

Cofre de RFID

Microcontroladores e Interação com Sensores e Atuadores

Grupo 2: Cláudio Irace (103238); Diogo Gonçalves (98368); João Gaivoto (103238); João Pinto (104384); Nuno Vidal (98600); Rita Matos (102389)

Docente: Rui Martins

1. Objetivos:

Este trabalho foi realizado no âmbito do módulo de Competências transferíveis II, Microcontroladores e interação com Sensores e Atuadores. Neste módulo foi nos atribuído o trabalho de construir um projeto que utilizasse no mínimo um sensor e um atuador, e fazer um programa utilizando o microcontrolador STM32F411XX, que fizesse manipulação entre os dispositivos. Este relatório visa retratar o funcionamento do nosso projeto, aquilo que foi desenvolvido e falar um pouco à cerca dos sensores e atuadores utilizados para chegar aos resultados.

2. Introdução Teórica:

Para este trabalho decidimos criar um projeto que consiste num Cofre que funciona através de Tags RFID. O utilizador pode passar a Tag pelo sensor RFID que está ligado ao nosso microcontrolador e após essa deteção da Tag, é desencadeado a ação de abrir ou fechar o Cofre. Para isso, utilizamos não só um sensor RFID, como também foi utilizado alguns atuadores, como um Buzzer, que vai apresentar um sinal sonoro para indicar ao utilizador que realmente o sensor efetuou a leitura da Tag, utilizou-se um LCD 16x2, que indica ao utilizador quando passa a Tag, a ação que o mesmo está a efetuar, se abre ou fecha o cofre, e por fim um motor passo a passo, que serve para abrir ou fechar a cancela do cofre. Fez-se o estudo de como estes sensores e atuadores funcionavam e passou-se ao desenvolvimento do projeto, tais resultados, estarão descritos neste documento.

1.1 – Sensores

1.1.1- Sensor de RFID:

O RFID (Radio Frequency Identification) é um sistema que tem por objetivo identificar objetos através de ondas de rádio. Para tal, são utilizadas tags RFID, que consistem numa antena e num chip integrados numa etiqueta, e um leitor RFID, dispositivo que, também contendo uma antena, é responsável por descodificar a informação recolhida das tags RFID.



Figura 1 - Sistema RFID

Categorias dos sistemas RFID:

- LF (Low-Frequency):

- Utiliza frequências entre os 125 KHz e os 134 KHz;
- Tem um alcance de até 50 cm;
- Atravessa facilmente metais e líquidos;
- Apresenta desvantagens no que toca à baixa capacidade de memória dos chips e elevado custo das tags;
- **Principal aplicação:** identificação animal, já que esta *range* de frequências é a única que permite que o sinal atravesse o corpo do animal.

- HF (High-Frequency):

- Utiliza frequências entre os 3 MHz e os 30 MHz;
- Tem um alcance de até 1 m;
- Atravessa metais pouco densos;
- **Principais aplicações:** controlos de acesso, transferência de dados, pagamentos automáticos, passaportes e bilhetearias.

- UHF (Ultra-High Frequency) Passivo:

- Utiliza uma frequência entre os 865 MHz e os 868 MHz;
- Tem um alcance de vários metros;
- Não atravessa metais densos nem líquidos;
- Este tipo de RFID é a mais versátil, poderosa e menos dispendiosa;
- **Principais aplicações:** gestão de inventários, sistemas anti-roubo, sistemas POS, entre muitos outros.

RFID Passivo vs Ativo

Uma distinção importante a fazer no âmbito dos sistemas RFID é entre o RFID passivo e o RFID ativo, sendo que essa distinção é feita nas tags. De uma forma geral, no RFID passivo, a tag é apenas composta por uma antena impressa e um chip, enquanto que no RFID ativo, além da antena e do chip, a tag é alimentada por uma bateria.

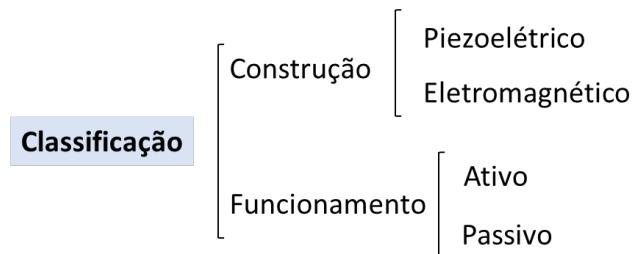
De uma forma mais detalhada, as **tags passivas**, não tendo fonte de alimentação, recebem energia que é emitida através de ondas de rádio por parte das antenas do leitor RFID, utilizando parte dessa energia para, posteriormente, enviar de volta os dados ao leitor RFID.

