

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ БЛОКОВ ИЗМЕРЕНИЯ КГР И ЧСС УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА

Р. Р. Фролова<sup>1</sup>, Т. В. Мирина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>regina.frolova.2012@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

**Аннотация.** Рассмотрено общее определение устройства контроля состояния оператора и предложена структурная схема возможной реализации прибора, также была промоделирована работа блоков измерения КГР и ЧСС в прикладном пакете программ для моделирования электронных схем. Предлагаемое устройство может быть полезно для операторов, водителей и других рабочих, деятельность которых не связана с умственной и физической активностью.

**Ключевые слова:** кожно-гальваническая реакция (КГР); частота сердечных сокращений (ЧСС); фотоплетизмография; контроль состояния.

Система контроля состояния оператора предназначена для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций. Их работа основывается на измерении биосигналов (измерение сердечной, электродермальной активности, измерение активности головного мозга (ЭЭГ)), отслеживание движения глаз и головы, данные показатели регистрируются с помощью различных датчиков. На основании получаемой информации устройство оценивает физиологическое состояние. Данное устройство может быть полезно для операторов, водителей и других

рабочих, деятельность которых не связана с умственной и физической активностью, в связи с чем возможно возникновение состояния монотонии и, как следствие, засыпания.

Работа предлагаемого устройства основывается на одновременном измерении КГР, ЧСС и отслеживания положения головы, что позволит более точно оценивать состояние оператора [1].

Для реализации такого устройства была разработана следующая структурная схема (рис. 1).

