



UNIVERSIDADE D  
**COIMBRA**

Projeto PCI - Máquina de lavar roupa  
Grupo 2A

António Caramelo  
2018279317|MIEF

Gonçalo Gouveia  
2018277419|MIEF

Manuel Mansilha  
2018280727|MIEF

7 de julho de 2021

# 1 Introdução

Foi-nos proposta a utilização de um kit de Arduino para implementar uma montagem que emule o funcionamento de uma máquina de lavar roupa, com pelo menos três programas.

## 2 Pesquisa e Preparação

Para realizar este projeto, iniciámos o nosso trabalho com uma pesquisa sobre máquinas de lavar e as suas especificações.

Estas máquinas utilizam água e detergente/sabão (seja líquido ou sólido) para lavar roupa, e agilizam o processo de secagem utilizando o processo de centrifugação (rotação do tambor a velocidades muito elevadas).

Podemos enumerar os componentes principais de uma máquina de lavar roupa, sendo eles:

- **Tambor Interior:** Tambor perfurado onde são colocadas as peças de roupa e cujos orifícios permitem a entrada e saída de água;
- **Palhetas do tambor:** Peças plásticas ou metálicas na face interior do tambor que facilitam a agitação/movimentação da roupa durante a lavagem;
- **Tambor Exterior:** Tambor onde a água é acumulada durante a lavagem, enquanto o interior realiza o seu movimento. Assim, o tambor interior roda e a roupa vai sendo envolvida na água ou água com sabão (dependendo da etapa da lavagem). Este tambor está preparado para evitar fugas de água da máquina;
- **Termostato e resistência de aquecimento:** Controlam a temperatura da água presente no tambor, de forma a manter a temperatura pretendida, que varia com o programa escolhido;
- **Bombas, válvulas e tubos:** Permitem a entrada e saída de água do sistema;
  - **Válvulas de entrada de água e de sabão:** Controlam a entrada de água ou sabão no tambor, respetivamente;
  - **Válvula de saída:** Controla a saída da água ou água com sabão do tambor;
- **Programador:** Controla os processos durante a lavagem;
- **Porta:** Permite a abertura e fecho da máquina para colocação/recolha de roupa;

Muitas máquinas modernas têm, também, um display onde são apresentadas as informações do sistema e dos programas disponíveis, assim como botões para controlar as diferentes propriedades da máquina (temperatura, velocidade de rotação, entre outras).

Tendo em conta o descrito anteriormente, podemos, desde já, destacar alguns elementos que poderemos usar, sendo eles:

- **Arduino Uno:** Para controlar todo sistema;
- **LEDs:** Para representar as válvulas de entrada e saída, e a resistência de aquecimento;
- **Resistências:** Para limitar a corrente em certos componentes, como nos LEDs;
- **Display:** Para facilitar a interação com o utilizador;
- **Comando e recetor IR:** Para o utilizador realizar as escolhas dos programas;
- **Sensor de Temperatura:** Para controlar a temperatura durante a lavagem;
- **Motor:** Para permitir as rotações do tambor;

Depois de uma breve pesquisa sobre o funcionamento destas máquinas, avançámos para o estabelecimento dos programas a implementar. Escolhemos dois modelos de máquinas, **Kunft KWM3485** e **Becken BoostWash BWM3640**, pertencentes a dois intervalos de preço diferentes (cerca de 200€ e 400€, respetivamente), de forma a perceber as principais diferenças entre ambas. Verificámos que os programas são bastante semelhantes, havendo uma maior disparidade no que diz respeito à capacidade de carga e funcionalidades adicionais. Os manuais de utilizador foram consultados nos seguintes links: <https://www.manualpdf.pt/kunft/kwm3485/manual> e <https://www.manualpdf.pt/becken/boostwash-bwm3640/manual>.

