нению с RGB. Выделение целевого объекта (кубика) происходит путем наложения бинарной маски по заданным порогам цвета;

– детектирование контуров – поиск связных областей (blobs) и вычисление их геометрических моментов для определения центра масс объекта в пиксельных координатах кадра.

Управление роботом строится на минимизации ошибки рассогласования между текущим и целевым положением объекта.

Направление движения корректируется в зависимости от смещения центра объекта относительно оптической оси камеры. Если объект находится слева от центра кадра, угловая скорость правого колеса увеличивается, обеспечивая поворот.

Расстояние до объекта оценивается на основе площади ограничивающей рамки или вычисления евклидова расстояния в пикселях. Для плавного регулирования линейной скорости применяется ПИД-регулятор, минимизирующий статическую ошибку положения.

Логика управления реализует конечный автомат состояний: «Поиск» (вращение на месте при потере цели), «Преследование» и «Остановка/Безопасный откат» при достижении критической дистанции.

Экспериментальные исследования подтверждают, что интеграция Raspberry Pi и OpenCV позволяет достичь необходимой точности автосопровождения объекта в реальном времени. Реализованная система обеспечивает устойчивое следование за цветным кубиком при скоростях, сопоставимых с пешим движением человека, и сохраняет заданную дистанцию с погрешностью, не превышающей допустимые значения для мобильных платформ данного класса.

В качестве перспектив развития работы рассматривается внедрение алгоритмов глубокого обучения для классификации сложных объектов и использование стереозрения для более точного определения глубины сцены.

Литература

1. Bradski, G. Learning OpenCV / G. Bradski, A. Kaehler. – O'Reilly Media, 2008.
2. URL: https://opencv.org/.
3. URL: https://www.raspberrypi.org/documentation/.

СОЗДАНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ САМОДЕЛЬНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ МИКРОСХЕМЫ TPA3255 С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ

Д. А. Шабетник

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. И. Проневич

Произведено подключение и усовершенствование усилителя портативной акустической системы. Показаны ключевые условия создания такой акустической системы – это правильный подбор компонентов: усилителя, динамиков, источника питания. Установлено, что при использовании импульсных усилителей класса D в сочетании с грамотно подобранной акустикой и литий-ионным аккумулятором можно создать энергоэффективную, мощную и практичную автономную аудиосистему.

Ключевые слова: импульсный усилитель, bluetooth-антенна, портативная акустическая система, источник питания, динамики, микросхема, литий-ионный аккумулятор.

В последние годы наблюдается устойчивый рост спроса на портативные акустические системы, сочетающие мобильность, автономность и приемлемое качество звучания. Несмотря на очевидные преимущества, портативные системы по-прежнему уступают стационарным по качеству звучания и продолжительности автономной работы. Основным ограничением остается компромисс между мощностью, КПД усилителя и емкостью аккумулятора.

Цель данной работы – проанализировать и модернизировать усилительный тракт автономной акустической системы 2.1 (рис. 1) на базе усилителя XY-AS21HPA с двумя микросхемами класса *D*: TPA3255, оснащенной литий-ионным аккумулятором 25,2 В в пике и дополнительной внешней bluetooth-антенной.

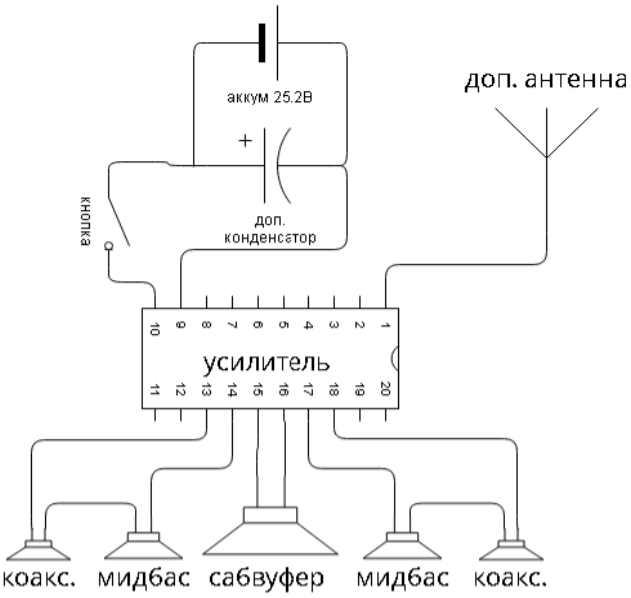


Рис. 1. Простая схема данной колонки

Усилители мощности звука классифицируются по режиму работы выходных каскадов. Для создания данной портативной акустической системы был использован усилитель класса *D* – это импульсный усилитель, работающий по принципу широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [1]. КПД усилителя мощности достигает 90 % и выше при достаточно низком тепловыделении. В разработке применен модуль XY-AS21HPA на двух микросхемах TPA3255. Основные характеристики TPA3255 включают:

• Напряжение питания: 10–53 В DC.

