

## Capítulo 4 – Montagens Práticas

### 4.1. BREVE DESCRIÇÃO

Durante o período de estágio foi necessário o projecto de circuitos e dispositivos que tornassem possível uma análise a determinados parâmetros dos relés de sinal.

Neste capítulo estarão alguns desses circuitos com a respetiva descrição, esquemas dos circuitos e códigos usados (nos *arduinos*) além dos dispositivos.

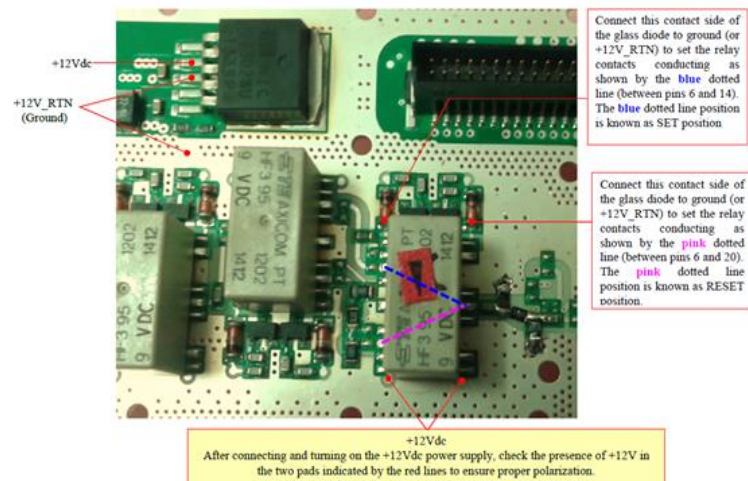
Está contida uma lista resumo dos projectos e investigações realizadas.

### 4.2. TESTE EM RAMPA FEITA AO HF

Já foi referido no capítulo anterior que para operar a bobine aplica-se uma rampa de tensão. O mesmo teve de se fazer ao HF3 95. Foi um relé reclamado que veio soldado na placa de aplicação do cliente. Era necessário saber para que valores de tensão na bobine o relé operava/desoperava. Visto ter sido um pedido feito com urgência e numa altura em que o laboratório estava a ser alvo de obras e com a transferência de equipamentos, teve de se recorrer aos equipamentos que haviam disponíveis.

A rampa de tensão a aplicar na bobine foi realizada recorrendo a um gerador de sinal, a dar o sinal triangular (rampa de set e reset) a um *logo* (programador lógico programável da SIEMENS usado em automação) que colocava a potencia necessária na bobine (o gerador de sinal não dá corrente suficiente). Na Figura 122 está uma imagem do relé reclamado e a descrição de como era feita a sua activação na aplicação em causa.

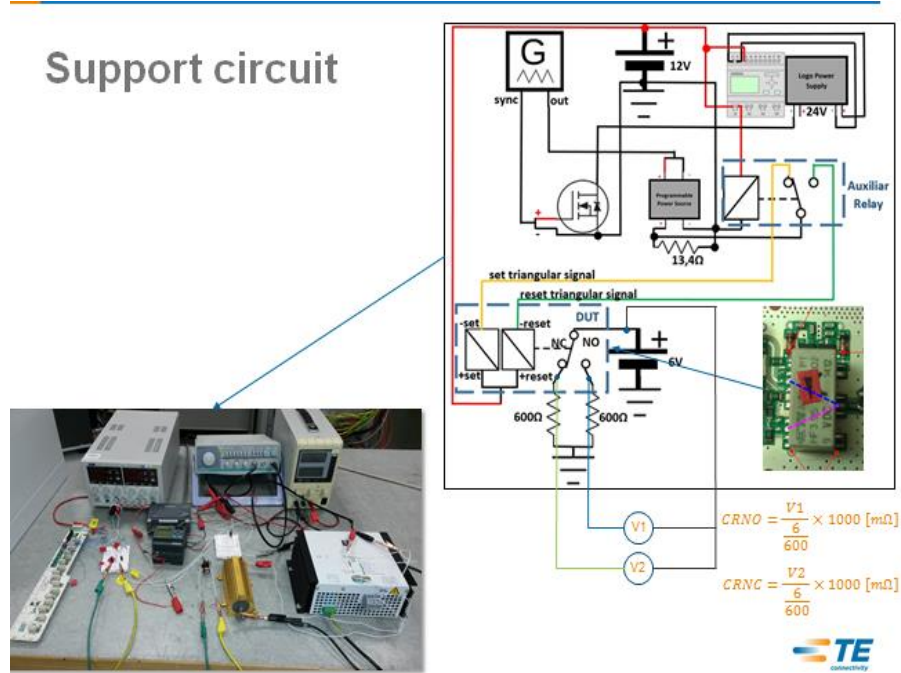
Esta aplicação tinha dois *drivers* com dois transístores e dois díodos a comutar uma bobine para *set* e outra para *reset*, tendo o terminal positivo das bobines comum a ambas e ligando o terminal negativo ao *ground* (terra ou massa) da bobine que se queria ativar.



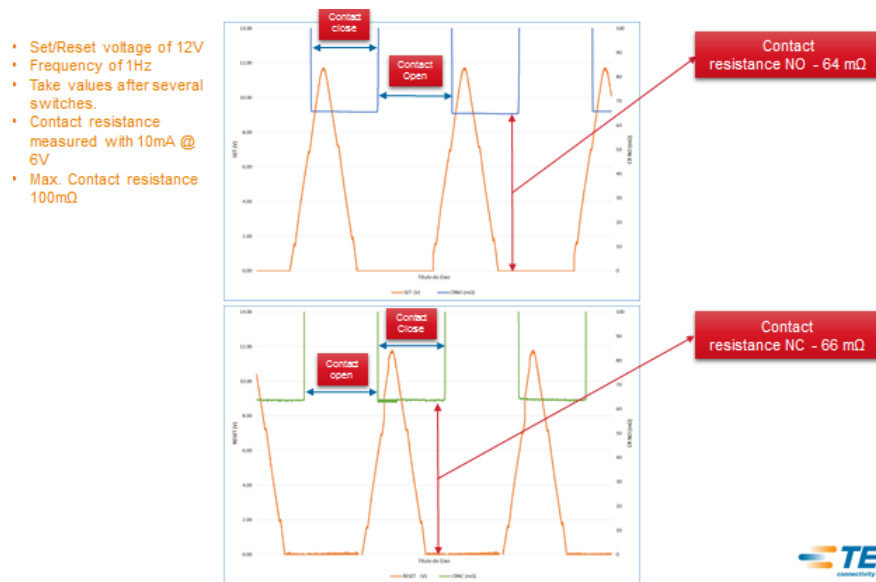
**Figura 122:** Descrição de funcionamento do relé na placa

Na Figura 123 é visível o *setup* montado para a realização do teste, sendo visível na Figura 124 os gráficos obtidos pela análise com o osciloscópio.

