

УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ МЮОННОЙ КОМПОНЕНТЫ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Мартынюк Ю.П. - магистр естественных наук, преподаватель кафедры электроэнергетики и физики Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова

Байняшев А.М. – магистр естественных наук, старший преподаватель кафедры электроэнергетики и физики Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова

Тюкульмина О.С. - студентка 4 курса специальности "Физика" Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова

В статье рассматриваются схема и конструкция детектора космических мюонов (мюонного телескопа), приводится обзор существующих схемных решений. Предлагается использовать матрицу из газоразрядных счетчиков и схему сравнения на микроконтроллере. В установке предусмотрена возможность считывания данных, поступающих с детектора как в память компьютера по последовательному интерфейсу RS232, так и непосредственно с текстового дисплея на жидких кристаллах установленного в корпусе прибора. Установка состоит из нескольких модулей: блока датчиков, источника питания, микропроцессорного блока. Целью данной работы является разработка мюонного телескопа, свободного от недостатков подобных приборов: излишней сложности схемных решений, плохой повторяемости, отсутствия возможности модернизации, больших габаритных размеров, необходимости в сложной аппаратуре питания и регистрации. Подробно рассмотрены схемные решения, обоснован выбор элементов, примененных в схеме. Также приводится исходный код микропрограммы, реализующей функцию схемы совпадения. В результате работы была разработана установка для регистрации мюонов, которая может быть применена в лабораторном практикуме по дисциплинам «Ядерная физика» и «Физика», также она может быть использована в научных исследованиях в области космической физики.

Ключевые слова: мюоны, счетчик Гейгера, схема совпадения, микроконтроллер, ядерная физика, космические частицы, лабораторная установка

ҒАРЫШТЫҚ СӘУЛЕЛЕНУДІҢ МЮОНДЫҚ КОМПОНЕНТІН РЕТТЕУГЕ АРНАЛҒАН ҚОҢДЫРҒЫ

Мартынюк Ю.П. - магистр, электроэнергетика және физика кафедрасының оқытушысы, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті

Байняшев А.М. – магистр, электроэнергетика және физика кафедрасының аға оқытушысы, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті

Тюкульмина О.С.- "Физика" мамандығының 4 курсы студенті, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті

Мақалада ғарыштық мюондар (мюондық телескоптың) детектордың құрылысы және сұлбасы қарастырылады, бүгінгі күнге дейін белгілі сұлбалық шешімдерге шолу жасалған. Газразрядты есептеуіштер матрицасын және микроконтроллерде салыстыруын қолдануы ұсынылған. Қондырғыда детекторден түсетін берілгендердің компьютер жадына тізбектей RS232 интерфейсіне, сонымен бірге құрал қорабында сұйықты кристалдағы мәтінді дисплейден санау мүмкіндігі қамтамасыз етілген. Қондырғы бірнеше модульдерден тұрады: датчиктер блогынан, қоректену көздерінен, микропроцессорлық блогынан. Берілген жұмыстың мақсаты мюондық телескоп осыған ұқсас құралдардың кемшіліктері жоқ: аса сұлбалық шешімдерінің өңдеуі, үлкен габаритті өлшемдерін жақсарту, жаңғырту мүмкіндіктерінің, нашар қайталағыштығымен, қоректену және тіркеу күрделі аппаратураны болдырмауы болып табылады. Егжей-тегжей сұлбада келтірілген сұлбалық шешімдері қарастырылған, элементтер таңдап алуы негізделген. Сонымен бірге мдәл келу функциясын іске асыратын микробағдарламаның кіріс коды келтірілген. Жұмыс нәтижесінде мюондарды реттеу үшін қондырғы өңделген, ол «Ядролық физика» және «Физика» пәндерінің зертханалық практикумында, сонымен бірге ғарыштық физика аймағында ғылыми зерттеулерінде қолданылуы мүмкін.

Негізгі ұғымдар: мюондар, Гейгер есептеуіш, салыстыру құрылысы, микроконтроллер, ядролық физика, ғарыштық сәулелер, лабораторлық құрылысы

A COSMIC RAYS MUON COMPONENT REGISTRATION SETUP

Martynyuk Y.P. – teacher, master of natural science, Kostanay State University named after A.Baitursynov

Bainyashev A.M. – senior teacher, master of natural science, Kostanay State University named after A.Baitursynov

Tyukilmina O.S. - student of speciality "Physics", Kostanay State University named after A.Baitursynov

The article describes circuit and structure of a cosmic muons detector (muon telescope), provides an overview of the existing circuitry. It is proposed to use an array of gas-discharge counters, and a coincidence circuit based on a microcontroller. The setup consists of several modules: sensor unit, power supply and microprocessor unit. The setup has the ability to send data coming from the detector into the computer memory via the serial RS232 interface or reading them directly from a text liquid crystal display installed in the unit. The aim of this work is to develop a muon telescope, free from disadvantages of such devices: the excessive complexity of the circuit design, poor reproducibility, lack of upgradeability, large dimensions, the need for sophisticated power supply and registration devices. Also the circuit design is considered, justified the choice of elements used in the circuit. The article provides the source code for the firmware that implements the coincidence circuit function. As a result of the work a muon telescope has been designed. It can be applied in laboratory practical works on disciplines "Nuclear Physics" and "Physics", also it can be used in scientific research in the field of space physics.

