

Theremin eletrônico com resposta tátil para deficientes auditivos

1. Introdução

O presente projeto tem como objetivo aplicar a criação de um conceito de projeto; a possibilidade de visão e operação macro e micro de um projeto de engenharia; o gerenciamento do projeto por meio do Project Model CANVAS; o estudo específico do microcontrolador RL78/G13 (arquitetura, utilização de registradores e bibliotecas); aplicação técnica de conhecimentos de hardware (circuitos, modulação de sinais, filtros, desacoplamento, DAC, buffer, amplificação de corrente para drive de motor, fontes, regulação de offset, montagem, etc) e software (utilização da IDE IAR-RL78 em linguagem C, depuração em tempo real).

O projeto tem como metas definidas fazer um projeto que seja: realizável; entregável; funcional; didático; conceitualmente útil para a sociedade; de baixo custo; que envolva algo relacionado à música; que tenha impacto social para deficientes auditivos.

2. Projeto

O projeto nasceu com um intuito de cunho social e, devido a proximidade com um deficiente auditivo chamado Tirso, foi decidido que o objetivo central do projeto seria o de ser conceitualmente útil para os deficientes auditivos.

Após a fase de conversas e discussões, ficou-se com três possibilidades de conceito de projeto:

- despertador para deficientes auditivos;
- campanha residencial para deficientes auditivos;
- transformação de notas musicais em vibrações para resposta tátil ao deficiente auditivo.

O conceito escolhido foi a transformação de notas musicais em vibrações para resposta tátil ao deficiente auditivo. A escolha se deu muito pelo fato de o Tirso manifestar seu apreço pela música, inclusive frequentando shows de música. O consumo da música pelo Tirso se dá pela sensibilidade de percepção e foco ao sentir as vibrações causadas pela propagação das ondas sonoras das notas e da percussão da música pelo ar e pelo chão. Então percebeu-se que este conceito de projeto poderia ser socialmente e didaticamente explorada.

2.1. Interface de entrada

Para a interface de entrada, responsável por gerar as notas musicais, escolheu-se um sensor infravermelho de distância (SHARP GP2Y0A02YK0F) fixado em uma base de madeira pautada de modo a funcionar como um “theremin eletrônico”, ou seja, cada distância pautada na base de madeira corresponde a uma nota.

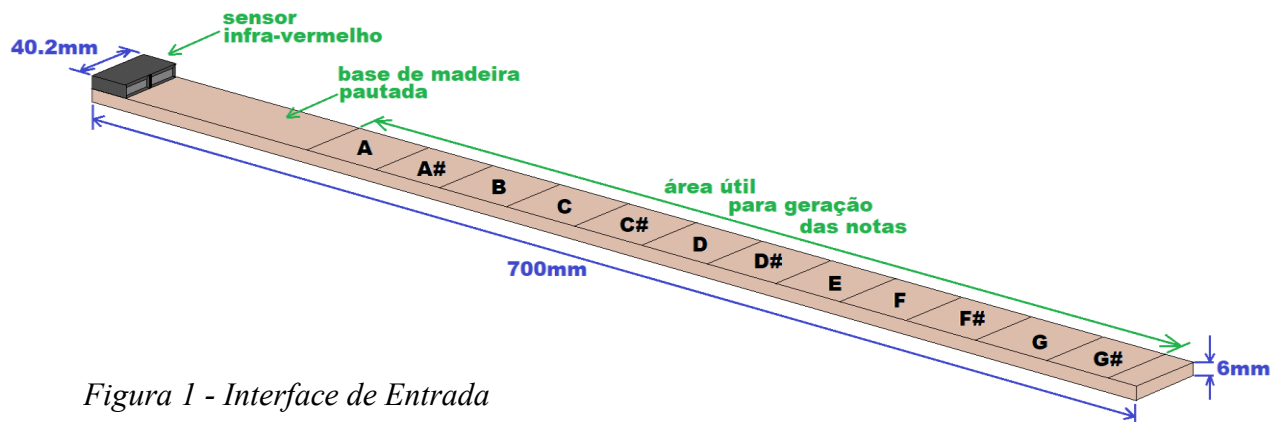


Figura 1 - Interface de Entrada

Os dados gerados pelo sensor são transmitidos por meio de uma tensão analógica contínua que, na faixa de operação estabelecida para captação do sinal de 17 a 65cm, varia entre 0,9 e 2,7V. Portanto será necessária a utilização de um conversor analógico digital (ADC) para a captação destes dados pelo microcontrolador.