O *setup* consistiu em um gerador de sinal ajustado para o sinal de saída em onda triangular para fornecer o sinal ao *logo*. O *logo* dispunha a potencia necessária à ativação da bobine, não alterando o sinal requerido. A função do *mosfet* é assegurar que o sinal para as bobines nunca se cruzava, ou seja, que estes não ligavam em simultâneo. A análise feita aos contactos (abre/fecha), foi realizada aplicando uma tensão de 6 V e uma resistência em série de 600Ohm, de forma a garantir 10mA nos contactos (para evitar efeitos de limpeza). Desta forma se a tensão nos contactos fosse 6V os contactos estavam abertos, se fosse 0 ou muito reduzida (na ordem dos mV) estes estavam fechados.



**Figura 123:** Circuito de teste



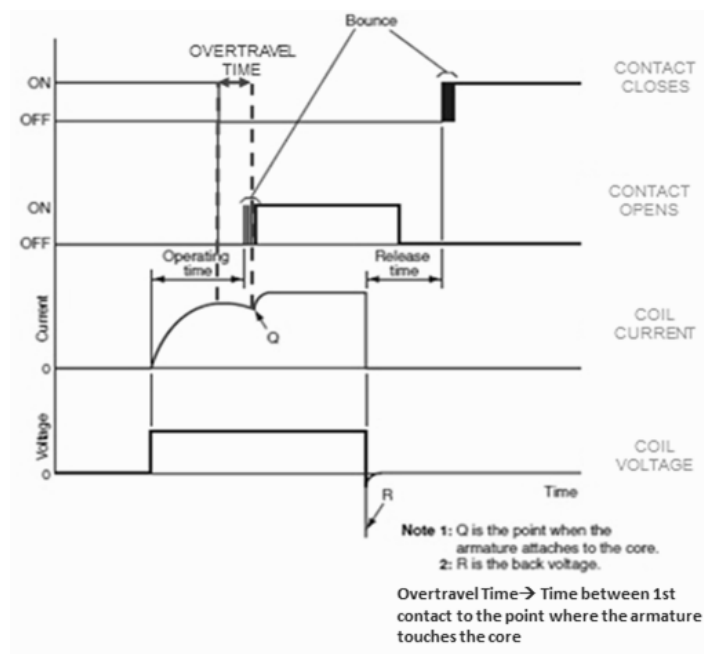
**Figura 124:** Curvas de tensão nos contactos e rampa de operação e desoperação aplicadas em ambas as bobinas

O objetivo do teste foi cumprido, onde foi possível com a ajuda do osciloscópio saber em que valores de tensão o relé operava/desoperava e a resistência de contactos do relé. Verificando-se que o

relé operava e com resistência de contactos abaixo do limite de 100mOhm, 64mOhm no contacto NO e 66mOhm no contacto NC.

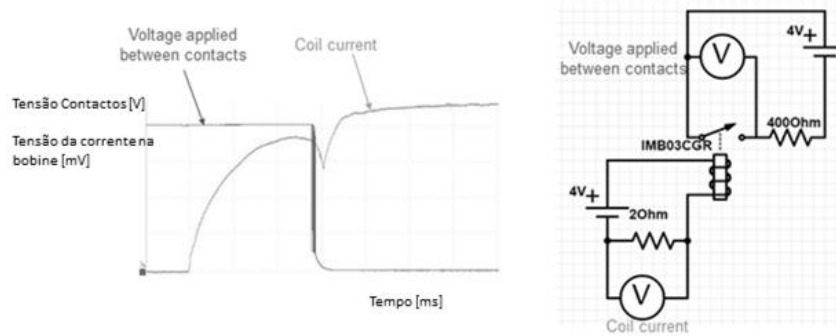
### 4.3. MEDIÇÃO INDIRETA DO SUPERCURSO

Esta montagem foi das mais requisitadas ao longo do período de estágio. Com esta montagem é possível saber o tempo de supercurso dos relés. Olhando para a Figura 125 é possível ver os pontos de importância na medição. É desde o primeiro fecho do contacto até a armadura arrastar (*pull through*), ou seja, ficar encostada ao núcleo.



**Figura 125:** Medição do supercurso

Na Figura 126 pode ver-se o *setup* da montagem e um exemplo do resultado da análise do circuito pelo gráfico obtido com o osciloscópio.



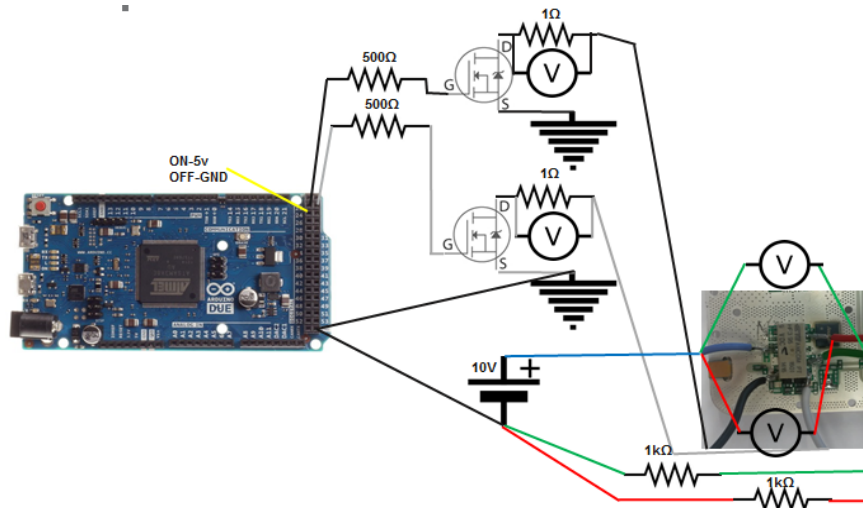
**Figura 126:** Circuito de Teste do supercurso do IMB03CGR

A montagem foi sofrendo alterações, inclusive uma medição mais dinâmica, onde o relé ia comutando com determinada frequência de comutação e as curvas mecânicas teriam de ir sendo gravadas. Um exemplo desta montagem, feita para a análise ao relé HF está visível na Figura 127. A montagem consistia em pulsos gerados pelo *arduino* que ativavam as duas bobinas com determinada frequência e *duty cycle* programável.

O princípio destas montagens é o mesmo: analisar as correntes nas bobinas e a tensão nos contactos. A corrente é determinada pela lei de Ohm, onde é lida a queda de tensão na resistência de 10 Ohm, a escala é de 1:1, 1mV corresponde a 1mA, tornando desta forma mais fácil a análise.

Os contactos são lidos da mesma forma já referida anteriormente, ou seja, aplicando uma tensão e uma resistência em série, garantindo assim que nos contactos não há efeitos de limpeza.

Desta forma se a tensão nos contactos for a tensão da fonte, os contactos estão abertos, se for 0 ou poucas dezenas de mV estes encontram-se fechados.



