

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.382.8

А. В. Балагуров
ООО «Мультивейв»
К. Г. Мерзлякова
АНО «Учебный центр «Нефтяник»
А. М. Зыков, аспирант
А. П. Тюрин, доктор технических наук, профессор
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ФАЗЗИФИКАТОРА ДЛЯ СИСТЕМ АКТИВНОГО ШУМОПОДАВЛЕНИЯ*

Предварительная качественная оценка уровня звука с помощью светодиодной шкалы фаззификатора, встраиваемого в активные шумоподавляющие наушники, помогает пользователю не только точно настроить их к работе, но и вести мониторинг уровня звука на рабочем месте. Актуальным становится проектирование фаззификатора на электронной компонентной базе. Для достижения этой цели выполнен анализ существующих компонентов с учетом их размеров, стоимости и возможности создания схемы с минимальным количеством электронных компонентов, в частности, драйверов серии LB1409, LB1412 и LM3916. В базовой схеме используется точечная индикация сигнала с возможностью замены на линейную. На основе технологической документации на микросхему была разработана схема для измерения уровня аудиосигналов, где за единицу измерения взят 1 дБ, а моделирование с использованием программного источника сигнала показало, что схема работоспособна и может быть использована в качестве измерителя уровня шума в составе активных шумозащитных наушников. Реализация устройства фаззификатора также позволяет выполнять оценку шума в режиме реального времени при разработке приборов активного шумоподавления в установках вентиляции.

Ключевые слова: фаззификатор, активные шумопоглощающие наушники, электронные компоненты, драйвер, проектирование.

Введение

При работе в помещении с высоким уровнем шума работник должен использовать средства индивидуальной защиты слуха, например такие, как шумозащитные наушники или беруши, проектирование которых является комплексной задачей [0]. Альтернативой являются активные шумозащитные наушники, имеющие в составе, кроме пассивной (вкладыши из шумопоглощающего материала), также электронную часть для преобразования сигнала шума [0, 0]. К пассивным шумозащитным материалам, входящим в состав наушников, в дальнейшем применимы те же методы исследования, что и к материалам, идущим на изготовление шумозащитных экранов [0]. Однако зачастую использование таких наушников не приносит желаемого эффекта из-за того, что работник не в состоянии на слух определить требуемый режим применения. Особенно это касается работ в условиях повышенного шумового воздействия, например, импульсного [0]. Дело в том, что звуковой диапазон, в котором такие наушники работают с максимальной эффективностью, достаточно узкий, а значение уровня снижения звука в наушниках по-прежнему задается вручную, и у неопытного пользователя часто не получается настроить прибор.

Поэтому необходимо, чтобы, войдя в помещение, работник знал значение уровня шума в данном помещении. Для таких целей существуют специальные шумоизмерительные приборы с цифровой или стрелочной индикацией. Но постоянное использование шумомера для вышеуказанных случаев нецелесообразно, поэтому необходимо средство, которое бы

показывало уровень звука и при этом было встроено в сами наушники. Для такой цели отлично подходит светодиодный индикатор-фаззификатор, встречающийся в современных акустических системах.

Целью данной работы является создание схемы индикатора, встраиваемого в чашку защитных шумоподавляющих наушников.

Для успешного выполнения работ решаются следующие задачи:

- 1) анализ имеющихся вариантов исполнения фаззификатора;
- 2) разработка схемы фаззификатора;
- 3) моделирование схемы в САПР Multisim и проверка работоспособности.

Спроектированную готовую схему светодиодного фаззификатора в дальнейшем можно использовать при разработке опытного образца шумозащитных наушников.

Требования к конструкции фаззификатора

Фаззификатор является микросборкой, встраиваемой в чашку наушников и являющейся дополнением к схеме фазоинвертора активных наушников, с которой он встраивается параллельно. По оценочным данным шкала должна иметь 15 или более делений с шагом 3 дБ для точного определения уровня звука. Питание фаззификатора осуществляется от общего источника питания напряжением 12 вольт. Длина светодиодной шкалы с учетом габаритных размеров чашек наушников должна быть не более 30 мм, а размеры печатной платы не более 20×50×8 мм.

Выбор варианта постройки фаззификатора уровня звука

С учетом того что фаззификатор будет использоваться в шумозащитных наушниках, чашки которых имеют ограниченное внутреннее пространство, следует предусмотреть, что место для монтажа фаззификатора будет сильно ограничено. Кроме этого, нужно, чтобы устройство питалось от общего источника напряжения или имело небольшой независимый источник.

