

DOP

Distribute Other's Pills

Grupo:

Filipa Martins A91956
João Oliveira A91926
João Silva A91962
José Faria A91969
Mariana Marques A91977
Paulo Oliveira A88550

Orientador

Vítor Monteiro





Siglas

(fazer isto no fim por ordem de surgimento)

ICs – Integrated Circuits

J-K – Jump-Kill

LDR - *Light Dependent Resistor*

Led – *Light emitting diode*

R.P.M – *rotação por minuto*

N.M – *binário*

UC - *unidade curricular*

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	4
1.1 CONCEITO DO PRODUTO	4
1.2 ESTUDO DE IMPACTO EM AMBIENTE SOCIAL	5
1.3 ESPECIFICAÇÕES PREVISTAS	6
1.4 DESENVOLVIMENTO	6
2. DESCRIÇÃO TÉCNICA.....	9
2.1 FUNCIONAMENTO DA PONTE H E LIGAÇÕES DOS MOTORES	9
2.2 LÓGICA DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR DE LINHA.....	10
2.3 LÓGICA DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR DE OBSTÁCULOS	11
2.4 LÓGICA DO FUNCIONAMENTO DO TIMER.....	12
2.4.1 CONFIGURAÇÃO INTERNA DO NE555.....	14
2.5 LÓGICA DO FUNCIONAMENTO DO BOTÃO.....	21
2.6 CIRCUITOS SINALIZADORES/AUXILIARES	22
2.6.1 SINALIZADOR DO ESTADO DA BATERIA.....	22
2.6.2 CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO AUXILIAR.....	23
2.6.3 CIRCUITO DE SINALIZAÇÃO DE MEDICAMENTO	24
2.6.4 CIRCUITOS CONVERSORES DE TENSÃO	25
2.7 CIRCUITO DE CONTROLO PWM	26
3. MÁQUINA DE ESTADOS	28
4. LISTA DE COMPONENTES	30
4.1 COMPONENTES USADOS.....	30
4.2 PREÇO DOS COMPONENTES	32
5. PROCEDIMENTOS DE MONTAGEM	33
6. SEGURANÇA DO PRODUTO	35
7. FIABILIDADE DOS COMPONENTES	36
8. ESTUDO DE CERTIFICAÇÃO DO DOP	37
9. CONCLUSÃO.....	39
9.1 HORAS DE TRABALHO	39
9.1 PLANIFICAÇÃO	39
9.2 CUSTO DO PROTÓTIPO	40
9.3 OTIMIZAÇÕES FUTURAS	40
10. Bibliografia	5

1. Introdução

1.1 Conceito do Produto

DOP - Distribute Other's Pills

Tal como o nome *DOP – Distribute Other's Pills* indica, a finalidade do nosso produto é a distribuição/entrega de medicamentos a pessoas com problemas de locomoção. Este é projetado com base nas horas do dia em que a pessoa tem de ser medicada e só nesse momento é que irá dirigir-se, de forma autónoma, ao utilizador.

O seu percurso será determinado pelo doente e pela sua localização, ou seja, irá começar num dado ponto de origem previamente escolhido e terminará no paciente, sendo isto feito através do seguimento de uma linha no chão de cor branca. Quando a sua função for cumprida irá regressar ao seu ponto de origem revertendo o percurso inicial, sendo que só o fará quando o paciente premir um botão a ordenar a sua deslocação.

O robô terá algo semelhante a uma caixa com divisões (por alturas do dia) e também as informações sobre o momento (hora) a que a pessoa deverá tomar os ditos medicamentos. Deste modo, através do uso de um temporizador, ao chegar à hora do dia determinada o robô ativar-se-á. Existirá também um conjunto de leds ao lado de cada divisão da caixa em que cada um, individualmente, se vai ligar na altura pretendida de modo que o paciente saiba, de forma clara, quais os medicamentos que deve tomar.

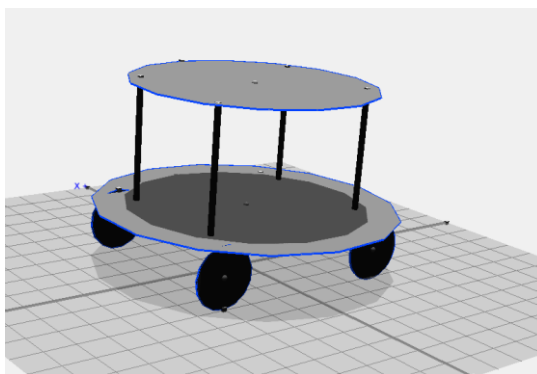


Figura 1- Desenho do Primeiro Protótipo

1.2 Estudo de impacto em ambiente social

Consideramos que o desenvolvimento do nosso projeto poderá vir a ter um elevadíssimo impacto na nossa sociedade, sobretudo, para as pessoas com uma maior idade ou para as que por algum motivo se encontram incapacitadas e acamadas.

Por vezes, esquecemo-nos de tomar os devidos medicamentos às determinadas horas e, por isso, a população, especialmente a mais idosa, terá uma ajuda extra e essencial para tal não acontecer pois o nosso robô irá ter com o indivíduo levando-lhe o medicamento indicado à hora correta.

A inserção de robots em ambientes de cuidados a idosos tem vindo a desenvolver-se a medida que as populações, nomeadamente nos países desenvolvidos, envelhecem. Torna-se quase uma necessidade que colmatar falhas de recursos humanos recorrendo a aparelhos como robots. Isto levanta questões morais como a redução do contacto humano, um aumento do sentimento de objetificação por partes dos mais velhos, redução da privacidade, e aumento de infantilização sentida pela pessoa. Em sentido oposto, há um aumento da independência do idoso, um acompanhamento mais rigoroso e constante sobre a pessoa¹.

Há então uma necessidade de implementar estes aparelhos sobre normas rigorosas, e reduzindo a sua atividade ao mais essencial.

Por conseguinte, pretendemos uma simplificação do processo de entrega de medicamentos o que reduzirá o erro humano presente no mesmo fazendo chegar a medicação ao utente de forma simples, rápida e pontual.

¹ Sharkey, A., & Sharkey, N. (2012). *Granny and the robots: ethical issues in robot care for the elderly*. *Ethics and information technology*, 14(1), 27-40.

1.3 Especificações Previstas

Consideramos que o produto final deste projeto se destinará a compradores particulares e com necessidades mais específicas, dado que cada versão do produto teria de ser personalizada tendo em conta o paciente, em particular pessoas de idade avançada ou com deficiências/doenças que debilitem o utilizador quer em termos físicos (locomoção, entre outros) como psicológicos (por exemplo, amnésia, depressão).

Após uma pesquisa, encontramos produtos no mercado que têm como função ajudar no dia-a-dia dos idosos, porém, também constatámos que não existe nenhum produto no mercado com o nosso conceito, ou seja, que tenha como objetivo e característica a distribuição de medicação aos mesmos.

Assim sendo, acreditamos que o nosso robô será essencial para a vida destas pessoas, uma vez que, uma das dificuldades da população mais idosa é conseguir cumprir os horários de medicação previstos, muitas das vezes por esquecimento.

Pela razão apresentada anteriormente, também cremos ainda que esta possa ser uma ideia inovadora e pioneira no mercado com espaço de manobra para evoluir em termos característicos (adaptando-se ao utilizador).

1.4 Desenvolvimento

Inicialmente, pensamos em conjunto numa estrutura para o robô que permitisse responder às especificações pretendidas (Figura 1).

De seguida, decidimos unanimemente, dividir o grupo por departamentos de trabalho cada um com o objetivo de se especializar numa determinada área.

- Departamento de Desenho: irá focar-se no aprimoramento do desenho do robô e na pesquisa dos materiais mais adequados para a sua construção.
- Departamento de Mecânica: apesar deste departamento trabalhar em conjunto com o anterior vai concentrar-se mais na montagem do robô.
- Departamento de Eletrónica: tem a função de estudar os melhores componentes eletrónicos a ser usados e como estes funcionam, bem como desenvolver os circuitos e testá-los. Dado que este departamento abrange uma área sobre a qual, atualmente, todos temos os mesmos conhecimentos, todos nós iremos contribuir nas montagens e testes dos circuitos.

Todas as decisões continuarão a ser tomadas em grupo e todos os elementos terão conhecimento dos assuntos que dizem respeito ao projeto, dado que a divisão apenas foi feita com o propósito de termos uma maior organização entre todos os elementos e entre as tarefas a serem feitas.

Em cada fase do projeto irão ser feitos diversos testes aos diferentes componentes utilizados.

Em primeiro lugar, serão testados os motores escolhidos (com base no peso e altura da estrutura) para averiguar o seu funcionamento em vazio.

De seguida, procedemos a testar o funcionamento dos motores usando uma ponte H, dado que iremos precisar de saber como variar os valores de tensão fornecidos aos diferentes motores caso o percurso a ser percorrido tenha uma trajetória mais curvilínea.

Paralelamente, também terá de ser testada a componente sensorial do nosso circuito, mais especificamente os sensores de luz LDRs e os sensores ultrassons para a deteção de obstáculos, antes de ser implementada ao restante circuito do robô.

Eventualmente, também terão de ser realizados testes de estabilidade para observar qual resistência do robô a obstáculos. Assim como, testes ao circuito integrado NE555 (como multivibrador astável, ou seja, oscilador). Em seguida, testar o *16-bit counter* e o processamento associado a este. Para terminar esta parte referente ao *clock*, teremos de testar um outro NE555 que irá funcionar no modo monoestável, onde será necessário redimensionar um condensador para que este seja adequado. Este modo depende da entrada *trigger*.

No que diz respeito a esta última tarefa referida, teremos ainda de verificar, experimentalmente, se realmente será necessária, sendo possível este NE555 ser substituído por um circuito RC, no entanto consideramos esta abordagem como um *back-up*.

Para efeitos de finalização do produto, após terem sido feitos testes por partes, tudo será conectado e testado novamente para correção de eventuais falhas.