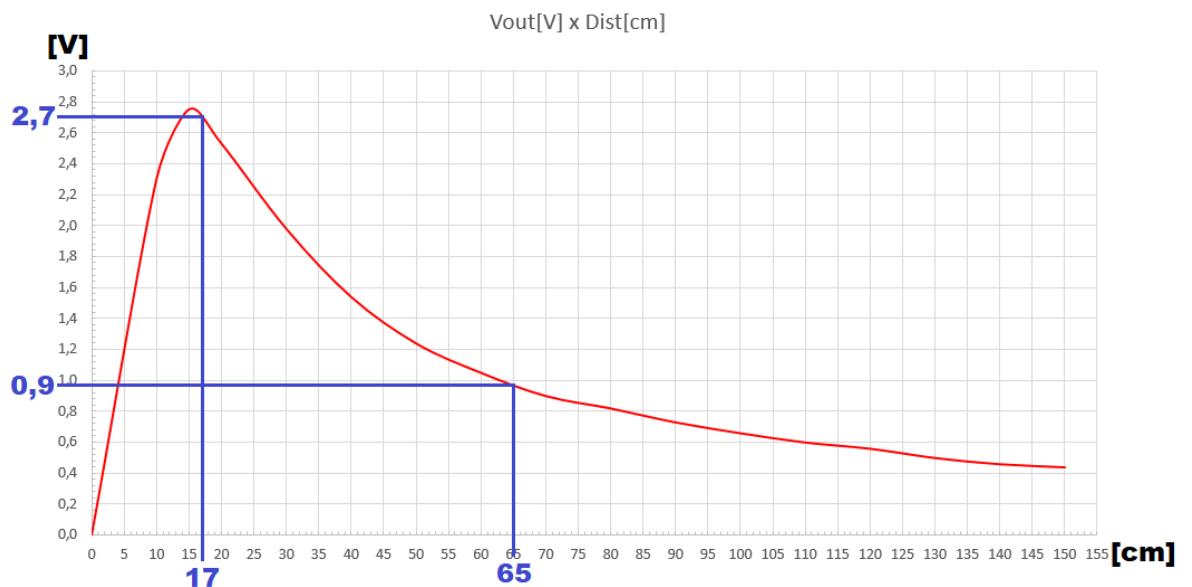


Figura 2 - Limites da faixa utilizável da curva de resposta do sensor de distância infravermelho

O ADC do RL78/G13 dispõe da possibilidade de se restringir a banda de trabalho na entrada do ADC ($V_{mín}$ e $V_{máx}$) de modo a otimizar a resolução dos 1024 bits da interface. A restrição de banda utilizada foi de $V_{mín} = 0,8V$ e

$V_{\text{máx}} = 2,8\text{V}$. Estes valores serão adquiridos por meio de dois divisores de tensão, um com o sinal em P20 ($V_{\text{máx}}$) e outro em P21 ($V_{\text{mín}}$), enquanto o sinal do sensor será inserido no P23.

2.2. Interface de saída

Para a interface de saída, responsável pela vibração (resposta tátil), escolheu-se um motor de vibração (LG F1030300112) fixado em outra base de madeira, de modo a ser utilizado para o toque manual para a recepção da resposta tátil. A cada nota gerada pela interface de entrada o motor vibra a uma certa frequência/amplitude.

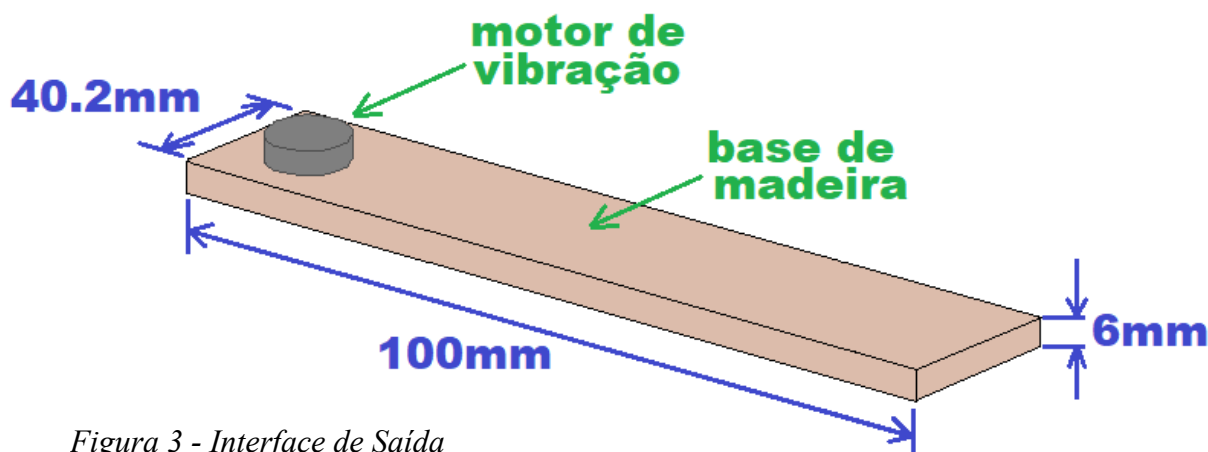


Figura 3 - Interface de Saída

O motor trabalha com tensão e corrente contínua e, para tanto, a geração do sinal do microcontrolador para o motor se dará utilizando modulação por largura de pulso (PWM – P16), passando por um filtro passa baixas para converter a tensão média dos pulsos do PWM em uma tensão contínua.