**Figura 127:** Circuito de medição de supercurso do HF3 95

O código do *arduino* é bastante simples e é visível na Figura 128 o seu código. É um código baseado num dos códigos exemplo que vêm juntamente com o *software* do *arduino*, o *Blink.io*, este consistia em ligar e desligar um led durante 1 segundo. Com algumas mudanças obteve-se o código da Figura 128.

```
int coil_1 = 22;
int coil_2 = 23;
int start = 24;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(coil_1, OUTPUT);
  pinMode(coil_2, OUTPUT);
  pinMode(start, INPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {

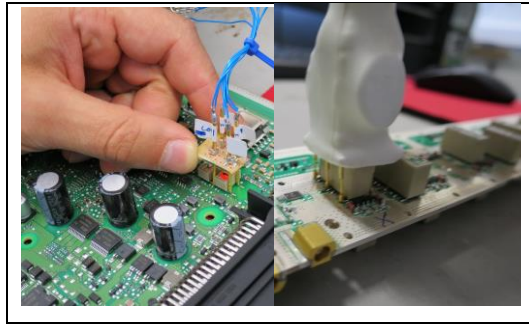
  if(digitalRead(start)==HIGH)
  {
    digitalWrite(coil_1, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage leve
    digitalWrite(coil_2, LOW); // turn the LED off by making the voltage L
    delay(1000); // wait for a second
    digitalWrite(coil_2, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage leve
    digitalWrite(coil_1, LOW); // turn the LED off by making the voltage L
    delay(1000); // wait for a second
  }
  else if(digitalRead(start)==LOW)
  {
    digitalWrite(coil_1, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
    digitalWrite(coil_2, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
    delay(1000); // wait for a second
  }
}
```

Figura 128: Código para medição do supercurso usando o *arduino*.

#### 4.4. DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO

Para realizar a medição em placas foi necessário desenvolver um dispositivo de medição que conseguisse medir o relé soldado em placa, o que até então não era possível. Esta necessidade prende-se com o fato de que ao retirar o relé da placa alteram-se as condições em que está (stresses), além do aquecimento, possíveis vibrações e tensões causadas pelo dessoldar do relé.

A análise de supercurso era assim possível, além da capacidade de medir o relé com o RT290. Com o dispositivo passou a ser possível medir vários parâmetros do relé num curto espaço de tempo. Um exemplo destes dispositivos está na Figura 129 onde é possível ver dois destes dispositivos, o da esquerda que foi o protótipo e o da direita já uma versão melhorada. Foi um dispositivo desenvolvido em laboratório e que foi rapidamente replicado para ser usado no departamento de qualidade.



**Figura 129:** Dispositivo de medição

As ligações do dispositivo para usar no RT290 ou no REFLEX10M (semelhante ao RT290 mas é portátil) estão na Tabela 21 e na Tabela 22. Foram feitos dois dispositivos, para o relé HF e relé IM.

**Tabela 22:** Ligações para o relé IMB

<b>IMB/IMA Relay:</b>				
New Interface cable				
	Fixture side	RT290 side		
	Pin-Nr.	Pin-Nr.	Pin-Nr.	Pin-Nr.
	D-Sub 25p	D-Sub 25p	D-Sub 25p	Minicon
Sistema de Contactos	female	male	female	60 Pin
		1	1	7
		2	2	31
		3	3	8
		4	4	32
		5	5	9
		6	6	33
		7	7	10
		8	8	34
UK1 S	3	9	9	11
UK1 M	4	10	10	35
UK2 S	9	11	11	12
UK2 M	10	12	12	36
Coil 1+ S	13	13	13	20

Coil 1+ M	14	14	14	44
Coil 1- S	15	15	15	21
Coil 1- M	16	16	16	45
Coil 2+ S		17	17	19
Coil 2+ M		18	18	43
Coil 2- S		19	19	22
Coil 2- M		20	20	46
		21	21	
		22	22	
0V	23	23	23	53
+24V	24	24	24	58
		25	25	

**Tabela 23:** Pin out dos conectores HF

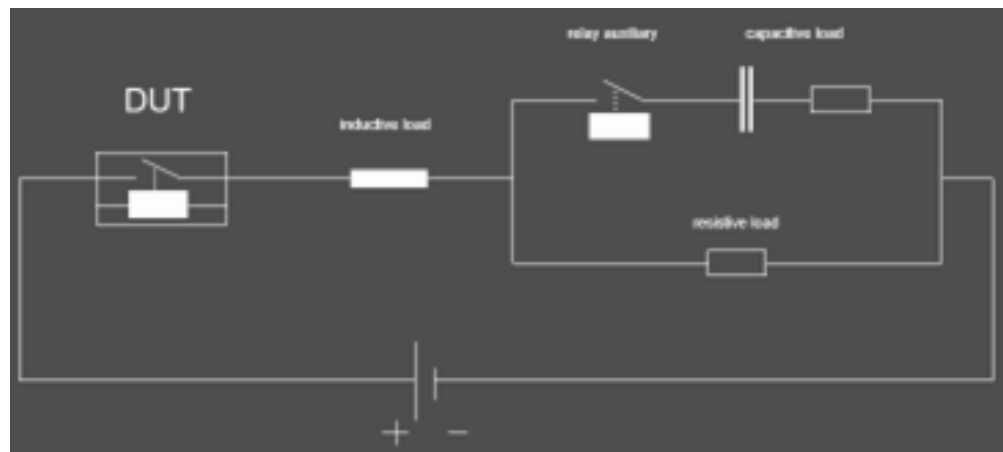
<b><u>HF Relay:</u></b>				
	Relay side	RT290 side		
	Pin-Nr.	Pin-Nr.	Pin-Nr.	Pin-Nr.
		D-Sub 25p	D-Sub 25p	Minicon
Sistema de Contactos		male	female	60 Pin
NC1 S	20	1	1	7
NC1 M	20	2	2	31
CO1 S	6	3	3	8
CO1 M	6	4	4	32
NO1 S	14	5	5	9
NO1 M	14	6	6	33
		7	7	10
		8	8	34
		9	9	11
		10	10	35

		11	11	12
		12	12	36
Coil 1+ S	1	13	13	20
Coil 1+ M	1	14	14	44
Coil 1- S	11	15	15	21
Coil 1- M	11	16	16	45
Coil 2+ S	12	17	17	19
Coil 2+ M	12	18	18	43
Coil 2- S	22	19	19	22
Coil 2- M	22	20	20	46
		21	21	
		22	22	
0V		23	23	53
+24V		24	24	58
		25	25	