• КПД: до 90 %.

• THD + N: < 0,01 % (искажение гармоник в звучании).

• SNR: ≈ 111 дБ (чем больше значение, тем меньше помех в звуке, пример – радио).

Модуль обеспечивает трехканальное усиление: два стереоканала и канал сабвуфера.

В акустической системе использовано 5 динамиков: два – низко-средне-частотных, два трехполосных коаксиальных и сабвуфер, все имеют импеданс 4 Ом. Реальная выходная мощность системы при напряжении – 22–24 В составляет примерно 50–60 Вт на стереоканал и 150–170 Вт – на сабвуфер.

Для обеспечения беспроводной связи портативной акустической системы с мобильным телефоном, компьютером, планшетом необходим Bluetooth-тракт и антенная система на частоте 2,402–2,480 ГГц. Для увеличения дальности связи была добавлена внешняя патч-антенна и рассчитана ее оптимальная длина. Расчет длины волны на частоте 2,4 ГГц:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2{,}4 \cdot 10^9} \approx 0{,}125 \text{ м}.$$

Чтобы обеспечить эффективное излучение и согласование, длина внешней антенны определяется по формуле $\lambda / 4 \approx 31{,}25$ мм. Соответственно при добавлении внешней антенны повысили дальность и качество связи, прирост составил 25–30 %, но это лишь примерная оценка, зависящая от условий. В реальности эффективность зависит от условий распространения сигнала, уровня помех и замены антенны на обоих концах линии, обеспечивая фокусировку энергии, а не повышение мощности аппаратного сопряжения.

Питание акустической системы осуществляется литий-ионный аккумулятором конфигурации 6S4P (25,2 В, 6000 мА/ч), который состоит из 24 элементов, соединенных по 6 последовательно и 4 – параллельно, и обеспечивает номинальное напряжение – 22,2–24 В и максимальное – 25,2 В. Энергоемкость данного аккумулятора:

$$E = 25{,}2 \text{ В} \cdot 6 \text{ А/ч} \approx 151{,}2 \text{ Вт/ч}.$$

С учетом потерь ~ 120 Вт/ч.

Время автономной работы самодельной акустической системы рассчитывается по формуле

$$t = \frac{E\eta}{P_{\text{ср}}},$$

где $\eta \approx 0{,}9$ (КПД класса *D*). При средней громкости портативная система проработает 1,44 ч, на максимальной громкости (120 × 0,9)/100 ≈ 1,08 ч ≈ 1 ч 4 мин.

Собранная акустическая система 2.1 имеет массу около 13 кг, КПД усилителя – 90 %; обеспечивает низкое тепловыделение. Установленные в портативной системе сабвуфер JBL Stage 1010 и мидбасовые динамики EDGE EDBPRO совместно с коаксиальными Pioneer TS-G1303i обеспечивают хорошую проработку частотного диапазона. Система обладает высокой удельной мощностью при компактных габаритах, полной автономностью и возможностью модернизации. Общая стоимость комплектующих данного проекта при самостоятельной сборке выгодно отличается от решений, которые можно приобрести готовыми.

Применение современных усилителей класса *D* (TPA3255) в сочетании с грамотно подобранной акустикой и литий-ионным аккумулятором позволяет создать энергоэффективную, мощную и практичную автономную аудиосистему. Такие устройства востребованы в повседневном быту, во время отдыха на природе, в детских и гостевых комнатах, а также как дополнение к стационарным системам (импровизированное 5.1). Полученная конструкция подтверждает перспективность импульсных усилителей для мобильных решений.

Литература

1. Классы усилителей звука. – URL: https://globaltuning.com/blog/sovety-pokupatelyam/klassy-usiliteley-zvuka/ (дата обращения: 03.04.2026).