Таким образом, для разработки устройства должна использоваться схема с как можно меньшим количеством электронных компонентов или с использованием компонентов с небольшими габаритами. Для постройки фаззификатора можно использовать два варианта постройки: выполнить схему на сборках, состоящих из транзистора, светодиода и резистора (рис. 1) или создать светодиодную сборку на специальном драйвере.

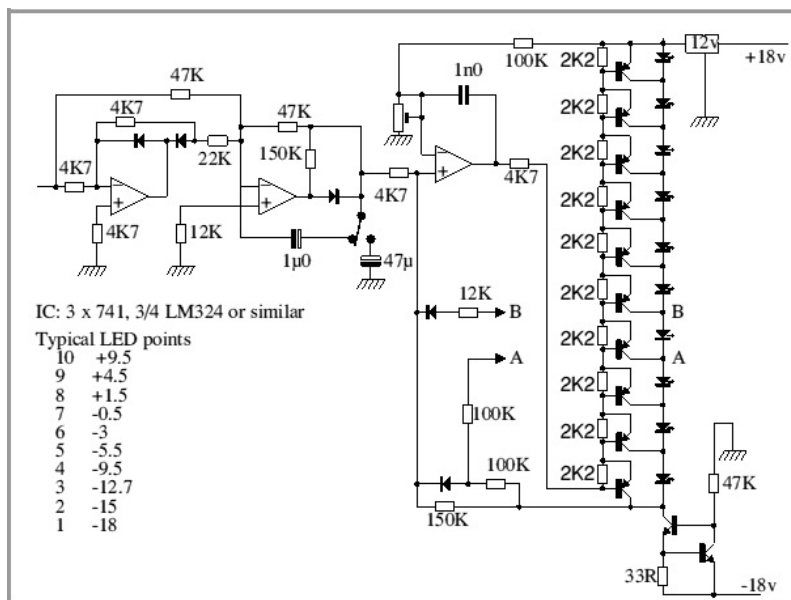


Рис. 1. Пример транзисторного индикатора уровня сигнала

Оба этих варианта имеют как достоинства, так и недостатки. Так, отдельные сборки за счет размеров электронных компонентов не могут использовать большое количество светодиодов. Кроме этого, такие схемы предполагают подбор электронных компонентов для настройки индикатора.

Фаззификатор, построенный на специальном драйвере, лишен этих недостатков, однако необходимо подобрать сам драйвер с учетом оптимального соотношения стоимость/функциональность. Тем не менее такой вариант является наилучшим, и именно он будет использован при проектировании устройства. Стоит учитывать, что драйверы могут быть предназначены только для светодиодной ленты, для светодиодного цифрового дисплея или для обоих вариантов.

Выбор драйвера для управления светодиодами

Прежде чем приступить к выбору драйвера, нужно учесть, что он должен иметь наименьший размер, низкую стоимость и возможность создания схемы с минимальным количеством электронных компонентов. Наиболее популярными среди схемотехников являются драйверы LB1409, LB1412 и LM3916. Драйвер измерителей уровня Sanyo LB1409 [0] для 9 светодиодов (табл. 1) может использоваться как для измерений переменного тока, так и для измерений постоянного тока.

Микросхема выполнена в корпусе DIP-16 (рис. 2) и имеет размеры 19,2×7,62 мм. Светодиоды подключаются к выводам 7–15 микросхемы. Пример построения схемы представлен на рис. 3.

Таблица 1. Основные характеристики микросхемы LB1409

Функция	Значения
Поддерживаемый дисплей	9 красных или зеленых светодиодов
Входной усилитель	Встроенный, уровень усилителя регулируется переменным резистором
Шаг настройки	3дБ
Напряжение питания	5,5–16 В

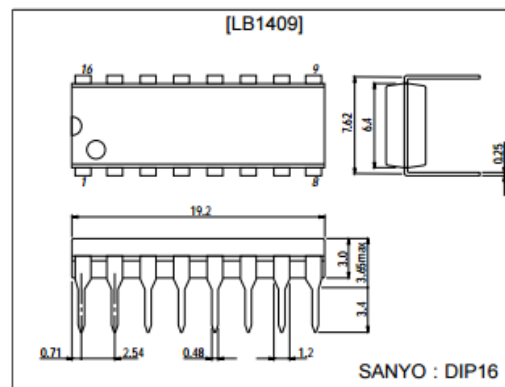


Рис. 2. Чертеж микросхемы LB1409

Схема отвечает всем требованиям, поставленным перед конструкцией фаззификатора, она проста в настройке. Для расширения диапазона измерений можно дублировать шкалу второй микросхемой LB1409, получив до 18 точек индикации.