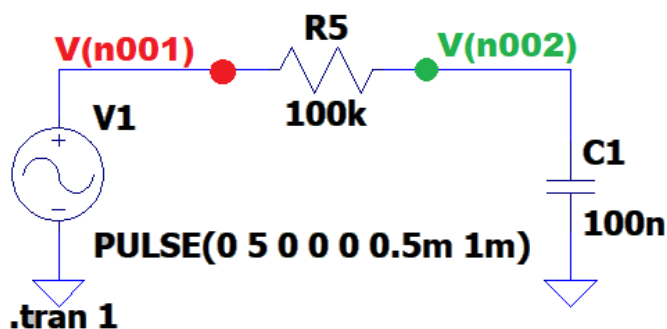


Figura 4 - Filtro passa baixas para retificação do sinal PWM

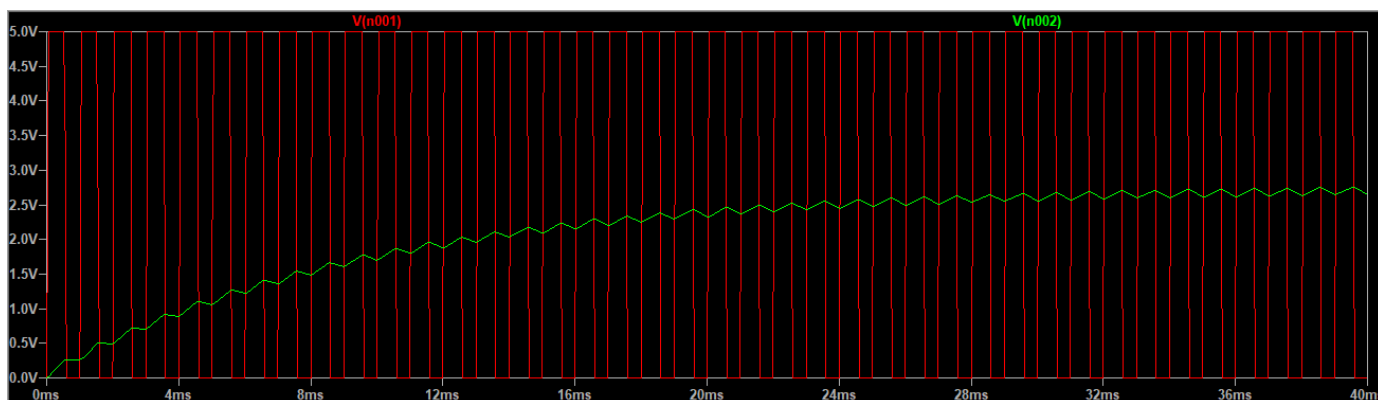


Figura 5 - Resposta do FPB a um sinal PWM de período 1ms, ciclo ativo de 50% e tensão 0 e 5V

Além disto, como o motor necessita de até 75mA de corrente, e o microcontrolador fornece no máximo 40mA, é necessário a utilização de um drive para o motor. Um amp op é utilizado como buffer, fornecendo alta impedância de entrada e trabalhando para manter a tensão na sua entrada inversora igual a tensão de trabalho na sua entrada não-inversora onde o PWM é ligado por meio do filtro passa baixas. Na saída do buffer, transistores TBJs são ligados para a amplificação da corrente (push pull), onde o TBJ NPN trabalha para o ciclo direto (positivo) e o TBJ PNP trabalha para o ciclo reverso (negativo).

