

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

Д.А. Костюк, О.О. Латий

Кафедра ЭВМ и систем, Брестский государственный технический университет

Брест, Республика Беларусь

E-mail: dmitrykostiuk@gmail.com

В работе рассматривается инструментальная оценка когнитивной нагрузки, испытываемой пользователем программного обеспечения, с помощью парных измерений электропроводности кожи и сердечного ритма. Предлагается устройство мониторинга, функционирующее в составе программно-аппаратного комплекса тестирования эффективности человеко-машинного взаимодействия. Представлены схематическое решение и особенности функционирования измерительного блока.

Испытываемые в ходе работы за компьютером нагрузки делятся на когнитивные, визуальные и моторные. Очевидно, что эти виды нагрузок задействуют неодинаковое количество умственных ресурсов: когнитивная – максимальное количество, а моторная – минимальное. Определение величин когнитивной нагрузки при работе с программным обеспечением позволяет определить «узкие места» в эффективности человеко-машинного интерфейса и, как следствие, сформировать набор предложений по его улучшению. Для оценки такой нагрузки требуется найти ее количественное нейрофизиологическое выражение с помощью стандартных измерительных инструментов.

Задача оценки параметров физического состояния пользователя, позволяющих судить об изменении когнитивной нагрузки при работе с различными версиями ПО, решалась нами в рамках разработки программно-аппаратного комплекса тестирования эффективности человеко-машинного взаимодействия [1], структура которого представлена на рис. 1.

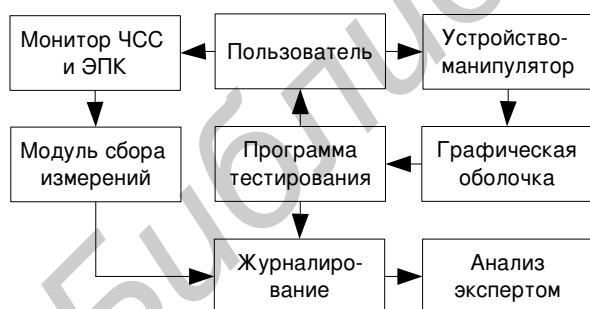


Рис. 1 – Структура измерительного комплекса

К числу параметров организма, измеряемых устройствами, которые доступны на рынке и/или могут быть сравнительно легко собраны в лаборатории, можно отнести ритмы электроэнцефалограммы, кинематическую активность, электрическую проводимость кожи (ЭПК) и частоту сердечных сокращений (ЧСС). Нами был сделан выбор в пользу измерения двух последних параметров, причиной чего послужили следующие соображения.

Поскольку ЭПК является электрической характеристикой, ее легче определять электронными измерительными средствами. ЭПК зависит от влажности кожи, которая в свою очередь обеспечивается потовыми железами, контролируемые симпатической нервной системой [2], и потому ее часто используют как показатель психологического или физиологического возбуждения. Однако внешние факторы, такие как температура и влажность, заметно влияют на результаты измерений ЭПК, ухудшая их согласованность. Аналогичным образом обстоит дело с внутренними факторами, такими как воздействие принятых медикаментов. Отклик на одни и те же уровни воздействия может существенно различаться. По этой причине изменения ЭПК обычно используются совместно с регистрацией других показателей, таких как сердечный ритм, частота дыхательных движений, кровяное давление. ЧСС представляется наиболее простым для регистрации параметром из трех перечисленных. При физической нагрузке, изменении эмоционального состояния, а также под воздействием ряда других факторов ЧСС увеличивается, так как организм человека реагирует на требование органам и тканям повышенного кровоснабжения увеличением сердечных сокращений.

Существует несколько способов автоматического определения ЧСС. Наиболее простой в реализации способ основан на принципе фотоплетизмографии (ФПГ), когда информация об изменении объема крови в тканях считывается оптически. ФПГ недостаточно точна для получения абсолютной величины объема, но позволяет четко отслеживать его изменения, и потому подходит для оценки временных интервалов.

Описанные принципы измерения доступны для реализации в относительно несложных устройствах, что позволяет рассматривать сборку собственных измерительных модулей, реализующих способы и форматы передачи данных, наиболее удобные для решаемой задачи [2].

В качестве основы для измерительных модулей нами выбрана популярная платформа Arduino на базе микроконтроллера ATmega168,

взаимодействующая с ПК через USB-обертку интерфейса RS-232, выполненную с помощью микросхемы конвертера USB-to-Serial. Разработанный нами измерительный блок, схема которого представлена на рис. 2, расширяет платформу Arduino для парного измерения ЭПК и ЧСС.

