



Е. Ю. Букина,
средняя общеобразовательная школа № 1, г. Зеленокумск, Ставропольский край

УРОК НА ТЕМУ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА: ТЕРМЕНВОКС»*

Аннотация

В статье представлен урок для учащихся VIII—IX классов, на котором ученики знакомятся с историей изобретения терменвокса, создают схему устройства в онлайн-сервисе, собирают и программируют терменвокс с помощью микроконтроллера Arduino.

Ключевые слова: Arduino, микроконтроллер, среда разработки Arduino, скетч, терменвокс, Термен.

Контактная информация

Букина Елена Юрьевна, учитель информатики средней общеобразовательной школы № 1, г. Зеленокумск, Ставропольский край; адрес: 357910, Ставропольский край, г. Зеленокумск, ул. 3. Космодемьянской, д. 13; телефон: (86552) 6-18-47; e-mail: lenok20102010@mail.ru

E. Yu. Bukina,
School 1, Zelenokumsk, Stavropol Territory

THE LESSON ON THE THEME "PROGRAMMING OF MICROCONTROLLER: THEREMINVOX"

Abstract

The article presents a lesson for students of 8–9th grades in which students are introduced to the history of the invention of the thereminvox, create a diagram of the device in the online service, assemble and program a thereminvox using the Arduino microcontroller.

Keywords: Arduino, microcontroller, Arduino IDE, sketch, thereminvox, Theremin.

Представленный в статье урок проводится в рамках элективного курса «Программируем с Arduino». Элективный курс позволит учащимся познакомиться с платой Arduino, повторить базовые понятия из курса электричества и основные компоненты электрических цепей, научиться собирать схемы в онлайн-среде Autodesk Circuits и программировать «умные» устройства с помощью образовательного набора «Матрешка Z».

Тема урока: Программирование микроконтроллера: терменвокс.

Цели урока:

- формирование компетенций, носящих в современных условиях общенаучный и общеинтеллектуальный характер: развитие исследовательских навыков и критического мышления, ИКТ-компетенций, совершенствование коммуникативных навыков, применение результатов проекта для решения задач окружающего мира, планирование и оценка работы учащимися;
- развитие у школьников творческого мышления;
- формирование операционного мышления, направленного на выбор оптимальных вариантов при решении задач различной направленности;
- стимулирование интереса учащихся к теме урока, к изобретательству и творчеству.

Задачи урока:

образовательная:

- совершенствование навыков составления схем на базе платформы Arduino Uno;
- совершенствование навыков составления программ в среде Arduino;

развивающие:

- развитие алгоритмического и логического мышления;
- развитие внимания и памяти;

воспитательная:

- развитие познавательного интереса;
- воспитание самостоятельности и ответственности.

Планируемые результаты обучения:

личностные:

- владение навыками анализа и критичной оценки получаемой информации;
- способность и готовность к общению и сотрудничеству со сверстниками и взрослыми в процессе образовательной деятельности;

метапредметные:

- умение самостоятельно планировать пути достижения целей;

* Материалы к статье можно скачать на сайте ИНФО:
http://infojournal.ru/journals/school/school_07-2017/

- умение соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности, определять способы действий в рамках предложенных условий, корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией;
- владение основными универсальными умениями информационного характера:
 - постановка и формулирование проблемы;
 - поиск и выделение необходимой информации;
 - самостоятельное создание алгоритмов деятельности при решении проблем творческого и поискового характера;

предметные:

- знакомство с историей изобретения терменвокса и базовыми понятиями из курса электричества;
- формирование навыков и умений безопасного и целесообразного поведения при поиске информации и работе с сервисами в Интернете;
- развитие умений составлять алгоритм и записывать программу для микроконтроллера Arduino;
- развитие навыков и умений работы с образовательным набором «Матрешка Z».

Оборудование урока:

- проектор;
- экран;
- ноутбуки;
- образовательные наборы «Матрешка Z»*.