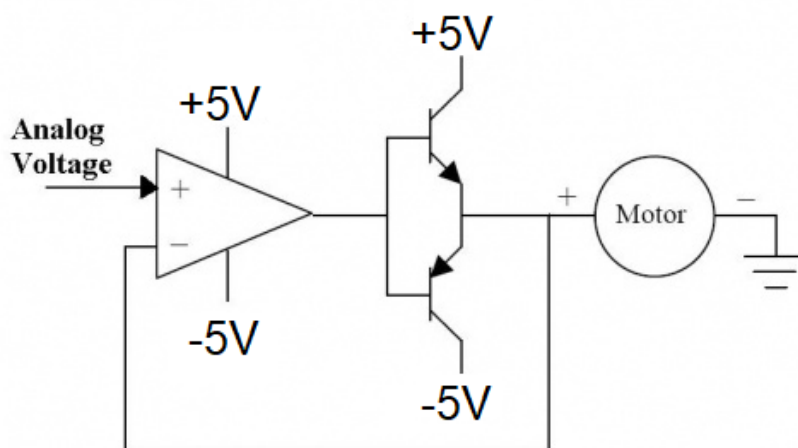
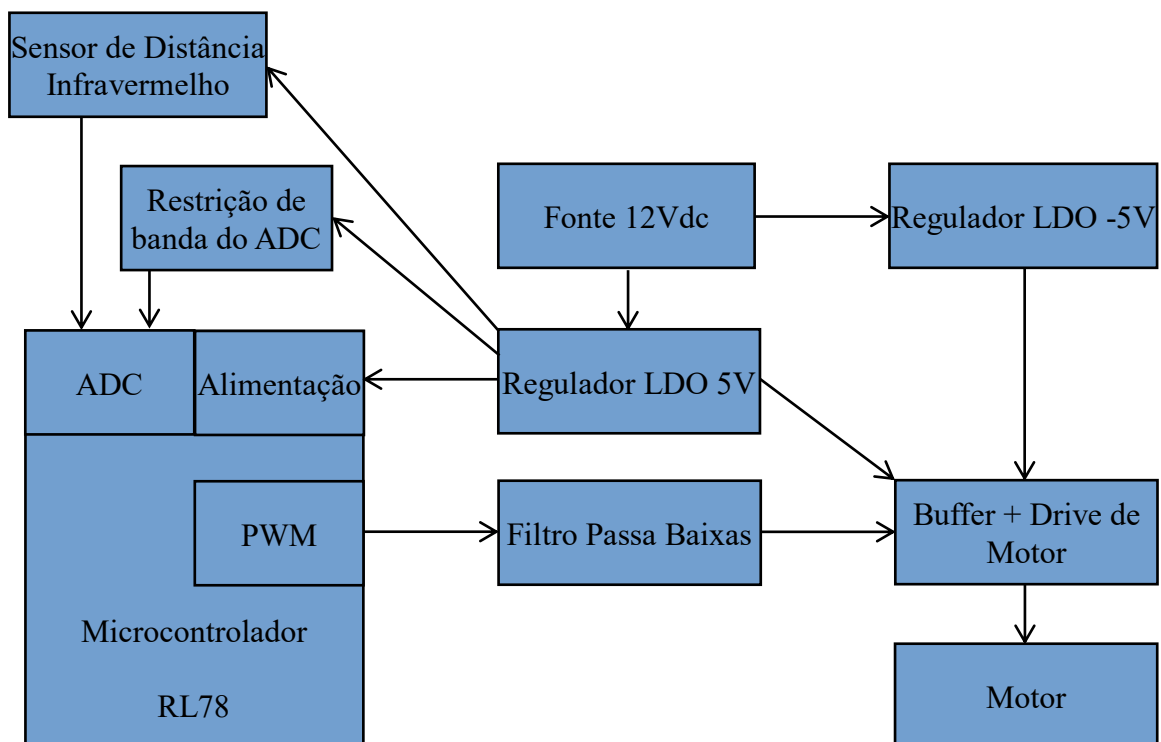


Figura 6 - Circuito para drive de corrente do motor

2.3. Circuito da Fonte

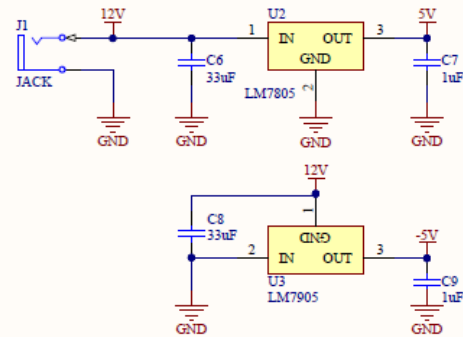
O circuito da fonte deverá fornecer tensão simétrica de +5V e -5V, além de precisar fornecer, ao menos, 300mA. A placa de desenvolvimento do RL78/G13 não fornece essa potência para utilização, portanto será utilizada a fonte de tensão externa de 12V disponibilizada no kit de desenvolvimento, um regulador de tensão Low Drop Out de 5V (LM7805) e outro de -5V (LM7905) em cascata onde cada um pode fornecer, dependendo da potência da fonte de 12V, até 1A de corrente de saída.