Assim sendo, escolhemos para o nosso trabalho os seguintes programas:

- **Normal:** Correspondente ao programa "Diariamente" da Kunft, que tem a duração de 60 minutos e cuja lavagem é feita a 60°C;
- **Delicados:** Correspondente ao programa "Delicados" da Becken, que tem a duração de 49 minutos e cuja lavagem é feita a 20°C;
- **Rápido:** Correspondente ao programa "Lavagem rápida" da Becken, que tem a duração de 15 minutos e cuja lavagem é feita a frio;
- **Centrifugar:** Correspondente ao programa "Apenas Centrifugação" da Becken, que tem a duração de 12 minutos e cuja lavagem é feita a 20°C;

Nos nossos programas, optámos por uma relação temporal em que 1 minuto na simulação corresponde a 30min na realidade, pelo que a duração dos programas implementados será:

- **Normal:** 2min
- **Rápido:** 30s
- **Delicados:** 100s = 1min40s
- **Centrifugar:** 24s

### 3 Conceptualização

Com os componentes enumerados anteriormente, estabelecemos alguns conceitos relativos ao nosso sistema.

- O utilizador liga a máquina, utilizando o botão *Play/Pause* do comando de infravermelhos;
- Depois da máquina estar ligada, é apresentado um menu com os 4 programas existentes, tendo o utilizador possibilidade de escolher um deles ou desligar a máquina, utilizando novamente a tecla *Play/Pause*;
- Durante a execução dos programas, é apresentada no display uma barra de progresso, assim como a indicação do programa em execução e da tecla que o permite parar;
- Serão utilizados 4 LEDs com as seguintes cores e funções:
  - LED azul- Para representar a válvula de entrada de água (LED ligado representa a abertura da válvula e, por conseguinte, a entrada de água no tambor);
  - LED verde- Para representar a válvula de entrada de sabão, com funcionamento análogo ao LED azul;
  - LED vermelho- Para representar o estado (ligado ou desligado) da resistência de aquecimento, de forma a manter constante a temperatura da água no tambor;
  - LED azul- Para representar a válvula de saída de água do tambor.
- O utilizador tem a possibilidade de interromper um programa, sem que a sua execução tenha sido concluída;
- Assim que os programas sejam terminados com sucesso, é acionado o buzzer ativo, de forma a indicar ao utilizador que pode retirar as suas peças de roupa em segurança.

### 4 Síntese

Nesta fase focamo-nos nos detalhes do produto e dos seus componentes.

Como resultado da pesquisa efetuada na fase de *Pesquisa e Preparação*, sabemos que uma máquina da roupa efetua diversas rotações, quer no sentido horário (CW), quer no anti-horário (CCW). Assim, teremos que usar o **Motor de Passo 28BYJ-48**, já que a amplitude de movimento do Servo Motor é de apenas 180º, não cumprindo os requisitos necessários. O Motor de Passo, para além de permitir o controlo sobre o sentido da rotação, permite alteração da velocidade de rotação, sendo esta valência útil para as diferentes etapas da lavagem.

Quanto à paragem de um programa no decorrer da sua execução, implementámos um tempo de espera de 3 segundos, de forma a simular a saída de água do tambor (evitando fugas aquando da abertura da porta), o desligar da resistência de aquecimento (no caso de esta estar ligada), entre outros. No fundo, este tempo de espera existe por questões de segurança do utilizador e dos componentes eletrónicos.

Dado que as máquinas de lavar roupa não excedem, tipicamente os 60°C, optámos por usar o sensor de temperatura **LM35** da *Texas Instruments* (<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>), já que tem uma gama de temperaturas (-55°C a 150°C) que abrange a gama necessária para esta aplicação, e tem uma relação linear entre a tensão de saída e a temperatura medida. O Manuel utilizou, de acordo com instruções do Professor um LM335 (<https://www.st.com/resource/en/datasheet/cd00000459.pdf>), devido a um estrago no seu LM35, tendo apenas que ligar duas resistências de 1000  $k\Omega$  em série com a porta  $V_{out}$ , de forma a substituir uma resistencia de 2200  $k\Omega$ .

Para a interface com o utilizador, utilizamos um **Display LCD 1602A** (<https://www.openhacks.com/uploadsproductos/eone-1602a1.pdf>), já que possibilita a apresentação de uma maior quantidade de informação ao utilizador do que um Display de 4 dígitos e 7 segmentos.

De forma a permitir a utilização de um **Comando IR** para controlar a máquina, utilizamos um **Recetor IR VS1838B**.