Дидактическое обеспечение урока:

- викторина «Код Термена»;
- описание эксперимента «Терменвокс»;
- онлайн-сервис Tinkercad: <https://www.tinkercad.com>;
- видефрагмент «Leon Theremin playing his own instrument» («Лев Термен играет на созданном им инструменте»): <https://www.youtube.com/watch?v=w5qf9O6c20o>

Описание образовательного набора «Матрешка Z».

«Матрешка Z» — электронный конструктор, содержащий полный набор радиодеталей для создания собственных электронных устройств. Работа осуществляется на базе платформы Arduino Uno, что актуально для начинающих пользователей или любителей с небольшим опытом сборки. В набор входит 200 деталей, помогающих собрать уникальное электронное устройство. В один механизм соединяются радиодетали, провода, макетные платы, конденсаторы, кнопки, транзисторы и текстовый ЖК-экран. Юные техники смогут проверить на практике законы электричества и знания по схемотехнике, приобретут навыки в создании двух десятков авторских микросхем. Данный набор включает максимальную комплектацию деталей модельной линейки «Матрешка». Рекомендуемый возраст для участия в эксперименте — 14 лет и старше.

Список источников, использованных при подготовке урока.

1. Любавина С. В. Термен — не мрет. <https://edugalaxy.intel.ru/index.php/automodule=blog&blogid=44356&showentry=8524>

2. Мастер-класс «Образовательная схемотехника с Arduino». <https://sites.google.com/site/obrazovatelnaa-shemotehnika/home>

3. Эксперимент 4. Терменвокс // Амперка — Arduino, Raspberry Pi, электронные модули и робототехника. <http://wiki.amperka.ru/конспект-arduino:терменвокс>

Интернет-ресурсы о Л. С. Термене для предварительной подготовки учащихся к уроку.

1. Баженова С. Человек, который мог все // Люди. peoples.ru. <http://www.peoples.ru/technics/designer/termen/>

2. Давыдов Г. Лев Термен против смерти // Перемены. <http://www.peremeny.ru/column/view/1055/>

3. Данилов С. О терменвоксах и парадоксах // Техника — молодежи. 2012. № 6. http://technicamolodezhi.ru/rubriki_tm/mir_uvlecheniy/o_termenvokсах_i_paradokсах

4. Музыка формул. К 120-летию Льва Термена. Документальный фильм Алексея Михалева (видео). https://www.youtube.com/watch?v=5-wOgmH2h_Y

5. Подробная биография Льва Сергеевича Термена. <http://fizfaq1502.narod.ru/articles/termen.htm>

6. Сергеев А. Лев Термен: разведчик, ученый, музыкант // Русский предприниматель. 2002. № 2 (3). <http://www.ruspred.ru/arh/02/33r.html>

7. Термен Лев Сергеевич // Википедия. https://ru.wikipedia.org/wiki/Термен,_Лев_Сергеевич

8. Терменвокс // Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Терменвокс>

План урока.

1. Организационный момент — 2 мин.
2. Мотивационный этап — 10 мин.
3. Постановка проблемы — 2 мин.
4. Объяснение нового материала — 10 мин.
5. Практическая работа «Терменвокс» — 10 мин.
6. Закрепление материала — 8 мин.
7. Подведение итогов урока. Рефлексия — 2 мин.
8. Домашнее задание — 1 мин.

Ход урока

1. Организационный момент

Учитель. Здравствуйте, ребята! Я думаю, что нет на свете человека, который не любил бы музыку. Мир музыки огромен и прекрасен. Например, есть электронная музыка.

(Звучит мелодия, исполняемая на терменвоксе. Исполнитель — Л. С. Термен.)

Дома вы познакомились с биографией Льва Сергеевича Термена, родоначальника электронной музыки (рис. 1). И сейчас вам предстоит ответить на вопросы викторины.

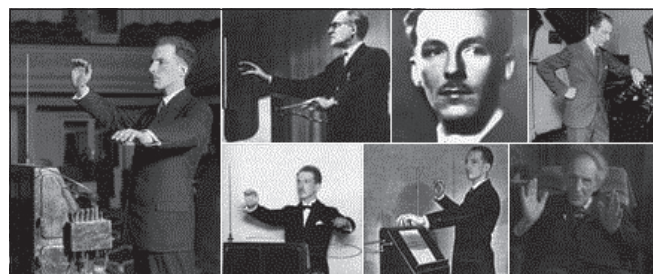


Рис. 1

* Ученики и педагоги МОУ СОШ № 1 г. Зеленокумска благодарят руководителя проекта Microsoft «Твой курс: ИТ для молодежи» Я. Е. Останина за оказанную материальную поддержку в приобретении образовательных наборов «Матрешка Z».