3. Diagrama de Blocos do Projeto

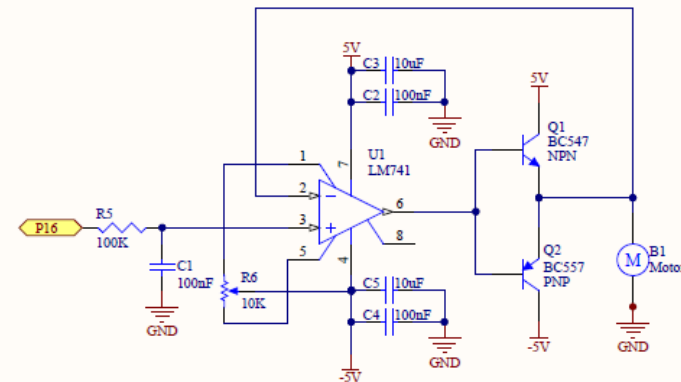


4. Esquema Elétrico

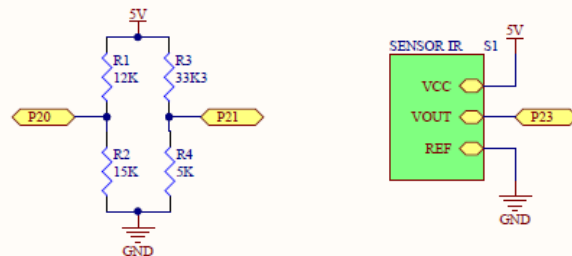
FONTE



INTERFACE DE SAÍDA (PWM + MOTOR)



INTERFACE DE ENTRADA (ADC + SENSOR)



| | | |
|---|---------------------------------|----------------|
| Title Tactile Response for Electronic Theremin | | |
| Size A4 | Number | Revision 02 |
| Date: 19/06/2019 | Sheet of | |
| File: C:\Users\...Electronic Theremin SchDoc | Drawn By Renato Bednarski Ramos | |