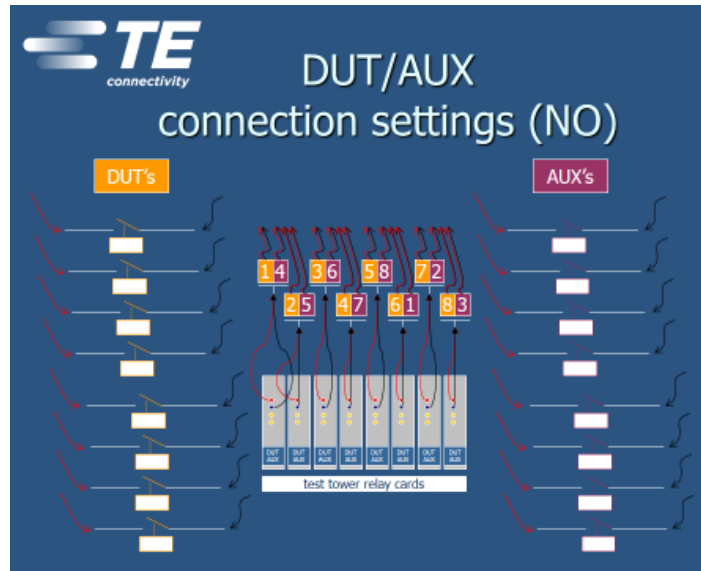
#### 4.5. DRIVER PARA RELÉS AUXILIARES EM TESTES DE VIDA ELÉTRICA

O sistema atual de comando de relés para a realização dos testes de vida elétrica produz apenas o sinal para os relés em teste (DUT: *Device Under Test*). Contudo, em alguns testes, é necessário testar os contactos quando fecham altas correntes. Por esta razão há a necessidade de utilizar relés auxiliares para adicionar ao circuito de carga o ramo de menor resistência (ramo onde está o condensador) que introduz um pico de corrente. Dado o fluxo de cargas que se pretende, estes devem comutar antes do respetivo DUT. Para tal, a origem do sinal para comandar esses relés recorria até agora a duas soluções:

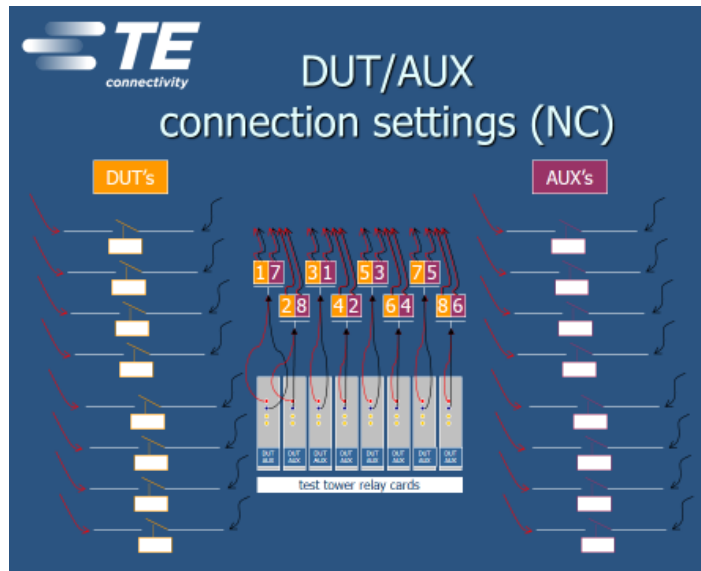
- reservar alguns dos canais de teste para controlar esses relés, perdendo assim capacidade (nº de DUTs);
- “reutilizar” dos sinais dos DUTs. Esta configuração tem duas versões, consoante o relé seja de fecho (NO) ou abertura (NC). As ligações que são feitas à carga (Figura 130) estão visíveis na Figura 131 e Figura 132.



**Figura 130:** Circuito de carga



**Figura 131:** Sistema de ligações de um relé de fecho

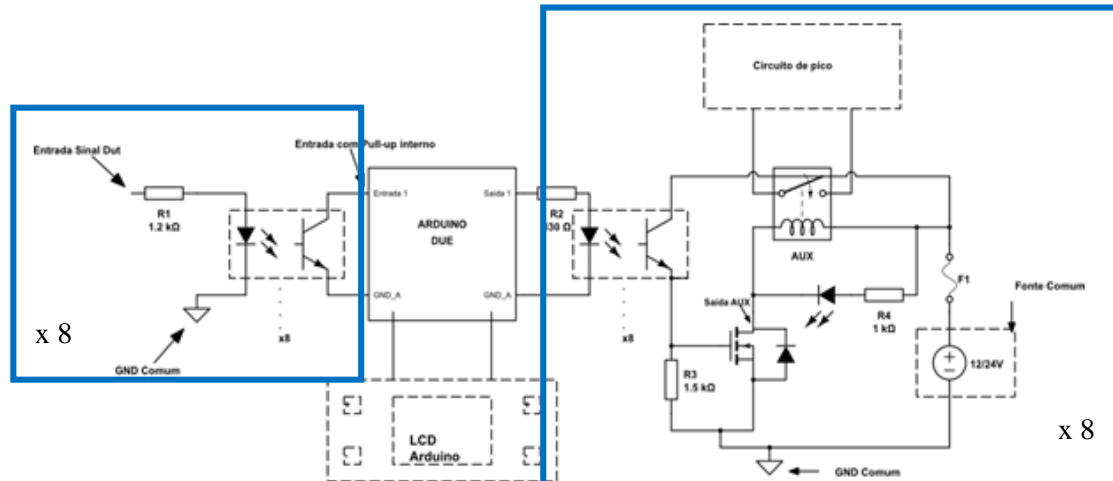


**Figura 132:** Sistema de ligações de um relé de abertura

Esta solução apresenta algumas limitações, nomeadamente, em termos de *timings*. Se os tempos ON e OFF forem diferentes, estas combinações tem que ser revistas, na medida em que deixa de satisfazer o desfasamento desejado. Há, contudo, alguns problemas para os quais não havia solução, nomeadamente:

- Em caso de falha de um dos relés de teste, o equipamento desativa esse canal. Por exemplo, no caso de um relé NO, se o DUT4 falhar, uma vez que este sinal era utilizado para o auxiliar do DUT1, fica o DUT1 agora sem pico.

- Desfasamento limitado às combinações de canais possíveis, ou seja, a impossibilidade de interferir com os tempos de desfasamento.



**Figura 133:** Circuito de sincronização dos relés auxiliares

O circuito tem proteção de entradas/saídas por intermédio de um acoplamento ótico, usando *optocouplers*.

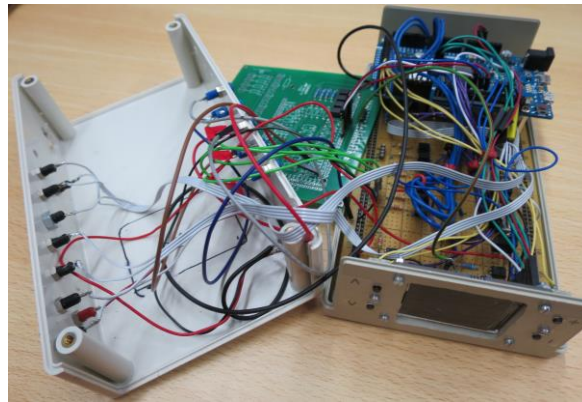
As fontes de alimentação do *arduino* e dos relés são independentes de forma a proteger o *arduino* de sobrecargas.

