

# УМНЫЙ ЗАМОК С СЕРВОПРИВОДОМ И СЕКРЕТНЫМ СТУКОМ

Авторы: Николаев Антон Дмитриевич (МГТУ им. Н.Э.Баумана)  
Петруничева Александра Сергеевна (МГТУ им. Н.Э.Баумана)  
Лукин Артем Владимирович (АО «ЦЭНКИ»)

Аннотация: В статье приводятся основные характеристики, этапы и принцип работы умного замка на примере открывания крышки шкатулки. На конкретном собранном устройстве будет описан процесс создания устройства, а также аналоги, достоинства и недостатки.

Ключевые слова: умный замок, замок, сейфовый замок, секретный замок, Arduino Nano.

Annotation: The article contains the main characteristics, stages and the principle of operation of a "smart" lock on the example of opening the lid of a box. On a specific assembled device, the process of creating a device will be described, as well as analogues, advantages and disadvantages.

Keywords: smart lock, padlock, safe lock, secret lock, Arduino Nano.

Основная цель работы заключается в разработке нового умного замка, который сможет облегчить и упростить открытие дверей или сейфов. Принцип работы замка довольно прост, и будет описан в данной статье.

Прародителем разработки умного замка является простейший ключевой замок, в котором нет какой-либо электроники. Основным достоинством и одновременно недостатком является ключ: ключом открыть замок можно быстрее и проще, но ключ также можно потерять, в следствие чего замок открыть замок будет труднее.

В современном мире существуют различные способы решения проблем, создаваемых при использовании обычного ключевого замка. Создание устройств-аналогов является одним из этих способов, например, предлагается рассмотреть некоторые из них:

- NFC-карта
- Использование отпечатка пальца
- Использование специализированных приложений на смартфоне
- Использование временных/постоянных PIN кодов
- Система распознавания лиц

Стоит отметить, что в современных умных замках может использоваться сразу несколько типов открывания.

Электронный замок с NFC - картой — это замок, который открывается при помощи смартфона, в котором имеется чип.

Электронный биометрический замок — замок, который располагает сканером отпечатка пальца. В его памяти могут содержаться отпечатки пальцев сразу

нескольких людей, что позволяет пользоваться замком многочисленным сотрудникам находящегося за дверь помещения.

Замок, открытие которого происходит через приложение и с помощью распознавания лиц, снабжен искусственным интеллектом.

Замок с PIN-кодом – замок, который открывается при введении определенной комбинации на панели управления.

На сегодняшний день на рынке умных замков главную позицию занимает бренд Xiaomi: компания представила Xiaomi Loock Intelligent Fingerprint Door Lock Classic. За алгоритмы распознавания отвечает продвинутый искусственный интеллект, работа которого значительно уменьшает шансы на удачный программный обход защиты. Дополнительно безопасность увеличивает таймер попыток: после 15 ошибочных включается сигнализация. Замок использует высококачественный сенсор, документация которого заявляет о шансе ошибки распознавания внесенного в базу отпечатка 1 к 50 тысячам.

Устройство Xiaomi Mijia Smart Door Lock представляет собой продвинутый образец запирающей системы с поддержкой биометрии. Уязвимая к взлому классическими способами механика прикрыта прочной заглушкой, усложняющая потенциальному злоумышленнику доступ к цилиндру замка. О попытках взлома владельцу сообщают семь встроенных датчиков безопасности, оповещения срабатывания которых придут на смартфон. Для ввода кода предусмотрен дисплей из устойчивого стекла. За сканирование отпечатков пальцев отвечает удобно интегрированный в ручку сканер с функцией распознавания поддельных данных.

Умный замок на примере открывания крышки шкатулки состоит из платы ArduinoNano, сервопривода FS90, сенсорной кнопки TTP223 и двух аккумуляторов 18650.

ArduinoNano – это плата, которая является связующим звеном между пользователем и микроконтроллером, позволяя удобно загружать в нее прошивку прямо из среды программирования. Плата ArduinoNano (Рис. 1) позволяет создавать компактные устройства. Она работает на чипе ATmega328P. Одним из определяющих факторов выбора платы был ее размер. Плата может работать через USB вход, но для того, чтобы сделать привод автономным, необходимо было подключить внешний источник питания.