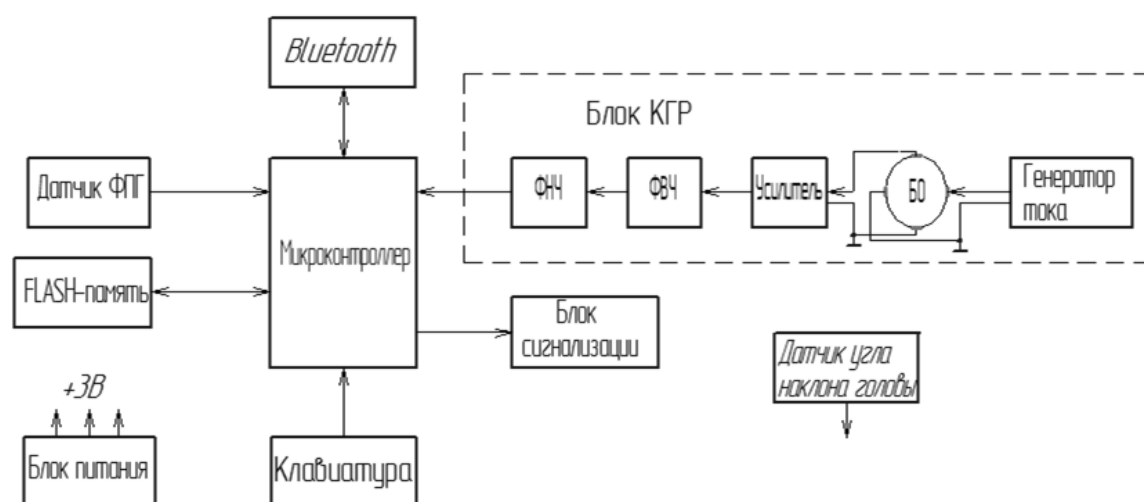


Рис. 1. Структурная схема системы контроля состояния оператора

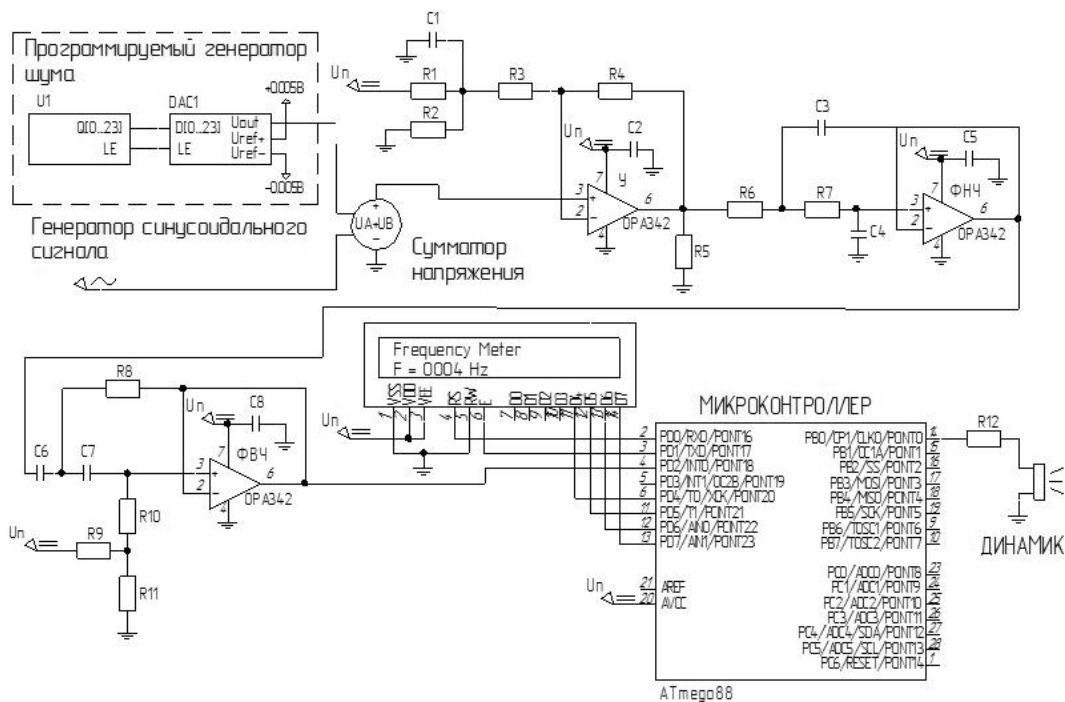


Рис. 2. Моделирование блока измерения КГР

Согласно разработанной структурной схеме были произведены расчеты блока измерения кожно-гальванической реакции с целью моделирования его работы в прикладном пакете программ для моделирования электронных схем (рис. 2). По результатам моделирования была произведена корректировка номиналов используемых элементов, а также написана программа на языке программирования C++ для микроконтроллера ATmega88 [3].

Для имитации входного сигнала был использован сумматор напряжений, на вход которого поступают сигналы с программируемого генератора шума и генератора синусоидального сигнала.

На рис. 3 и 4 приведен вид сигнала с выхода сумматора напряжений и наглядно продемонстрировано отношение входного (от 0,05 до 0,01) и усиленного сигнала (от 0 до 3,3).

Сигнал с измерительных электродов поступает на вход ОУ (ОРА342) с однополярным питанием (от 2,7 до 5,5 В) и выход Rail-to-Rail. Входной усилитель усиливает сигнал, изменяющийся в диапазоне 0,05–0,1. Резисторы R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> образуют цепь смещения выходного напряжения, чтобы выходные сигналы могли изменяться в максимально широком диапазоне, ограниченном нулем

(землей) и напряжением питания. Конденсаторы C<sub>2</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>8</sub>, емкостью 0,01 мкФ предназначены для уменьшения шумов и увеличения помехоустойчивости схемы.