O circuito tem a opção de o utilizador poder configurar os tempos de ativação dos auxiliares usando os botões de parametrização do teste (*delays*).

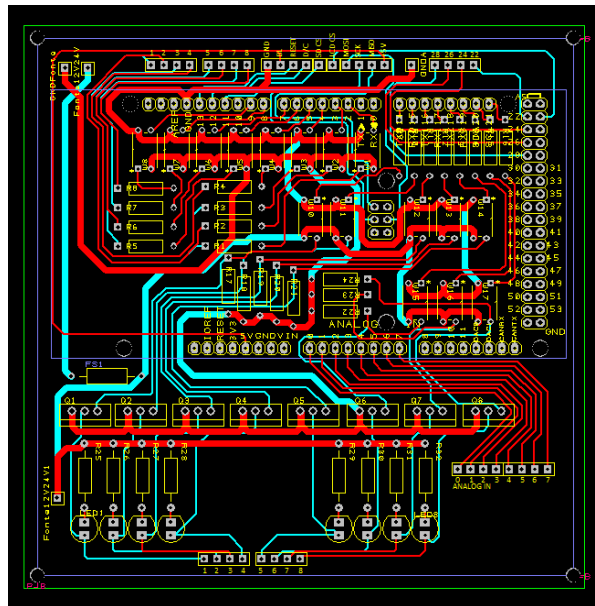
Tem um ecrã com estado do relé auxiliar, valores de desfasamento e ciclos efetuados, visível na Figura 134. É importante saber o número de ciclos porque há a necessidade de substituir os auxiliares quando atingirem o limite de ciclos especificado.



**Figura 134:** Ecrã com a representação dos tempos dos relés



**Figura 135:** Caixa usada para efectuar o desfasamento de sinais dos auxiliares

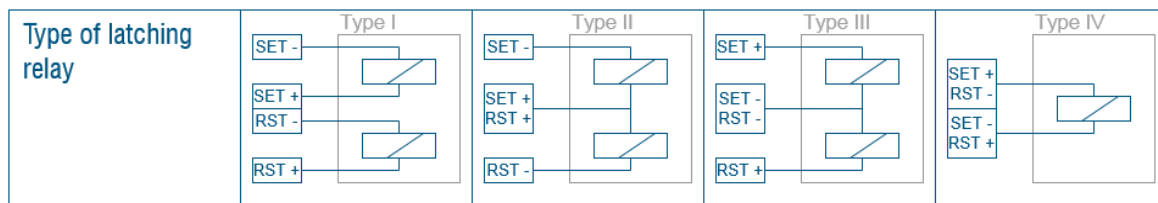


**Figura 136:** Design da PCB

#### 4.6. DRIVER PARA ATIVAÇÃO DE BOBINES PARA A NOVA TORRE ELÉTRICA SEET

Para a nova torre de vida elétrica que está a ser desenvolvida pela engenharia da TE de Évora, era necessário proceder ao desenvolvimento de um *driver* que fosse capaz de comutar todas as configurações de bobines de relés biestáveis e monoestáveis atualmente usadas.

Na Figura 137 estão as configurações de bobines biestáveis existentes atualmente.



**Figura 137:** Tipos de bobines biestáveis

O *driver* só vai receber dois sinais lógicos, com base nesse pressuposto foi pedido o desenvolvimento de placas de *drivers*.

Para as bobines de relés monoestáveis foi concebido um *driver* com *Ampop* para condicionamento de sinal (tensão) e um *mosfet* para condução em termos de potência. O *mosfet* tem um diodo interno, isto cria supressão no *switch off peak* da bobine, o que era dispensável. Desta forma recorreu-se à utilização de mais um componente, um transístor. O transístor foi colocado de forma a puder ser visível com osciloscópio o *switch off peak* da bobine que foi outra das exigências de dimensionamento da torre. O sinal lógico (SET) ativa o *optocoupler*, que do lado do transístor põe à massa (*ground*) a entrada negativa do *Ampop*, produzindo o sinal para a gate do *mosfet*. Este, por sua vez, vai criar o caminho para a corrente de base do transístor, ativando assim o relé em teste (DUT).

Para o relé biestável, os sinais lógicos (SET e RESET) são introduzidos num *motor driver* L298, visível na Figura 138, que tem a possibilidade de criar dois caminhos de corrente distintos que, no presente caso, servirão para ativar cada um das bobines. Para fazer face a determinadas configurações de alimentação de bobine (Type II e Type III), este *driver* sozinho apresenta limitações, já que nos períodos entre pulsos, ambas as bobines ficavam polarizadas. Assim, surge a necessidade de usar dois destes *drivers*.

Para segurança do sistema utiliza-se um relé de segurança, este é do tipo monoestável, portanto o circuito de controlo será equivalente ao do DUT monoestável.

O esquema com o circuito completo é visível na Figura 140.