Utilizamos, também, um **Buzzer Ativo** para informar o utilizador com avisos sonoros do fim do programa selecionado.

## 5 Avaliação

Nesta fase, procedemos à testagem de todos os programas e funcionalidades implementadas, tendo organizado o código do *Arduino IDE* em métodos/funções, de forma a melhorar a sua leitura e interpretação, assim como a sua deteção e correção de erros que foram, naturalmente, surgindo. Assim, evitamos segmentos repetitivos do código e aumentamos a rapidez de funcionamento, diminuindo a memória necessária.

Verificámos que, após alterações/correções no código, todos os programas estavam nas condições de funcionamento idealizadas, podendo avançar para a fase seguinte, a otimização.

## 6 Otimização

Começámos por apresentar no display os nomes dos programas possíveis, assim como a tecla que permite desligar a máquina, dando mais informação ao utilizador, de forma a facilitar a compreensão e utilização por parte da pessoa a operar a máquina.

Numa fase posterior, avaliámos a posição dos atuadores, dos recetores e do display na placa, de forma a:

- Permitir uma leitura clara das informações apresentadas no display;
- Permitir uma melhor leitura do sinal IR (enviado pelo comando) por parte do recetor;
- Evitar o cruzamento de fios, permitindo uma visão mais clara do circuito;
- Permitir uma visão desimpedida para os LEDs utilizados;

Ajustámos, também, a duração dos vários programas e das suas respetivas etapas, no sentido de melhorar o funcionamento da máquina.

Com maior disponibilidade de material, como por exemplo fios de ligação, portas digitais e analógicas, poderíamos ter adicionado outras funcionalidades, tais como:

- Ciclos maiores e mais completos;
- Potenciómetro para regular a velocidade de rotação e a temperatura de funcionamento da máquina;
- Utilização do Servo Motor para simular a abertura da porta;

Poderíamos ter, também, apresentado a hora atual no display, mas de acordo com a nossa pesquisa, o código para esta funcionalidade requer acesso à Internet.

Com recurso a mais portas digitais poderíamos, também, ter implementado mais funcionalidades na nossa máquina.

## 7 Conclusão e comentários finais

Neste projeto tivemos de ter em conta a gestão de número de portas e de fios utilizados, já que a quantidade de que dispúnhamos era limitada. Assim, não conseguimos implementar todas as funcionalidades desejadas. Para colmatar a falta de portas digitais, utilizámos as portas analógicas do Arduino, para desempenhar as mesmas funções.

No programa de centrifugação não é muito notória a diferença de velocidade aplicada ao motor, dadas as suas características técnicas. Nos restantes programas, tivemos também dificuldades em estabelecer uma diferença visual notória entre as várias velocidades utilizadas,

dado que o a velocidade máxima do motor é baixa (10 a 15 rpm).

Tivemos que ter, também, em atenção o tempo disponível para o projeto, tendo em conta a época de exames e os compromissos pessoais de cada um, que não permitiram o desenvolvimento do projeto para além de dia 9 de julho, apesar da extensão do prazo.

Os menus poderiam ter sido melhorados, caso o display permitisse maior quantidade de informação apresentada simultaneamente. Neste caso, tivemos que optar por uma abordagem mais simplificada dos menus.

Consideramos que o resultado obtido é bastante satisfatório, cumprindo todos os requisitos impostos, fruto do empenho e dedicação de todos os elementos do grupo.

## 8 Esquema elétrico

Apresentamos, de seguida, o esquema elétrico da nossa montagem.

Usámos um código de cores para as diferentes ligações, de forma a facilitar a interpretação do esquema, sendo ele:

- **Preto:** Ligações à terra (GND);
- **Vermelho:** Ligações a 5V;
- **Laranja:** Ligações a 3.3V;
- **Azul:** Ligações a portas analógicas <sup>1</sup>;
- **Verde:** Ligações a portas digitais;