Технические характеристики платы ArduinoNano:

- Напряжение питания 5В
- Входное питание 7-12В
- Максимальный ток цифрового выхода 40 мА
- Флэш-память 32 Кб
- Размеры 19 x 42 мм
- Вес 7 г

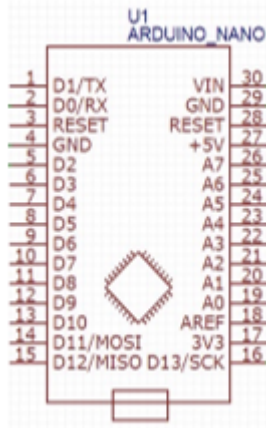
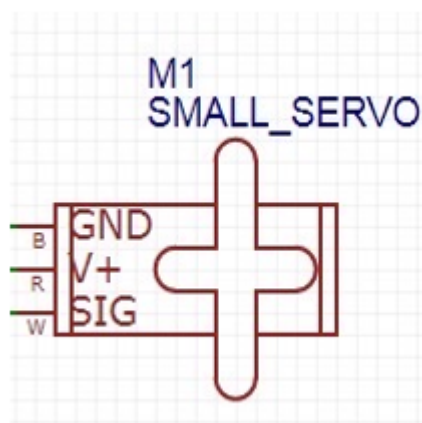


Рис. 1. Arduino Nano

Сервопривод FS90 (Рис. 2) – это привод с управлением через отрицательную обратную связь, позволяющую точно управлять параметрами движения. Сервопривод состоит из электромотора с редуктором, потенциометра, выходного вала, шестерен и печатной платой с управляющей электроникой. Данный сервопривод поддерживает заданный угол поворота, на выходном валу закреплен стопорный механизм, а электронная составляющая отвечает за приём внешнего параметра, считывание значений с потенциометра, их сравнение и включение/выключение мотора. К сервоприводу тянется три провода: два из них отвечают за питание мотора (красный и коричневый), третий (желтый) доставляет управляющий сигнал, который используется для выставления положения устройства.

Технические характеристики сервопривода FS90:

- Диапазон вращения: 180°
- Напряжение питания: 4,8-6 В
- Крутящий момент: 1,3 кг·см
- Скорость вращения: 60° за 0,12 сек
- Потребляемый ток: 200 мА
- Размеры: 32×13×32 мм
- Вес: 9 г

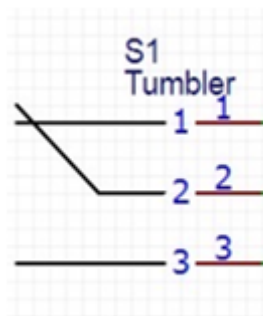


*Рис. 2 Сервопривод FS90*

Сенсорная кнопка TTP223 предназначена для введения команды для активации сервопривода, выполнена в виде бескорпусной платы. Сенсорная кнопка срабатывает на нажатие даже через небольшой слой неметаллического материала. Это и позволило поставить кнопку на обратной стороне крышки шкатулки.

Технические характеристики сенсорной кнопки TTP223

- Напряжение питания постоянного тока, В: 2 - 5.5
- Потребляемый ток (в покое, при VCC= 3 В), мкА: 70
- Максимальное время срабатывания (при VCC= 3 В), мС: 220
- Габаритный размер платы, мм: 11x15



*Рис. 3. Сенсорная кнопка TTP223*

Принцип работы замка с сервоприводом и секретным стуком (рис. 4.) достаточно прост: при старте системы крышка открывается и ожидает ввода секретной комбинации. Если комбинация не вводится в течение 5 секунд, то замок будет открываться по одному нажатию на определённое место на поверхности крышки. После ввода комбинации (таймаут 5 секунд) пьезоизлучатель звука играет комбинацию и закрывает замок. Для открытия нужно просто простучать комбинацию. Для повторного закрытия необходимо нажать один раз или нажать внутреннюю кнопку на плате. Система использует аппаратные прерывания, что позволяет находиться в режиме сна, а также очень чётко обрабатывать нажатия, практически без ошибок.