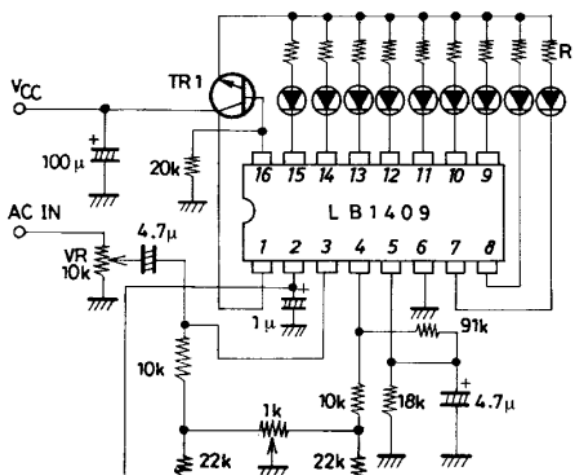


Рис. 3. Пример схемы индикатора на LB1409

Драйвер Sanyo LB1412 [0] для точечных измерителей уровня для 12 светодиодов (табл. 2) может поддерживать до пяти точек с пиковым уровнем. Имеет встроенный осциллятор для сброса пиковых уровней.

Микросхема выполнена в корпусе DIP-22 (рис. 4) и имеет размеры 27,2×10,16 мм. Светодиоды подключаются к выводам 1–12 микросхемы. Пример построения схемы представлен на рис. 5.

Таблица 2. Основные характеристики микросхемы LB1412

Функция	Значения
Поддерживаемый дисплей	12 красных или зеленых светодиодов
Входной усилитель	Встроенный, уровень усилителя регулируется переменным резистором
Шаг настройки	3 дБ
Напряжение питания	10–16 В