---

<sup>1</sup>Portas A3 e A4 usadas como portas digitais

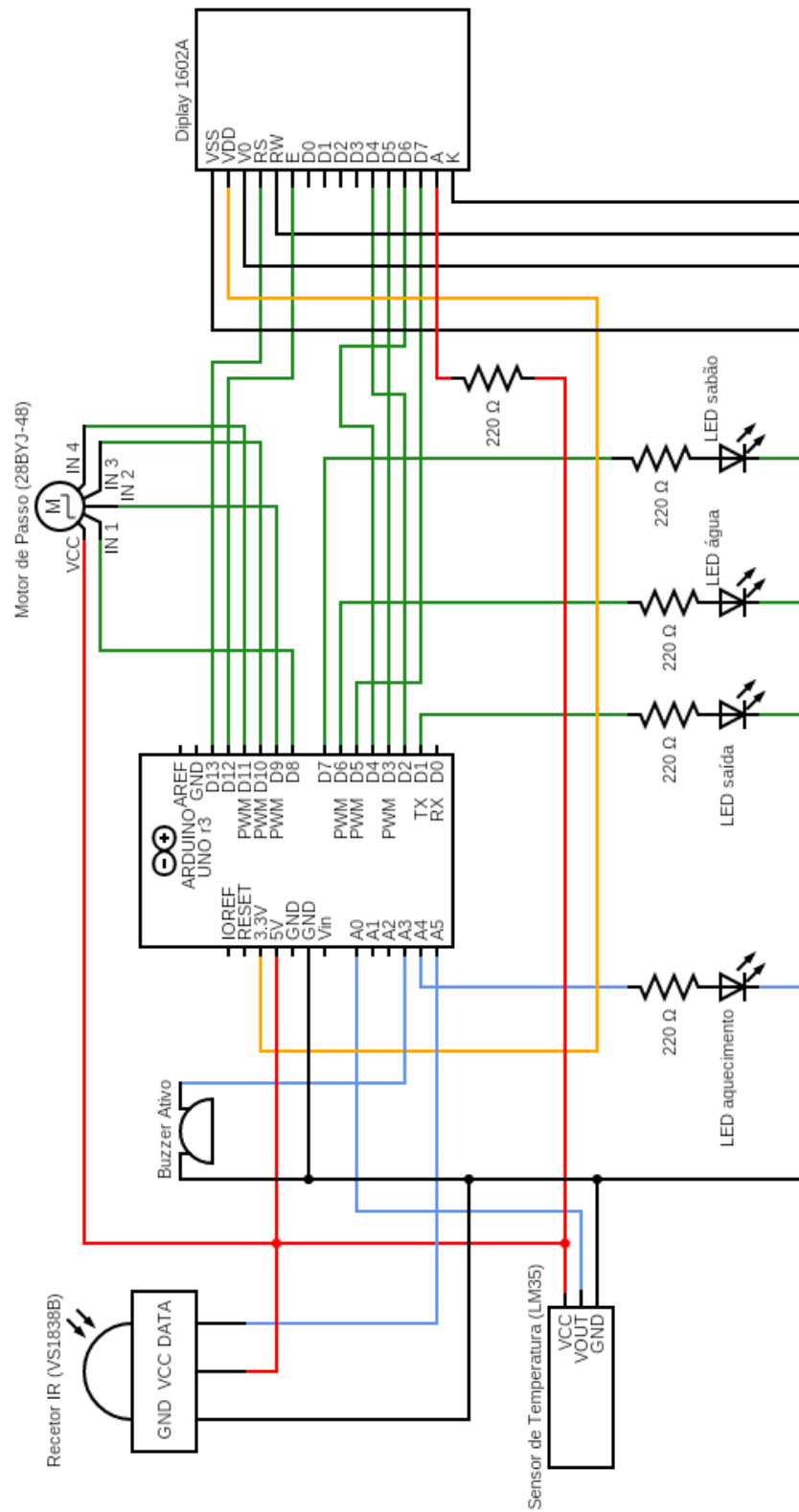


Figura 1: Esquema elétrico da montagem



## Referências

- [1] Moaveni,Saeed; Engineering Fundamentals; CENGAGE Learning
- [2] Hill,Winfield; Horowitz,Paul; The Art Of Electronics; Cambridge University Press
- [3] Materiais da unidade curricular PCI 2020/21
- [4] <https://docs.arduino.cc/>
- [5] <https://forum.arduino.cc/>