

## ПРОГРАММИРУЕМЫЙ КАЛЬКУЛЯТОР

**Титов А. Д.** (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

**Научный руководитель – Королева Е. А.**

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

В работе представлены причины создания, процесс разработки и опыт эксплуатации программируемого графического калькулятора.

**Введение.** Использование персональных компьютеров и смартфонов в качестве калькуляторов не всегда возможно и удобно, например, в школах на контрольных работах. Функционал простых калькуляторов ограничивает эффективность и скорость вычислений. Графические калькуляторы решают вышеперечисленные проблемы, но их цена неоправданно высокая, поэтому такого рода устройства практически не используются в учебных заведениях России.

**Основная часть.** Цель работы – разработать дешёвый, удобный в использовании и эффективный в вычислениях карманный графический калькулятор.

На первом этапе был создан прототип на макетной плате. В качестве микроконтроллера был выбран ESP32, так как он обладает достаточными техническими характеристиками по сравнению с другими микроконтроллерами, что позволит запускать пользовательские программы на нём. Экран на базе контроллера SSD1306 обладает разрешением 128x64 с глубиной цвета 1 бит, что вполне достаточно для калькулятора. В качестве органов ввода используются металлические контакты, подключённые к микроконтроллеру ATMEGA328P, который по значению ёмкости на этих контактах определяет касания пальцем.

Для этого устройства написана операционная система на базе FreeRTOS. Язык программирования – C++. Операционная система включает следующий перечень программ:

- калькулятор с построителем графов;
- настройки;
- файловый менеджер;
- текстовый редактор.

Кроме того, в операционную систему был встроен интерпретатор языка программирования Lua, поскольку он простой и легковесный, что позволило запускать пользовательские программы.

В операционной системе реализован загрузчик программ из формата ELF32, написаны заголовочные файлы C++ с документацией, что позволило писать высокопроизводительные программы на компилируемых языках программирования C и C++. Операционная система получила поддержку страничного распределения памяти между программами и защиту памяти.

На последнем этапе разработки спроектирована печатная плата и компактный корпус. Произведён переход от микроконтроллера ATMEGA328P к микроконтроллеру STM32F103C8T6, что позволило реализовать поддержку USB и часов реального времени в калькуляторе.

**Выводы.** В процессе разработки создано готовое устройство – дешёвый, удобный, компактный, многофункциональный, практичный, графический, программируемый калькулятор. Написана операционная система с прикладными программами. Интегрирован интерпретатор языка программирования Lua и реализован загрузчик программ в формате ELF32 для исполнения пользовательских программ. Включены стандартные библиотеки для обработки ввода и упрощения создания графического интерфейса, оптимизированного под экран калькулятора. Разработан набор встроенных прикладных программ: калькулятор, настройки,

проводник, текстовый редактор, просмотр изображений, календарь. Устройство имеет следующие технические характеристики:

- наличие последовательного порта, «USB», «Wi-Fi»;
- возможность передачи данных и программирования по сети;
- OLED экран, 2 цвета (чёрный и белый), контрастный, разрешение составляет 128 на 64 точки;
- процессор «Xtensa LX6», 2 ядра по 160 МГц и производительностью до 600 DMIPS;
- 4 Мб оперативной памяти;
- 4 Мб флеш-памяти, из которых 1 Мб доступен пользователю;
- питание от встроенного аккумулятора на 600 мА/ч, полного заряда хватает на целый день непрерывной работы;
- поддерживаются все арифметические операции: корни, возведение в степень, вычисление выражений, тригонометрические и обратные им функции, построение графиков и логарифмы.

Апробация устройства проходила в ГБОУ СОШ №496 Санкт-Петербурга и на факультете СПО Университета ИТМО на занятиях по информатике, математике и физике. Прототип калькулятора получил положительные отзывы от школьников, студентов и преподавателей.