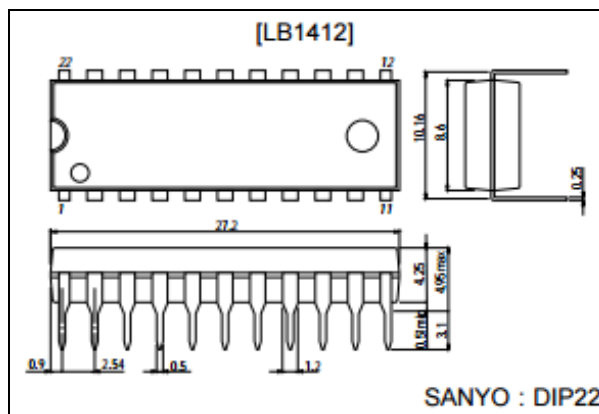


Рис. 4. Чертеж микросхемы LB1412

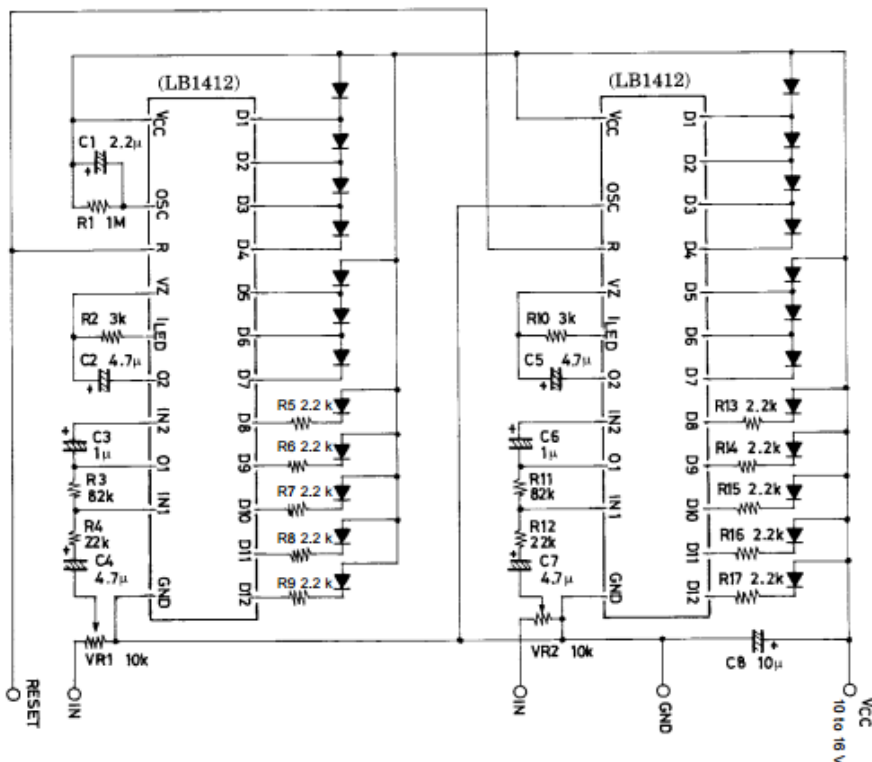


Рис. 5. Пример схемы индикатора на LB1412

Несмотря на большую функциональность, микросхема имеет больший размер, чем возможно использовать. Кроме этого, микросхема не сможет использовать встроенный источник питания в 9 вольт.

Третий тип драйвера для точечных и линейных измерителей уровня, рассчитанный на 10 светодиодов, National Semiconductor LM3916 [0] (табл. 3), может использоваться как со светодиодами, так и с вакуумными флуоресцентными трубками.

Микросхема выполнена в корпусе DIP-18 (рис. 6) и имеет размеры 21,46×7,62×8 мм. Светодиоды подключаются к выводам 1 и 10–18. Пример разработанной схемы можно увидеть на рис. 7.

Разработанная микросхема также отвечает всем поставленным перед ней требованиям, и ее можно использовать в качестве индикатора в активных наушниках.

Исходя из всего вышеперечисленного, в рамках исследования принято решение разрабатывать схему фаззификатора на микросхеме LM3916, являющейся лучшим вариантом как по исполнению, так и по стоимости.

Проектирование фаззификатора сигнала на LM3916

На основе технологической документации на микросхему была разработана схема для измерения

уровня аудиосигналов, где за единицу измерения взят 1 дБ (рис. 8).

Таблица 3. Основные характеристики микросхемы LM3916

Функция	Значения
Поддерживаемый дисплей	10 красных или зеленых светодиодов, флуоресцентные трубки
Входной усилитель	Встроенный, уровень усилителя регулируется переменным резистором
Шаг настройки	1 дБ
Напряжение питания	3–25 В
Максимальный уровень сигнала	70 дБ
Дополнительные возможности	Есть возможность переключения индикации: точечная или линейная

