

и $p = \varphi(Q)$, интегрируя их, получаем общие затраты потребителей за товар в количестве Q_0 $\int_0^{Q_0} f(Q)dQ$ и общий доход потребителя $\int_0^{Q_0} \varphi(Q)dQ$.

В физике довольно часто, интегрируя заданные предельных величин, находят физические функции.

Если мы имеем функцию кривой $z = p(s)$, расстояние y от оси O_x , расстояние x от оси O_y и длину кривой L . Интегрируя данную функцию по дуге s , получим статический момент кривой $M_{Ox} = \int_0^s yp(s)ds$, $M_{Oy} = \int_0^s xp(s)ds$ и центр тяжести кривой $y_c = \frac{\int_0^s yp(s)ds}{L}$, $x_c = \frac{\int_0^s xds}{L}$.

Рассмотрим плоскую фигуру, ограниченную сверху кривой, которая задана уравнением $y = f(x)$, a и b — координаты на оси O_x этой плоской фигуры. Выберем произвольный элемент фигуры в виде бесконечно узкой вертикальной полоски dx . Имея расстояние от оси O_x , равное $\frac{1}{2}y$, расстояние от оси O_y , равное $x + \frac{1}{2}dx$, и площадь фигуры S , с помощью определённого интеграла можем получить формулы статического момента плоской фигуры $M_{Ox} = \frac{1}{2} \int_a^b y^2 dx$, $M_{Oy} = \int_a^b xy dx$ и центр тяжести плоской фигуры $y_c = \frac{1}{2S} \int_a^b y^2 dx$, $x_c = \frac{1}{S} \int_a^b xy dx$.

Механическую работу точки по некоторой кривой можно найти с помощью определённого интеграла, зная силу F , начальное положение точки $s = s_0$, конечное положение $s = S$ и угол между силой и перемещением $\cos(F, s)$, по формуле $A = \int_{s_0}^S F \cos(F, s) ds$.

С помощью определённого интеграла можно найти давление жидкости на вертикальную пластинку. В жидкость погружена вертикальная пластина, ограниченная линиями $x = a$, $x = b$, $y_1 = f_1(x)$, $y_2 = f_2(x)$. Зная γ — плотность жидкости, g — ускорение свободного падения, найдём по формуле $P = g\gamma \int_a^b (y_2 - y_1) x dx$.

Заключение. Использование определённого интеграла облегчает вычисления, делает их более точными. Многие показатели в экономике можно также выразить через определённый интеграл. Он широко используется в финансовой сфере, в предпринимательстве, в банковском деле и других областях экономики.

А. Л. Полох, Г. В. Качкар

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Введение. Микроконтроллером (далее — МК) называют однокристалльный компьютер с интегрированным на одной микросхеме минимальным набором внешних устройств ввода-вывода. Современные МК уступают персональным компьютерам по параметрам быстродействия и объёму доступной памяти, но превосходят их по ряду других параметров функциональности. Они имеют размеры порядка 1 см, стоимость от 1 до 10 р., энергопотребление на уровне единиц мА или даже мкА и несколько десятков программируемых сигнальных каналов, которые могут использоваться для связи с внешними устройствами и управления ими. Существует несколько разных семейств МК, которые значительно различаются по основным параметрам и предназначены для решения разных классов задач.

Наиболее мощные и производительные МК по своим параметрам приближаются к процессорам персональных компьютеров и используются в различных мобильных устройствах и системах связи. В то же время существуют сверхэкономичные МК (микрочипы) с собственным потреблением менее 1 мкА, которые могут несколько десятилетий работать от одной «пуговичной» батарейки или даже от энергии принимаемых антенной радиоволн и других внешних воздействий.

Мы считаем, что для учебных целей на начальном этапе наилучшим образом подходят 8-разрядные МК Atmel AVR семейства ATmega. Они относительно простые по устройству и системе команд, очень надёжные и нетребовательные к условиям работы, имеют достаточно большой набор внешних сигнальных каналов (портов), производительность от 16 до 50 миллионов арифметических операций в секунду, встроенную память программ от 8 до 256 кБ, оперативную память (SRAM) от 1 до 64 кБ, что позволяет

использовать их практически для всех целей управления и автоматике, например для управления мобильными роботами, системами электроприводов, различными автономными устройствами, системами визуальной сигнализации и связи.

Объём памяти программ, как правило, достаточен для написания сложных вычислительных программ, даже на языках высокого уровня. Главным ограничением для использования МК является объём оперативной памяти, что, как правило, не позволяет использовать их для вывода либо анализа изображений в реальном времени. Для полноценного использования в системах технического зрения либо передачи и воспроизведения видеосигнала нужны более мощные МК и сигнальные процессоры с производительностью на уровне сотен MIPS и объёмом оперативной памяти не менее 1 МБ. Тем не менее известны отдельные примеры использования старших моделей семейства ATmega для захвата и конвертации видеоизображений с небольшим разрешением, но обычно для этих целей рациональнее использовать более мощные вычислительные устройства.

