

УДК 621.38

ПРИНЦИП РАБОТЫ ПУЛЬСОМЕТРА

Есина М.А., Серенкова Е.П.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Бладыко Ю.В.

Наша повседневная электроника оборудована датчиками, которые в свою очередь отслеживают активность человека. В качестве примера можно привести датчик положения, акселерометр, GPS-приемник, пульсометр, шагомер и многие другие. С большинством датчиков все интуитивно понятно, например, работа GPS основана на измерении временных изменений в скорости прохождения сигнал от спутников до устройства, то вот с датчиком измеряющего сердечный ритм могут быть некоторые недомолвки. Например, многие не знают, о том, как работает пульсометр и какими принципами он получает данные, давайте разберемся!

Как работает оптический пульсометр? В основе главного принципа работы оптического пульсометра, используемого в носимой электронике, лежит технология фотоплетизмографии. Если разобраться рассматриваемый сенсор состоит из светодиодов, которые испускают свет, и датчиков, регистрирующих уровень того, эффективности его отражения. Исторически сложилось, что одними из первых интеллектуальных портативных спектрофотометрических сенсоров стали фотоплетизмографы, оксиметры и пульсоксиметры.

Плетизмография как процесс. Плетизмография (от греческих слов "plethysmos"- набухание, наполнение и "grapho"- пишу) – это технология регистрации изменений объема тела в результате воздействия на него тех или иных факторов. Она начала применяться медиками еще в XIX веке. Одним из вариантов плетизмографии наряду с механической плетизмографией, электрической и другими видами является фотоплетизмография. Она основана на регистрации изменений интенсивности света после его прохождения сквозь биологическую ткань, обусловленных изменениями ее объема. В клинической практике процесс фотоплетизмографии чаще всего применяют, чтобы наблюдать так называемые "пульсовые волны" – изменения объемов участка тела, связанных с притоками крови в фазе систолы (сокращения мышц сердца и повышения артериального давления).

Принцип фотоплетизмографии. Изменения интенсивности света, которые мы наблюдаем при фотоплетизмографии, могут быть связаны с разными факторами – в зависимости от схемы наблюдения и от выбранной длины волны света. По этой причине требуется не фотометрия, а спектрофотометрия. В типичной фотоплетизмографии частей тела человека используют ближнее инфракрасное (БИК) излучение, оно минимально поглощается тканями и кровью. По этой же причине интенсивность этого света после прохождения через ткань является зависимым, от его рассеяния, которое изменяется при пульсовых изменениях объема. Таким образом, с разработкой пришли одноволновые фотоплетизмографы, которые по большей части используют свет одной длины волны 600-700 нм.

Сигнал, исходящий из сердечного пульса, непосредственно выходящий из фотоплетизмографа имеет волнообразную форму. Классический вид зависимости сигнала от времени на выходе фотоприемника на (рис. 1). Слева (рис.1, а) показан сигнал, в нем можно особо выделить постоянную и переменную составляющие тока. Справа (рис. 1, б) показана усиленная переменная составляющая сигнала. Она и называется фотоплетизмографией.

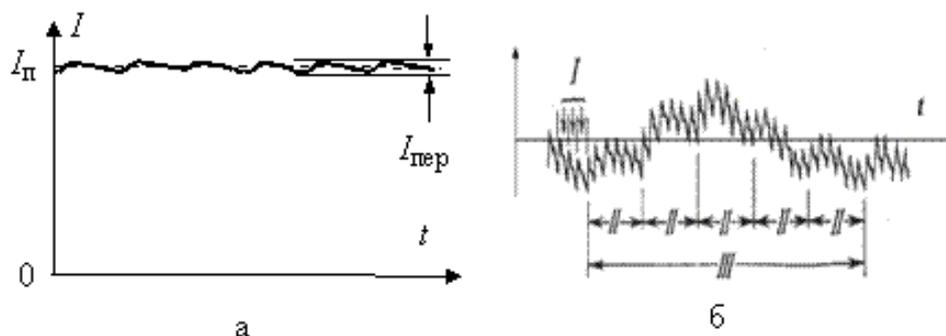


Рисунок 1. Классический показатель зависимости сигнала от времени на выходе фотоприемника: а) полномерный сигнал; б) увеличенная переменная составляющая сигнала.