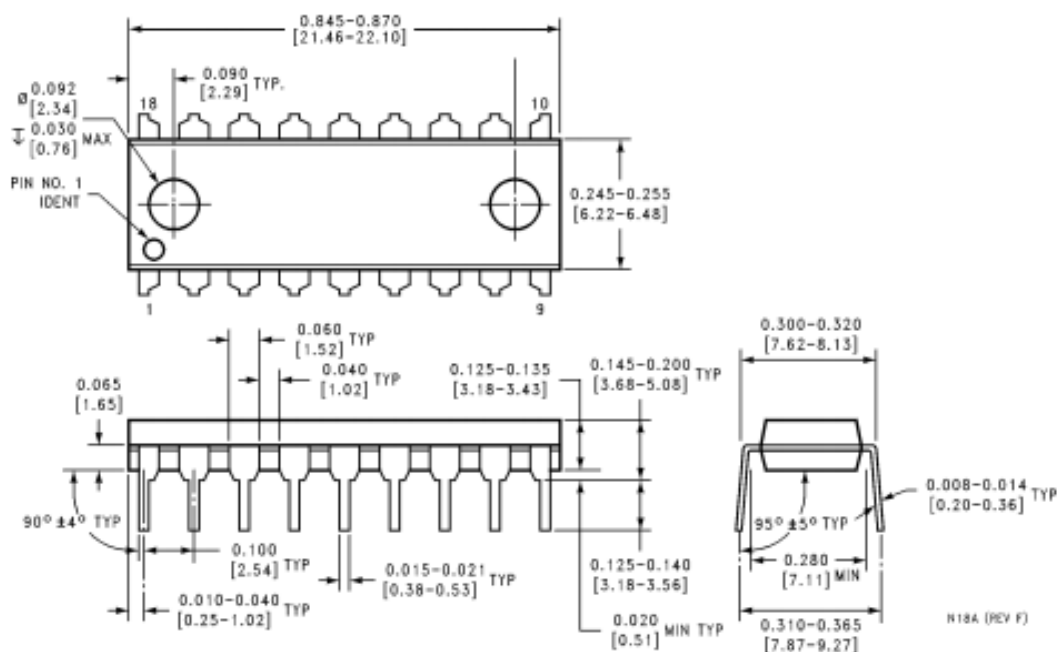


Рис. 6. Чертеж микросхемы LM3916

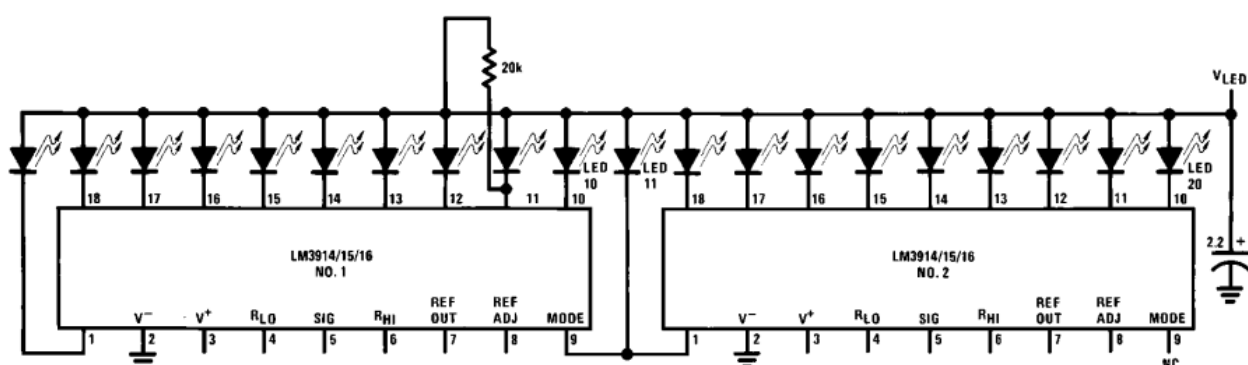


Рис. 7. Пример схемы индикатора

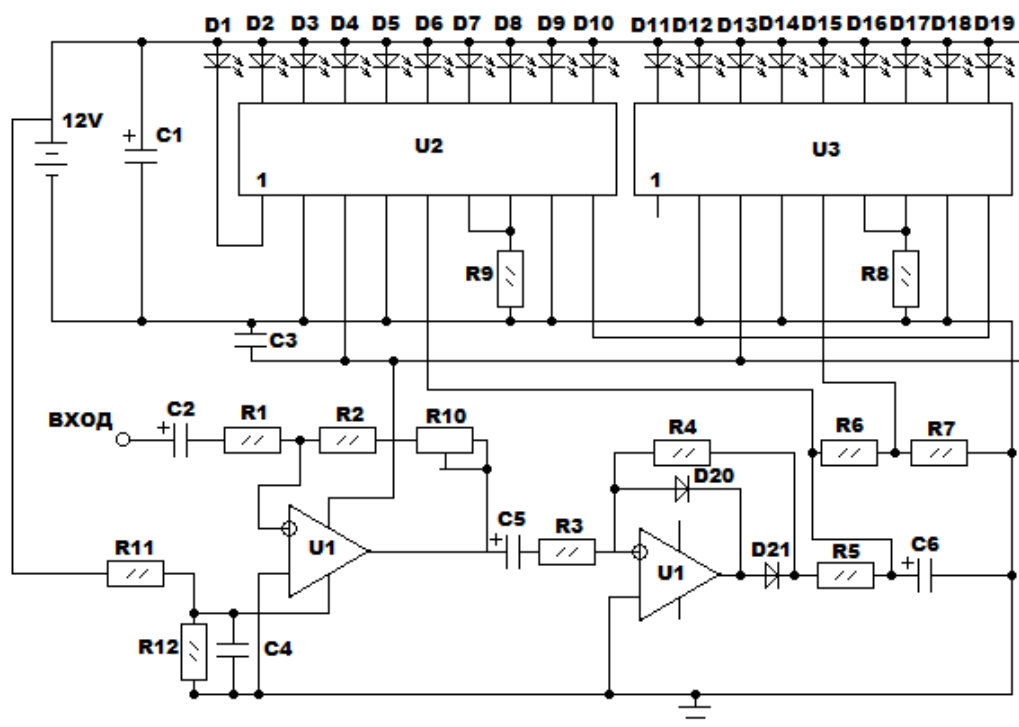


Рис. 8. Схема фаззификатора акустических сигналов

Схема может обрабатывать любые разовые и непериодические сигналы. Используемые электронные компоненты: а) TL072 – входной операционный усилитель, имеющий низкий уровень шума, высокую скорость обработки, высокий входной импеданс, низкий уровень шума, низкий входной ток смещения, широкий диапазон принимаемых частот и низкое энергопотребление; б) LM3916 – монолитная интегральная микросхема, служащая для светодиодной индикации уровня звука.

Спроектированный фаззификатор определяет уровень непериодических комплексных сигналов, таких как речь, шум и т. д. Он отличается от счетчика децибелов тем, что не может обрабатывать периодические волны. В процессе измерения в зависимости от уровня звука значение отображается на светодиодном дисплее в виде точек соответствующего количества.

Для устранения необходимости использования токоограничивающих резисторов драйвер можно запрограммировать и регулировать. Обе интегральные микросхемы содержат делители напряжения на 10 шагов и стабилизаторы напряжения. Отдельные компараторы, входящие в состав интегральных микросхем, получают сигналы от входного буфера и передают на выходы. Поскольку обе микросхемы очень просты в использовании, одного резистора достаточно, чтобы запрограммировать шкалу от 1,2 В в зависимости от напряжения питания. Дополнительно можно регулировать яркость светодиода с помощью потенциометра.

Как уже говорилось ранее, интегральные микросхемы универсальны и, при каскадном включении можно увеличить показания шкалы до 60 дБ, а кроме светодиодов любого цвета можно использовать газоразрядные индикаторы или ЖК-дисплей (оба вари-