Pelo contrário, as **tags ativas**, tendo fonte de alimentação própria, utilizam energia da sua própria bateria para enviar os dados às antenas do leitor RFID. Assim sendo, as tags ativas têm uma disponibilidade energética muito maior, permitindo-lhe transmitir a distâncias muito maiores que as tags passivas (30-100 metros mais).

1.2 – Atuadores

1.2.1- Buzzer:

O Buzzer é um atuador que converte sinais de áudio em sinais sonoros. Estes componentes podem ser classificados segundo a sua construção podendo ser piezoelétricos ou eletromagnéticos, e segundo o seu funcionamento podendo ser divididos em ativos e passivos, como podemos observar no Esquema 1.



Esquema 1 - Classificação dos Buzzers

O Buzzer piezoelétrico tem como base o efeito piezoelétrico que consiste na interação eletromecânica linear entre a força mecânica e o estado elétrico (forças de Coulomb) em materiais cristalinos. No caso do Buzzer é utilizado o efeito piezoelétrico inverso, ou seja, são utilizados sinais elétricos para causar deformações no formato do cristal que se encontra no interior do Buzzer (Fig.2). O comportamento do cristal depende da polaridade da tensão aplicada, sendo possível desta forma controlar a forma como este vibra. Como o cristal está conectado a uma membrana metálica, o ar que rodeia esta membrana vibra produzindo assim som.

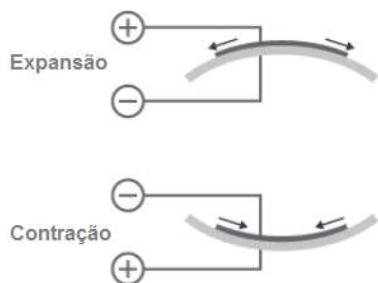


Figura 3 - Deformações do cristal

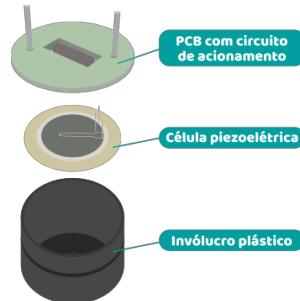


Figura 2 - Interior de um buzzer piezoeletélico

No Buzzer Eletromagnético a corrente elétrica gera um campo magnético na bobina, que se encontra no interior da circunferência de um íman anelar permanente. Assim, como temos um campo magnético variável (bobina) e um campo magnético permanente (íman), surgem efeitos de atração e repulsão fazendo com que a bobina de cobre se desloque. Como esta bobina está presa ao diafragma, este também se movimenta, sendo assim produzido som.

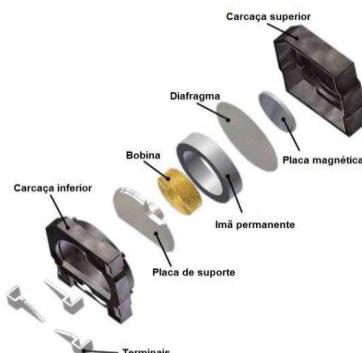


Figura 4 - Interior de um buzzer eletromagnético

Um Buzzer ativo possui oscilador e emite som sem necessitar de um circuito externo. Assim, para gerar som, é apenas necessário fornecer energia. Deste modo, a frequência é fixa, não sendo assim possível produzir diferentes sons. Por outro lado, um Buzzer passivo não possui oscilador e necessita de um circuito externo para emitir som, visto que requer de um sinal AC. Assim, ao contrário do Buzzer ativo, a frequência depende das características do circuito externo sendo assim possível produzir diferentes sons.

O Buzzer utilizado neste projeto foi um módulo de buzzer ativo (Fig. 5) com uma tensão de alimentação de 3.3 ~ 5Vdc. Como não é possível identificar pelo aspecto exterior qual o princípio físico que o Buzzer utiliza foi necessário abrir o mesmo. Como este apresenta uma placa magnética e um diafragma (Fig.6 à esquerda) e uma bobina (Fig.6 à direita), podemos concluir que o mesmo é um Buzzer Eletromagnético.