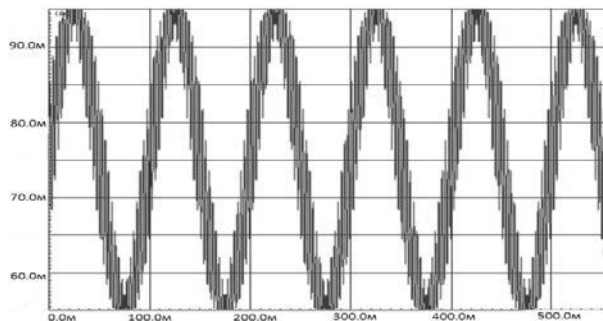


Рис. 3. Сигнал на входе усилителя

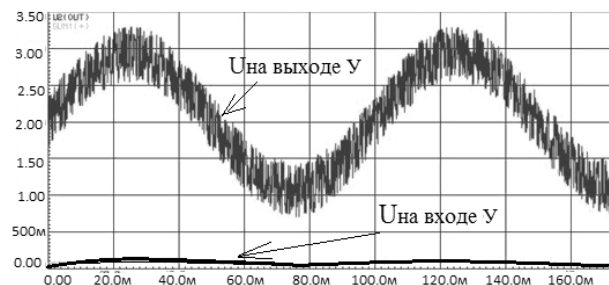


Рис. 4. Соотношение входного сигнала и сигнала на выходе усилителя

Измеряемый сигнал фильтруется в диапазоне от 0,1 Гц (ФВЧ) до 10 Гц (ФНЧ) (рис. 5). На рис. 2 приведена схема реализации полосно-пропускающего фильтра, реа-

лизованного на последовательно включенных фильтрах нижних и верхних частот по схеме Саллена – Кея с единичным коэффициентом передачи. При использовании однополярного питания для получения симметричного выходного сигнала потенциал неинвертирующего входа должен быть сдвинут до уровня, соответствующего половине напряжения питания, резисторы  $R_9$ ,  $R_{11}$  образуют делитель напряжения для обеспечения данного условия.

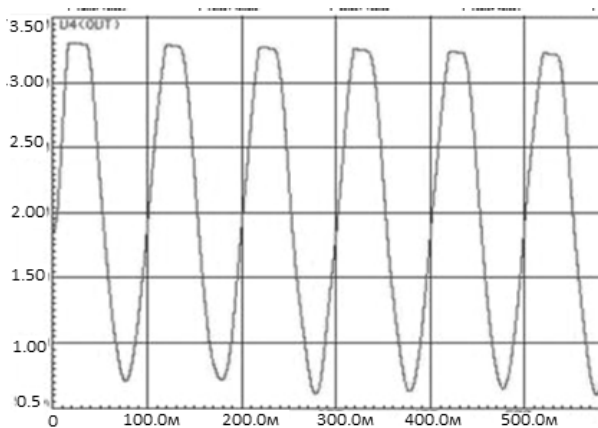


Рис. 5. Сигнал с выхода ППФ

Усиленный и отфильтрованный сигнал поступает на вход микроконтроллера, в котором происходит его дальнейшая обработка, целью которой является отслеживание изменения частоты входного сигнала (рис. 6), так ее уменьшение свидетельствует о гипореактивности ЦНС как результате развития состояния монотонии. При уменьшении частоты до определенного уровня в диапазоне от 0,1 до 10 Гц срабатывает звуковая сигнализация.

Измерение частоты кожно-гальванической реакции производится путем подсчета количества импульсов, поступающих на вход микроконтроллера INT0 за единицу времени. Для этого используем прерывание таймера T0 по переполнению и внешнее прерывание по изменению сигнала на входе INT0. При настройке таймера необходимо указать предделитель счетчика и фронт, по которому будет происходить захват значения.

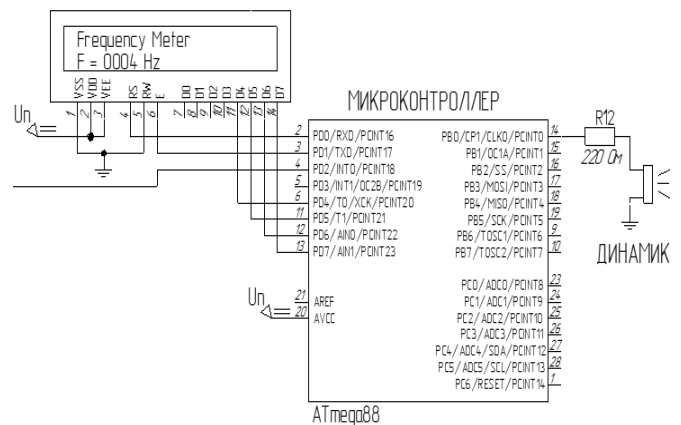


Рис. 6. Результат работы устройства при частоте входного сигнала 4Гц

Настраиваем регистр TCNT0, он является 8-разрядным счетным регистром. По каждому импульсу тактового сигнала значение TCNT0 изменяется на единицу.

