регистрации ПСС прибор сообщает порядковый номер записываемой в настоящий момент ритмограммы с помощью тональных сигналов. Используется следующая система обозначений: короткий сигнал — единица, длинный сигнал — десять. Например, если прибор подал два длинных и три коротких сигнала, то это значит, что сейчас выполняется запись двадцать третьей ритмограммы.

С помощью кнопки, расположенной на корпусе регистратора в записываемую ритмограмму можно включать метки, облегчающие в дальнейшем анализ ритмограммы на ПК.

Возможны аварийные ситуации, когда прибор из подрежима измерения и регистрации ПСС выходит автоматически. К аварийным ситуациям относятся следующие случаи: значения ПСС меньше нижней допустимой границы; значения ПСС больше верхней допустимой границы; номер ритмограммы превышает максимально возможный; нет свободного места в запоминающем устройстве; напряжение питания ниже допустимого.

В случае аварийного выхода из подрежима измерения и регистрации при-



**Рис. 5.** Окно программы анализа ритмограммы сердца

бор несколько раз подает сигнал, напоминающий сирену машины «Скорой помощи», затем автоматически отключается. Перед отключением в запоминающем устройстве сохраняется код ошибки, по которому в дальнейшем можно определить причину прекращения измерений.

В регистраторе имеется дополнительный режим, в котором в запоминающее устройство записывается электрокардиосигнал (ЭКС), снимаемый с выхода АЦП. В режиме записи ЭКС управление прибором осуществляется точно так же, как и в режиме записи ритмограммы. При использовании штатного запоминающего устройства емкостью 128 кбайт общее время записи ЭКС составляет около 8 минут. Этот режим удобен для подбора расположения электродов на теле обследуемого. Если использовать в качестве запоминающего устройства флэш-карту (Compact Flash Card), то время записи ЭКС существенно возрастает. Например, при применении флэш-карты фирмы SanDisk емкостью 15 Мбайт время записи ЭКС составляет около 24 часов, что делает возможным использование прибора в качестве суточного регистратора ЭКС.

После подключения к регистратору линии связи он переходит в режим обмена с ПК. Этот режим используется для передачи в ПК записанных ритмограмм, установки параметров работы регистратора.

### **Возможности программы для математической обработки ритмограмм**

Программное обеспечение ПК предназначено для работы в среде Win-

dows 95 и использует стандартные библиотеки графического интерфейса. Программа имеет привычный и интуитивно понятный пользователю системы Windows интерфейс. Окна программы используют системные настройки для палитры цветов, разрешения экрана, размеров используемого шрифта. Это позволяет пользователю настроить оформление программы по своему вкусу. Все управляющие элементы окон снабжены всплывающими подсказками и системой контекстной помощи, что позволяет работать с программой без предварительного обучения. На рис. 5 для примера представлено одно из окон программы.

Программа позволяет:

- принимать данные из памяти регистратора и задавать параметры его работы через последовательный интерфейс RS-232 со скоростью до 38400 бит/с;
- сохранять ритмограммы, ЭКС и сведения о пациентах в базе данных Paradox 5.0 с высокой степенью уплотнения;
- осуществлять оценку 11 статистических и 15 физиологических параметров как для всей ритмограммы, так и для ее отдельных участков;
- отображать на экране и на бумажном носителе графики ритмограмм и ЭКС, а также гистограммы и скаттерграммы плотности распределения значений RR-интервалов, их спектры.

### **Результаты испытаний прибора**

Регистратор ритма сердечных сокращений в течение нескольких месяцев проходил испытания на кафедрах госпитальной терапии и физиологии Воронежской государственной медицинской академии. Испытания подтвердили полезность разработанного прибора как эффективного средства функциональной диагностики. ●

### **Литература**

1. Баевский Р.М., Балашов Ю.С. и др. Анализ variability ритма сердца в системе контроля здоровья «Самоконтроль»//Сборник научных трудов «Впервые в медицине». — С.-Петербург, 1995. — С. 15-16.
2. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Анализ variability ритма сердца//Кардиология.— 1996.— №10. — С. 87-97.
3. Однокристалльные микроЭВМ.— М.: МИКАП, 1994. — 400 с.
4. Нерода В.Я., Торбинский В.Э., Шлыков Е.Л. Однокристалльные микроЭВМ MCS-51.— М.: Диджитал Компонентс, 1995. — 156 с.