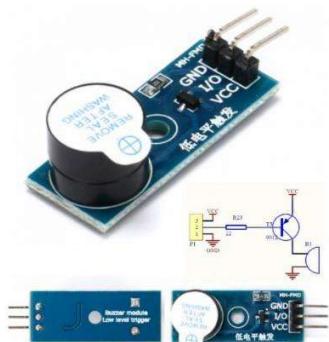


Figura 5 - Módulo de Buzzer Ativo

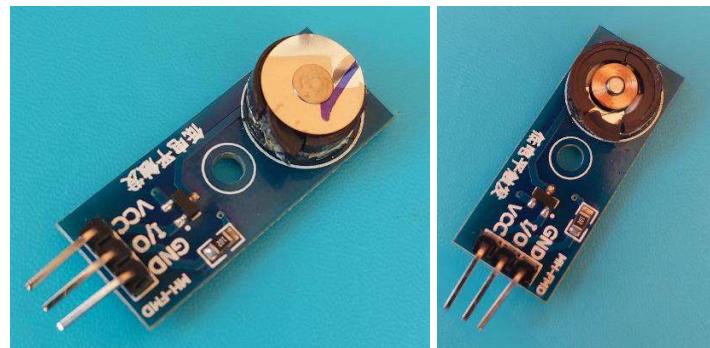


Figura 6 - Interior do Buzzer utilizado no projeto

1.2.2- LCD – Liquid Crystal Display:

O LCD (Liquid Crystal Display) é um atuador utilizado para exibir informações. Como o nome indica este é constituído por cristais que apresentam este nome pois têm um aspecto líquido e apresentam propriedades cristalinas.



Figura 7 – Liquid Crystal

Polarizadores:

Para entender como funciona a transmissão da luz num LCD é necessário perceber primeiramente como funcionam os polarizadores. Se dois polarizadores estiverem alinhados um em relação ao outro a luz passa. À medida que se altera a inclinação de um polarizador a quantidade de luz que consegue passar diminui. Quando os dois polarizadores se encontram cruzados, ou seja, a fazer um ângulo de 90º entre si a luz não passa, como podemos observar na Fig. 8.

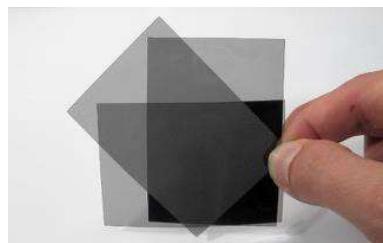


Figura 8 - Polarizadores

Desta forma, foi descoberto que era possível construir um display aplicando esta técnica se usássemos os cristais mencionados em cima. Estes cristais vão ser responsáveis para orientar a luz na direção pretendida.

De forma a se conseguir perceber o processo de transmissão de luz num LCD decidimos fazer uma pequena ilustração/ esquema do que está a acontecer.

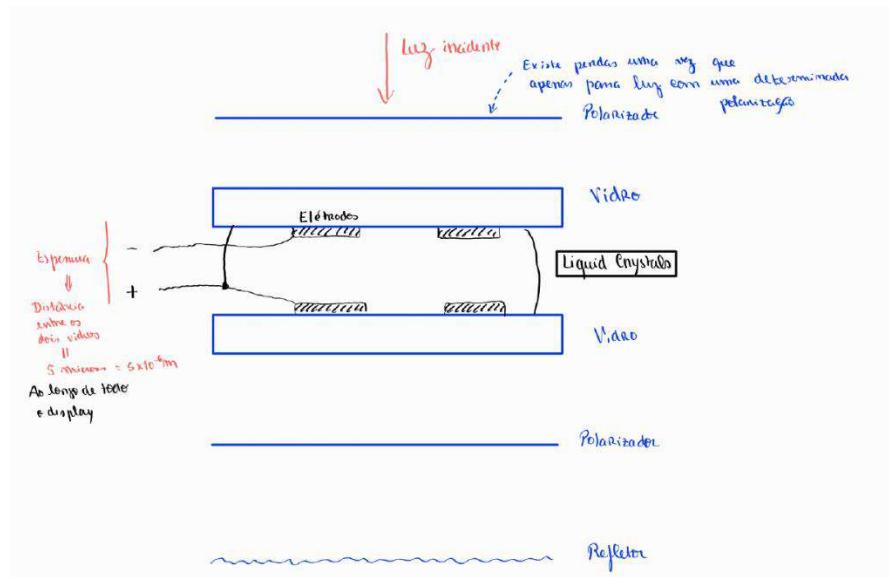


Figura 9 – Transmissão da luz

Como podemos observar na Fig.9 temos um polarizador (onde incide luz), duas placas de vidro (estando os cristais situados entre estas duas), um polarizador cruzado relativamente ao primeiro e por fim um refletor.

De salientar que a luz ao incidir no primeiro polarizador sofre logo perdas visto que o polarizador só deixa passar luz com uma determinada polarização.

Existem duas situações possíveis quando a luz incide no primeiro polarizador:

- Situação 1: Não existe tensão aplicada entre as placas de vidro, logo os cristais encontram-se em modo off.