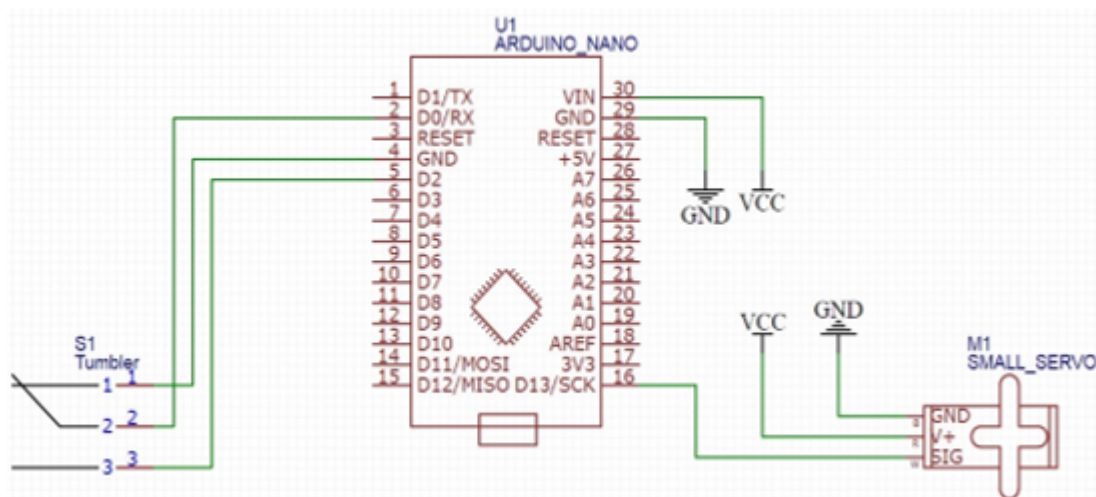


Рис. 4. Схема компоновки умного замка

Расчет необходимой мощности и оценка запаса по мощности (рис. 5).

Заявленные характеристики сервопривода:

- Напряжение питания: 4,8–6 В
- Крутящий момент: 1,3 кг·см при 4,8 В
- Скорость вращения: 60° за 0,12 сек при 4,8 В
- Потребляемый ток: 200 мА (макс. 500 мА)

Вес крышки шкатулки составляет приблизительно 100 грамм, сила запирающих магнитов оценивается в приблизительно 0.5 кгс (4.9 Н).

1) Полагая, что центр масс крышки находится в ее середине, также зная ширину крышки, получим суммарный запирающий момент, который должен быть достигнут для открытия:

$$L = 0.15 \text{ м}, F_m = 0.5 \text{ кгс}, m_k = 0.1 \text{ кг}$$

$$M_{\text{сум}} = L \cdot F_m + m_k \cdot g \cdot L = 0.15 \cdot (4.9 + 0.1 \cdot 9.8) = 0.87 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Данное усилие эквивалентно приложению силы  $F = M_{\text{сум}} / L + 1 = 4.4 \text{ Н}$  в точке контакта толкающего плеча с крышкой, где  $l \approx 5 \text{ см}$  – расстояние от края крышки до точки контакта плеча сервопривода с крышкой.

Развиваемый сервоприводом момент составляет  $M_c = 1.3 \text{ кг} \cdot \text{см}$ , что при длине толкающего плеча в 2 см дает силу, равную 6.4 Н.

Запас по мощности при максимальных оценочных исходных данных нагрузки и минимальных допустимых параметрах сервопривода составляет  $n \approx 1.45$ .

2) Проводится оценка опасности повреждения платы выбросами с обмоток ротора. В сервоприводе использован коллекторный ЭД, импульсных выбросов во время переключения сервопривода в цепи питания нет, поскольку в сервопривод встроена

плата драйвера, осуществляющая коммутацию с источником питания и гашение бросков тока.