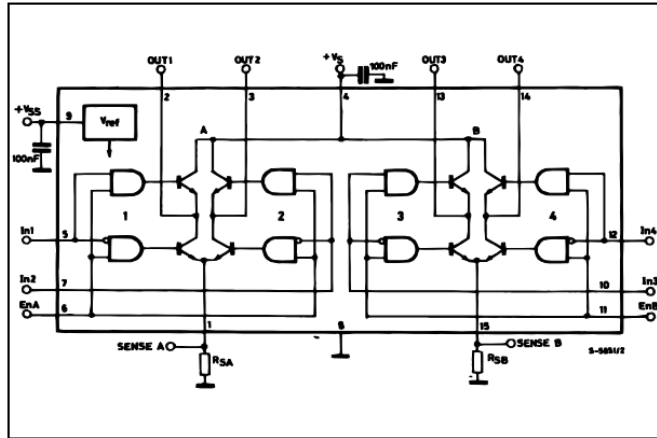


Figura 138: Esquema do motor driver L298 usado para os relés biestáveis

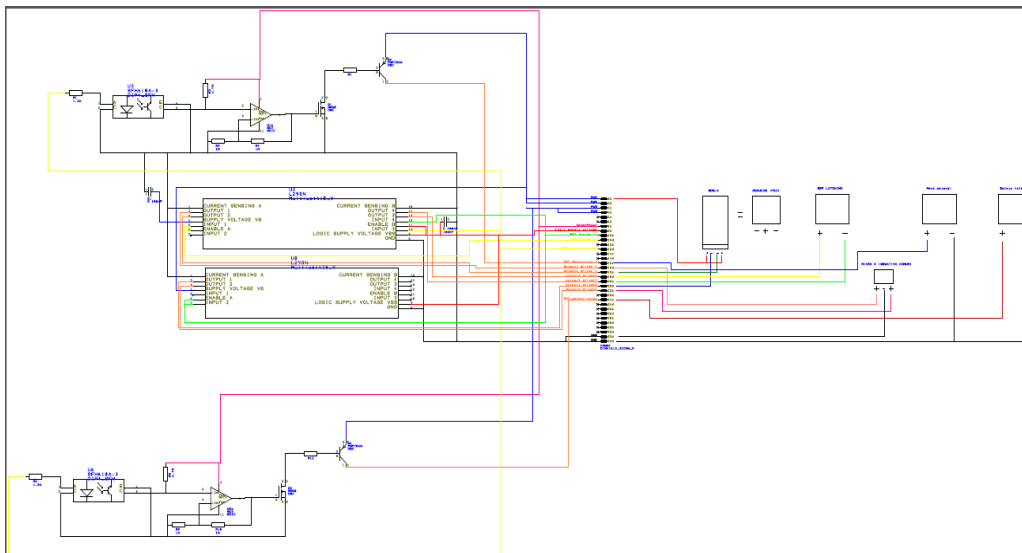


Figura 139: Driver para comutar as várias configurações de bobines

#### 4.7. MECHANICAL LIFE TESTER

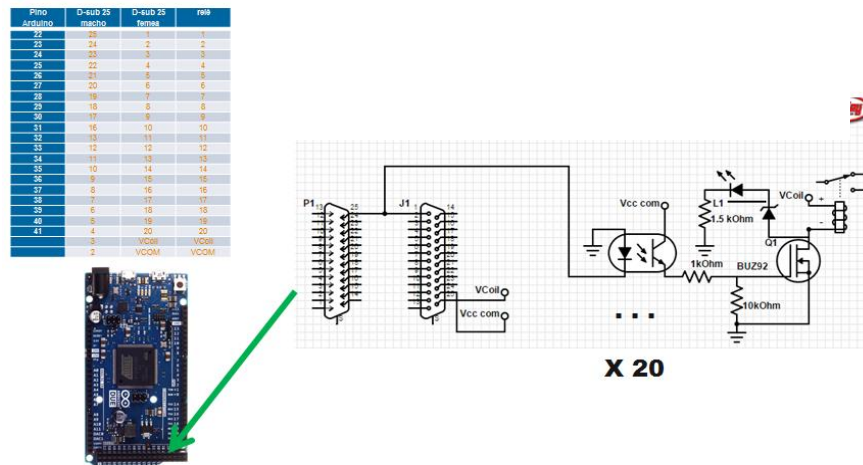
Para o teste de vida mecânica do relé não é necessário estar a medir a resistência dos contactos durante o teste, somente comutar o relé a uma determinada frequência com número de ciclos definido.

No entanto resolveu-se monitorizar se os contactos abriam ou fechavam através da queda de tensão. Uma medição meramente indicativa.

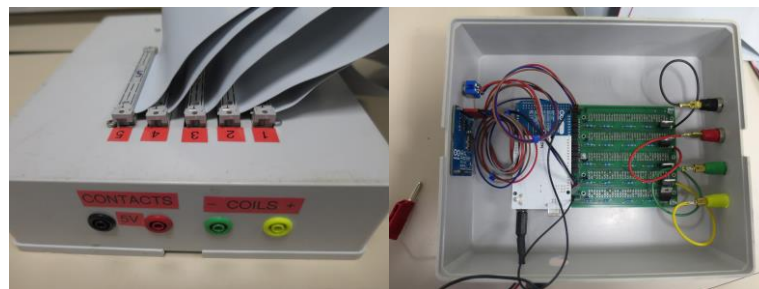
Neste caso o relé em causa era do tipo monoestável.

O número de ciclos foi definido por programação, um contador incrementava a cada flanco ascendente do pulso aplicado no driver da bobine e chegaria ao fim quando atingisse o numero definido de ciclos.

Para fazer este teste realizou-se a montagem numa pequena caixa (Figura 141) de forma a tornar este teste mais definitivo.



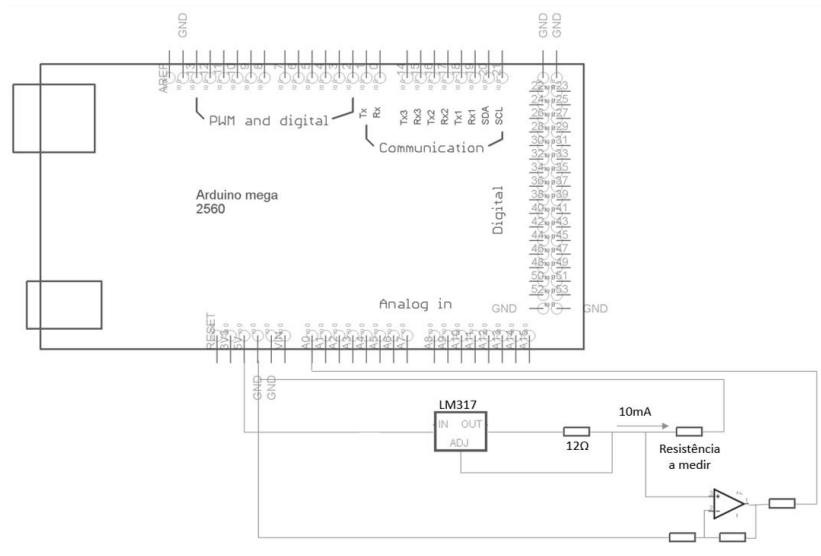
**Figura 140** : Esquema do circuito para a realização do Teste de vida mecânica



**Figura 141**: Caixa de medição vida eléctrica

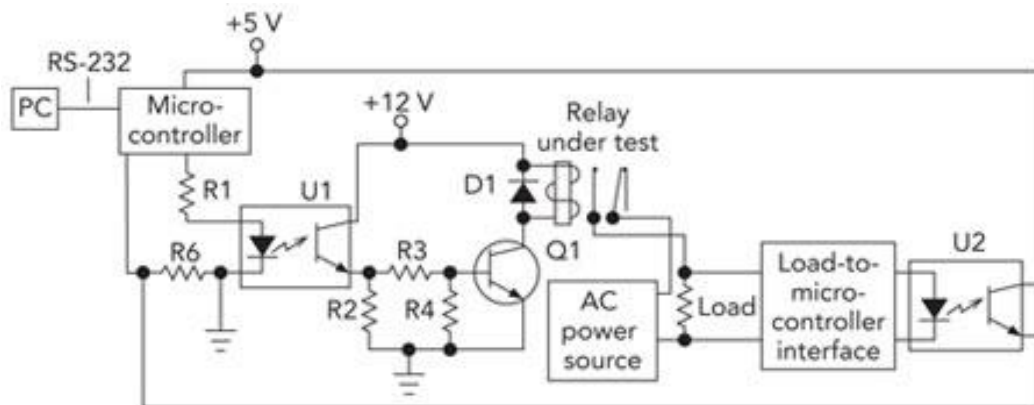
Esta montagem serviu para testes com parametros identicos. Um teste necessitava de monitorizar a resistencia de contactos, tentou-se realizar uma “extra” ao circuito, como na Figura 142.