2. Мотивационный этап

2.1. Викторина «Код Термена».

Ученики разбиваются на группы по четыре человека.

Учитель. Каждой группе необходимо собрать код, установив истинность 11 утверждений. Если утверждение истинное, то отвечайте «Да», т. е. напишите 1, а если ложное — отвечайте «Нет», т. е. напишите 0.

В результате ответов на вопросы у вас получится последовательность из нулей и единиц, условно назовем ее «код Термена».

Переводя полученный код из двоичной системы счисления в десятичную, вы вычислите дату, связанную с деятельностью выдающегося изобретателя Льва Термена.

В заключение вам нужно будет назвать, какое из изобретений было создано Терменом в данном году.

Вопросы викторины «Код Термена».

1. 28 августа 1896 года родился Лев Термен, великий советский изобретатель. В Санкт-Петербургском университете Термен учился одновременно на физическом и астрономическом факультетах, параллельно занимаясь в Петербургской консерватории по классу виолончели. До революции он успел окончить военно-инженерное училище. (Да — 1.)
2. Льва Термена называют отцом электронной музыки, резидентом советской разведки в Америке, миллионером и изобретателем лучших подслушивающих устройств. Он одним из первых в нашей стране и в мире занимался телевидением, системами электронной охраны, исследовал гравитационные волны, изучал проблемы долголетия и бессмертия. (Да — 1.)
3. В 1922 году Термен показал В. И. Ленину созданный им первый в мире электронный музыкальный инструмент. Также была продемонстрирована сигнализация на емкостном реле, принцип действия которой схож с принципом действия терменвокса. (Да — 1.)
4. Игра на терменвоксе заключается в изменении музыкантом расстояния между своими руками и антеннами инструмента. При этом изменяется емкость колебательного контура и, как следствие, частота звука. Вертикальная прямая антенна отвечает за изменение тона звука, а горизонтальная подковообразная — за изменение громкости звука. (Да — 1.)
5. Инструмент терменвокс не предназначен для исполнения любых музыкальных произведений, а также для создания различных звуковых эффектов (пение птиц, свист и т. п.). (Нет — 0.)
6. Терменвокс системы Ковальского — это терменвокс, сконструированный Константином Ковальским — учеником Льва Термена. Верно ли, что при игре на подобном инструменте высота звука регулируется левой рукой, правая рука управляет общими характеристиками звука, громкость звука регулируется правой ногой, исполнитель играет стоя? (Нет — 0.)
7. В студии Льва Термена никогда не бывали Чарли Чаплин и Альберт Эйнштейн. (Нет — 0.)
8. Матремин представляет собой терменвокс с автоматической настройкой, спрятанный в корпус матрешки. При игре на инструменте частота звука

изменяется при удалении и приближении руки к матрешке. Верно ли, что матремин — музыкальный инструмент, созданный в России? (Нет — 0.)

9. Изобретенный Львом Терменом электронный музыкальный инструмент первоначально был назван роботомом. (Нет — 0.)
10. Во время Великой Отечественной войны Лев Термен жил и работал в Америке. (Нет — 0.)
11. Одна из разработок Термена — подслушивающая система «Буран», считывающая с помощью отраженного инфракрасного луча вибрации стекла в окнах прослушиваемого помещения. Верно ли, что это изобретение Термена в 1947 году было отмечено Сталинской премией второй степени? (Нет — 0.)

Ответ. «Код Термена» — $1111000000_2 = 1920_{10}$ — год создания терменвокса.

2.2. Доклады учащихся о Л. С. Термене и терменвоксе.

Ученики. Терменвокс (*лат.* theremin или there-minvox) — электромузыкальный инструмент, созданный русским изобретателем Львом Сергеевичем Терменом в Петрограде.

