

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ РЕСПИРАЦИИ ИНТЕРФЕЙСОМ USB

Каждый день создаётся множество технических средств для диагностики тех или иных заболеваний, для реабилитации после операций или же для ежедневного контроля жизненных показателей. Люди приобретают фитнес-трекеры, устанавливают на смартфоны шагомеры и многими иными способами контролируют свою активность в течение дня.

То же самое происходит и в медицинских учреждениях. Человечество за всю его историю сталкивалось со множеством заболеваний, эпидемий и пандемий. Пандемия COVID-19 показала, насколько опасными могут быть вирусы, как быстро они могут распространяться, а также насколько быстро поражаются лёгкие человека. Так возникла необходимость быстрой диагностики состояния лёгких. Каждый день делать флюорографию или рентгеновскую компьютерную томографию не представляется возможным, к тому же это не безвредно для человека.

Но кроме этих способов можно также использовать возможности спирометрии. Спирометр – это устройство, которое позволяет оценить объём вдыхаемого и выдыхаемого человеком воздуха, а также скорость его прохождения по дыхательным путям в различных состояниях. Основываясь на измерениях устройства можно рассчитать множество других показателей, которые являются важными при определении состояния дыхательной системы человека.

Основные исследуемые при спирометрии параметры – это объём, поток и время. Наиболее часто используются следующие характеристики: форсированная жизненная ёмкость лёгких (ФЖЁЛ, FVC), жизненная ёмкость лёгких (ЖЁЛ, VC), общая ёмкость лёгких (ОЁЛ, TLC), объём форсированного выдоха за первую секунду манёвра форсированного выдоха (ОФВ1, FEV1), соотношение ОФВ1/ФЖЁЛ (модификация индекса Тиффно), остаточный объём лёгких или остаточный воздух (ООЛ, OV, RV) и другие. Существуют различные таблицы и формулы для определения должных величин спирометрических показателей для здоровых и некурящих людей. Эти величины зависят от антропометрических параметров человека: роста, пола, возраста, расы. Чем выше человек, тем больше легочные объёмы и потоки. У женщин объём лёгких меньше, чем у мужчин такого же роста. С возрастом эластичность легочной ткани снижается, в результате происходит снижение объёмных и скоростных показателей [1]. В таблице 1 приведены примеры значений данных характеристик для мужчин и женщин возрастом в 25 лет, с ростом 180 см для мужчин и 170 см для женщин.

Также необходимо перечислить такие важные измеряемые величины, как:

- МIP (МДИ), maximum inspiratory pressure, максимальное давление на вдохе;

- МЕР (МДЭ), maximum expiratory pressure, максимальное давление на выдохе;
- SMIP (ПМДИ), sustained maximum inspiratory pressure, постоянное максимальное давление инспирации;
- SMER (ПМДЭ), sustained maximum expiratory pressure, постоянное максимальное давление экспирации.

Соответствующие примеры для данных величин приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Нормальные значения параметров, характеризующих механику дыхательной системы

Параметры	Нормальные значения	
	Мужчины	Женщины
Общая ёмкость лёгких, л	7,3	5,4
Жизненная ёмкость лёгких, л	5,6	4,0
Форсированная жизненная ёмкость лёгких, л	5,4	4,0
Остаточный объём лёгких, л	1,6	1,4
Объём форсированного выдоха за 1 секунду, л	4,5	3,5
Растяжимость грудной клетки, л·кПа ⁻¹	1,3	
Растяжимость лёгких, л·кПа ⁻¹	2,6	
Сопротивление дыхательных путей, кПа·л ⁻¹ ·сек	0,3	

Таблица 2 – Нормальные значения максимального давления на входе в зависимости от возраста и пола человека

Возраст, лет	Максимальное давление инспирации, смН ₂ О	
	Мужчины	Женщины
от 18 до 29	128	97
от 30 до 39	128,5	89
от 40 до 49	117,1	92,9
от 50 до 59	108,1	79,7
от 60 до 69	92,7	75,1
от 70 до 83	76,2	65,3

Нормальные величины максимального давления воздуха при экспирации и инспирации также можно рассчитать по различным формулам. Формулы (1.1) и (1.2) предназначены для расчёта МIP у мужчин и женщин соответственно, (1.3) и (1.4) – МЕР у мужчин и женщин соответственно:

$$MIP_M = -0,81 \cdot B + 165,3, \quad (1.1)$$

$$MIP_{\text{ж}} = -0,61 \cdot B + 115,6, \quad (1.2)$$

$$MEP_M = -0,80 \cdot B + 155,3, \quad (1.3)$$

$$MEP_{\text{ж}} = -0,49 \cdot B + 110,4, \quad (1.4)$$

где B – возраст человека в годах.

Структура автономного устройства, способного измерять спирометрические показатели и взаимодействовать со смартфоном для выгрузки данных, может быть описана схемой, приведенной на рисунке.