Keywords: muons, Geiger counter, coincidence circuit, microcontroller, nuclear physics, cosmic rays, laboratory equipment

Физика элементарных частиц является одним из главных компонентов дисциплины «Ядерная физика» специальности 5В060400 – Физика, но являясь по своей сути практической дисциплиной этот раздел ведется практически без каких либо лабораторных занятий. Это не удивительно, ведь лабораторное оборудование в используемое в данном разделе физики, дорогостоящее и очень сложное в эксплуатации. Однако некоторые лабораторные работы в данном разделе физике все-таки могут быть осуществлены на базе кафедры. Одной из таких работ является изучение мюонной компоненты космического излучения.

Для регистрации мюонной компоненты космического излучения был разработан детектор (мюонный телескоп) на основе газоразрядных счетчиков собранных в матрицу, подобный описанным в [1-3]. Применение доступных счетчиков вместе с современной электронной базой предоставляет практическую возможность изготовить такой прибор с минимальными затратами используя доступные компоненты.

Основную сложность в разработке датчиков мюонной компоненты космического излучения представляет проектирование схемы совпадения. Данную схему реализуют как на микросхемах стандартной логики, так и программно – встречаются варианты схемы совпадения даже с использованием СОМ-порта персонального компьютера. Однако, оба этих решения не удовлетворяют условию масштабируемости установки – увеличение количества счетчиков требует серьезной переработки схемы, а в случае с персональным компьютером может быть затруднено или невозможно. Поэтому было принято решение использовать в качестве схемы совпадения микроконтроллер с соответствующим микропрограммным обеспечением. Схема блока регистрации на микроконтроллере приведена на рисунке 1.

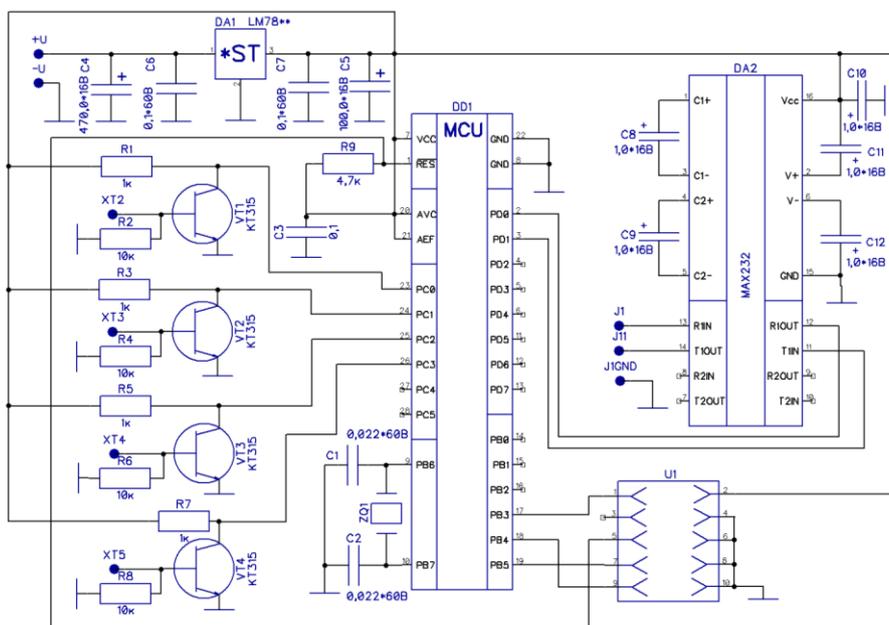


Рисунок 1 – Принципиальная схема блока регистрации

Схема содержит источник питания, выполненный по классической схеме на интегральном стабилизаторе DA1 типа 78L05, что обеспечивает возможность питания устройства от стандартного блока питания с выходным напряжением 12 В. Конденсаторы C4-C7 служат фильтром питания. Микроконтроллер DD1 типа ATmega8 включен по стандартной схеме с тактированием от кварцевого резонатора ZQ1, работающего в схеме генератора Клаппа вместе с конденсаторами обратной связи C1 и C2. Тактовая частота микроконтроллера – 16 МГц, что обеспечивает временное разрешение схемы совпадения порядка 10^{-6} с. Резистор R9 служит для подачи сигнала сброса на микроконтроллер, а конденсатор C3 – блокировочный, важно устанавливать его в непосредственной близости от выводов питания микроконтроллера.