В ноябре 1920 года на заседании кружка механиков имени профессора В. Л. Кирпичева физик Термен дал свой первый концерт. Изобретенный им электронный музыкальный инструмент, который первоначально был назван этеротоном (от *лат.* звук из воздуха, эфира), вскоре был переименован в честь автора и стал называться терменвоксом.

Терменвокс поражает не только своим внешним видом и звучанием, но и самой манерой игры на нем... Музыкальный инструмент, у которого нет ни струн, ни клавиш. Только две изящные антенны, одна из которых отвечает за громкость, а другая — за высоту тона. Инструмент, на котором играют движениями рук в воздухе, без прикосновения.

Голос терменвокса звучит в межзвездном сообщении, переданном в 2001 году Евпаторийским планетным радаром к шести близлежащим звездам солнечного типа.

На этом музыкальном инструменте пробовали играть Альберт Эйнштейн и Чарли Чаплин. Для него создавали произведения Богуслав Мартину, Николай Березовский и знаменитый пионер электронной музыки Эдгар Варез...

С годами этот инструмент расширил сферу своего влияния: его можно услышать в музыке кино, его использовали и используют в своем творчестве такие музыканты и музыкальные коллективы, как Led Zeppelin, Beatles, Sting, Portishead, Rammstein, Placebo...

3. Постановка проблемы

Учитель. Ребята, сегодня на уроке вам предстоит, используя микроконтроллер Arduino, построить электронное устройство — терменвокс.

Наша модель будет мало походить на замечательное изобретение Льва Термена, но все-таки между ними будет что-то общее.

Перед вами стоит задача построить устройство, которое воспроизводит звук с частотой, меняющейся в зависимости от освещения. Освещенность будет измеряться с помощью резистивного датчика — фоторезистора, а звук будет генерироваться специальным устройством — пьезоэлементом (пищалкой).

4. Объяснение нового материала

Учитель. Пьезоизлучатель звука (*англ.* buzzer) переводит переменное напряжение в колебание мембраны, которая в свою очередь создает звуковую волну (рис. 2).

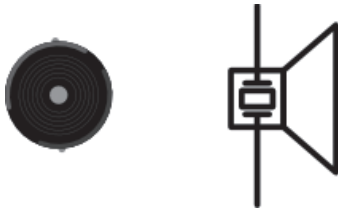


Рис. 2

Иначе говоря, пьезодинамик — это конденсатор, который звучит при зарядке и разрядке.

Основные характеристики пьезодинамика:

Характеристика	Обозначение	Единица измерения
Рекомендуемое (номинальное) напряжение	V	Вольт
Громкость (на заданном расстоянии)	P	Децибел
Пиковая частота	f_P	Герц
Емкость	C	Фарад

Амплитудно-частотная характеристика.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) определяет громкость звука в зависимости от частоты управляющего сигнала, который и определяет высоту звучащей ноты (рис. 3).

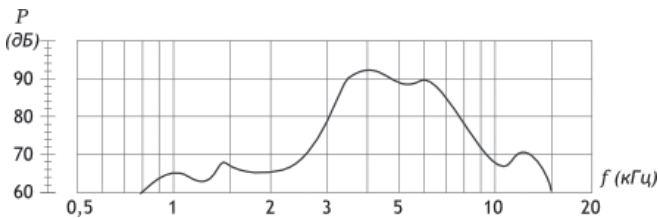


Рис. 3

Идеальная АЧХ — это прямая, т. е. одинаковая громкость вне зависимости от частоты. Но мир не идеален, и разные виды излучателей имеют разные отклонения от идеала.

Подключение напрямую.

Пьезодинамик потребляет всего пару миллиампер, поэтому можно смело подключать его прямо к микроконтроллеру (рис. 4).



Рис. 4

Для звучания нужно подавать на динамик прямоугольную волну (рис. 5). Какой частоты будет волна, такой частоты будет и звук.