Измерение пульса по электрокардиосигналу. История создания. После того, как в 19 веке была зафиксирована электрическая активность сердца, появилась возможность ее зарегистрировать. Виллем Эйнтховен (Willem Einthoven) был первым человеком, которому в 1902 году, при помощи – струнного гальванометра (string galvanometer), удалось это сделать. Он осуществил передачу ЭКГ по телефонному кабелю из больницы в лабораторию и, тем самым, реализовал идею удаленного доступа к медицинским данным! В 1924 году стал лауреатом Нобелевской премии. Эйндховен впервые получил настоящую электрокардиограмму (название он придумал сам), разработал производную систему – треугольник Эйндховена, а также ввел названия экс-сегментов. Наиболее известным является комплекс QRS-момент электрического возбуждения желудочков и зубца R, как наиболее выраженный элемент по своим временным и частотным свойствам этого комплекса. Три банки с “рассолом” и электрокардиограф весом 270 кг! Так зародился метод, который сегодня помогает миллионам людей.

Схема и внешний вид оптического датчика в носимой электронике. Датчик импульсов представляет собой, фотоплетизмограф, который является хорошо известным медицинским устройством, используемым для мониторинга ритма сердца. Фототранзисторы и светодиоды имеют попарное расположение на печатной плате. Размер платы выбирается таким образом, чтобы перекрывать всю область виска, что позволяет располагать там же схему усиления и фильтрации сигнала.

Так же, в плате может содержаться отверстия для крепления к ленте-тесьме. Внешний вид датчика с девятью чувствительными элементами представлен на (рис. 2).

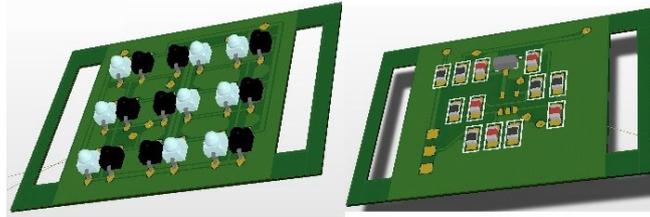


Рисунок 2. Датчик пульсометра, внешний вид

Для того, чтобы зарегистрировать фотоплетизмограммы, нужны фотоприемник и источник света. Источником, как правило, служит светодиод, а приемником служит фототранзистор или фотодиод. Свет, который излучается источником, поглощается телом человека. Если происходит изменение количества крови, изменяется поглощение света и сигнал на выходе фотоприемника.

Источник и приемник могут располагаться друг к другу двумя способами. Эти методы называются «на отражении» и «на просвете». В первом случае приемник и источник находятся в одной плоскости. Свет от источника попадает на кожу, частично поглощается и отражается, попадает на приемник. На следующем рисунке показан сенсорный элемент собственного производства. Он включает в себя печатную плату, припаянную к ней с фототранзистором и светодиодом. Провод идет к измерительной коробке. Затем сигнал отправляется с фотодетектора на схему усиления и фильтра. Пример этого показан на следующем рисунке. Резисторы R1 и R2 указывают светодиодный ток и рабочую точку фототранзистора. Разделительный конденсатор C1 удаляет постоянный компонент, возникающий в результате освещения комнаты, в которой происходит измерение. Подтягивающий резистор R3 перемещает напряжение в положительный диапазон (поскольку усилитель однополярен). Напряжение сдвига подается в обратную связь усилителя, чтобы избежать насыщения. После усиления сигнал отправляется на другую ступень разделения, чтобы окончательно снять напряжение сдвига. Затем оцифровка данных осуществляется с помощью АЦП (рис. 3).

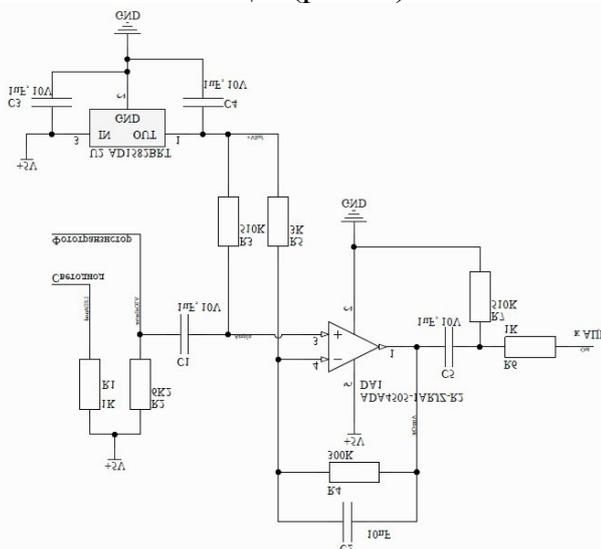


Рисунок 3. Принципиальная схема датчика пульса

Если говорить о современных технологиях и новых горизонтах, развитие этого способа связано, в первую очередь, с переосмыслением функционала оптического датчика. Подытожив, мы имеем идею измерения пульса по видеоизображению лица, для которого естественное освещение является подсветкой. Данное решение является оригинальным, так как видеокамера имеется в любом современном смартфоне, ноутбуке, а порой даже в умных часах или фитнес браслете.