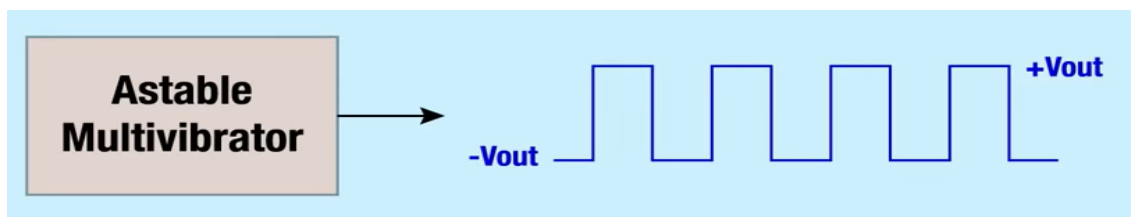


Figura 2 - Modo Multivibrador Astável

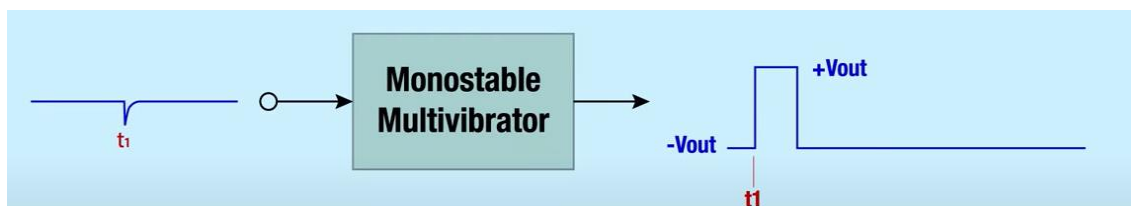


Figura 3 - Modo Multivibrador Monoestável

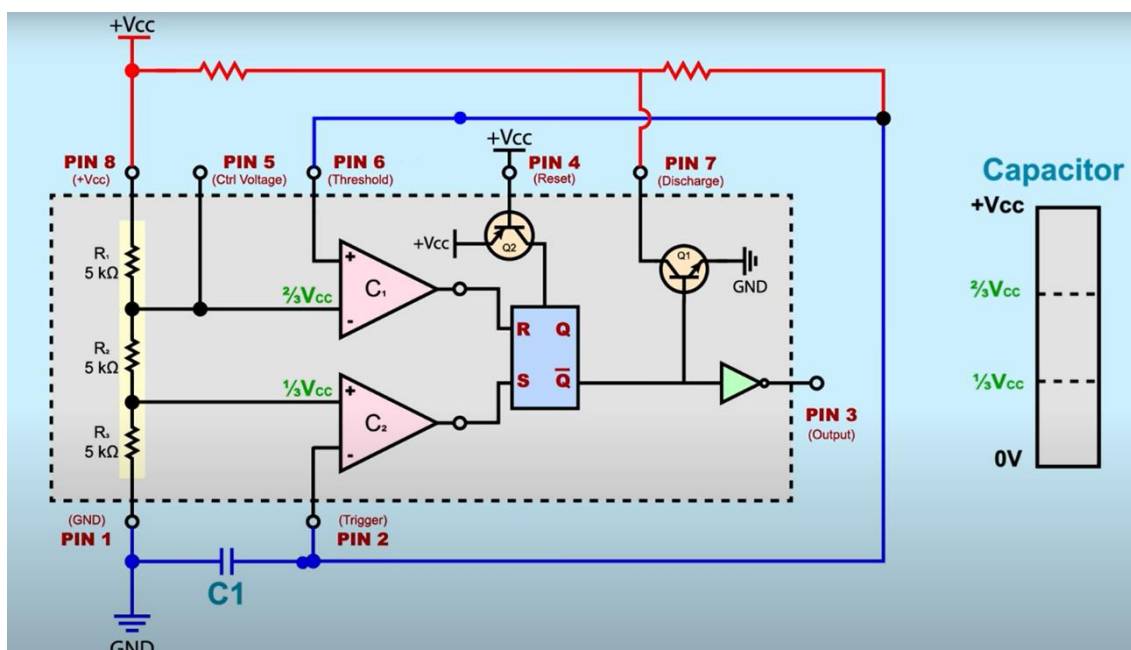


Figura 5 -Exemplo de um Multivibrador Astável

2. Descrição Técnica

2.1 Funcionamento da Ponte H e Ligações dos Motores

Para a movimentação do nosso robô foi definida a utilização de dois motores DC com tensão de funcionamento entre 3 V ~ 6 V.

Para estabelecer a sua ligação, é usada uma Ponte H dupla (L298N), que nos permite o controlo da rotação dos motores, bem como da sua velocidade de uma forma facilitada.

Uma ponte H possui quatro interruptores eletrônicos, que podem ser controlados de forma independente.

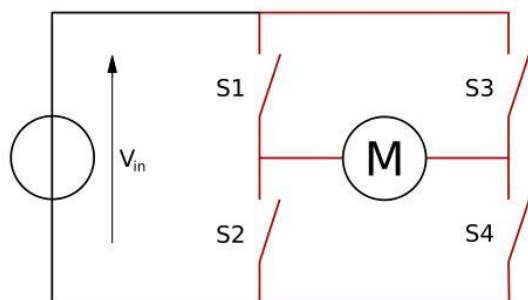


Figura 6 - Esquema de Ligações da Ponte H

S1 e S4	S2 e S3	Estado	Sentido
abertos	abertos	LOW	----
abertos	fechados	HIGH	esquerda
fechados	abertos	HIGH	direita
fechados	fechados	LOW	----

Tabela 1 - Lógica de Funcionamento da Ponte H

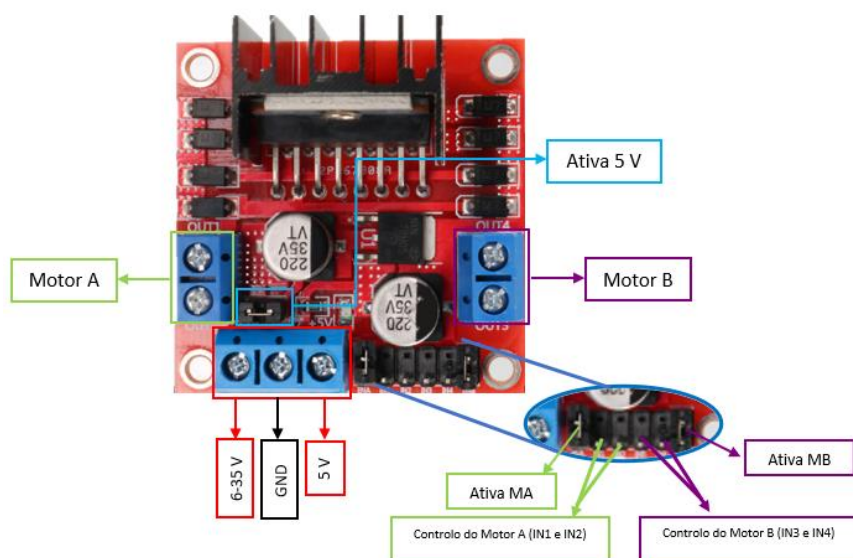


Figura 7 - Esquemático da Ponte H

Ponte H Dupla (L298N)	
Tensão lógica	5 V
Corrente lógica	0 ~ 36 mA
Corrente de Operação Máx.	2 A por canal ou 4 A máx
Potência Máx.	25 W
Peso	30g
Dimensões	43 x 43 x 27 mm

Tabela 2 - Especificações Técnicas Ponte H

Este circuito é solução mais comum e vantajosa para a resolução deste problema devido ao seu baixo custo, fácil montagem e vantagens ao nível do controlo de “PWM”.

Para o controlo do sistema, desenvolvemos duas soluções:

- controlo por “ON-OFF”, onde, com base nas entradas lógicas da máquina de estados, desliga/liga os motores;
- controlo por PWM, onde são utilizados valores de referência para acelerar/ desacelerar os motores.

A fonte de tensão será ligada ao terminal dos 6-35V, e cada um dos motores será ligado aos terminais da esquerda e da direita, de acordo com o indicado na figura X.

Posteriormente, a máquina de estados será conectada aos pinos de controlo.



Figura 8 - Representação do Robô

Motor DC	
Tensão lógica	3 ~ 6 V
Corrente sem carga	≤200mA (6V) ≤150mA (3V)
Redução	1 : 48
Velocidade sem carga	200 r.p.m (6V) 90 r.p.m (3V)
Peso	30g

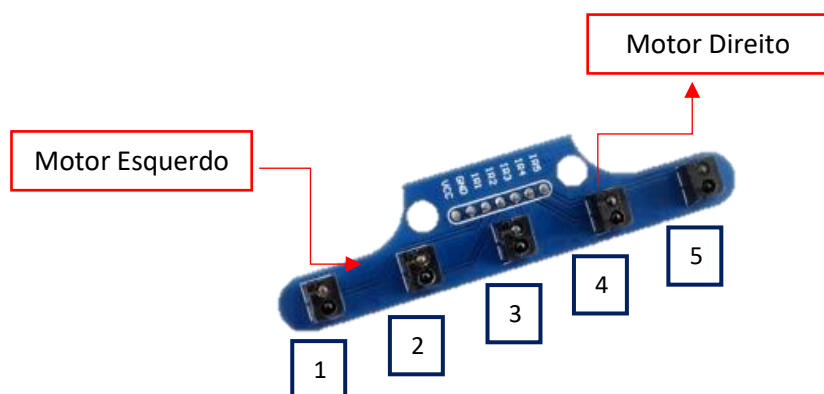
Tabela 3 - Especificações Técnicas do Motor

2.2 Lógica do Funcionamento do Sensor de Linha

O “DOP” realizará o seu caminho “interpretando” valores provenientes deste sensor. Trata-se então de um seguidor de linha com 5 sensores de infravermelhos que funcionam com o emissor a enviar os raios infravermelhos em direção ao chão e, após esses raios refletirem e serem captados pelo recetor, este envia um valor de tensão que será interpretado na máquina de estados. A tensão enviada depende do tipo e tonalidade do meio responsável pela reflexão. A partir do contraste entre preto e branco, da superfície onde o robô se encontra, é possível que o trajeto seja exercido de forma autónoma.

A ligação entre o sensor e o motor torna-se relevante no desenvolvimento deste projeto pois esta sinergia fará o “DOP” realizar curvas ao longo do percurso.

De uma forma sucinta, o sensor 2 (figura 4) controlará o motor esquerdo e o sensor 4 (figura 4) o motor direito. Quando o sensor 4 estiver a detetar a presença de linha branca (estado *HIGH*) e o sensor 2 não a detetar (estado *LOW*), significa que estamos perante uma curva à esquerda, por esse motivo, o motor esquerdo deverá parar enquanto o motor direito continua em funcionamento.



Seguidor de Linha (ITR20001/T)	
Tensão	3.3 ~ 5 V
Espaço de Detecção	16 mm
Alcance de Detecção	1 ~ 5 cm
Dimensões	78 x 18 mm

Tabela 4 - Especificações Técnicas do Seguidor de Linha

Figura 4 - Representação do Sensor de Linha

2.3 Lógica do Funcionamento do Sensor de Obstáculos

Neste módulo de processamento de informação, foram utilizados 8 sensores de obstáculos de infravermelhos, em muito semelhantes aos sensores de linha, e um integrado *SN74HC32N* (4 inputs *NAND gate*).

O potenciómetro existente no módulo vai permitir a calibração do alcance a que pretendemos que seja detetado um obstáculo.

Os sensores são constituídos por emissores e recetores de infravermelhos. Quando os raios refletidos são detetados pelo recetor, o mesmo fica em estado *LOW*, ou seja, todos estes módulos de deteção de obstáculos funcionam por lógica inversa.

Para a gerar o processamento de toda a informação, é utilizado o integrado acima referido.

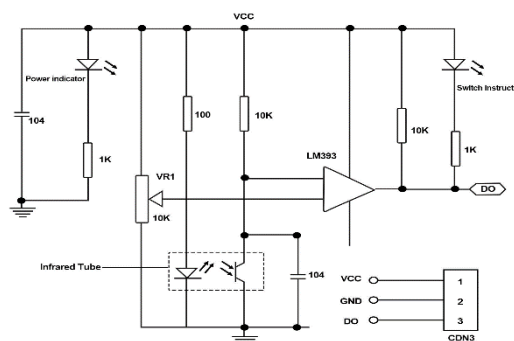


Figura 9 - Módulo do Sensor de Obstáculos

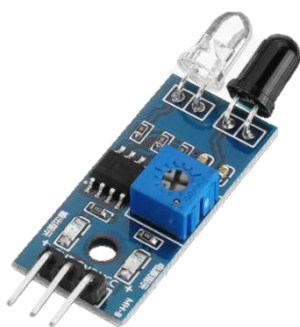


Figura 10 - Representação do Sensor de Obstáculos

Sensor Obstáculos IR	
Tensão	3,5 ~ 5 V
Alcance de Detecção	2 ~ 30 cm
Ângulo de Detecção	35°
Dimensão	3,1 x 1,5 cm

Tabela 5 - Especificações Técnicas Sensor de Obstáculos

2.4 Lógica do Funcionamento do Timer

2.4.1 Lógica de Funcionamento do NE555

Este circuito integrado funciona de diversas formas, podendo servir de timer, oscilador e gerador de pulsos. Tem 3 modos de operação, sendo eles: astável, monoastável e bioestável.