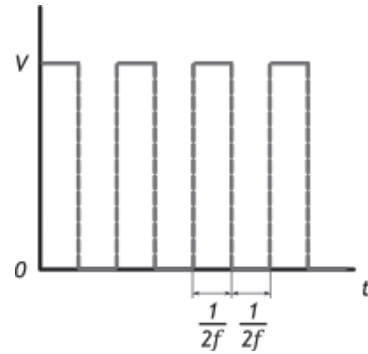


Рис. 5

Подключение с регулировкой громкости (рис. 6).

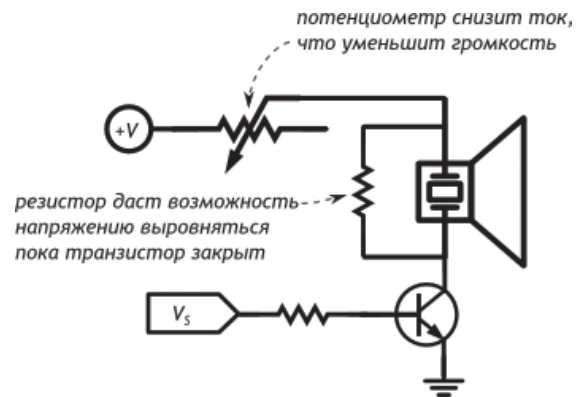


Рис. 6

В скетче нам понадобятся две новые функции: `tone()` и `map()`.

Справочная информация.

Функция `tone()` генерирует на порту входа/выхода сигнал — прямоугольную волну заданной частоты и с 50-процентным рабочим циклом. Длительность может быть задана параметром, в противном случае сигнал генерируется, пока не будет вызвана функция `noTone()`.

К порту входа/выхода может быть подключен пьезо- или другой динамик для воспроизведения сигнала. Воспроизводиться одновременно может только один сигнал. Если сигнал уже воспроизводится на одном порту, то вызов `tone()` с номером другого порта в качестве параметра ни к чему не приведет; если же `tone()` будет вызвана с тем же номером порта, то будет установлена новая частота сигнала.

Синтаксис функции `tone()`:

`tone(pin, frequency)`
`tone(pin, frequency, duration)`

Здесь:

- `pin` — номер порта входа/выхода, на котором будет генерироваться сигнал;
- `frequency` — частота сигнала в герцах;
- `duration` — длительность сигнала в миллисекундах.

Функция:

$map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)$

пропорционально переносит значение ($value$) из текущего диапазона значений ($fromLow .. fromHigh$) в новый диапазон ($toLow .. toHigh$), заданный параметрами.

Здесь:

$value$ — значение для переноса;

$fromLow$ — нижняя граница текущего диапазона;

$fromHigh$ — верхняя граница текущего диапазона;

$toLow$ — нижняя граница нового диапазона, в который переносится значение;

$toHigh$ — верхняя граница нового диапазона.

Ученики коллективно решают задачу в онлайн-среде Circuits (онлайн-сервис Tinkercad: <https://www.tinkercad.com>). Бесплатная онлайн-среда Circuits позволяет смоделировать работу с платой Arduino в полном объеме: от сборки устройства до его тестирования в режиме управления.

Учитель руководит работой и демонстрирует результаты на экране.

Познакомиться с проектом «Терменвокс», созданным учащимися, можно по ссылке: <https://goo.gl/G6nNrn>

5. Практическая работа «Терменвокс»

Опираясь на предложенный текст с описанием эксперимента «Терменвокс», ученики самостоятельно выполняют практическую работу в парах, используя электронный конструктор «Матрешка Z»:

- собирают цепь по схеме;
- пишут код на компьютере;
- запускают код на микроконтроллере;
- проверяют работоспособность установки.

Эксперимент «Терменвокс».

В этом эксперименте вы имитируете действие музыкального инструмента терменвокс: изменяя высоту звучания бесконтактным путем, больше или меньше закрывая от света фоторезистор.

Список деталей для эксперимента:

- 1 плата Arduino Uno;
- 1 безопасная макетная плата;
- 1 пьезопищалка;
- 6 проводов «папа-папа»;
- 1 резистор номиналом 10 кОм;
- 1 фоторезистор.

Принципиальная схема (рис. 7).

