

improve students' analytical ability and develop well-rounded talents with the ability of independent learning, scientific research and practical ability. There are still many issues to be discussed and explored in the application of multimedia technology in education. For example, how to understand the level of visibility of learning and the development of abstract thinking ability, to give way to teachers' creativity in new teaching methods, to combine the unique advantages of traditional teaching methods with multimedia technology, respectively all these require us to explore and discuss in depth.

REFERENCES

1. Yidong X., Wei C., Weiguojian Y., et al. Teaching Reform of Civil Engineering Materials Course Based on Project-Driven Pedagogy[J]. IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 2018, 153.
2. Marchioro A. Recent Advances in Understanding Delayed Photoluminescence in Colloidal Semiconductor Nanocrystals[J]. CHIMIA International Journal for Chemistry, 2017, 71(1):13–17.
3. Аметов Р. А. Значение проверочных вопросов и задач в преподавании физики полупроводников студентам высшего образования. – 2022.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ТАЙМЕРОВ-СЧЕТЧИКОВ В ДИСЦИПЛИНЕ «СХЕМОТЕХНИКА, ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И АВТОМАТИЗАЦИЯ»

С. А. Абрамов, И. И. Азарко, И. А. Карпович, В. Б. Оджаев

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь
e-mail: karpovich@bsu.by*

В докладе рассматриваются вопросы применения встроенных программируемых таймеров-счетчиков для управления внешними нагрузками в рамках лекционного курса и лабораторного практикума дисциплины «Схемотехника, программирование микроконтроллеров и автоматизация» для специальности «Компьютерная физика».

Ключевые слова: схемотехника; программирование микроконтроллеров; автоматизация.

USING PROGRAMMABLE TIMERS-COUNTERS IN DISCIPLINE "CIRCUIT DESIGN, MICROCONTROLLER PROGRAMMING AND AUTOMATION"

S. A. Abramov, I. I. Azarko, I. A. Karpovich, V. B. Odzaev

*Belarusian State University, Nezavisimosti Ave. 4, 220030 Minsk, Belarus
Corresponding author: I. A. Karpovich (karpovich@bsu.by)*

The report discusses the use of a built-in programmable timer-counters to control external loads within the framework of a lecture course and laboratory workshop in the discipline "Circuit design, microcontroller programming and automation" for the specialty "Computer Physics".

Key words: circuit design; microcontroller programming; automation.

ВВЕДЕНИЕ

Проникновение микроконтроллерных систем во все сферы жизнедеятельности людей вызывает необходимость подготовки высококвалифицированных специалистов, способных разрабатывать и программировать микроконтроллерные системы и интеллектуальные датчики для приложений в области нанотехнологий, например при реализации измерительных и управляющих систем для регулирования и поддержания заданных параметров. В работе рассматриваются вопросы содержания материала раздела «Таймеры-счетчики» лекционного курса и лабораторного практикума «Программирование микроконтроллеров» [1], разработанных для специальности 1-31 04 08 Компьютерная физика.

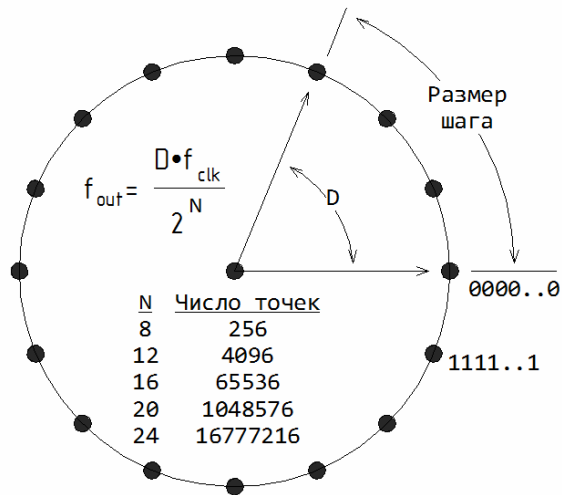
МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВСТРОЕННЫХ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ТАЙМЕРОВ-СЧЕТЧИКОВ

Учебный материал излагается по модульному принципу, позволяющему использовать последние достижения в области электроники, программного обеспечения и учитывать сферы применения микроконтроллеров в современном оборудовании.