De seguida, vamos explicar como o NE555 nos circuitos em cada um dos modos de funcionamento.

- Modo Astável (Figura 3)

O NE555, neste modo, vai funcionar como oscilador, podendo ser usado para várias aplicações, como por exemplo para gerar *clock*.

Neste modo, o circuito gera uma onda quadrada que automaticamente varia entre duas tensões sem precisar de um sinal de entrada ou *trigger*.

- Modo Monoestável (Figura 4)

Neste modo, o circuito pode ser considerado como *one shot timer*, e só tem um estado de saída.

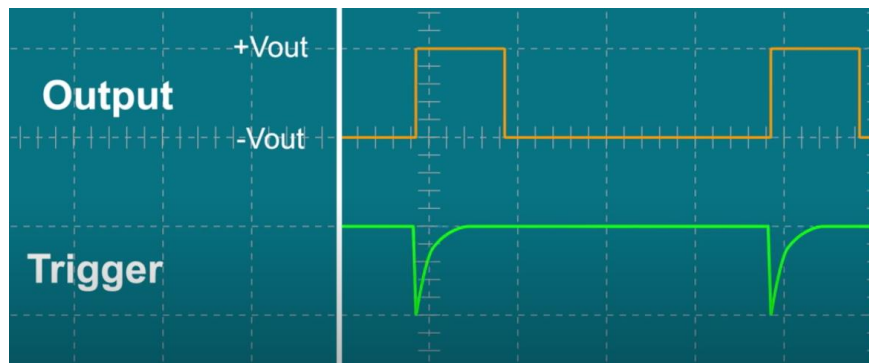


Figura 11 - Gráficos do NE555

Ou seja, o *trigger* vai colocar o sinal de saída em *HIGH* e o sinal vai ficar em *HIGH* por um determinado tempo. Passado esse tempo, vai existir um *RESET* automático para *LOW* e vai ficar *LOW* até ser ativado novamente pelo *trigger*.

- Modo Biestável

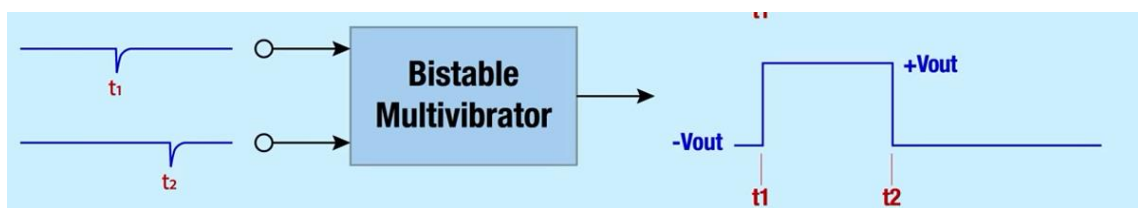


Figura 12 - Modo Multivibrador Biestável

Neste modo, temos duas saídas de estado, controladas por dois *trigger's*.

Um *trigger* vai colocar saída em *HIGH (SET)*, enquanto que o outro *trigger* põe a saída novamente em *LOW (RESET)*.

Este funcionamento explicado acima é de um *flip-flop*, ou seja, o *NE555* no modo biestável, atua como *flip-flop*.

2.4.1 Configuração Interna do NE555

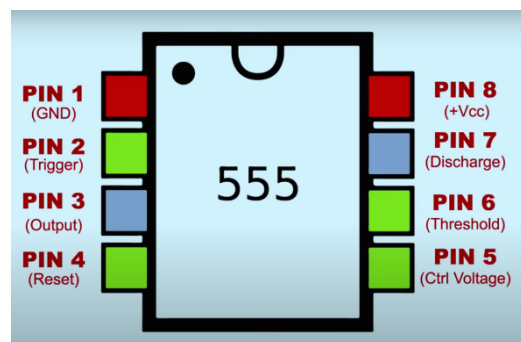


Figura 13 – Configuração de Ligação do NE555

- O pino 1(GND) e o pino 8(+VCC) estão conectados por um divisor de tensão, que conecta ao comparador 1 com uma tensão de $2/3V_{cc}$ e conecta ao comparador 2 com uma tensão de $1/3V_{cc}$.
- O pino 5 controla a tensão, ou seja, pode manipular os $2/3V_{cc}$ que vão para o comparador 1.
- Os pinos 2 (*trigger*) e 6 (*Threshold*), são os segundos inputs dos comparadores que são usados para realizar o SET e RESET do *flip-flop* interno.

Como variar a saída:

- Saída = HIGH - o pino 2 (*trigger*) tem de ter uma tensão inferior a $1/3V_{cc}$ para fazer o SET do *flip-flop* e pôr a saída a HIGH.
- Saída = LOW - o pino 6 (*Threshold*) tem de ter uma tensão superior a $2/3V_{cc}$ para fazer o RESET do *flip-flop* e assim pôr a saída a LOW.

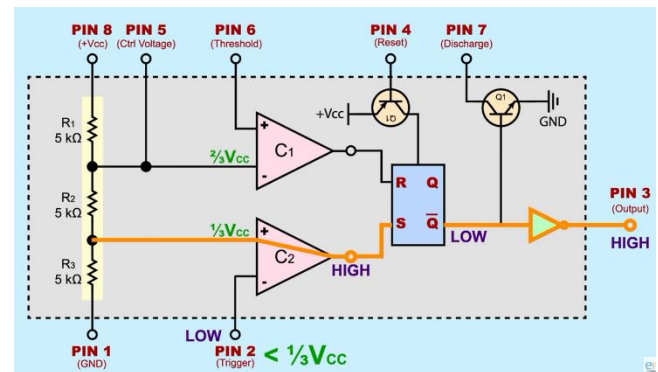


Figura 14 - Variação da Saída com o pino 2

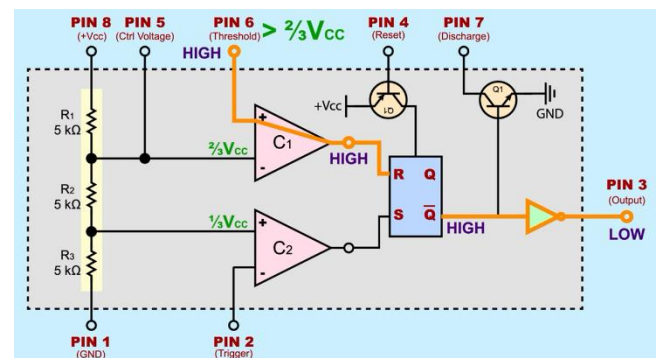


Figura 15 - Variação da Saída com o pino 6

A saída do flip-flop está conectada ao pino 3 (saída) após ser invertida (porta NOT).

Para além desta ligação, a saída do *flip-flop* controla um transistor de descarga que está conectado ao pino 7 (*discharge*).

O pino 4 pode ser utilizado para fazer o RESET do dispositivo. Como é ativado em LOW, o pino 4 é normalmente conectado a Vcc.

Vamos agora explicar sucintamente, em termos de circuito, como o *NE555* funciona nos modos que utilizamos na realização do *timer*.

Modo Monoastável

- A base do transístor está conectada à saída do flip-flop

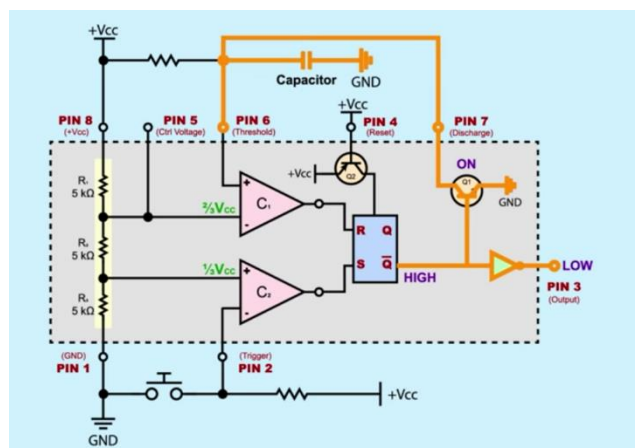


Figura 16 – Demonstração do NE555 com a saída LOW

Quando a saída do *NE555* está em *LOW*, o transístor vai estar *ON*. Isto vai pôr o pino 6 (*threshold*) e o condensador ligados ao *ground* através do transístor.

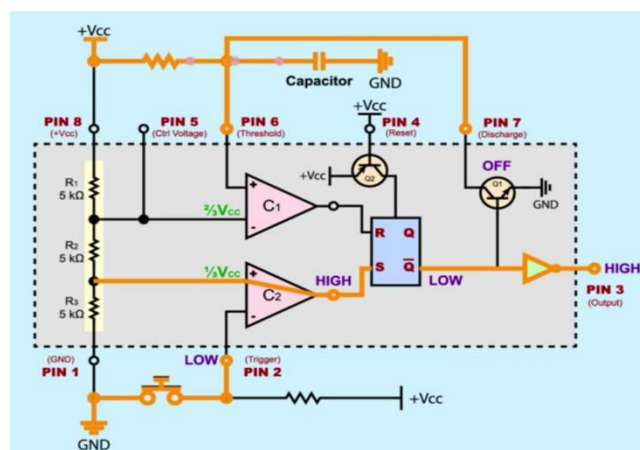


Figura 17 - Demonstração do NE555 com a saída HIGH

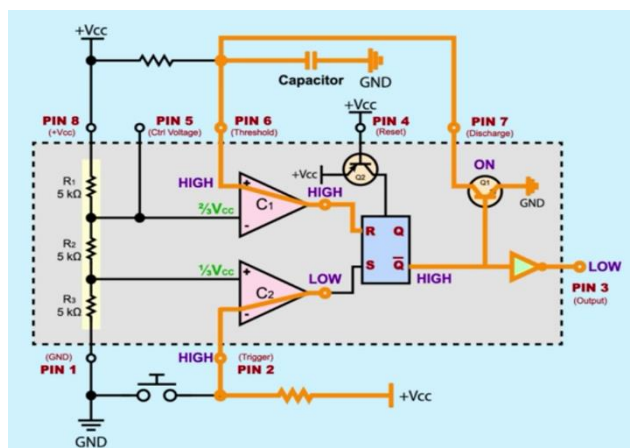
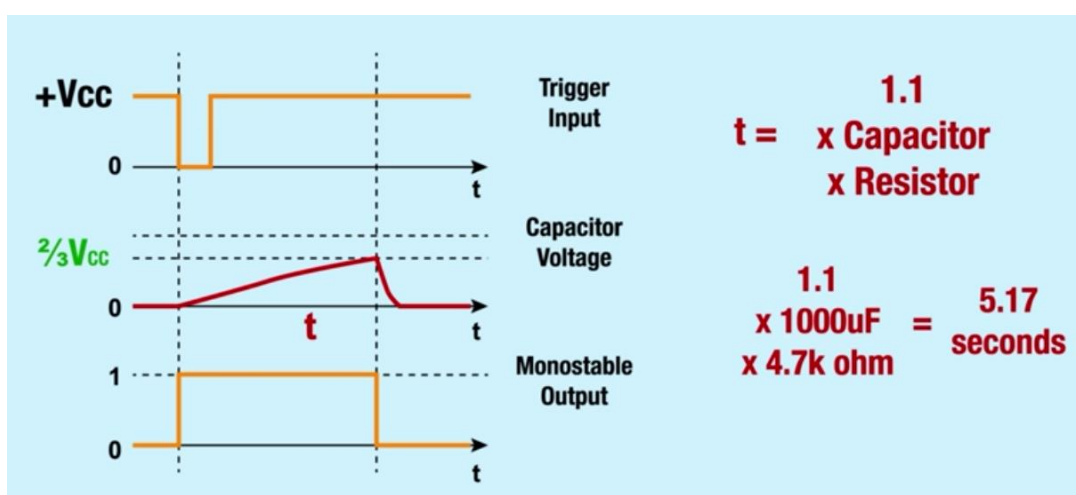


Figura 18 – Consequências do carregamento do condensador

Quando o condensador carrega acima de $2/3V_{cc}$, o comparador 1 fica em *HIGH* e vai fazer o *RESET* do *flip-flop*, fazendo com que a saída do NE555 fique em *LOW*.