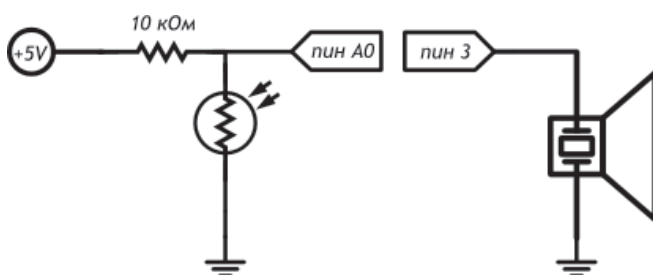


Рис. 7

Схема на макетке (рис. 8).

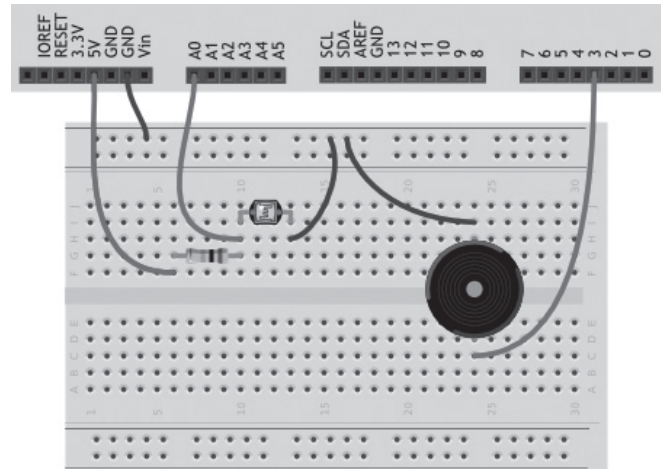


Рис. 8

Обратите внимание!

- В данной схеме мы используем резистор нового номинала. Посмотрите таблицу маркировки, чтобы найти резистор на 10 кОм, или воспользуйтесь мультиметром.
- Полярность фоторезистора, как и обычного резистора, не играет роли. Его можно устанавливать любой стороной.
- В данном упражнении мы собираем простой вариант схемы включения пьезодинамика.
- Полярность пьезопищалки роли не играет: вы можете подключать любую из ее ножек к земле, любую к порту микроконтроллера.
- На Arduino Uno использование функции *tone* мешает использованию широтно-импульсной модуляции на 3-м и 11-м портах. (Не любой порт Arduino поддерживает широтно-импульсную модуляцию. Если вы хотите регулировать напряжение, вам подойдут пины, помеченные символом тильда «~». Для Arduino Uno это пины 3, 5, 6, 9, 10, 11.) Зато можно подключить ее к одному из них.
- Вспомните, как устроен делитель напряжения: фоторезистор помещается в позицию R2 — между аналоговым входом и землей. Так мы получаем резистивный фотосенсор.

Скетч.

```
p040_thermenvox.ino
// даем имена для пинов с пьезопищалкой
// (англ. buzzer) и фоторезистором
// (англ. Light Dependent Resistor или просто LDR)
#define BUZZER_PIN 3
#define LDR_PIN A0
void setup()
{
  // пин с пьезопищалкой — вывод...
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  // ...а все остальные пины являются входами
  // изначально, всякий раз при подаче питания
  // или сбросе микроконтроллера. Поэтому, на самом
  // деле, нам совершенно необязательно настраивать
  // LDR_PIN в режим входа: он и так им является
}
void loop()
{
  int val, frequency;
```

```
// считываем уровень освещенности так же, как для
// потенциометра: в виде значения от 0 до 1023.
val = analogRead(LDR_PIN);
// рассчитываем частоту звучания пищалки
// в герцах (ноту), используя функцию проекции
// (англ. map). Она отображает значение из одного
// диапазона на другой, строя пропорцию.
// В нашем случае [0; 1023] -> [3500; 4500].
// Так мы получим частоту от 3,5 до 4,5 кГц.
frequency = map(val, 0, 1023, 3500, 4500);
// заставляем пин с пищалкой "вибрировать",
// т. е. звучать (англ. tone) на заданной частоте
// 20 миллисекунд. При следующих проходах loop
// tone будет вызван снова и снова, и на деле
// мы услышим непрерывный звук тональностью,
// которая зависит от количества света,
// попадающего на фоторезистор
tone(BUZZER_PIN, frequency, 20);
}
```

Пояснения к коду.