5. Fluxograma

```
--Inclusão de bibliotecas--
#include "ior5f100le.h"
#include "ior5f100le_ext.h"
#include "intrinsics.h"
#include "myRL78.h"
```


```
// declaração de variáveis globais
unsigned int valor[30];
unsigned int val;
unsigned int nota=0;
unsigned int i=0;
unsigned int estagio;
unsigned int nota_anterior=0;
// declaração de funções
int identifica_nota(void);
void init_AD_10b(void);
void motor_vibra(void);
void init_PWM(void);
// declaração de subrotinas de interrupção
    ADC:
    #pragma vector = INTAD_vect
    __interrupt void trata_ADC(void)
    PWM:
    #pragma vector = INTTM00_vect
    __interrupt void trata_TAU0_canal1(void)
```

```
//inicia ADC – “init_AD_10b(void)”

// Ativa o conversor no registrador PER0
ADCEN = 1

// Configura os pinos utilizados no ADC
PM2_bit.no0 = 1; // P20 como entrada
PM2_bit.no1 = 1; // P21 como entrada
PM2_bit.no2 = 1; // P22 como entrada
PM2_bit.no3 = 1; // P23 como entrada
ADPC = 0x05; // P20, P21, P22 (não usa) e P23 (sensor) no modo analógico

// Configura o ADC
ADM0 = ADCLK_DIV16 | ADC_LV0 | bADCE;
    // freq ADC = freq clk/16 |
    // tempo de estabilização = (2 freq ADC) * tempo de amostragem = 7 freq ADC |
    // ativa comparador
ADM1 = ADC_TRIG_SOFT;
    // disparo por software (bit ADCS) | conversão sequencial
ADM2 = ADC_REFP_PIN | bADREFM;
    // REF+ = P20 (Vmáx) |
    // REF- = P21 (Vmín)
ADS = ADC_CH3; // seleciona o canal 3 (P23) para conversão
ADMK = 0; // habilita interrupção
```




```
//inicia PWM – “init_PWM(void)”

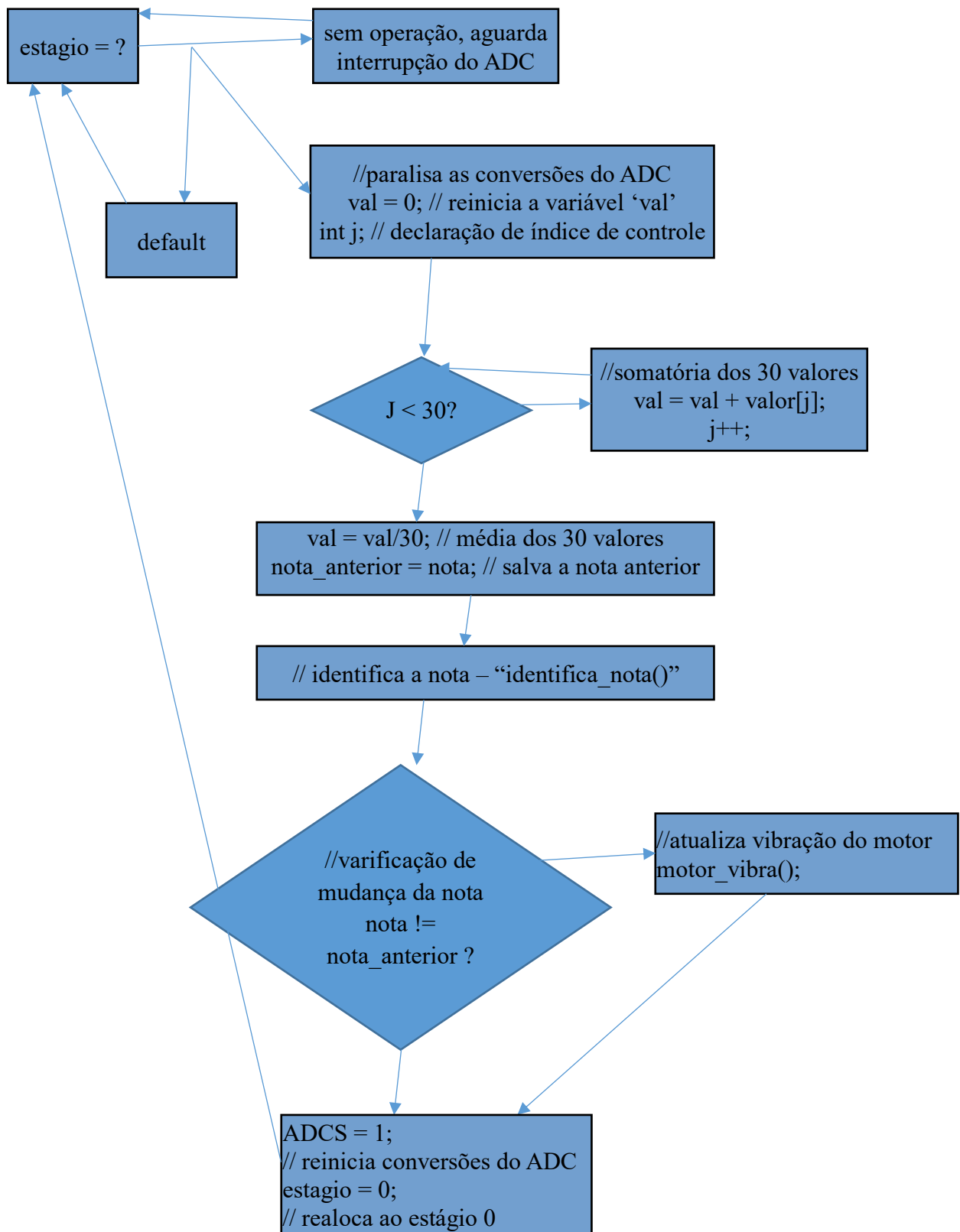
// Configura os pinos utilizados no PWM
PM1 = 0xBF; // P16 como saída (TAU0 canal 1)

// Configura o PWM
TAU0EN = 1; // habilita TAU0
TPS0 = TAU_CK0_DIV32; // fclk/32 para o CK0
TMR00 = TAU_CK0 | TAU_TRIG_SOFT | TAU_MD_TIMER_TRIG_INT;
        // configuração do canal 0 (master) de TAU0
TMR01 = TAU_CK0 | TAU_TRIG_MASTER | TAU_MD_ONECOUNT_TRIG;

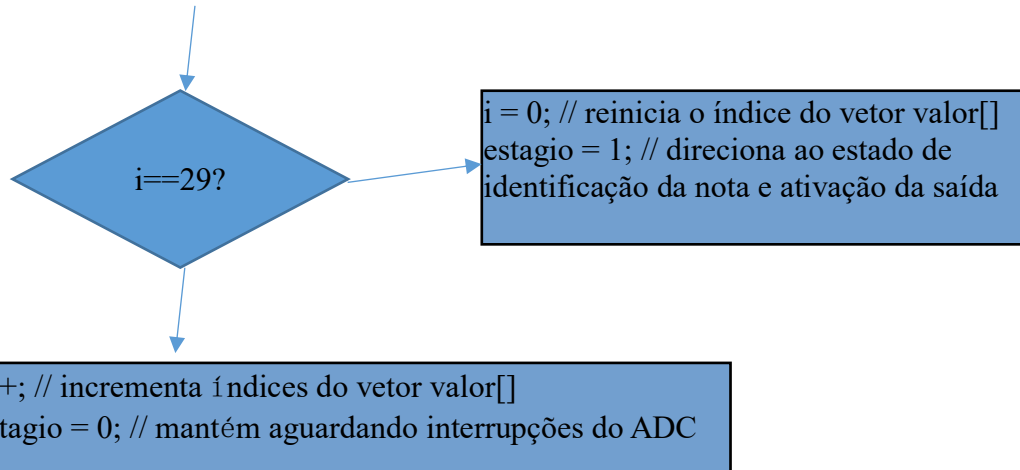
        // configuração do canal 1 (slave) de TAU0
TDR00 = 999; // período de PWM = 1ms
TDR01 = 000; // ciclo ativo = 0ms;
TOE0L = TAU_CH1; // habilita canal 1 do TAU0
TOM0L = TAU_CH1; // saída canal 1 controlada por master/slave
```