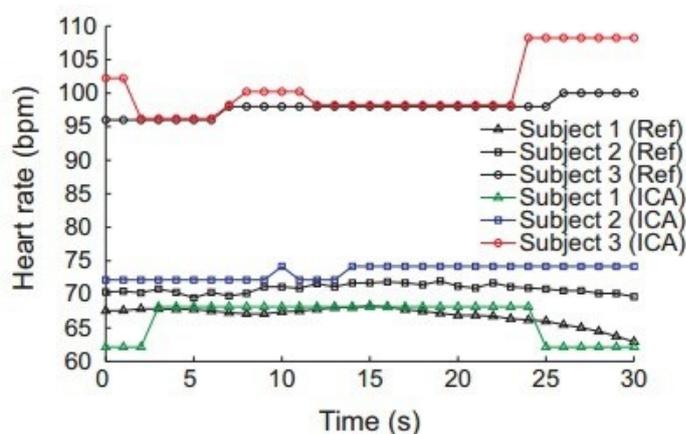
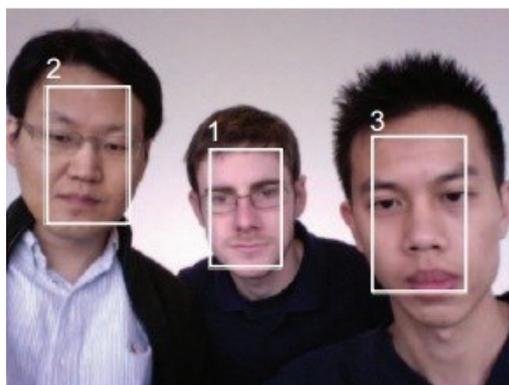


Рисунок 4. Субъект N3 явно напряжен – пульс под 100 уд/мин, наверно сдает работу своему руководителю Субъекту N2. Субъект N1 просто мимо проходил

Комфортную физиологическую оценку без использования электродов, может обеспечить дистанционное измерение сердечного пульса. Однако попытки на данный момент не автоматизированы, подвержены артефактам движения и, как правило, дороги. Этот новый подход может быть применен к цветным видеозаписям человеческого лица и основан на автоматическом отслеживании лица вместе со слепым разделением источников цветных каналов на независимые компоненты.

Заключение. Учитывая плюсы и минусы оптических пульсометров, которые используются в современной портативной технике, следует сформировать некоторые основные правила для наиболее точных результатов. По предположению ученых, проблема состоит в том, что трекеры на запястье одинаковы, в то время как все люди совершенно индивидуальны.

Сложность измерения и обработки физиологической информации методом фотоплетизмографии обусловлена индивидуальностью многих показателей биологического объекта и воздействием на зарегистрированный сигнал артефактов различной природы. Это может сделать отслеживание трудным или невозможным для некоторых людей. И это еще одна причина, по которой нам нужны исследования с большими объемами выборки, чтобы лучше понять, насколько хорошо эта технология работает в реальном мире. Во-первых, не рекомендуется слишком свободно застегивать браслет часов или трекера. Во-вторых, следует избегать переохлаждения запястья в холодную погоду. Для этого во время осенней пробежки можно носить одежду с рукавом, чтобы область кожи с часами/браслетом была теплой.

Наконец, третий совет - во время физических нагрузок не следует перегружать сердце. Если вы чувствуете, что сердце стучит, как отбойный молоток, а устройство показывает только 90 ударов в минуту, оно может быть не в состоянии захватить реальный ритм, потому что пульс слишком быстрый.

Литература

1. Алексеев, В.А. Автоматизированный фотоплетизмограф / В.А. Алексеев, С.А. Ардашев, С.И. Юран – Приборы и методы измерений. 2013;(1).– С 46-51
2. Интеллектуальные сенсоры: Учебное пособие / И.Д. Войтович, В.М. Корсунский — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 624 с.
3. Мошкевич, В.С Фотоплетизмография / В.С. Мошкевич.– Медицина, – 1970.