A luz que incide no primeiro polarizador é polarizada. Depois passa pelo vidro sem sofrer alterações uma vez que os cristais se encontram em modo off. Quando a luz incide no segundo polarizador não consegue passar porque os polarizadores se encontram cruzados um em relação ao outro (fazem 90 graus).

- Situação 2: Existe tensão aplicada entre as placas de vidro, logo os cristais encontram-se em modo on.

Quando é colocada uma tensão no nosso sistema estamos a criar um campo elétrico entre os dois vidros levando as moléculas dos cristais a adquirirem uma determinada configuração que faz com que a luz incidente nos cristais seja orientada de forma a conseguir passar pelo segundo polarizador. Os cristais vão rodar a luz 90 graus.

Deste modo a luz consegue passar pelo segundo polarizador. Em seguida incide no refletor que se encontra por baixo. Este processo repete-se agora de baixo para cima.

Display de 7 segmentos:

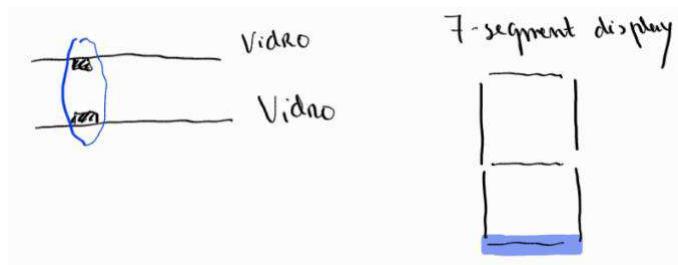


Figura 10 – Display de 7 segmentos

Quando aplicamos uma tensão gera-se um campo elétrico apenas entre esses elétrodos. Estando na presença de um display de 7 segmentos nós queremos que exista apenas um campo elétrico por baixo dos segmentos que desejamos ver iluminados.

1.2.3- Motor Passo a Passo:

O motor passo a passo funciona através de indução eletromagnética. Usa um íman permanente inserido entre duas bobinas que são inseridas entre placas metálicas dentadas para atrair os polos do íman e fazê-lo dar os seus “passos” (Fig.12). O motor tem 5 cabos sendo o vermelho o “power supply” e os outros 4 vão energizar as bobinas por fases (Fig.11).

O driver é utilizado para energizar essas mesmas fases seja por:

- “wave drive” - energizar apenas uma fase de cada vez;
- “full step” - energizar duas fases de cada vez;
- “half step” - combinação dos outros dois, energizando metade do tempo uma fase de cada vez e outra metade duas de cada vez, este foi o método utilizado no nosso projeto para fazer a rotação do eixo do motor;

Para isso é necessário ligar os 4 cabos, sem ser o vermelho, aos pinos exteriores do driver (também chamados fases) para, depois, no código escolher energizar duas ou uma fase de cada vez.

Dentro ainda do motor ainda tem engrenagens para quando o motor for ativado, estas possam rodar para que no exterior tenha um pino rotativo. Este motor vai funcionar para “rodar” e abrir o trinco do cofre.

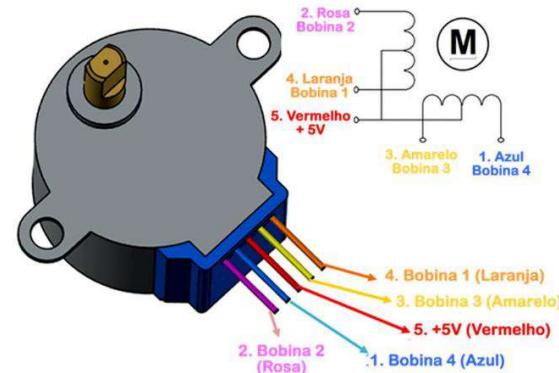


Figura 11 – Ligações

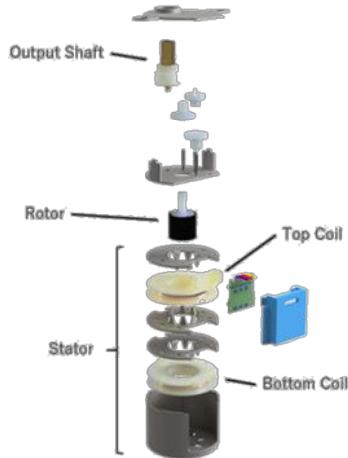


Figura 12 – Interior do motor

3. Execução do projeto:

Para execução deste projeto, foi utilizado o IDE STM32Cube, com um projeto em C, utilizando as bibliotecas “HAL” disponibilizadas pela fabricante. Foram utilizados dois protocolos de comunicação em série, o I2C para comunicação em série com o LCD, e o SPI, para a leitura dos cartões com sensor RFID, para isto a STM disponibiliza no seu IDE uma página de configuração de pinos, em que quando escolhemos inicializar um protocolo existem pinos que são configurados automaticamente pelo IDE.