анта неприменимы для поставленной перед фаззификатором задачи, но могут оказаться полезны).

Принцип действия схемы: сигнал поступает на вход схемы и передается на обработку на инвертирующий вход операционного усилителя TL072. С выхода усилителя обработанный сигнал подается на вывод 5 микросхемы U2 и на делитель, с которого, в свою очередь, подается на 5 вывод U3. Делитель регулирует входное напряжение, устанавливая шаг индикации в 3 дБ. Перечень электронных компонентов указан в табл. 4. В базовой схеме используется точечная индикация сигнала, однако ее можно поменять на линейную, соединив выводы 9 драйверов с источником питания. Установка переключателя позволит выбирать между точечным и линейным выводом информации.

Таблица 4. Перечень электронных компонентов

Значение	Электронные компоненты по схеме
Резисторы	
1 кОм	R5, R8, R9
10 кОм	R1, R2, R3, R4
62 кОм	R7
330 кОм	R6
47 кОм линейный	R10
Конденсаторы	
0,1 мкФ	C3, C4
1 мкФ	C6
10 мкФ	C2, C5
100 мкФ	C1
Полупроводники	
Светодиоды 3 мм	D1-D19
1N4148	D20, D21
TL072	U1
LM3916	U2, U3

Работоспособность схемы проверена в САПР Multisim 2013. Тесты с использованием виртуального источника сигнала показывают точное совпадение уровня звука, подаваемого источником с уровнем, который показывает фаззификатор.

Таким образом, можно сделать вывод, что схема устройства работоспособна и полностью выполняет возложенные на нее функции.

Заключение

В ходе работы было проведено исследование различных вариантов проектирования конструкции фаззификатора. В результате изучения технической документации, предоставленной производителями электронных компонентов, была подобрана оптимальная по параметрам функциональности, размерам, простоте настройки интегральная микросхема, которая послужит драйвером для светодиодного индикатора. Общий вид расположения фаззификатора на поверхности чашки наушников представлен на рис. 9.