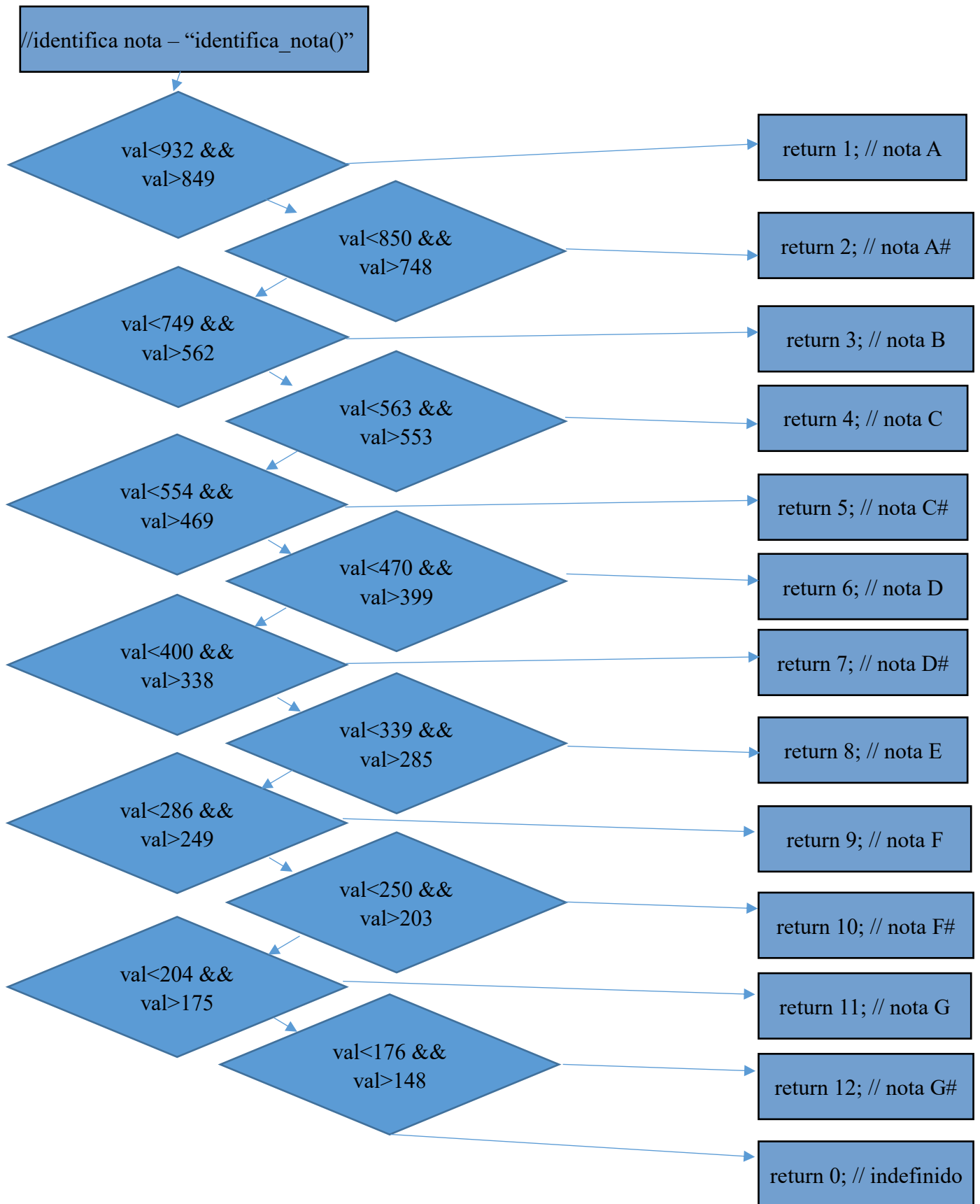


```
__enable_interrupt(); // habilita interrupções
ADCS = 1; // inicia conversões do ADC
TS0L = TAU_CH0 | TAU_CH1;
        // dispara os canais master/slave do PWM
estagio = 0; // estado para aguardo da interrupção
```

```
// interrupção do ADC  
valor [i] = ADCR >>6;  
    // lê o resultado da conversão e armazena no vetor valor[]
```





```
//atualização da vibração do motor – “motor_vibra()”  
TT0L = TAU_CH0 |TAU_CH1;  
// parada dos canais master/slave do PWM
```

nota = ?