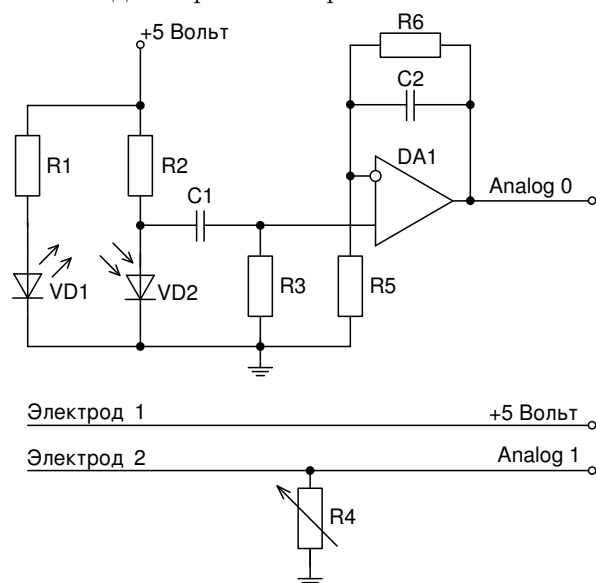


Рис. 2 – Схема модуля расширения Arduino для измерения ЭПК и ЧСС

На один электрод подается напряжение 5 В от основной схемы. Второй электрод соединен с потенциометром 1 МОм, что образует делитель напряжения. На основе напряжения на выходе делителя (на входе микроконтроллера) экстраполируется ЭПК. Для оптимальности измерение выполняется с помощью электродов кольцевой формы, закрепляемых на фалангах указательного и среднего пальцев оператора [3].

Для определения ЧСС методом ФПГ можно регистрировать как отраженный сигнал (когда излучатель и приемник закреплены на фаланге пальца, а излученный сигнал отражается от кости), так и прошедший (при закреплении излучателя и приемника на мочке уха). Длина волны излучаемого света, близкая к инфракрасному диапазону, обеспечивает наиболее высокий уровень модуляции сигнала из-за особенностей поглощения света гемоглобином крови [4]. Оптический сигнал, несущий информацию об объеме крови, преобразуется фотоприемником в электрический, который фильтруется и усиливается для получения собственно ФПГ-сигнала, период которого соответствует сердечному ритму.

Выбранная нами реализация основывается на использовании инфракрасного диода и фотодиода. Элементы схемы (рис. 2) включают обеспечение электрического смещения ИК-диода, соответствующее электрическое смещение фотодиода, ВЧ-фильтрацию для удаления низкочастотных артефактов движения и дребзга, а также НЧ-фильтр с цепью усиления. Роль ВЧ-фильтра играет простая RC-цепь первого порядка, а НЧ-фильтр реализован активным для од-

новременного усиления сигнала. Частоты ВЧ- и НЧ-фильтров выбираются так, чтобы получился полосовой фильтр, усиливающий частоту 2 Гц, соответствующую скорости нарастания ФПГ-сигнала. Аналоговый сигнал поступает с измерительного блока на АЦП Arduino, передающий цифровые отсчеты на ПК.

Измерительный модуль функционирует как часть программно-аппаратного комплекса (рис. 1). ПО, снимающее и сохраняющее в журнал значения измеренных параметров, состоит из двух частей: прошивки микроконтроллера (монитора ЧСС и ЭПК) и модуля сбора измерений, принимающего данные на ПК. Прошивка обеспечивает циклическое снятие сигналов с двух аналоговых входов микроконтроллера (исходя из технических соображений выбран период 2 мс), вычисление значений ЭПК и ЧСС, и их передачу по последовательному интерфейсу. Модуль сбора измерений разработан на платформе Java/Processing; обрабатывая поток значений от монитора, он сохраняет их в файле журнала с отметками времени, а также выполняет первичную визуализацию (рис. 3).

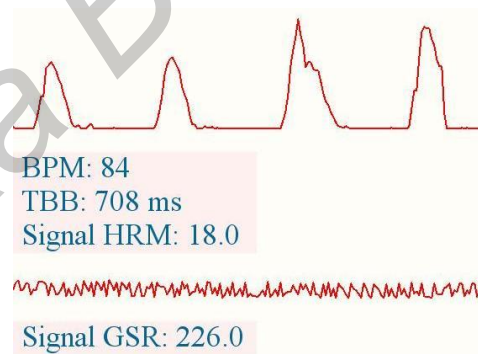


Рис. 3 – Экран первичной визуализации

Взаимодействие представляемой разработки с остальными модулями комплекса также можно увидеть на рис. 1.

1. Kostiuk, D. A. Approach to evaluate effectiveness of human-computer interaction with contemporary GUI / D. A. Kostiuk et al. // Третя міжнародна НПК FOSS Lviv 2013: Збірник наукових праць – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2013. – С. 85–87.
2. Латий, О. О. Средства измерения нагрузки, воздействующей на пользователей программного продукта, с помощью платформы Arduino / О. О. Латий, А. В. Шитиков, Д. А. Костюк // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2013): матер. IV международн. НТК – Донецк: ДонНТУ, 2013. – С. 56–63.
3. Electrodermal Activity Meter [Electronic resource] / Cornell University, ECE 4760: Designing with Microcontrollers. Fall 2013. – Mode of access: https://instruct1.cit.cornell.edu/courses/ee476/FinalProjects/s2006/hmm32_pjw32 – Date of access: 11.09.2014.
4. Langereis G. Photoplethysmography (PPG) system [Electronic resource] / Version 2, February 2010. – Mode of access: http://www.geertlangereis.nl/Electronics/PPGSensor/PPGSensor_en.html – Date of access: 11.09.2014.