Импульсы, поступающие с датчиков, усиливаются транзисторами VT1-VT4, включенными по схеме с общим эмиттером и работающими с нулевым смещением. Входное сопротивление транзисторов в данной схеме очень мало, что повышает помехоустойчивость схемы. Резисторы R2, R4, R6 и R8 задают потенциал базы, а R1, R3, R5 и R7 являются нагрузочными. Сигнал с нагрузочных резисторов подается на выходы PC0-PC4 микроконтроллера. В исходном состоянии данные выходы находятся в единичном состоянии, при срабатывании счетчика на соответствующем выводе кратковременно появляется низкий логический уровень. Выводы PC0-PC4 микроконтроллера также могут быть использованы в качестве входов его встроенного АЦП, что может позволить усовершенствовать установку в будущем, изменив лишь ее программное обеспечение.

Регистрация результатов эксперимента осуществляется при помощи персонального компьютера, который соединяется с установкой при помощи интерфейса RS-232. Сопряжение микроконтроллера с компьютером осуществляется при помощи микросхемы DD2 типа MAX232, которая осуществляет преобразование уровней ТТЛ в уровни RS-232.

Для удобства обслуживания и замены «прошивки» в устройстве предусмотрено внутрисхемное программирование, для чего программатор подключается к разъему U1.

Принципиальная схема блока датчиков показана на рисунке 2.

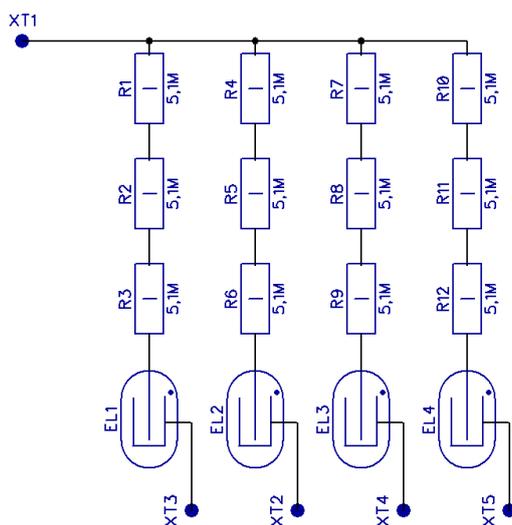


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока датчиков

Блок датчиков содержит четыре счетчика Гейгера-Мюллера с самогашением EL1-EL4 типа СТС-8 и цепочку нагрузочных резисторов для каждого счетчика. Питание датчиков осуществляется от импульсного преобразователя, описанного в [4].

Программное обеспечение микроконтроллера написано на языке С для компилятора AVR-GCC.

В начале программы находится блок директив, которые задают тактовую частоту контроллера и подключают требуемые для компиляции библиотеки:

```
#define F_OSC 16000000 //Задаем тактовую частоту контроллера
#include <avr/io.h>
#include <avr/delay.h>
```

Далее находится функция «Sobytie», основная задача которой – выдавать строку символов «Sobytie» при регистрации одновременного срабатывания всех счетчиков:

```
void sobytie(void)
{
    UDR=115; //Выдаем символ в регистр данных
    _delay_ms(10); //Ожидаем, пока передается символ
    UDR=111;
    _delay_ms(10);
    UDR=98;
    _delay_ms(10);
    UDR=121;
    _delay_ms(10);
    UDR=116;
    _delay_ms(10);
    UDR=105;
    _delay_ms(10);
    UDR=101;
    _delay_ms(10);
};
```

Функция main, представленная ниже, содержит команды инициализации портов и универсального синхронно-асинхронного приемопередатчика, а также – главный алгоритм, осуществляющий функции схемы совпадения.

```
void main(void)
{
    UCSRB=24; //настраиваем USART
    UCSRC=134;
    UBRRL=92;
    char C;
```

```

        _delay_ms(1000); //Ожидаем, пока закончатся переходные процессы при включении
питания
        C=PORTC; //Запоминаем текущее состояние порта C
        sobytie(); //Выдаем строку символов в порт для тестирования
        for(;;) //бесконечный цикл
            {
было
                if((C&15)==15)//Если в предыдущем цикле сработавших датчиков не

                if((PINC&15)==0) //И в текущем цикле сработали все датчики
                sobytie(); //Фиксируем совпадение
                C=PINC; //Запоминаем предыдущее состояние датчиков
                _delay_us(20);
            };
};

```

Данный прибор при использовании в лабораторном практикуме позволяет изучать зависимость интенсивности мюонной компоненты от времени суток, атмосферного давления и обладает селективностью по полярному направлению небесной сферы. Использование мюонного телескопа на практике позволяет обучить студентов работе с детекторами элементарных частиц на практике и закрыть этот пробел в их обучении.