Зачастую, при создании программного кода для управления внешними нагрузками, такими как бесколлекторные двигатели, использование встроенных в микроконтроллер таймеров-счетчиков является достаточно сложной задачей для начинающих программистов. Например, при реализации режимов цифровых методов генерации синусоидальных сигналов (DDS-сигналов), которые используются при создании генераторов и устройств частотных приводов для управления электродвигателями большой мощности, работающих от источников постоянного либо переменного тока.

Существует достаточно много библиотек сторонних разработчиков для работы с встроенными таймерами-счетчиками микроконтроллеров семейства архитектуры AVR. Это позволяет обучающимся реализовывать в программном коде функции длительных временных задержек для управления процессами технологического оборудования, реализации управления внешними нагрузками при помощи режимов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) и обработки нажатия клавиш (клавиатур). В данном случае очень удобно использовать таймеры в качестве настраиваемых источников тактирующего сигнала.

Однако в литературе мало описаны принципы настройки и использования таймеров для работы с бесколлекторными двигателями. Известный метод прямого синтеза



Метод выборки амплитуды синусоидального сигнала из табличных значений.

Составлено по: [3]

многочастотного сигнала на основе одной опорной частоты, так называемый метод Direct Digital Synthesis (DDS) [2].

Теоретические исследования в этой области показывают [3,4], что наиболее корректным методом формирования синусоидальных сигналов является табличные способы выборки амплитуды синуса с помощью так называемого «фазового колеса» или фазового аккумулятора. Данный метод представлен на рисунке.

Разрядностью аккумулятора фазы (N) определяется общее число возможных значений фазы, что в свою очередь обуславливает разрешение сетки частот синтезатора DDS.

Для 28-разрядного аккумулятора фазы при $M = 0000\dots0001$ аккумулятор будет переполняться после 228 циклов (тактовых импульсов). При $M = 0111\dots1111$ аккумулятор фазы будет переполняться всего за 2 цикла (это минимальное число циклов, удовлетворяющее критерию Найквиста). Эти соотношения описываются следующей простой формулой:

$$f_{\text{out}} = (D * f_{\text{clk}})/2^N, \quad (1)$$

где f_{out} – частота выходного сигнала DDS; D – двоичное число, определяющее частоту сигнала; f_{clk} – частота сигнала тактирования.

При изменении значения D частота на выходе синтезатора меняется сразу, и при этом сигнал не имеет разрывов. Здесь отсутствует переходный процесс захвата частоты, присущий генераторам с петлёй.

Важным параметрами DDS является разрешающая способность по частоте:

$$\Delta f = f_{\text{clk}}/2^N. \quad (2)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные преимущества метода DDS:

- цифровое управление частотой и фазой выходного сигнала;
- очень высокое разрешение по частоте и фазе;
- экстремально быстрый переход на другую частоту (или фазу), перестройка по частоте без разрыва фазы, без выбросов и других аномалий, связанных с временем установления;

- цифровой интерфейс легко позволяет реализовать микроконтроллерное управление.

С процессом дискретизации и цифро-аналогового преобразования, который имеет место в DDS, связаны и некоторые ограничения:

- максимальная выходная частота не может быть выше половины тактовой (на практике она еще меньше);
- спектральная чистота выходного сигнала DDS сильно зависит от качества ЦАП;
- потребляемая DDS мощность практически прямо пропорциональна тактовой частоте и может достигать сотен милливатт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Карпович И.А. Основы схемотехники и программирования микроконтроллеров: учебная программа УВО по учебной дисциплине для специальности 1-31 04 08 Компьютерная физика. № УД-10854/уч. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/284567>.
2. <https://microsin.net/programming/dsp/mt-085-fundamentals-of-direct-digital-synthesis.html>
3. <http://www.labfor.ru/guidance/fpga-dsp/dds>
4. <https://kit-e.ru/vsyo-o-sintezatorah-dds>