Основная часть. В 2018/2019 учебном году силами кружка электротехники и электроники инженерного факультета БарГУ был реализован проект создания виртуального вращающегося дисплея на базе МК AVR ATmega16. Устройство представляет собой вращающуюся линейку с несколькими десятками светодиодов, при быстром вращении и переменном зажигании которых формируется воспринимаемое глазом изображение в пределах виртуального светового дисплея в виде светящегося диска.

Для восприятия человеком изображения как непрерывного требуется частота вращения линейки светодиодов 15—20 оборотов в секунду, частота изменения яркости каждого светодиода не менее 10 кГц, что позволяет получить изображение с разрешением менее 1 градуса по окружности диска (2-3 мм при имеющихся размерах светодиодов).

В первоначальном варианте проекта предполагалось, что число светодиодов будет более 100, управление ими будет осуществляться через 8- либо 16-разрядные сдвиговые регистры, подключённые к сигнальным выводам одного из портов МК. Благодаря использованию сдвиговых регистров, можно индивидуально управлять намного большим количеством светодиодов, чем число выводов МК (до 256). Однако в первом варианте установки была использована более простая схема управления, с прямой передачей сигналов от портов МК на светодиоды, что даёт возможность использовать до 32 светодиодов с током 10—12 мА на каждый канал (до 20 мА, если одновременно горят не более половины светодиодов, так как максимальный ток через МК ограничен).

На имеющейся установке можно вывести любое растровое битовое изображение при условии, что его объём позволит разместить его в свободной области памяти программ (до 14 кБ, или ~100 000 пикселей). Можно также программно выводить векторную и процедурную графику, а при использовании более сложного алгоритма — полутоновые изображения с глубиной цвета 3-4 бита. Практические возможности установки определяются используемыми программными алгоритмами, ограничены только пределами фантазии программиста и объёмом флеш-памяти.

Представим виртуальный светодиодный дисплей (рисунок 1).



Рисунок 1 — Виртуальный светодиодный дисплей ВД-32-01

Для программирования МК на начальном этапе предполагается использовать язык Ассемблера, которого достаточно для отладки работоспособности системы и вывода простых статических изображений.

В дальнейшем для создания более сложных изображений и анимации возможно использование языков высокого уровня, таких как С, С++, Бейсик, Форт и др.

На данном этапе реализована программа, позволяющая выводить статическую надпись из 20 символов по окружности дисплея и одновременно воспроизводить произвольную процедурную анимацию или растровое изображение в центральной области либо на всём поле дисплея. Реализована функция прозрачного наложения изображений при их пересечении в пределах одной области.

Для обеспечения этих алгоритмов оказалось достаточно небольшой программы на Ассемблере объёмом около 250 команд. Длительность программного цикла составляет 300 машинных циклов, что позволяет изменять яркость свечения каждого светодиода с частотой в десятки килогерц. Объём используемой памяти программ МК составил 5 % (от имеющихся 16 кБ) для хранения кода программы и 15 % — для хранения изображений, что позволяет продолжать развитие данной системы на имеющемся МК. Оперативная память МК составляет 1 кБ, но она ни разу не была использована в имеющихся программах благодаря тому, что МК ATmega имеют большой регистровый файл из 32 восьмиразрядных регистров общего назначения, которых достаточно для хранения изменяемых данных в небольших программах, что позволяет ускорить обработку часто используемых данных.

Производительность МК ATmega16 достаточна для обеспечения работы данного прототипа. Практически для вывода текста в одну строку оказалось достаточно тактовой частоты МК, равной всего лишь 1 МГц, что позволяет в дальнейшем при необходимости повысить производительность более чем в 10 раз, и при данных размерах дисплея будет достаточно для реализации любых алгоритмов вывода изображений и даже анимации. В ходе дальнейшего развития проекта возможно создание более сложных устройств, в том числе цветных и даже сенсорных дисплеев, однако при размерах изображения более чем 200×200 точек потребуется использование более мощных МК.

Трудности при разработке данного проекта в основном касались механики. Наиболее сложным оказалось синхронизировать частоту работы МК и двигателя, так как они не имеют внешней регулировки в процессе работы, при этом частота двигателя при его нагреве снижается.

Заключение. Наша разработка даёт возможность студентам применить свои навыки программирования для управления реальным техническим устройством и получить опыт практической проверки работоспособности своих алгоритмов и их интерактивной отладки на реальном работающем физическом устройстве. Прямая визуализация результата работы программы помогает быстро оценить её правильность и найти ошибки, не оставляя возможности для альтернативной словесной аргументации, а критическая ограниченность вычислительных ресурсов вынуждает искать более качественные решения.