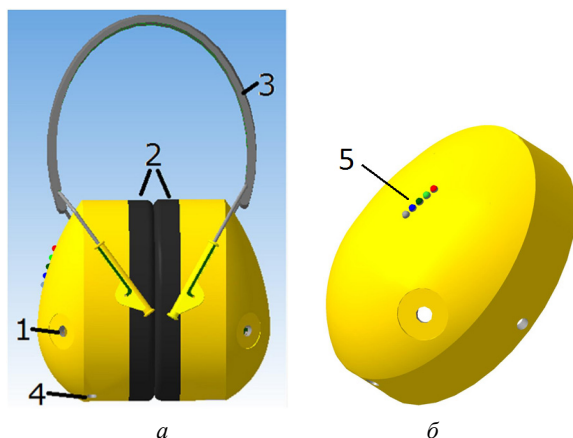


Рис. 9. Трехмерное изображение шумозащитных наушников: а – виртуальная модель активных шумозащитных наушников; б – виртуальная модель чашки со светодиодным блоком фаззификатора: 1 – гнездо для микрофона; 2 – амбушюры; 3 – дужка оголовья; 4 – кнопка включения; 5 – фаззификатор

На основе документации, предоставленной производителем микросхемы, разработана и построена схема фаззификатора, которая впоследствии была смоделирована в системе Multisim 2013. Моделирование с использованием программного источника сигнала показало, что схема работоспособна и может быть использована в качестве измерителя уровня шума в составе активных шумозащитных наушников.

По итогам выполненной работы можно приступить к постройке опытного образца активных наушников со встроенным фаззификатором входного сигнала.

Библиографические ссылки

1. Балагуров А. В., Тюрин А. П. Активные шумозащитные наушники // XVI Республиканская выставка-сессия студенческих инновационных проектов : сборник тезисов докладов / отв. за выпуск А. П. Тюрин. – Ижевск, 2013. – С. 6–7.
2. The development of active personal protective equipment design technologies / A. P. Tyurin, A. V. Balagurov, A. M. Zikov, A. A. Shaklein, P. M. Zavialov // Modern Applied Science. 2015. – Т. 9. № 3. – С. 299–308.
3. Балагуров А. В., Тюрин А. П. Моделирование аналоговой системы активного шумоподавления // Защита от повышенного шума и вибрации : сб-к докл. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. Н. И. Иванова. – СПб., 2013. – С. 285–289.
4. Тюрин А. П., Парахин Д. В., Шаклеин А. А., Замотин К. Ю. К вопросу исследования звукопоглощающих свойств шумозащитных конструкций численными и физическими экспериментами // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 2 (24). – С. 20–24.
5. Тюрин А. П., Парахин Д. В., Севастьянов Б. В. Научное обоснование совершенствования средств коллективной защиты испытателей вооружения от воздействия импульсного шума // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2008. – № 3. – С. 25–28.
6. LB1409 Level meter driver for 9 LEDs, 1997. – Sanyo Electric Co, Tokyo. – 6 pp.
7. LB1412 Level meter driver for 12 LEDs, 1997. – Sanyo Electric Co, Tokyo. – 6 pp.
8. LM3916 Dot/Bar display driver, 1995. – National Semiconductor Co, Arlington, USA. – 22 pp.

Balagurov A. V., OJSC «Multiwave»
 Merzlyakova K. G., Autonomous Nonprofit Organization «Training Center «Oilman»
 Zykov A. M., Post-graduate, Kalashnikov ISTU
 Tyurin A. P., DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

Design of the LED fuzzificator for active noise cancellation systems

Preliminary quality assessment of the sound level with LED scale fuzzificator, embedded into active noise-canceling headphones, helps the user not only to fine-tune them to work, but also to monitor the sound level in the workplace. It becomes relevant to design a fuzzificator on the basis of electronic components. For this purpose the analysis is carried out for existing components with regard to their size, cost, and the possibility of creating a circuit with the minimum number of electronic components, in particular, a series of drivers LB1409, LB1412 and LM3916. The point indication of a signal with the possibility of substitution by a linear one is used in the basic scheme. Based on the technical documentation for the chip scheme, a scheme for measurement of the audio signal is developed, wherein 1 dB is taken as the unit of measurement; and simulation by the software signal source showed that the scheme is efficient and can be used as a measure of the noise level within active hearing protectors. Implementation of the fuzzificator device also allows to estimate the noise in real-time when developing the active noise cancellation devices in ventilation.

Keywords: fuzzificator, active cancelation headset, electronic components, driver, design.

Получено: 28.12.15