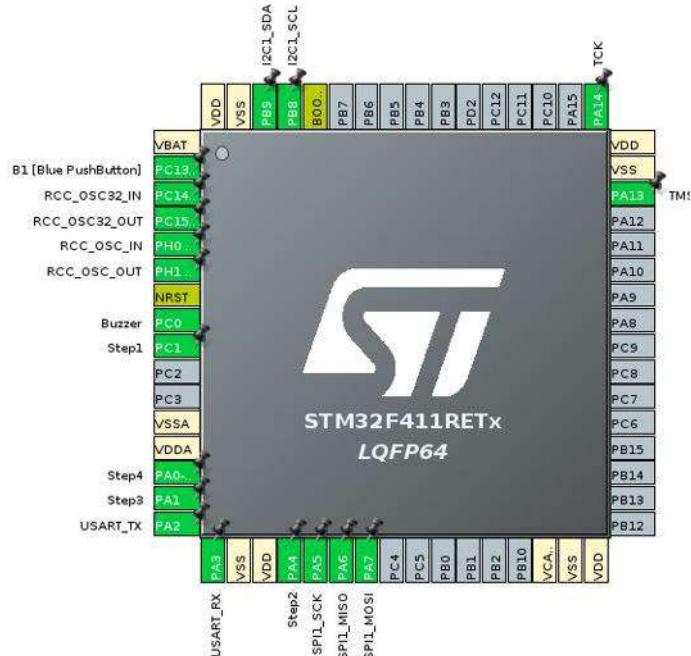


Figura 13 – Esquemática dos pinos configurados no STM32Cube

Como mostra a figura (Fig.13), os Pinos pré-selecionados para o protocolo SPI1, são do PA5 ao PA7, ligamos os cabos corretos nos pinos, o clock do sensor ao PA5, e o MISO (Master Input Slave Output) e MOSI (Master Output Slave Input) nos pinos PA6 e PA7 respetivamente. Na configuração do I2C1, apenas se configuram 2 pinos, um para o clock e outro para saída de dados em série (PB8 e PB9). Todos os restantes Pinos tanto para o Buzzer (PC0), como para as diferentes fases do motor-passo a passo (PA0, PA1, PA4, PC1), são GPIO Output's.

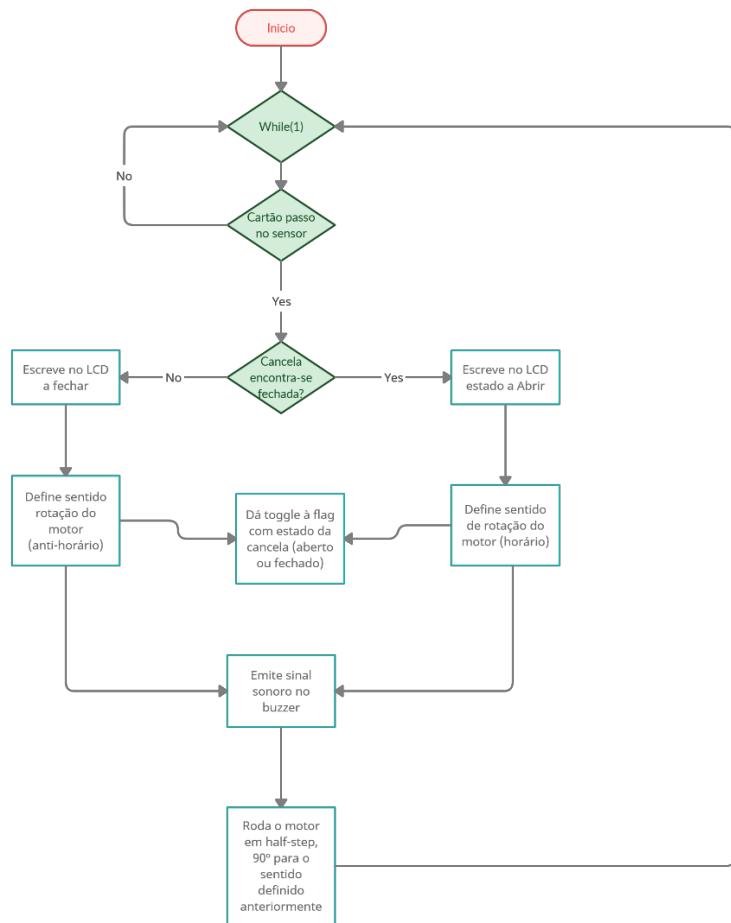


Figura 14 – Fluxograma que descreve funcionamento lógico do projeto

Como mostra no fluxograma (Fig. 14), temos os componentes logicamente ligados através do processo descrito. Na nossa implementação de software, foram utilizadas “bibliotecas” / blocos de código feito por terceiros para interação com diferentes componentes como o sensor RFID, o LCD e o motor passo a passo, não existindo tanto a complexidade de implementação de raiz da comunicação com os componentes, mas trabalhando na integração e alguma adaptação para o nosso projeto. Algumas destas modificações que foram feitas exemplo:

- Modificação dos pinos das fases do motor passo a passo, e criação de um timer no projeto para utilização de uma função de delay dedicada ao motor, para isso especificamos um timer que utilizasse o clock interno da placa como foi explicado nos slides das aulas teóricas;
- Descoberta de biblioteca adequada que indicasse o “Slave Address” correto, para o funcionamento da comunicação entre o µC e o LCD através do protocolo I2C.

O restante trabalho de implementação de software, foi utilizar estas bibliotecas e descrever a lógica desejada na parte main do projeto C conforme o fluxograma desenvolvido previamente. De forma a fazer a verificação da ação que desencadeia todo o processo, ou seja, o ato de o utilizador passar o cartão no sensor RFID, utilizamos o método de entrada e saída de dados designado por Polling, também referido nas aulas teóricas da UC, desta forma temos todo o poder de processamento dedicado à verificação da passagem do cartão. Em circunstâncias mais complexas de sistemas que necessitassem de efetuar outras ações ou houvesse alguma possibilidade de paralelismo entre ações, este método não seria o desejável e seria mais produtivo optar por uma metodologia de Interrupt’s, mas como se trata de um projeto bastante simples e exclusivamente desenhado para apenas abrir uma cancela de um cofre que estaria fixo sem restrições no consumo de energia, optou-se pelo método de Polling...

Na parte de hardware, necessitamos de utilizar uma *breadboard*, para auxiliar a ligação de tantos componentes diversos e ficou como descrito como na esquemática da figura 15.

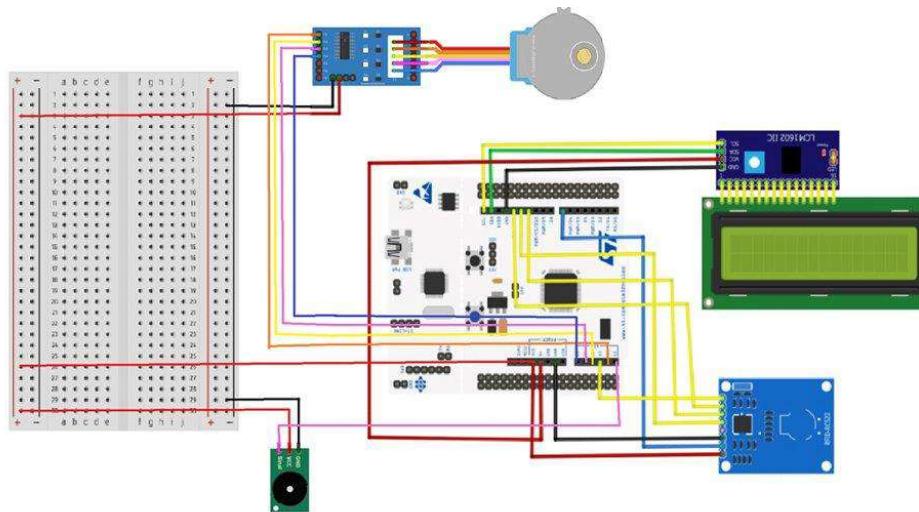


Figura 15 – Esquemático estilo "Arduino" das ligações físicas ao microcontrolador

E para finalizar o nosso cofre realizámos um modelo 3D do cofre para futuramente depois ser impresso, coisa que não se chegou a fazer por falta de alguns recursos e imprevistos durante a realização do projeto, mas que daria mais algum realismo ao mesmo.