O circuito para medição da resistência dos contactos usa um LM317 a fornecer corrente limitada a 10mA. Para efeitos de programação foi necessário medir esta corrente, que era de 130mA. Foi ajustado o calculo em código de acordo com este valor de corrente. O arduino tem 10bits de resolução no pino A0 de leitura, o que nos daria uma perda por erro de offset de cerca de 4mOhm.



**Figura 142:** Circuito de medição de resistência em miliohm

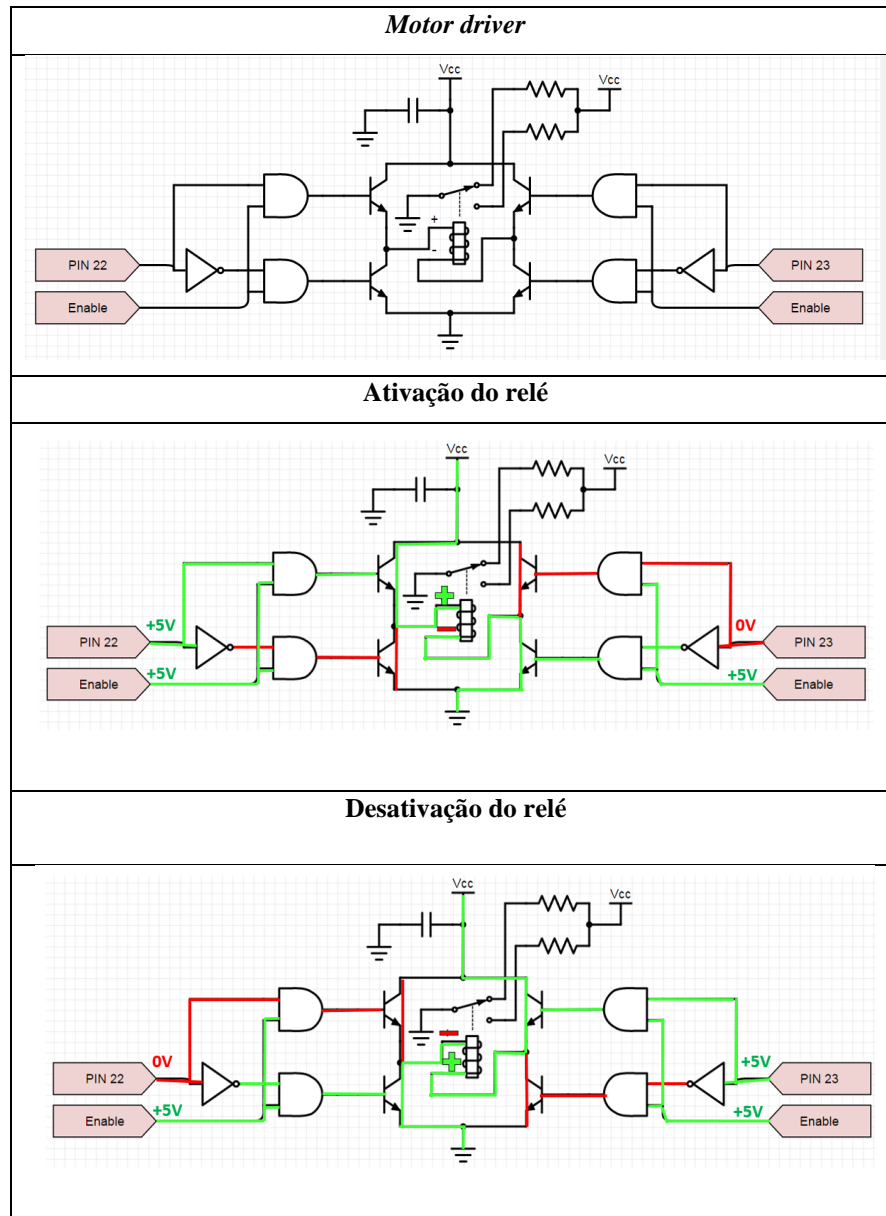
Este erro não é aceitável para os relés de sinal, por esta razão é um circuito que irá ser melhorado. O próximo objetivo é monitorizar a resistência de contactos e guardar os dados a cada ciclo que possam ser posteriormente usados em excel usando outros métodos de forma a contrariar os erros de offset.



**Figura 143 :** Melhoria em andamento do circuito de teste de vida mecânica

Para os relés com bobinas biestáveis foi desenvolvido um circuito baseado no *motor driver* L298. A descrição do funcionamento básico está presente na Tabela 24, onde estão os dois estágios de ativação e desativação do relé e de que forma é feita.

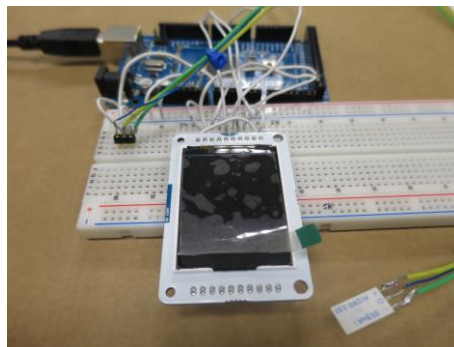
**Tabela 24** Descrição do driver para relés biestáveis



#### 4.8. MEDIÇÃO DO MAGNETO USANDO UMA Sonda HALL

Após alguns problemas com as tensões de operação e desoperação do relé para altas temperaturas, chegou a suspeita de que o magneto poderia estar a desmagnetizar com estas temperaturas. Era algo improvável, mas foi necessário descartar essa possibilidade.

O teste para determinar se o magneto desmagnetizava em temperaturas altas recorreu ao uso de uma sonda Hall, tal como se pode ver pela montagem na Figura 144.