Настройка таймера счетчика T0 производится в регистре TCCR, в котором прописываются биты CSxx, определяющие коэффициент предделителя (табл. 1).

Таблица 1

Задание коэффициент предделителя

CS02	CS01	CS00	Коэффициент предделителя
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	8
0	1	1	64
1	0	0	256
1	0	1	1024

Таймеры AVR микроконтроллеров 8 и 16-разрядные, что определяет максимальное количество тиков, которое может считать таймер (8-разрядные таймеры могут максимально досчитать до 255, а 16-разрядные до 65536).

Когда таймер отсчитает максимальное количество тиков, он переполняется и начинает снова считать с нуля. Для обработки данного процесса нужно разрешить прерывание по переполнению таймера и выставить биты общего разрешения прерывания:

TIMSK – регистр разрешения прерывания по переполнению таймера. Бит TOIE0 – 0-е значение бита запрещает прерывание по событию переполнение, 1 – разрешает.

sei() – функция разрешения глобального прерывания.

Настройка внешнего прерывания производится в регистре MCUCR битами ISCxx (табл. 2).

Таблица 2

**Задания формы сигнала прерывания битами ISC01 и ISC00**

ISC01	ISC00	Условие срабатывания
0	0	низкий уровень сигнала на INT0
0	1	любое изменение на INT0
1	0	задний фронт на INT0
1	1	передний фронт на INT0

В данной работе производится настройка таймера по переднему фронту сигнала на входе INT0.

Разрешение внешнего прерывания производится установкой в соответствующие биты регистра EIMSK.

Измерение частоты сердечных сокращений производится с помощью датчика фотоплетизмографии.

Сигнал с выхода датчика (рис.7) поступает на вход микроконтроллера, в котором происходит его дальнейшая обработка с целью отслеживания изменения частоты входного сигнала (увеличение частоты говорит о возбужденном состоянии, а ее спад о переходе в состояние покоя).

Для измерения частоты сердечных сокращений используется таймер T1 в режиме захвата, это означает, что по пришествии импульса на ногу ICP1 значение счетчика копируется в регистр ICR1. Это дает воз-

можность измерять время между соседними импульсами изменяющегося сигнала.

Настройка таймера в режим захвата практически идентична, как и в режиме прерывания по переполнению. Необходимо указать предделитель счетчика и фронт, по которому будет происходить захват значения. В регистре управления прерыванием TIMSK битом ICIE1 разрешаем прерывание по захвату. При уменьшении частоты до 60 Гц срабатывает звуковая сигнализация.