Com a saída do *flip-flop* em *HIGH*, o transístor fica em *ON* outra vez, o que vai permitir ao condensador a rápida descarga até zero.

O circuito inteiro volta à posição em que se encontrava no início e vai continuar estável neste estado até o *trigger* voltar a ser alterado. O tempo que o condensador demora a carregar e fazer o *RESET* do circuito pode ser controlado ao trocar os valores da resistência e do condensador.



Valores
Exemplo:
 $R = 4,7 \Omega$
 $C = 1000 \mu F$

Figura 19 - Equação para controlar o tempo

Modo Astável

Como já referimos anteriormente, quando o NE555 funciona neste modo não requer nenhum sinal de entrada e varia de *HIGH* para *LOW* automaticamente, logo não vão existir *Manual de inputs*, tal como botões.

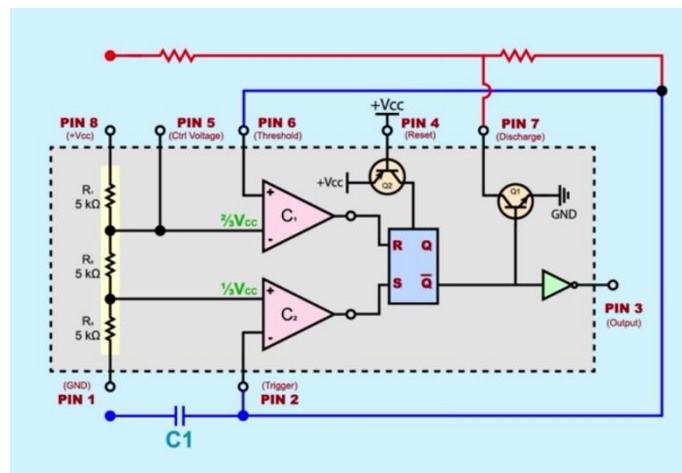


Figura 20 - Configuração Interna do Modo Astável

O pino 2 (*trigger*) e o pino 6 (*threshold*) estão conectados.

O pino 7 (*discharge*) está conectado a *Vcc* por uma resistência, e por uma segunda resistência está conectado ao pino 2 (*trigger*) e ao pino 6 (*threshold*).

Estes três pinos (2,6,7) estão conectados ao *ground* por um condensador.

- Para saída = *HIGH* -> *Trigger* = *LOW*
- Para saída = *LOW* -> *Threshold* = *HIGH*

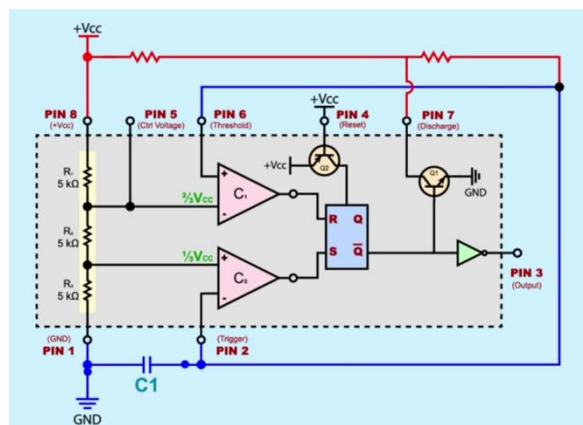


Figura 21 - Conexão dos Pinos

Quando o circuito está conectado a V_{cc} (pino 8) e ao $ground$ (pino 1), os pinos 2 e 6 seguem o caminho da menor resistência e estão conectados em LOW para o $ground$.

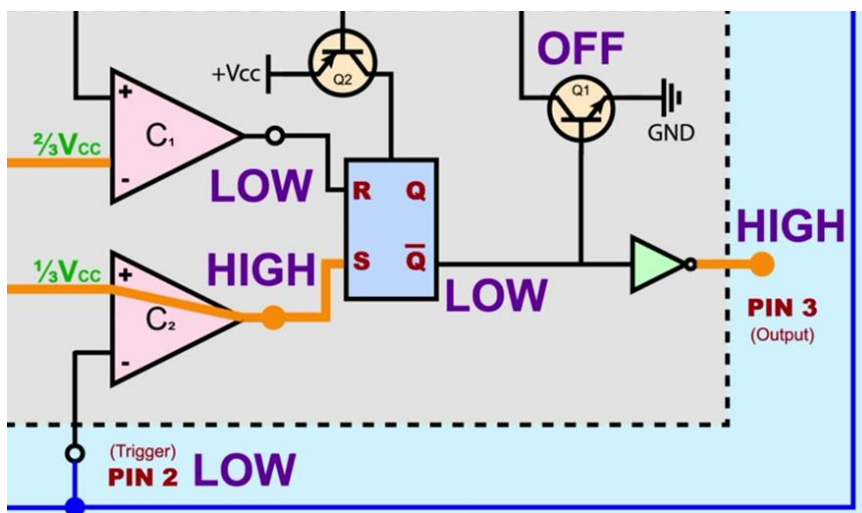


Figura 22 - Saída do NE555 com o SET do flip-flop

Isto vai significar que $RESET = LOW$ e $SET = HIGH$ (flip-flop), logo a saída vai ser $HIGH$.

Como $Q' = LOW$, o transístor vai estar em OFF . A fonte de tensão vai começar a carregar o condensador pelas duas resistências (logo os pinos 2 e 6 vão ter uma tensão igual à do condensador).

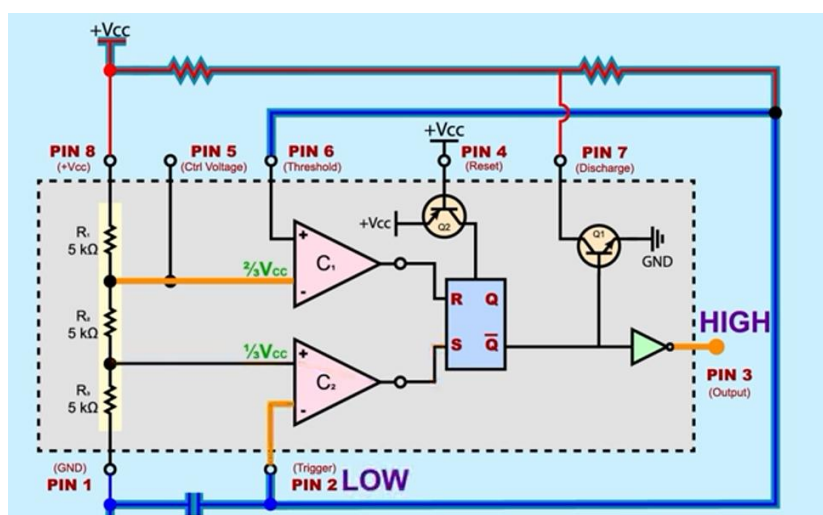


Figura 23- Efeitos do Carregamento do Condensador

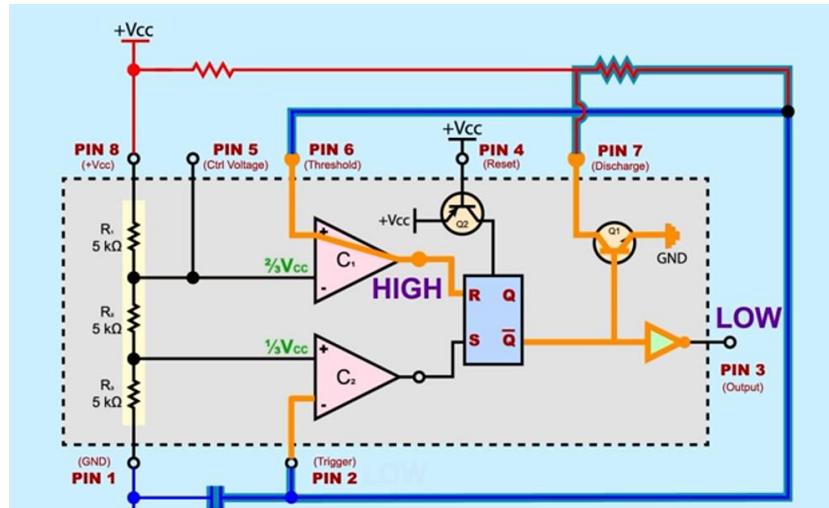


Figura 24- Efeitos do Condensador quando carrega acima de $2/3V_{cc}$

Quando o condensador carrega até mais do que $2/3V_{cc}$, o pino 2 com o *trigger* vai colocar o comparador 1 em *HIGH*, que por sua vez vai fazer o *RESET* no *flip-flop*. O transistor de descarga vai ficar *ON*, permitindo, assim, que o condensador descarregue através dele.

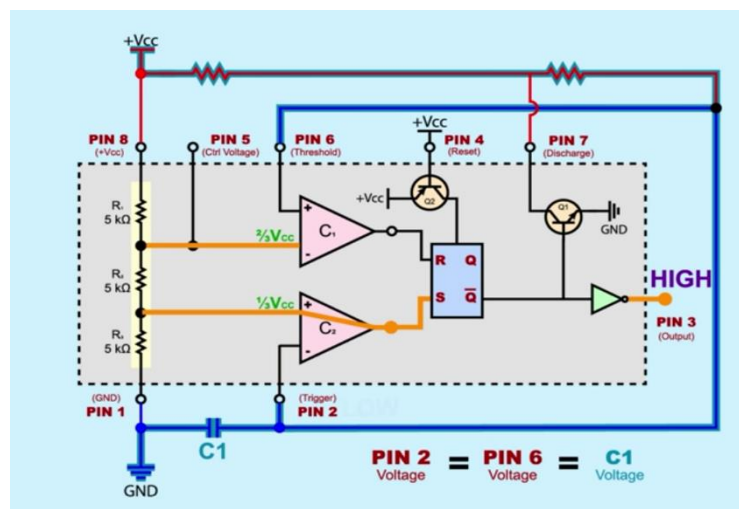


Figura 25 - Efeitos do Condensador quando descarrega abaixo de $1/3V_{cc}$

O condensador vai descarregar até um valor menor do que $1/3V_{cc}$, esta variação vai levar à saída *HIGH* no comparador 2, e vai voltar a fazer o set no *flip-flop*. O transistor vai ficar em *OFF* e o condensador começa a carregar de novo.