Литература:

1. Васильев А. В., Свирепко П. Н., Бочарова И. Л., Мюонный телескоп. / Васильев А. В., Свирепко П. Н., Бочарова И. Л.// Сборник конференции материалов конференции соревнования молодых исследователей «Шаг в будущее», 2014, Таганрог. – с. 37-39.
2. A.C. Fauth и др. Demonstracao experimental da dilatacao do tempo e da contracao do espaco dos muons da radiacao cosmica/ A.C. Fauth и др.// Revista Brasileira de Ensino de Fisica, v. 29, n. 4, с. 585-591, (2007)
3. Educational cosmic rays experiments with Geiger counters [Электронный ресурс]/F. Blanco// URL:<http://arxiv.org/pdf/physics/0701015>
4. Виноградов Ю. Радиационный индикатор «Сторож-Р»/Виноградов Ю.// журнал «Радио» №1, 1994 – с. 12-14

References:

1. Vasil'ev A. V., Svirepko P. N., Bocharova I. L., Mjuonnyj teleskop. / Vasil'ev A. V., Svirepko P. N., Bocharova I. L.// Sbornik konferencii materialov konferencii sorevnovanija molodyh issledovatelej «Shag v budushhee», 2014, Taganrog. – s. 37-39.
2. A.C. Fauth i dr. Demonstracao experimental da dilatacao do tempo e da contracao do espaco dos muons da radiacao cosmica/ A.C. Fauth i dr.// Revista Brasileira de Ensino de Fisica, v. 29, n. 4, с. 585-591, (2007)
3. Educational cosmic rays experiments with Geiger counters [Jelektronnyj resurs]/F. Blanco// URL:<http://arxiv.org/pdf/physics/0701015>
4. Vinogradov Ju. Radiacionnyj indikator «Storozh-R»/Vinogradov Ju.// zhurnal «Radio» №1, 1994 – с. 12-14

Сведения об авторах

Мартынюк Юрий Петрович - магистр естественных наук, преподаватель кафедры электроэнергетики и физики Костанайского государственного университета имени А. Байтұрсынова, г. Костанай, ул. Абая, 28, тел 8-7142-55-85-17, email: martyniuk@mail.kz

Байняшев Алексей Михайлович - магистр естественных наук, старший преподаватель кафедры электроэнергетики и физики Костанайского государственного университета имени А. Байтұрсынова, г. Костанай, ул. Абая, 28, тел 8-7142-55-85-80, email: ambal281191@gmail.com

Тюкульмина Ольга Сергеевна – студентка 4 курса специальности «Физика» Костанайского государственного университета имени А. Байтұрсынова, г. Костанай, ул. Абая, 28, тел 8-7142-55-85-17, email:olik_94@mail.ru

Мартынюк Юрий Петрович - жаратылыс ғылымдарының магистрі, электроэнергетика және физика кафедрасының оқытушысы, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ., Байтұрсынов к. 47, тел 8-7142-55-85-17 email: martyniuk@mail.kz

Байняшев Алексей Михайлович - жаратылыс ғылымдарының магистрі, электроэнергетика және физика кафедрасының аға оқытушысы, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ, Байтұрсынов к. 47, тел 8-7142-55-85-80 email: ambal281191@gmail.com

Тюкульмина Ольга Сергеевна – «Физика» мамандығының 4 курс студенті А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ., Байтұрсынов к. 47, тел 8-7142-55-85-17 email: olik_94@mail.ru

Martynyuk Yuriy Petrovich - master of natural science, teacher of department of electroenergetics and physics of Kostanay State University named after A. Baytursynov, Kostanay, Abay st. 28, ph. 8-7142-55-85-17 email: martyniuk@mail.kz

Baynyashev Alexey Mihailovich - master of natural science, senior teacher of department of electroenergetics and physics of Kostanay State University named after A. Baytursynov, Kostanay, Abay st. 28, ph. 8-7142-55-85-17 email: ambal281191@gmail.com

Tyukilmina Olga Sergeevna - student of speciality "Physics", Kostanay State University named after A. Baitursynov Kostanay, Abay st. 28, ph. 8-7142-55-85-80 email: olik_94@mail.ru