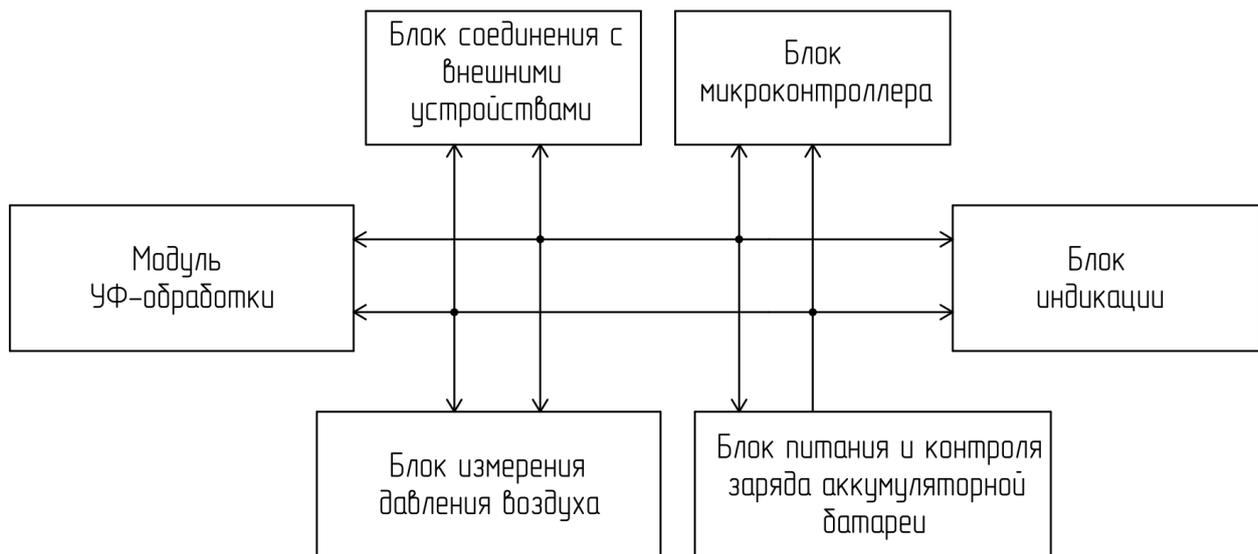


Рисунок – Структура автономного спирометрического устройства

Блок питания и контроля заряда отвечает за питание всех элементов устройства и зарядку встроенной литий-ионной батареи требуемым током и напряжением. Совместно с зарядкой в этом блоке также осуществляется передача данных между подключаемыми по шине USB-устройствами.

Блок индикации состоит из нескольких элементов. OLED-дисплей используется для отображения различной информации пользователю:

- начальный экран при загрузке устройства (может использоваться для отображения информации о производителе);
- уровень заряда аккумуляторной батареи;
- список возможных тестов устройства;
- начальное значение при измерении;
- конечное значение при измерении;
- индикация при начале измерения.

Цветная светодиодная индикация используется для оповещения о возникновении ошибок в работе устройства или во время измерения.

Блок микроконтроллера отвечает за управление всеми элементами устройства, снятие и обработку данных с датчика давления, запись полученных значений в энергонезависимую память и передачу данных по интерфейсу USB.

К блоку УФ-обработки относится ультрафиолетовый светодиод и схема управления для него. Отвечает за обработку поверхностей и воздуха внутри устройства для избежания заражения следующего пользователя после предыдущего.

В блок измерения давления был отнесён дифференциальный датчик измерения давления, который фиксирует изменение давления вдыхаемого или выдыхаемого воздуха и передаёт полученные данные в блок микроконтроллера.

Схемотехнически приведенная архитектура устройства может быть построена на основе следующих компонентов.

Для управления работой устройства целесообразно использовать микроконтроллер ATmega328P. Это маломощный 8-разрядный КМОП-микроконтроллер, основанный на улучшенной архитектуре AVR RISC. Благодаря пропускной способности в 1 MIPS (MIPS – million instructions per second, миллион инструкций в секунду) на МГц становится возможной оптимизация энергопотребления системы в зависимости от скорости обработки. Передача данных по интерфейсу USB может осуществляться при помощи микросхемы USB FT232RL.

Основным элементом блока измерения давления может являться дифференциальный датчик давления ХGZP6899А. Он имеет небольшие размеры, время отклика 2,5 мс, точность измерения $\pm 2\%$.

Блок питания и контроля заряда аккумуляторной батареи включает преобразователь и стабилизатор напряжения, в роли которых могут выступать соответственно микросхема SX1308 – повышающий преобразователь постоянной частоты, предназначенный для небольших устройств с низким энергопотреблением – и стабилизатор напряжения LM1117. Собственно зарядным устройством постоянного тока/постоянного напряжения для литий-ионных аккумуляторов может являться микросхема TP4056.

Для реализации модуля ультрафиолетовой обработки необходимы светодиоды соответствующего диапазона, а также драйвер светодиодов – микросхема LM3404МА.

Список цитированных источников

1. Чикина, С. Ю. Спирометрия в повседневной врачебной практике / С. Ю. Чикина, А. В. Черняк // Лечебное дело. – 2007. – № 2. – С. 29.
2. Физиология дыхания / А. Г. Чучалин [и др.] // РНИМУ им. Н.И. Пирогова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://do.rsmu.ru/fileadmin/user_upload/mbf/c_fiziologii/Glava_Fiziologija_dykhanija.pdf. – Дата доступа: 13.04.2022.
3. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях: Р 3.5.1904-04. – Взамен Р 3.1.683-98; введ. 2004-03-04. – Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2005. – 46 с.
4. Ультрафиолет: эффективная дезинфекция и безопасность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/500942/>. – Дата доступа: 13.04.2022.

УДК 004.94

Шафран М. В.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Хведчук В. И.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРОТОКОЛА

Введение

Современная техника имеет большое количество входов и выходов для обмена данными с другими устройствами. В то же время, некоторые электронные системы стали достаточно сложными и состоят из множества самостоятельных