O condensador vai continuar a carregar até valores acima de $2/3V_{cc}$ e a descarregar até valores abaixo de $1/3V_{cc}$, esta sequência acontece de forma cíclica.

Esta variação no condensador vai fazer com que a saída do *flip-flop* varie entre *HIGH* e *LOW*.

Após a explicação dos modos em que utilizamos o NE555, citamos agora alguns pormenores técnicos que nos levaram à realização do circuito prático.

Para a realização do timer foi usado um NE555, no modo multivibrador astável com um duty-cycle de 50,8%, e uma frequência de 1.02 Hz.

No circuito abaixo, o condensador tem o valor de 100 μ F e as resistências têm valores de 330 Ω e de 680 k Ω .

Este circuito fornece um sinal de onda quadrada periódica. Esta onda vai entrar num *counter de 12 bits* que consiste em três PC74HCT161P (*counter de 4 bits com carry*). Este primeiro *counter* irá receber a onda quadrada fornecida pelo NE555 como *clock* e o *carry* deste irá ser o *clock* do segundo *counter* e assim em diante, fazendo então um *counter de 12 bits*.

Com este *counter* fazemos um processamento lógico, dado pela figura abaixo, que essencialmente funciona para esperar 6 minutos até mandar um pulso de 1 segundo de 5 volts. No entanto, devido às capacidades dos *counters*, o nosso grupo sentiu a necessidade de criar um circuito para fazer o *RESET* destes mesmos, pois podemos constatar que quando eram ligados, possuíam valores lixo nas saídas.

Para resolvermos este problema, decidimos criar um processamento lógico que envolve um botão de *RESET* e o estado atual do *timer*, representado na figura abaixo.

Posteriormente, com este processamento do *timer* em si feito, obtivemos um pulso à saída de 1 segundo, ou seja, necessitávamos de estender este mesmo. Com este problema, a solução passava pela utilização de outro NE555.

No entanto, ao contrário do primeiro NE555 utilizado, este funciona no modo mono-estável. Ou seja, estende o pulso, para um tempo dependente da resistência e do condensador utilizado. Como o tempo pretendido pelo grupo era de 4 minutos, usámos uma resistência de 2.1 M Ω e um condensador de 100 μ F.

2.6 Lógica de Funcionamento do Botão

Como referido anteriormente na introdução, o nosso robô terá um botão de fácil acesso ao utilizador que irá permitir a “ordem de retirada” (retorno à sua posição inicial).

O circuito para o funcionamento do mesmo irá funcionar com um NE555 no modo monoestável, isto é, como temos um pulso bastante pequeno de largura na escala do tempo vai transformá-lo e estendê-lo. Aumentando assim o tempo que ficará no estado HIGH.

Neste circuito, temos um condensador cerâmico como medida de proteção, dado que são geradas correntes negativas no funcionamento do circuito em si.

Consequentemente, o nosso grupo considerou que seria melhor criar uma forma de proteção.

Tal como no timer, este NE555 tem uma resistência de $2.2\text{ M}\Omega$ e um condensador de 100 nF .

Essencialmente, quando o utilizador carrega no botão, irá ser feita uma ligação momentânea a um *ground*, o que provoca que o condensador irá descarregar durante x tempo, ou seja neste caso 4 minutos.

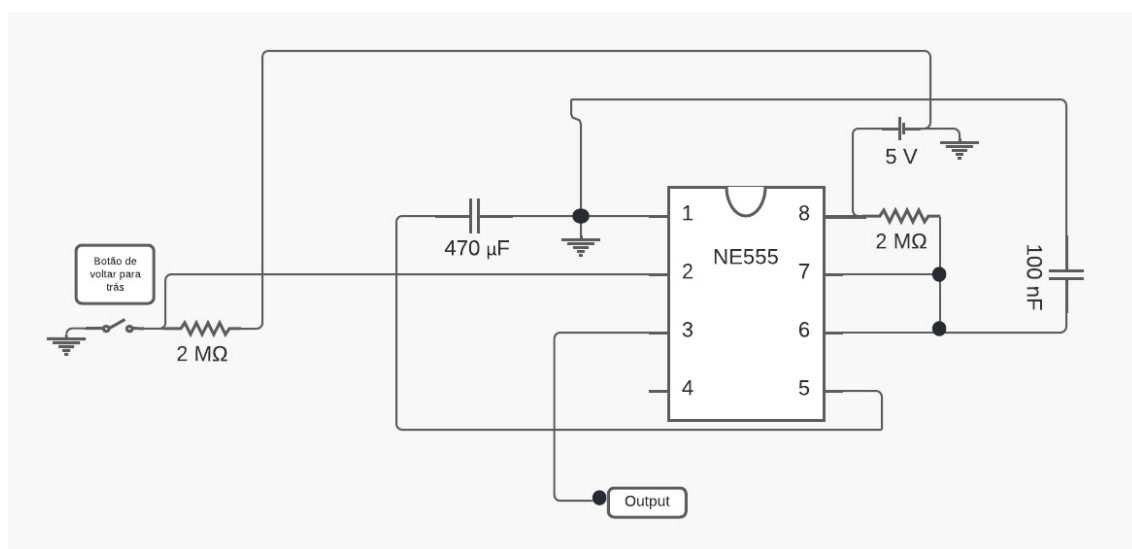


Figura 26 - Diagrama do Circuito do Botão

2.6 Circuitos Sinalizadores/Auxiliares

2.6.1 Sinalizador de estado de bateria

De modo que o utilizador pudesse fazer uma interpretação fácil relativamente ao estado da bateria do produto, desenvolveu-se um sistema capaz de fazer a interação entre sistema/utilizador de uma forma simples.

O sinalizador passa por a apresentação de três *leds* ao utilizador: um vermelho, um amarelo e outro verde.

O circuito é então constituído por um conjunto de díodos, resistências e leds em paralelo com a bateria:

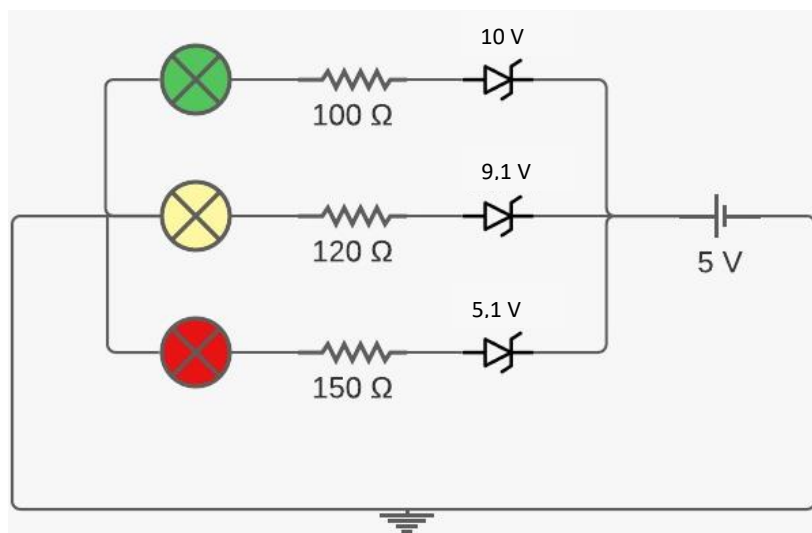


Figura 27 - Circuito do Estado da Bateria

Ou seja, no caso de a bateria estar em perfeitas condições, os 3 leds estão ligados. Quando a bateria começa a descarregar, a luz verde apaga e é recomendado recarregá-la. No momento em que sobrar apenas a luz vermelha, será estritamente necessário recarregar a bateria do sistema pois a integridade do produto estará a ser posta em causa.

2.6.2 Circuito de iluminação auxiliar

Os sensores de linha são instrumentos sensíveis à luminosidade do local onde está inserido, por isso surgiu a necessidade de desenvolver um pequeno circuito de iluminação de forma a colmatar uma possível iluminação do local de operação do produto.

O circuito passa por 4 leds de alto brilho ligados em paralelo com a bateria:

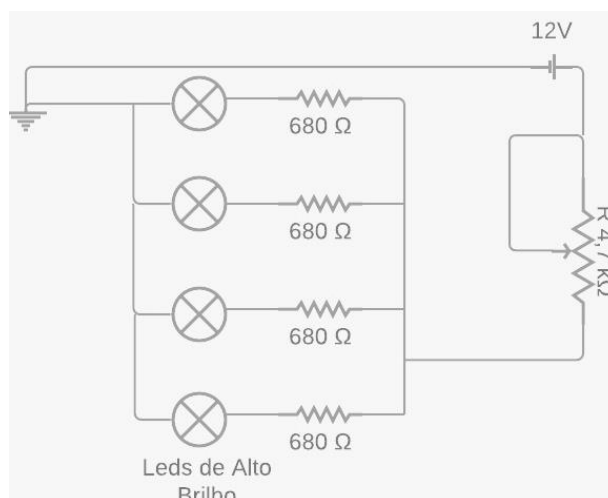


Figura 28 - Circuito de Iluminação Auxiliar

2.6.3 Circuito de sinalização de medicamento

O objetivo deste circuito é tornar mais claro e intuitivo ao utilizador quais são os medicamentos que deve ingerir consoante o período do dia em que se encontra.

Assumindo que existiriam quatro alturas essenciais do dia (sendo estas: manhã, almoço, tarde e noite), em que o paciente teria de ser medicado, este circuito irá detetar qual é o momento do dia correspondente e consequentemente um *led* irá acender-se junto do compartimento que terá os medicamentos correspondentes.

Para a concretização deste circuito, constatámos que seria necessário usar o *output* do circuito do *timer* (mencionado anteriormente). Assim sendo, para contabilizar os quatro pulsos (sendo que a representação do número 4 em binário é 1 1) precisamos de um *counter de 2 bits*. Após várias pesquisas, deparámo-nos com o facto de não existirem *ICs* com este propósito. Consequentemente, decidimos criar o nosso próprio *counter de 2 bits*.

Para a sua conceção foram usados *flip-flops J-K* montados de acordo com a figura 29. Para além deste *counter*, ainda foi utilizado um *demux 74139* cujo *output* é determinado por dois inputs seleccionadores (A e B). Esta foi a solução encontrada para a seleção individual dos *leds*.

Em cada saída temos uma resistência e um *led* colorido (para cada output um led de cor diferente) para indicar quais os medicamentos a tomar.