- Функция *map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)* возвращает целочисленное значение из интервала *[toLow, toHigh]*, которое является пропорциональным отображением содержимого *value* из интервала *[fromLow, fromHigh]*.
- Верхние границы *map* не обязательно должны быть больше нижних и могут быть отрицательными. К примеру, значение из интервала *[1, 10]* можно отобразить в интервал *[10, -5]*.
- Если при вычислении значения *map* образуется дробное значение, оно будет отброшено, а не округлено.
- Функция *map* не будет отбрасывать значения за пределами указанных диапазонов, а также масштабирует их по заданному правилу.
- Если вам нужно ограничить множество допустимых значений, используйте функцию *constrain(value, from, to)*, которая вернет:
 - *value*, если это значение попадает в диапазон *[from, to]*;
 - *from*, если *value* меньше него;
 - *to*, если *value* больше него.
- Функция *tone(pin, frequency, duration)* заставляет пьезопищалку, подключенную к порту *pin*, издавать звук высотой *frequency* герц на протяжении *duration* миллисекунд.
- Параметр *duration* не является обязательным. Если его не передать, звук включится навсегда. Чтобы его выключить, вам понадобится функция *notone(pin)*. Ей нужно передать номер порта с пищалкой, которую нужно выключить.

- Одновременно можно управлять только одной пищалкой. Если во время звучания вызвать *tone* для другого порта, ничего не произойдет.
- Вызов *tone* для уже звучащего порта обновит частоту и длительность звучания.

6. Закрепление материала

6.1. Вопросы для самопроверки.

1. Каким сопротивлением должен обладать фоторезистор, чтобы на аналоговый вход было подано напряжение 1 В?
2. Можем ли мы регулировать яркость светодиода, подключенного к 11-му порту, во время звучания пьезопищалки?
3. Что изменится в работе терменвокса, если заменить резистор на 10 кОм резистором на 100 кОм? Попробуйте ответить без эксперимента. Затем отключите питание, замените резистор и проверьте.
4. Каков будет результат вызова *map(30, 0, 90, 90, -90)*?
5. Как будет работать вызов *tone* без указания длительности звучания?
6. Можно ли устроить полифоническое звучание с помощью функции *tone*?

6.2. Задание для самостоятельного решения.

Измените код программы так, чтобы с падением освещенности звук становился ниже (например, падал от 5 кГц до 2,5 кГц).

7. Подведение итогов урока. Рефлексия

Учитель. Ребята, большое спасибо за активную работу. Сегодня на уроке вы узнали еще об одном применении микроконтроллера. Надеюсь, что полученные знания вам пригодятся в дальнейшем.

Оцените свою работу на уроке по пятибалльной шкале.

8. Домашнее задание

1. В онлайн-среде Circuits выполните задания:
 - Уберите из программы чтение датчика освещенности, задайте писк азбукой Морзе позывного SOS: три точки, три тире, три точки.
 - Измените код программы так, чтобы звук терменвокса раздавался не непрерывно, а 10 раз в секунду с различимыми паузами.
2. Подготовьте информацию о применении изобретений Льва Термена в современной жизни.

НОВОСТИ

Несложный датчик наделяет роботов способностью определять твердость предметов

Две группы исследователей из МТИ придумали, как с помощью разработанного в нем ранее датчика GelSight наделять роботов чувством осязания и придавать им ловкость рук. GelSight представляет собой брусок прозрачной резины, одна из граней которого покрыта металлической краской. Когда эту грань прижимают к предмету, ей передается его форма; отражающая способность краски облегчает алгоритмам машинного зрения

распознавание геометрии объекта. Степень твердости поверхности определяется по площади контакта. Вторая группа придала роботу способность точно определять положение небольшого объекта, например отвертки, уже после того, как робот взял его манипулятором. В этой ситуации задача усложняется тем, что предмет заслонен рукой робота, но благодаря осязанию он понимает, за какую часть ухватил отвертку.

(По материалам международного компьютерного еженедельника «Computerworld Россия»)