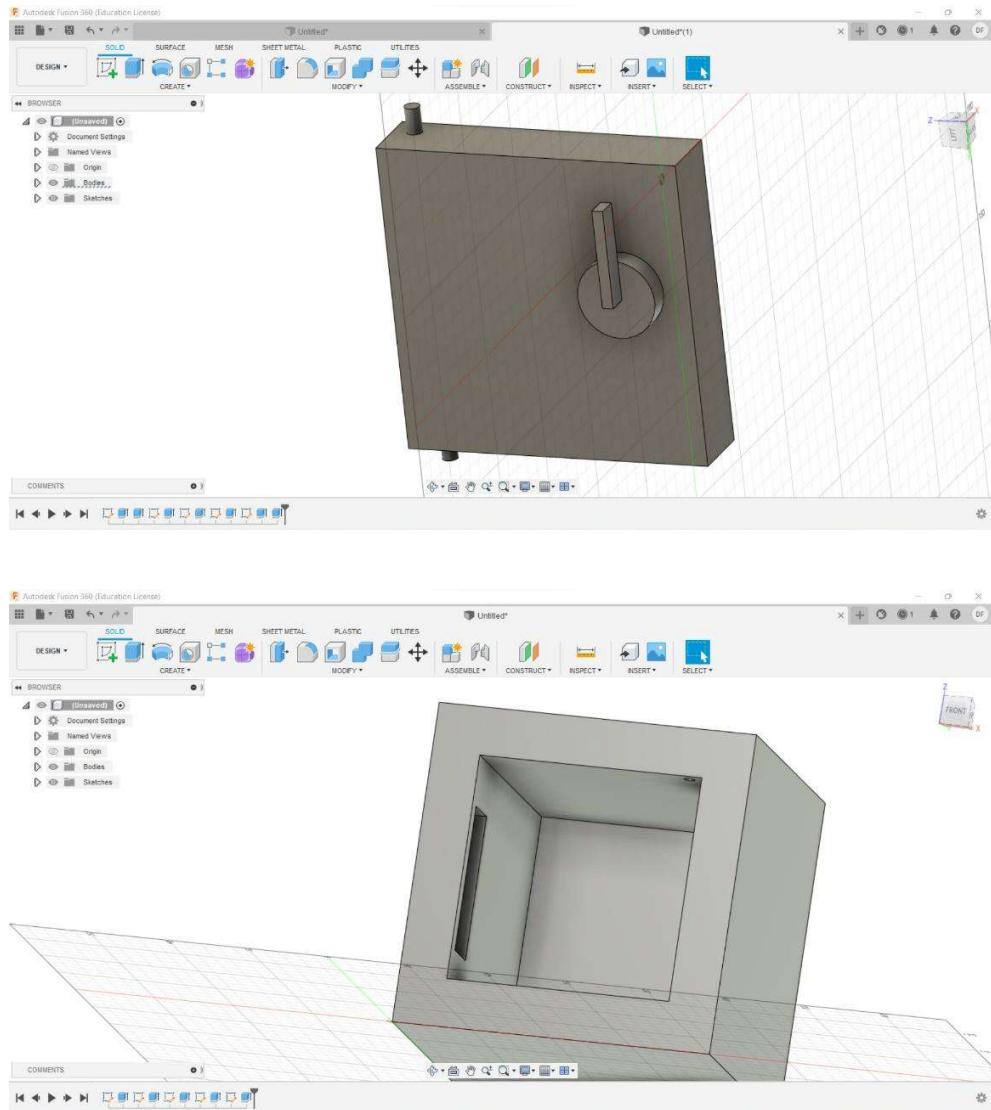


Figura 16 – Modelo 3D do cofre

4. Resultados:

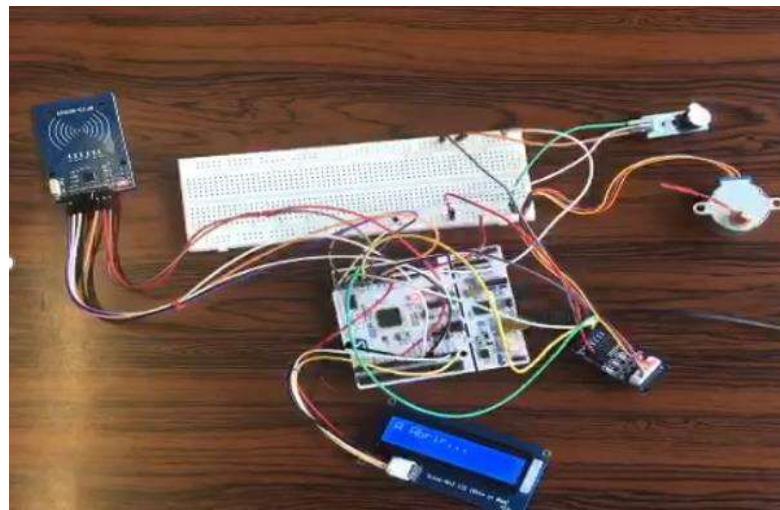


Figura 17 – Abertura da cancela do cofre

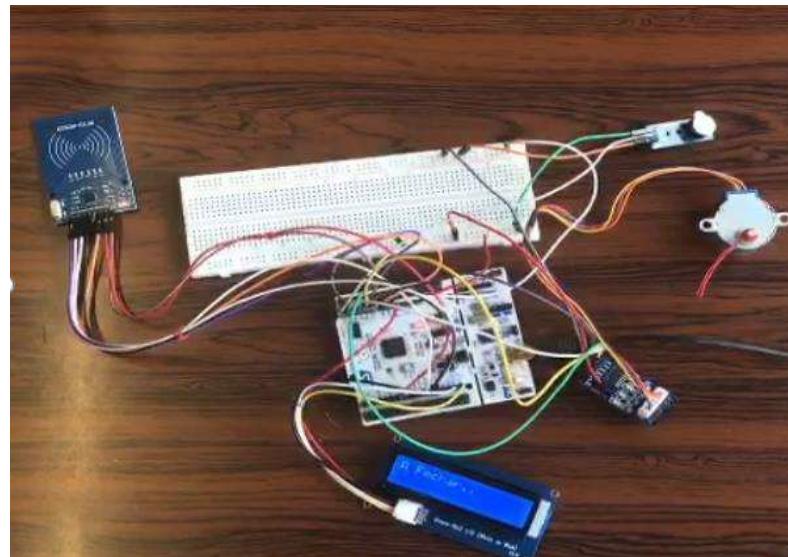


Figura 18 – Fecho da cancela do cofre

5. Testes:

De forma a avaliar a performance do nosso cofre decidimos submetê-lo a alguns testes.

Para avaliar a fidelidade do nosso projeto fizemos 30 testes seguidos e verificámos que não existia qualquer problema com o nosso cofre, funcionando todas as vezes da forma pretendida. É importante salientar que o nosso cofre foi programado de forma que o motor só volte a rodar para fechar quando o movimento de abrir estiver completamente realizado.

Para além disso, de forma a testar se apenas autenticava com o cartão mestre, decidimos testar o funcionamento com três cartões diferentes: o cartão mestre, o cartão de estudante e o cartão de cidadão. O nosso cofre permitia a abertura com o cartão mestre e com o cartão de estudante, não funcionando com o cartão de cidadão. Contudo o sensor de RFID deteta os cartões a distâncias significativamente distintas. Colocando o sensor e o cartão paralelos, o sensor deteta o cartão mestre a uma distância máxima igual a 4,5 cm e o cartão de estudante a 0,5 cm. Decidimos também estudar o comportamento dos cartões posicionados perpendicularmente ao sensor. Fizemos o teste colocando o sensor na mesa e segurando os cartões na vertical. Colocando o cartão mestre na vertical vimos que era possível o sensor detetar o sinal se o cartão se encontrasse a menos que 1,5 cm do sensor, a partir deste valor o sensor não deteta. O cartão de estudante não funciona na vertical por muito perto que esteja do sensor.

	Distância máxima (paralelos)	Distância máxima (perpendicular)