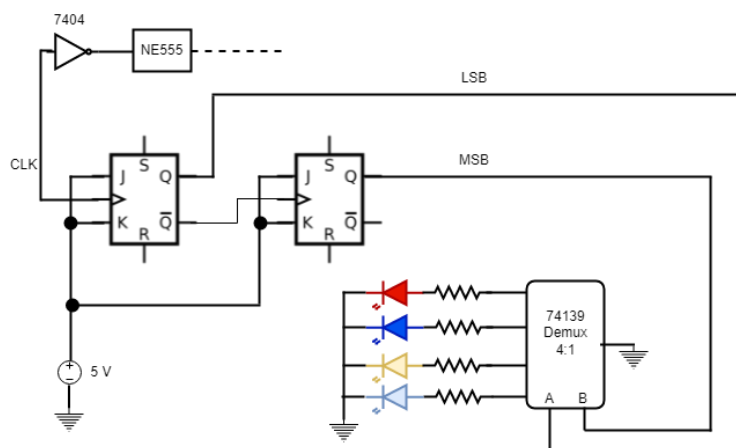


Figura 29 - Circuito de Sinalização dos Medicamentos

2.6.4 Circuitos Conversores de Tensão

De forma a satisfazer a necessidade de diferentes tensões de alimentação, são utilizados 2 módulos de conversões de tensões. Um conversor de 12 V para 6 V, e outro de 6 V para 5 V.

Os mesmos estão dimensionados através de uma resistência variável que permite o ajuste da tensão de saída, sendo que esta nunca pode ser maior que a tensão de entrada.

De modo a minimizar a potência dissipada por parte do sistema, o conversor de 6 V para 5 V está em série com o outro conversor.

De referir que o conversor 12V/6V é utilizado na alimentação da Ponte H e motores, enquanto o conversor 6V/5V serve para a alimentação de todos os circuitos lógicos presentes no sistema.

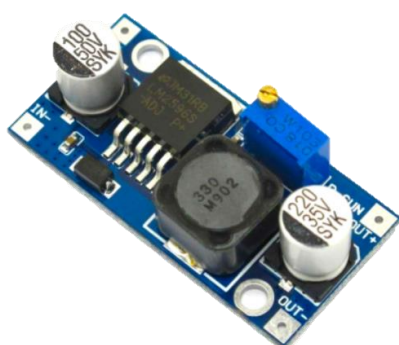


Figura 29 - Módulo do Step-Down Regulável

Step-Down Regulável (LM2596)	
Tensão Input	3,2 ~ 40 V
Tensão Output	1,5 ~ 35 V
Corrente	2 A (nominal) 3 A (máxima)
Eficiência de Conversão	Até 92 %
Dimensões	46 x 22 mm

Tabela 6 - Especificações Técnica Step-Down Regulável

2.7 Circuito de Controlo PWM

Este está dividido em dois circuitos simples (figura 30).

O circuito da figura (circuito mais pequeno). Este tem a funcionalidade de transformar um impulso numa onda quadrada pois precisamos desta para a continuação do circuito. Neste caso a amplitude da onda pode variar entre 0V ~ 3V.

O circuito da figura 30, gera um pulso entre 0V ~ 3V dependendo dos ajustes que forem feitos nos dois potenciómetros.

Este circuito funciona da seguinte forma:

O potenciómetro B limita até que voltagem consegue ir o potenciómetro A. Em seguimento conseguimos concluir que o potenciómetro A varia o intervalo de valores que o potenciómetro B deixa passar, logo esse é o regulador de sensibilidade, pois limita a gama de valores que consegue obter na saída.

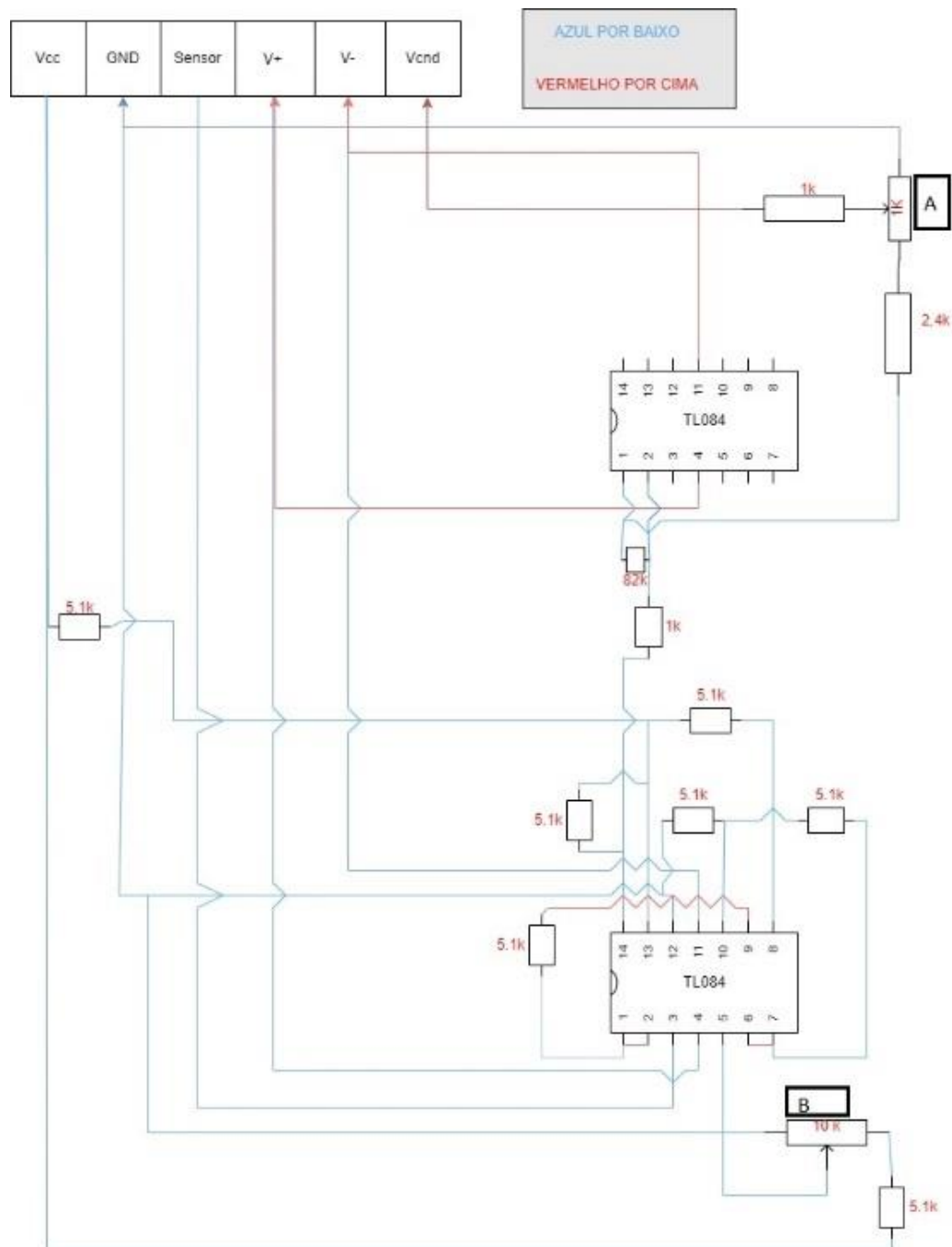


Figura 30 - Circuito de controlo de Sensibilidade com PWM

3. Máquina de estados

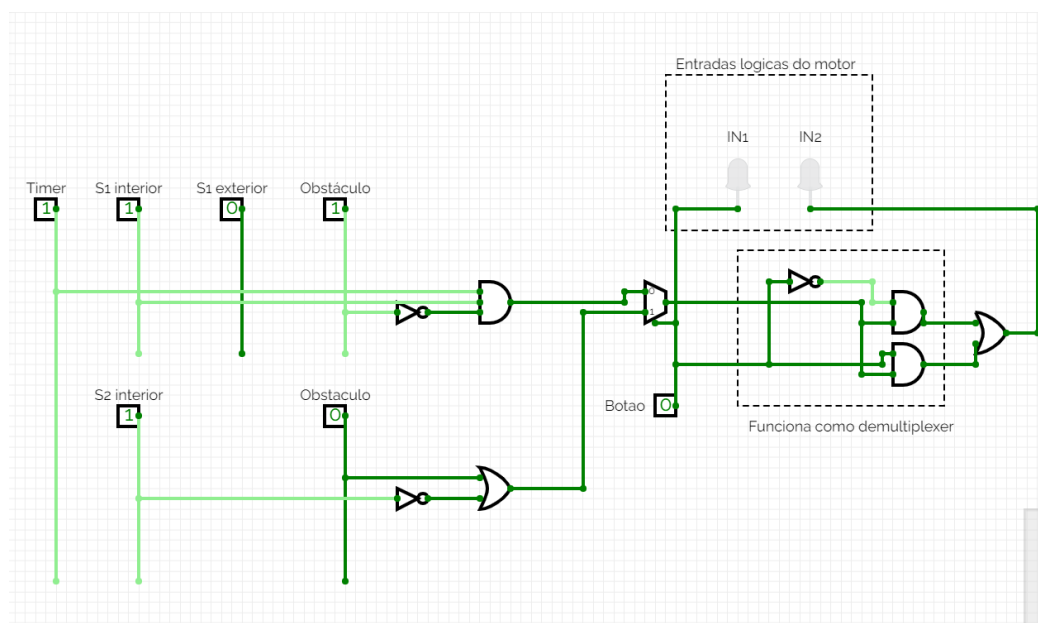
Todo o processamento lógico necessário para o correto funcionamento do “DOP” está inserido numa lógica de máquina de estados. Esta técnica de controlo do sistema foi utilizada pois prevê uma abordagem defensiva e previsível para a resolução do problema.

Numa abordagem inicial, determinaram-se todas as variáveis que entrariam na equação do problema. Definiu-se que o sistema teria 6 variáveis: “*Timer*”, “*Sensor_1*”, “*Obstaculo_1*”, “*Botao*”, “*Sensor_2*”, “*Obstaculo_2*”.

- A variável “*Timer*” representa o pulso de saída proveniente do **subcircuito** que controla quando o robô inicia o percurso;
- O “*Sensor_1*” representa a informação recebida pelo sensor de linha utilizado e caracteriza um fator determinante para manter o sistema dentro do percurso definido;
- O “*Obstaculo_1*” fornece informação ao sistema caso um objeto se achesse no caminho do “DOP”, esta variável envia a informação de que está a *LOW* e o sistema irá parar;
- A variável “*Botao_1*” representa a informação recebida pelo **subcircuito** do botão e é de esperar que, quando a mesma se encontra num estado *LOW* as variáveis que afetam os *outputs* do sistema sejam as referidas anteriormente. Quando a mesma se encontrar *HIGH*, as variáveis são “*Sensor_2*” e “*Obstaculo_2*” (cujo funcionamento se iguala ao do “*Sensor_1*” e “*Obstaculo_1*”) e determinam o *output* do sistema.

Maquina de estados para andar para a frente						Maquina de estados para andar para trás					
T	S1 interior	S1 exterior	Obstaculo	Out		T	S1 interior	S1 exterior	Obstaculo	Out	
0	0	0	0	0		0	0	0	0	1	
0	0	0	0	1		0	0	0	1	1	
0	0	1	0	0		0	0	1	0	1	
0	0	1	1	1		0	0	1	1	1	
0	1	0	0	0		0	1	0	0	0	
0	1	0	1	0		0	1	0	1	1	
0	1	1	0	0		0	1	1	0	0	
0	1	1	1	1		0	1	1	1	1	
1	0	0	0	0		1	0	0	0	1	
1	0	0	1	0		1	0	0	1	1	
1	0	1	0	0		1	0	1	0	1	
1	0	1	1	1		1	0	1	1	1	
1	1	0	0	0		1	1	0	0	1	
1	1	0	1	0		1	1	0	1	1	
1	1	1	0	0		1	1	1	0	1	
1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	

Com esta informação foi então realizada a projeção da máquina de estados a instalar:



Com os diferentes testes realizados para averiguar as respostas aos diferentes estímulos sobre a máquina de estados, obtivemos resultados satisfatórios e que respondiam às necessidades do projeto.