**Figura 144:** Aplicação para medir o magneto usando uma sonda Hall

Para ler a sonda Hall foi necessário ir ao seu *datasheet* e saber qual a sua gama de tensões de saída.

```

* FILE: hall
* AUTHOR: Pedro Abelha;
* DATE: 2014 10 10
* ORIGINAL URL: http://playground.arduino.cc/Code/HallEffect
*
*
* Pin Layout
* -----
* 1    VCC 5V
* 2    signal    connected to Analog 0
* 3    GND
*/

#define NOFIELD 514L // this is done by reading A0 (Analog output) with no applied field

// This is used to convert the analog voltage reading to milliGauss
#define TOMILLIGAUSS 976.56256L // For SS94A1: Vout(0Gauss)=4(+/-0.04)V -->5mV = 1Gauss, and 1024 analog steps = 5V, so 1 step = 976.5625mG

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void DoMeasurement()
{
  // measure magnetic field
  int raw = analogRead(0); // Range : 0..1024

  // Uncomment this to get a raw reading for calibration of no-field point
  // Serial.print("Raw reading: ");
  // Serial.println(raw);

  long compensated = raw - NOFIELD; // adjust relative to no applied field
  long gauss = compensated * TOMILLIGAUSS / 1000; // adjust scale to Gauss

  Serial.print(gauss);
  Serial.print(" Gauss ");

  if (gauss > 0) Serial.println("(South pole)");
  else if (gauss < 0) Serial.println("(North pole)");
  else Serial.println();
}

void loop()
{
  delay(1000);
  DoMeasurement();
}

//minimized Float variation (for weaker fields)

//#define NOFIELD 514L // Analog output with no applied field, calibrate this

// Uncomment one of the lines below according to device in use Al301 or Al302
// This is used to convert the analog voltage reading to milliGauss
// For Al301: 2.5mV = 1Gauss, and 1024 analog steps = 5V, so 1 step = 1953mG
// For Al302: 1.3mV = 1Gauss, and 1024 analog steps = 5V, so 1 step = 3756mG

/*
#define TOMILLIGAUSS 1.953125

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
}

void loop()
{
  float gauss = (analogRead(0) - NOFIELD) * TOMILLIGAUSS;

  Serial.print(gauss, 2);
  Serial.print(" Gauss ");

  if (gauss > 0) Serial.println("(South pole)");
  else if (gauss < 0) Serial.println("(North pole)");
  else Serial.println();

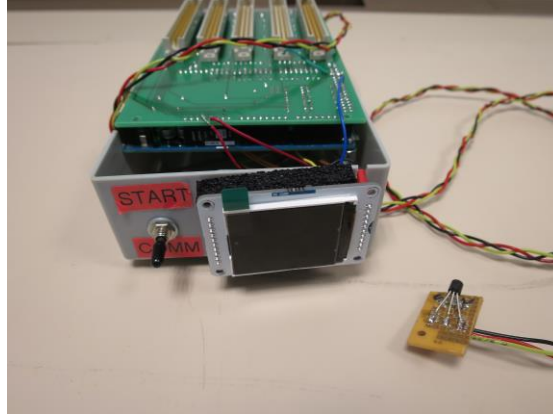
  delay(1000);
}
*/
!

```

Figura 145: Código do programa de medição da sonda Hall



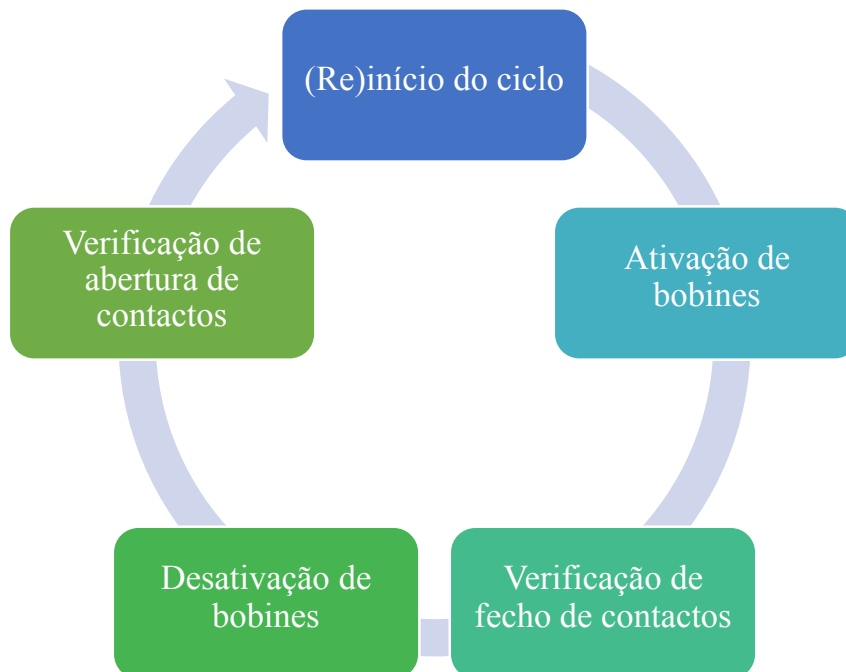
- Pino a HIGH = contacto aberto;
- Pino a LOW = contacto fechado.



**Figura 147:** Caixa usada no *Mechanical Test*

Foi criado um timer que despoleta os eventos, que assim se vão sucedendo a uma frequência definida. Por simplificação, concebeu-se que a ativação/desativação dos relés seria feita para cada PCB independentemente.

As ações sobre o relé seguem então a sequência:



Em cada uma das verificações, havendo falhas, estas são registadas em posições da memória EEPROM, determinadas com base na fórmula  $\text{pos} = \text{relay} * 100 + \text{fails} * 10$ . Por exemplo: Relé 2 – falha 3:  $\text{pos} = 2 * 100 + 3 * 10 = 230$ . A restante informação (tipo de falha, temperatura) é colocada nas posições imediatamente consecutivas.

Dado que seriam testes de longa duração, sem a possibilidade de agenda de repetir os mesmos, houve a necessidade de criar um interface gráfico para monitorizar o andamento do mesmo, fazendo uso do *shield* TFT do mesmo fabricante.

A leitura dos dados das falhas (nº de ciclo, tipo de falha - fecho ou abertura - e temperatura) é feita através da consola de comunicação série, com base num protocolo simples: envio de caractere, ação do microcontrolador.

Envio de “r” – *Arduino* faz o *read* da EEPROM e faz o *dump* através da porta série;

Envio de “c” – *Arduino* faz o clear das falhas registadas;

Envio de “z” – *Arduino* põe a zero os contadores de ciclo e de tempo de funcionamento.

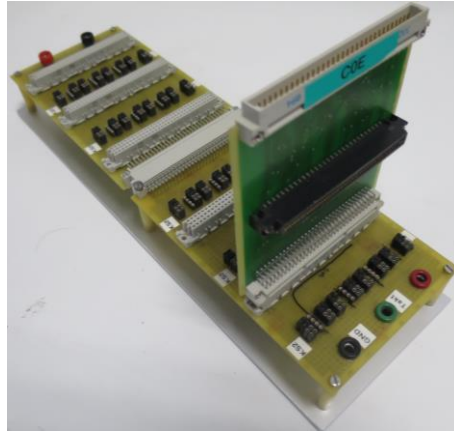
```

Test_Run_FAILS.txt - Notepad
File Edit Format View Help
|
R# 1
Failures:10
36288 1 0 0
36289 1 234 0
36290 1 0 0
36291 1 0 0
36292 1 0 0
36293 1 0 0
36294 1 0 0
36295 1 247 0
36296 1 241 0
36297 1 236 0
R# 2
Failures:10
36288 1 0 0
36289 1 234 0

```

**Figura 148:** Resultado das Falhas

Foi necessário o desenvolvimento de um suporte para as placas de teste aos relés, o resultado está presente na Figura 149. Esta placa permite a inserção de 5 placas com relés de teste. Sendo que cada placa de teste contém 4 relés, consegue-se medir um total de 20 relés. Tem ainda a possibilidade de se ligar cargas.



**Figura 149:** Placa de teste de vida mecânica