3) Энергопотребление сервопривода: заявленное потребление сервопривода на холостом ходу составляет 200 мА, максимальное при максимальном развиваемом моменте – 500 мА.

Округлив в большую сторону требуемую развиваемую силу, оценим потребление:

$$F_{\text{нагр}} = 4.5 \text{ Н, что на плече в 2 см дает } M_{\text{нагр}} \approx 0.91 \text{ кг}\cdot\text{см.}$$

Потребление двигателя можно оценить:  $I_{\text{д}} = 200\text{мА} + 0.91\text{кгс} \cdot 1.3\text{кгс} \cdot (500\text{мА} - 200\text{мА}) = 410 \text{ мА}$ .

Емкость батарей составляет 3500 мА·ч, что при длительности цикла открытия/закрытия равной 2 секундам, позволяет совершить  $3500\text{мА}\cdot\text{ч} / 410\text{А} \cdot 3600\text{с} \approx 15365$  циклов открытия/закрытия.

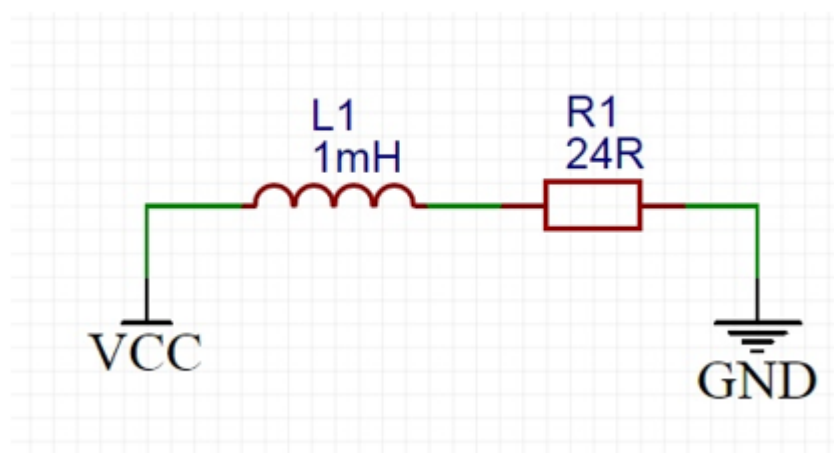


Рис. 5. Схема сервопривода

Умный замок имеет простую схему и прост в использовании. При его создании необходимо было учесть такие факторы, как габариты, вес, простота сборки. Габариты и вес компонентов прибора достаточно малы, а также обладают высокой надежностью, что позволяет использовать прибор в различных климатических условиях. По сравнению со своими конкурентами в приборе использовались элементы, которые в точной степени удовлетворяют соотношению цены и качества. Написание кода для Arduino Nano является самым важным моментом, так как от кода напрямую зависит быстрота работы умного замка. У устройств-аналогов функциональность и надежность намного выше, чем у разрабатываемого умного замка, но при этом вероятность сбоя и ошибки у них также выше.

Замок с сервоприводом и секретным стукотом работает автономно от аккумуляторов. Прибор нуждается в доработке в части надежности, но не нуждается в смене принципа работы, так как главным достоинством разрабатываемого умного замка является именно простота конструкции, так как она позволяет снизить

вероятность выхода из строя к минимуму.

### **Список рекомендуемой литературы**

1. Электроника. Теория и практика / Монк С., Шерц П. ; пер. с англ. Таранушенко С. ; ред. пер. Кузьмина А.
2. Плата Arduino [Электронный ресурс].URL:  
<https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno/> (Дата обращения 21/11/2019).
3. Юревич Е.И. Основы робототехники: учебник для ВУЗов / Е.И.Юревич.-Спб:БХВ-Петербург,2005.
4. Ситников А.В. Электротехнические основы источников питания: Учебник/ А.В.Ситников- М.: Изд.Центр "Академия",2014.
5. Анхимюк В.Л., Опейко О.Ф. Проектирование систем автоматического управления электроприводами. Минск: Вышэйшая школа, 1986.