Cartão Mestre	4,5 cm	1,5 cm
Cartão de Estudante	0,5 cm	Não é detetado
Cartão de Cidadão	Não é detetado	Não é detetado

Tabela 1 - Resumo dos testes realizados da deteção em função da distância

Adicionalmente, de forma a perceber que tipo de materiais impediam que o sinal chegasse ao sensor, colocamos diferentes objetos entre o nosso cartão mestre e o sensor de RFID. Observamos que colocando o cartão mestre por cima do cartão de cidadão o sensor continuava a detetar. Por outro lado, se o colocássemos em cima de um telemóvel com 1 cm de espessura e a 1cm de distância não funcionava. Conseguimos também observar que em cima de uma tampa de plástico com 1,2 cm de espessura o cartão foi detetado.

6. Conclusão:

Ao longo deste trabalho, o grupo pôde contactar com diferentes atuadores e sensor, e a forma como estes interagem com o microcontrolador, tendo assim obtido mais conhecimento nesta área como pretendido.

O projeto cumpriu com todos os pré-requisitos previamente delineados, sendo produto do trabalho por parte de todo o grupo. Para além do conhecimento sobre microcontroladores, sensores e atuadores, verificou-se que foi possível ganhar competências sociais e de trabalho em equipa num contexto multidisciplinar.

7. Bibliografia:

- <https://www.quisure.com/blog/faq/what-is-the-working-principle-of-the-buzzer>
- <https://autocorerobotica.blog.br/conhecendo-a-fundo-o-buzzer/>
- <https://controllerstech.com/interface-stepper-motor-with-stm32/>
- <https://embeddedexpert.io/?p=768>
- https://github.com/mahmood-ul-hassan/Grove_LCD_RGB_Backlight/blob/master/easy_rgb_lcd.h
- <https://circuitdigest.com/tutorial/what-is-stepper-motor-and-how-it-works>
- <https://www.watelectrical.com/stepper-motor-driver/>