4. Lista de Componentes

4.1 Componentes Usados

Timer:

Componente	Quant.	Designação
	2	Breadboards
	1	Botão de Pressão
	3	74161
	2	Condensadores de 100µF
	2	NE555
	3	R = 330 Ω R = 680KΩ R = 2.2MΩ
	2	SN74LS04N
	1	SN74F11N
	2	SN74LS21N

Tabela 7 - Componentes do Timer

Circuito de iluminação de alto brilho:




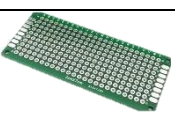
Componente	Quant.	Designação
	4	Leds de alto brilho
	4	P = 4,7 kΩ
	4	R = 680 Ω
	1	Protoboard

Tabela 10 - Componentes do Circuito de Alto Brilho

Circuito de sinalização dos medicamentos:


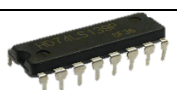



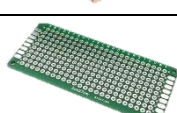
Componente	Quant.	Designação
	1	Breadboard
	1	74139
	1	CD4027BE
	4	Leds
	4	R = 580Ω
	1	Protoboard

Tabela 8 - Componentes do Circuito de Sinalização dos Medicamentos

Máquina de Estados:


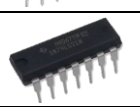

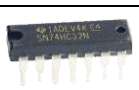
Componente	Quant.	Designação
	2	SN74LS04N
	2	SN74LS21N
	3	74LS08N
	2	SN74HC32N

Tabela 9 - Componentes da Máquina de Estados

PWM:

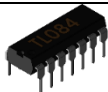









Componente	Quant.	Designação
	2	TL084
	2	R = 1 k Ω
	1	R = 2.4 k Ω
	1	R = 82 k Ω
	8	R = 5.1 k Ω
	3 x 2	5 inputs 1 output
	2	R = 1 k Ω R = 10 k Ω
	1	R = 5.1 k Ω R = 10 k Ω
	1	TL494CN
	2	C = 100 nF

Tabela 11- Componentes do Circuito do PWM

Botão:





Componente	Quant.	Designação
	2	C = 100 μ F C = 100000 pF
	1	Botão
	2	R = 2 M Ω R = 22 k Ω
	1	NE555

Tabela 12 - Componentes do Circuito do Botão

4.2 Preço dos Componentes

Total Gasto:	96,90 €
Total Gasto s/ IVA:	78,78 €

Componente	Preço/Unidade	Preço s/ IVA	Quant.	Total	Total s/ IVA
Motor + Roda	1,90 €	1,54 €	2	3,80 €	3,09 €
Leds Coloridos	0,10 €	0,08 €	6	0,60 €	0,49 €
Leds Brancos de Alto Brilho	0,35 €	0,28 €	4	1,40 €	1,14 €
Potenciômetro 10kΩ	0,15 €	0,12 €	2	0,30 €	0,24 €
Potenciômetro 4,7kΩ	0,15 €	0,12 €	1	0,15 €	0,12 €
Potenciômetro 1kΩ	0,15 €	0,12 €	2	0,30 €	0,24 €
Módulo Sensor de Obstáculos	0,70 €	0,57 €	8	5,60 €	4,55 €
Ponte H Dupla	5,00 €	4,07 €	1	5,00 €	4,07 €
Rodas Loucas	1,00 €	0,81 €	4	4,00 €	3,25 €
74HCT04N	0,15 €	0,12 €	3	0,45 €	0,37 €
74HCT21N	0,15 €	0,12 €	3	0,45 €	0,37 €
SN74HC08N	0,15 €	0,12 €	3	0,45 €	0,37 €
SN74HC32N	0,15 €	0,12 €	2	0,30 €	0,24 €
PC74HCT161P	0,15 €	0,12 €	3	0,45 €	0,37 €
SN74AS11N	0,15 €	0,12 €	1	0,15 €	0,12 €
SN74LS139AJ	0,15 €	0,12 €	1	0,15 €	0,12 €
TL084CN	0,15 €	0,12 €	4	0,60 €	0,49 €
TL494CN	0,80 €	0,65 €	2	1,60 €	1,30 €
NE555	0,10 €	0,08 €	2	0,20 €	0,16 €
7416	0,15 €	0,12 €	3	0,45 €	0,37 €
CD4027	1,00 €	0,81 €	1	1,00 €	0,81 €
Botão de Pressão	0,20 €	0,16 €	3	0,60 €	0,49 €
Sensor de Linha	6,50 €	5,28 €	2	13,00 €	10,57 €
Step-Down Regulável LM2596	3,90 €	3,17 €	2	7,80 €	6,34 €
Protoboards	1,00 €	0,81 €	7	7,00 €	5,69 €
Ligadores	0,20 €	0,16 €	13	2,60 €	2,11 €
Estrutura Inferior em Madeira	14,00 €	11,38 €	1	14,00 €	11,38 €
Díodo Zener 5,1V	0,36 €	0,29 €	1	0,36 €	0,29 €
Díodo Zener 9,1V	0,36 €	0,29 €	1	0,36 €	0,29 €
Díodo Zener 10V	0,36 €	0,29 €	1	0,36 €	0,29 €
Bateria 12V	20,00 €	16,26 €	1	20,00 €	16,26 €
Socket 14 pinos	0,23 €	0,19 €	4	0,92 €	0,75 €
Socket 18 pinos	0,35 €	0,28 €	2	0,70 €	0,57 €
Condensador 100μF	0,10 €	0,08 €	1	0,10 €	0,08 €
Condensador 100nF	0,15 €	0,12 €	4	0,60 €	0,49 €
Resistências	0,01 €	0,01 €	30	0,30 €	0,24 €
Botão de Pressão	0,80 €	0,65 €	1	0,80 €	0,65 €

Tabela 13- Tabela de Gastos

5. Procedimentos de Montagem

De modo a obter uma correta disposição de todo o processamento lógico do produto, bateria e sensores no produto, delineamos a seguinte *guideline*:

- Obter toda a estrutura que alberga os componentes com as devidas perfurações já realizadas;
- Realizar a montagem do circuito da máquina de estados:

Este passo engloba o correto funcionamento dos circuitos integrados, que todas as alimentações estão corretamente realizadas, todos os fios estão capazes de operar.

Antes da instalação no devido local, testar que as saídas lógicas da mesma corresponde as pretendidas recorrendo a instrumentos em capazes do mesmo; (*exemplo: Digital-Lab, osciloscópio*)

- Ligar as entradas lógicas da máquina de estados aos pinos correspondentes na Ponte H.
Verificar que os motores se encontram em funcionamento.
- Instalar a máquina de estados num dos cantos da estrutura.
- Realizar a montagem do circuito do *Timer*. Verificar que todos os tempos de ativação corresponde aos pretendidos pelo consumidor;
- Instalar este circuito no lado oposto ao da máquina de estados e ligar a saída lógica no local correspondente na máquina de estados;
- Instalar o sensor de linha na parte de baixo da estrutura e fazer as devidas ligações de alimentação e de saídas lógicas a máquina de estados;
- Calibrar os 8 sensores de obstáculos para detetarem obstáculos a mesma distância;
- Instalar os mesmos nos vértices da estrutura de modo que os emissores e recetores estejam de frente para o caminho a realizar;
- Fazer a ligação ao circuito lógico do output do circuito lógico dos sensores de obstáculo;
- Calibração dos módulos de controlo por PWM com base nos detalhes especificados pelo consumidor;

- Testar todos os circuitos já instalados recorrendo a uma fonte de alimentação auxiliar e verificar o correto funcionamento dos circuitos com os motores em vazio;
- Instalação dos módulos de controlo por PWM na estrutura e realizar o mesmo teste que anteriormente;
- Calibração dos módulos de conversão de tensão para as especificações referidas;
- Se os resultados forem satisfatórios, instalar os módulos de conversão de tensão e realizar novo teste com a fonte de alimentação auxiliar;
- Verificação do estado da bateria;
- Instalar a bateria no centro da estrutura de forma a uniformizar o peso pela mesma;
- Fazer a ligação da bateria ao restante circuito;
- Realizar os testes necessários para a verificação do correto funcionamento do produto.

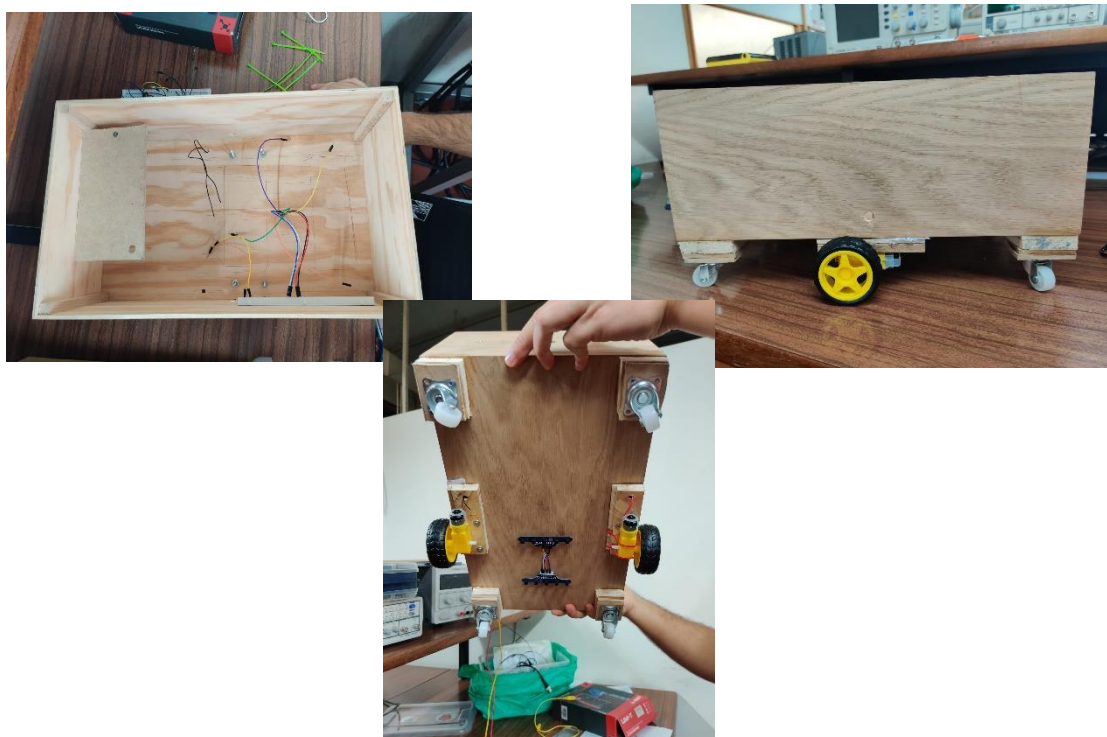


Figura 32 - Fotos de Partes do Protótipo

7. Segurança do Produto

O aparelho não deve ser mergulhado em água ou qualquer outro líquido. Quando houver necessidade de limpar, a limpeza deverá ser feita usando um pano seco.

As crianças devem ser vigiadas para garantir que não brincam com o aparelho.