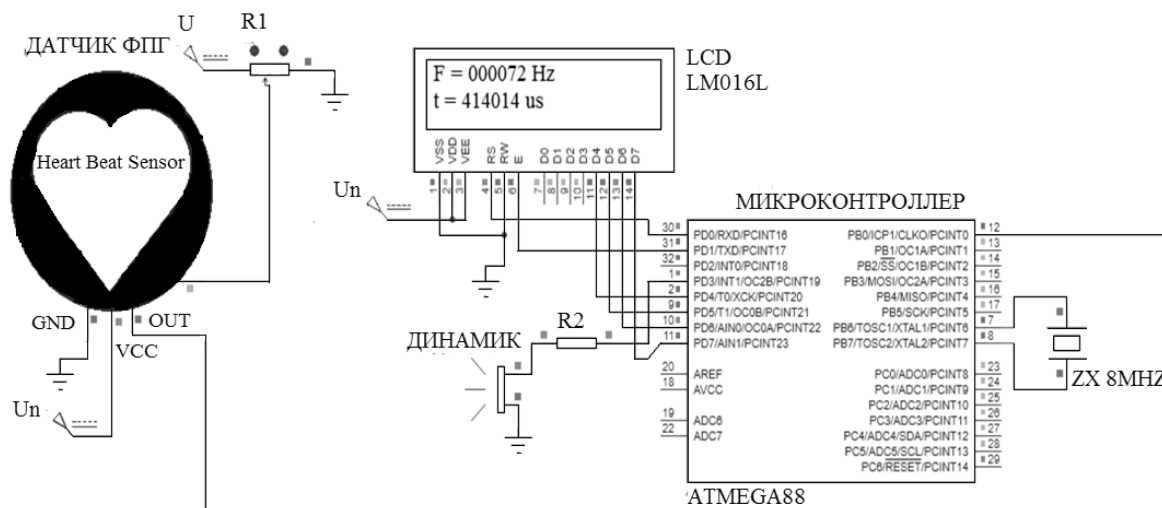
В случае одновременного уменьшения показаний ЧСС и КГР микроконтроллер подает сигнал в блок звуковой сигнализации.

Блок звуковой сигнализации предназначен для привлечения внимания оператора и предотвращения перехода оператора в состояние монотонии и последующего засыпания. Также на корпусе устройства содержится кнопка, предназначенная для выключения сигнализации.

Блок памяти (Flash) необходим для записи текущих измерений с целью последующего контроля состояния оператора для выявления причины возникновения чрезвычайной ситуации и контроля работы.

Исследование показало следующее:

- Достоинством предлагаемого устройства контроля состояния оператора является непрерывное регистрирование нескольких параметров (ЧСС и КГР), положения головы, что позволит более точно оценивать физиологическое состояние оператора в режиме реального времени с целью предотвращения аварийных ситуаций.



**Рис. 7.** Моделирование блока измерения ЧСС

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев В. Г., Мулик А. В. Аналоговые измерительные устройства: учебное пособие. – Уфимский государственный авиационный университет. Уфа. 1996 – 147 с. [V.G. Gusev, A.V. Mulik. Analog measuring devices: a tutorial. - Ufa State Aviation University. Ufa. 1996 - 147 pp.]

2. Гусев В. Г. Методы и технические средства для медико-биологических исследований: Учебное пособие. Ч.1. – Уфимский государственный авиационный технический университет. Уфа. 2001 – 227 с. [V.G. Gusev. Methods and technical means for biomedical research. Ufa. 2001– 227 pp.]

3. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «ATMEL». – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2004 г. – 504 с. [A.V. Evstifeev. AVR microcontrollers of Tiny and Mega families from ATMEL. 2004–504pp.]

## ОБ АВТОРАХ

**ФРОЛОВА Регина Робертовна**, магистрант. каф. ЭИБТ.

**МИРИНА Татьяна Владимировна**, канд. техн. наук, доцент каф. ЭИБТ.

## METADATA

**Title:** Modeling of the work of measurement units of GSR and heart rate development devices for control of the operator's state

**Authors:** R. R. Frolova<sup>1</sup>, T. V. Mirina<sup>2</sup>

**Affiliation:**

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

**Email:** <sup>1</sup>regina.frolova.2012@mail.ru

**Language:** Russian.

**Source:** Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (20), pp. 178-182, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

**Abstract:** In this article the definition of the device of control of the state of the operator is given and the block diagram of realization of the device is offered, also work of blocks of measurement of GSR and heart rate in an applied software package for modeling of electronic circuits has been simulated. This device can be used by operators, drivers and other workers whose activities are not related to mental and physical activity.

**Key words:** galvanic skin response (GSR); heart rate (HR); photoplethysmography; monitoring of a status.

**About authors:**

**FROLOVA, Regina Robertovna**, master student 2 year, Ufa state aviation technical University

**MIRINA, Tatyana Vladimirovna**, candidate of technical Sciences, Associate Professor in the Department of Electronic Engineering and Biomedical Technology, Ufa state aviation technical University