Se o aparelho for utilizado para outros fins que não os previstos, por outras palavras, se não for manuseado em conformidade com o manual de instruções, o utilizador assume todas as responsabilidades pelas consequências. Quaisquer danos causados ao produto ou outros objetos não estão abrangidos pela garantia.

Se algum dos componentes avariar, nenhum dano será causado aos seus utilizadores.

Contactar o fabricante em caso de mau funcionamento ou atualizações nos horários da medicação.

Este produto encontra-se abrangido pela norma WEEE onde equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE como na Diretiva 2012/19/UE) que não devem ser misturados com lixo doméstico².

² STEVELS, Ab. is the WEEE Directive Ecoefficient?. In: **IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 2003**. IEEE, 2003. p. 7-12.

8. Fiabilidade dos Componentes

O MTBF⁽¹⁾ em conjunto com o MTTR⁽²⁾ representa o tempo necessário para reparar uma avaria, repondo o equipamento num estado totalmente funcional. É dos principais indicadores da disponibilidade e confiabilidade de um equipamento. Quanto mais alto for o MTBF, mais fiável é a máquina em questão.

O nosso produto em termos de fiabilidade, apesar de depender bastante do desgaste sofrido pelos ICs e outros componentes, acreditamos que a longevidade do produto depende muito do desgaste da bateria e dos motores.

Após uma pesquisa nos *datasheets* da maioria dos componentes, não nos foi possível estimar a longevidade dos mesmos. Apenas conseguimos fazer uma previsão do período que levará até ser necessário recarregar a bateria. Sendo que o circuito do *timer* estará em funcionamento o dia inteiro, e necessita de baixas tensões e correntes, estimámos que a bateria dure por volta de 1 ano até haver necessidade de recarregamento.

Também os motores com tempo começarão a sofrer desgaste nos rolamentos e eventualmente terão de ser substituídos ou reparados, podendo estimar um ciclo de vida de 2 anos para os motores

Podemos concluir assim, que numa situação hipotética de o robô nunca ter necessidade de ser reparado, conseguirá manter-se em funcionamento enquanto a bateria assim o permitir.

Para garantir ao cliente que o nosso produto é fiável, existe um conjunto de condições que permitem repará-lo sem qualquer custo adicional:

- Deve ser guardado o comprovativo de compra, para se, porventura, o produto precisar de reparação, poder ser confirmado se este ainda está dentro do prazo de garantia;
- Dentro do prazo de garantia (2 anos a partir da data de aquisição do produto), reparamos gratuitamente o aparelho e substituímos eventuais peças defeituosas, se, e só se, o produto tiver sido utilizado corretamente;
- Não nos responsabilizamos por estragos causados pela má, descuidada e deficiente utilização do aparelho;
- Evidências de abertura da estrutura do robô por parte do utilizador resultarão na revogação da garantia;
- O MTTR deste aparelho é de 15 dias.

⁽¹⁾ MTBF - o tempo que decorre, em média, entre duas avarias num mesmo equipamento

⁽²⁾ MTTR – tempo médio de reparação

9. Estudo de Certificação do DOP

Muitos produtos só podem ser vendidos na União Europeia se forem portadores da marcação CE, que certifica que os produtos foram avaliados pelo fabricante e considerados “ok” em conformidade com os requisitos em matéria de segurança, saúde e proteção do ambiente. A certificação CE é obrigatória para que o produto possa ser comercializado na EU.

A certificação do produto foi criada para proteger os direitos de todos os consumidores e para que o produto se torne mais seguro e de boa qualidade, estabelecendo padrões de segurança face a pessoas, ambiente e bens como por exemplo:

- Segurança na utilização, higiene, saúde e ambiente;
- Segurança em caso de incêndio e fenómenos meteorológicos incontrolláveis.

Para uma utilização segura é aconselhado o manuseamento do produto como é retratado no manual.

Todos os circuitos são encontrados no interior da estrutura, inacessíveis ao utilizador, para garantir a segurança do mesmo e do produto.

No que diz respeito à higiene, os compartimentos onde será guardada a medicação deverão ser limpos com regularidade e precaução, utilizando um pano humedecido.

Para finalizar, de modo a garantir que são cumpridas as normas de segurança ambiental, todos os componentes eletrónicos usados e sem possibilidade de reutilização, com especial atenção à bateria, serão devidamente reciclados pelo fabricante ou por entidades competentes.

Qualquer componente, cuja reparação ou reutilização seja, viável, será reaproveitada, contribuindo assim para a diminuição do lixo eletrónico.

Obedecendo às normas da união europeia, encontra-se na tabela abaixo a simbologia a ter presente neste produto e a sua respetiva definição.







Símbolo	Significado
	Símbolo de marcação CE, certifica a conformidade dos produtos fabricados com os requisitos essenciais aplicáveis
	O produto tem de ser enviado para instalações de recolha separadas para valorização e reciclagem
	Siga instruções de uso
	Adaptado a pacientes acamados e/ou com mobilidade reduzida
	Manter afastado da chuva
	O descarte do produto no meio ambiente pode provocar danos ao ecossistema a curto ou longo prazo

Tabela 14- Tabela de Simbologia

9. Conclusão

9.1 Horas de Trabalho

O nosso grupo ao longo do semestre juntou-se presencialmente ou virtualmente múltiplas vezes para discutir como iria ser feita a divisão de tarefas e manter-nos todos atualizados sobre os progressos do projeto.

Querendo com isto dizer que o trabalho e empenho de todos os elementos no projeto foi bastante equilibrado.

Os imprevistos com que nos deparámos a nível de tempo de trabalho foram, a primeira semana em janeiro, na qual estávamos confinados e impossibilitados de ir aos laboratórios, pois não tivemos forma de testar os circuitos já feitos.

Além deste, na última semana de janeiro metade do nosso grupo teve de ficar em isolamento pois deram positivo ao COVID-19, o que de certa forma levou a atrasos nas montagens e testagens, porém o banco de horas não foi afetado pois estes foram trabalhando na documentação a entregar.

Para finalizar, podemos afirmar que trabalhamos um aproximado de 105 horas no projeto, incluindo tempo gasto em reuniões com o professor.

9.2 Planificação

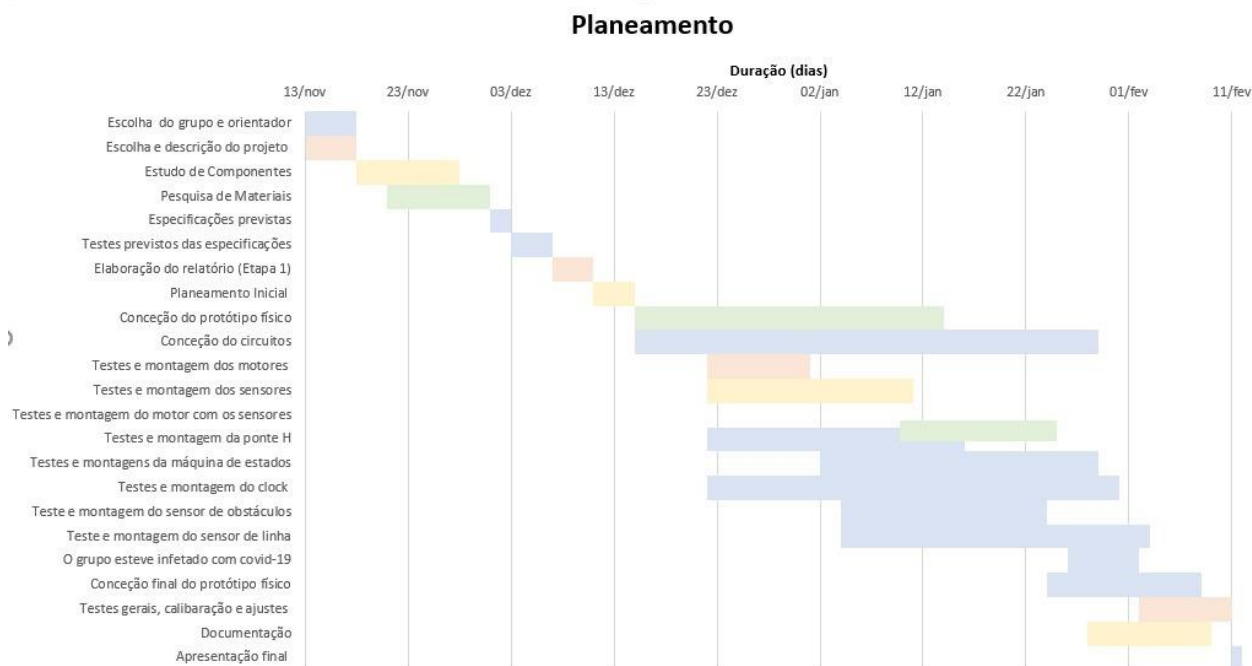


Figura 33 - Planeamento Atualizado

9.3 Custo do Protótipo

Para aferir um custo total para este protótipo é necessário incluir as horas de trabalho despendidas pelo grupo.

Com base no salário médio de um engenheiro recém formado, definimos um valor bruto de 6,5€/h.

Com base num gasto total de aproximadamente 97€ em compras de componentes para a montagem do protótipo, podemos fazer um orçamento de 4100€ como sendo o custo de desenvolvimento completo do projeto.

Dado as características da produção em massa e a globalização do mercado, estimamos que o preço do produto final seja na ordem dos 999.99 €.

9.4 Otimizações Futuras

Dado o enquadramento do produto na UC, há várias limitações nomeadamente na parte tecnológica do mesmo. Todo processamento de informação utilizado caiu em desuso nas últimas décadas, substituído por processamento digital que tornam os sistemas mais capazes, mais compactos e menos custosos para o consumidor.

Upgrades futuros passam pela introdução de microcontroladores capazes de tratar de toda a informação proveniente dos vários sensores do produto.

Pode também ser desenvolvido software de modo a eliminar a necessidade de uma linha de orientação, recorrendo a métodos de programação semelhantes a robots de aspiração autónoma, onde é possível fazer o mapeamento de uma divisão evitando obstáculos na mesma.

Outra pequena otimização passará pela implementação de *PCBs* em substituição das *breadboards* presentes no produto apresentado.

10. Bibliografia

- [1] Administrator. (2015, February 2). *IR (infrared) obstacle detection sensor circuit*. Electronics Hub. <https://www.electronicshub.org/ir-sensor/>
- [2] *Normalização na Europa - requisitos técnicos - normas harmonizadas - marcação CE*. (2015, September 28). Your Europe. https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/standards/standards-in-europe/index_pt.htm
- [3] *O que é Lixo Eletrônico e como reciclá-lo - Iberdrola*. (n.d.). Iberdrola.com. Retrieved February 7, 2022, from <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/que-e-lixo-eletronico>
- [4] Oliveira, S., & Oliveira, S. (2021, February 18). *Ponte H*. PTRobotics. <https://www.ptrobotics.com/blog/post/ponte-h-como-funciona-um-circuito-de-ponte-h.html>
- [5] *Requisitos da UE em matéria de conceção ecológica*. (2015, September 28). Your Europe. https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/compliance/ecodesign/index_pt.htm
- [6] *Significado dos Símbolos* —. (2017, February 26). ADA. <https://ada.pt/symbol-meaning/>
- [7] Thomsen, A. (2013, March 14). *Motor DC com Driver Ponte H L298N*. FilipeFlop. <https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>