TDR01 = 200;
//ciclo ativo = 200ms - 1,000V

TDR01 = 247;
// ciclo ativo = 247ms - 1,236V

TDR01 = 294;
// ciclo ativo = 294ms - 1,472V

TDR01 = 342;
// ciclo ativo = 342ms - 1,708V

TDR01 = 389;
// ciclo ativo = 389ms - 1,944V

TDR01 = 436;
// ciclo ativo = 436ms - 2,180V

TDR01 = 483;
// ciclo ativo = 483ms - 2,416V

TDR01 = 530;
// ciclo ativo = 530ms - 2,652V

TDR01 = 578;
// ciclo ativo = 578ms - 2,888V

TDR01 = 643;
// ciclo ativo = 643ms - 3,124V

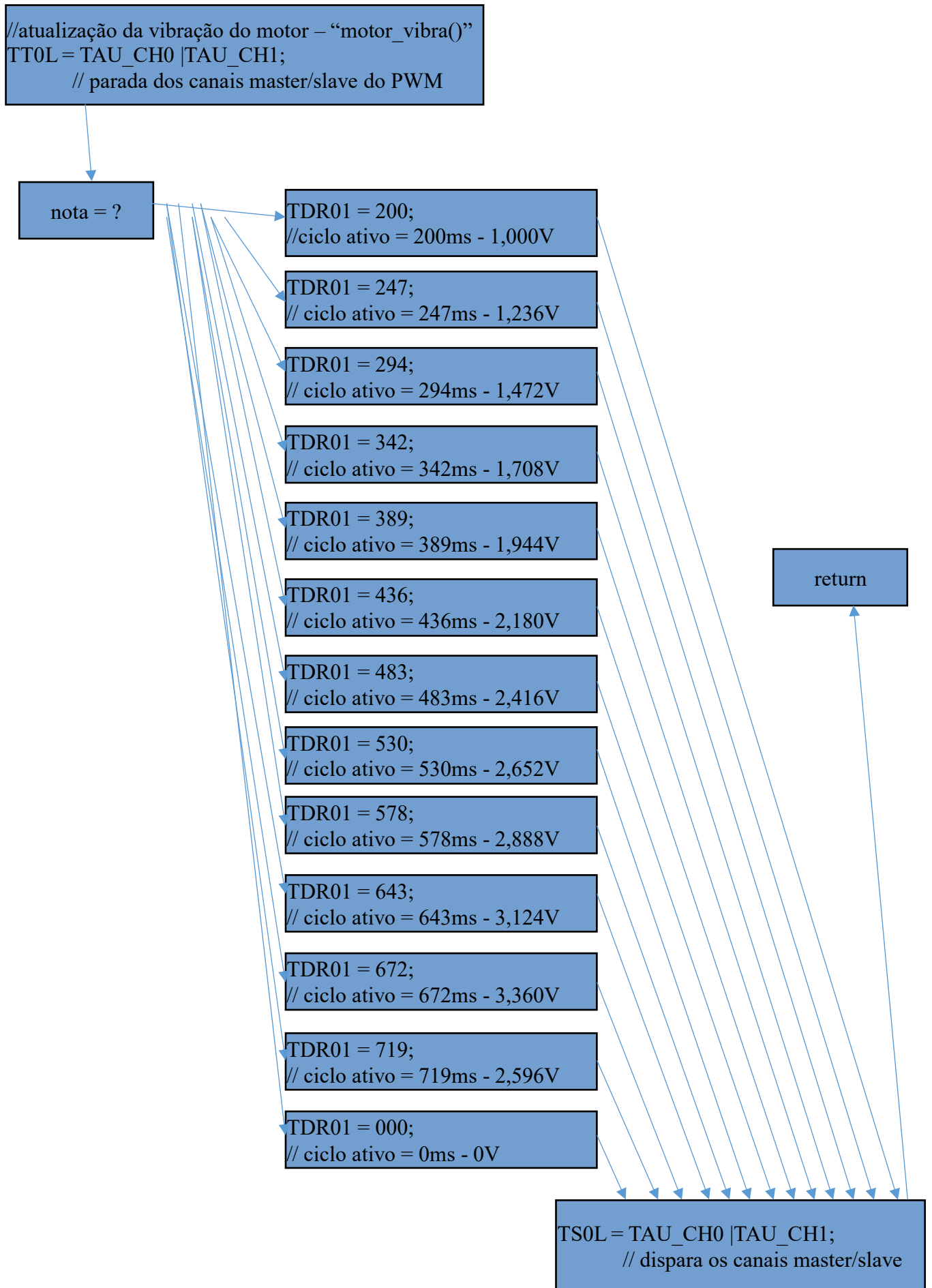
TDR01 = 672;
// ciclo ativo = 672ms - 3,360V

TDR01 = 719;
// ciclo ativo = 719ms - 2,596V

TDR01 = 000;
// ciclo ativo = 0ms - 0V

return

TS0L = TAU_CH0 |TAU_CH1;
// dispara os canais master/slave



6. Lista de materiais

- 1 – Motor de vibração LG F1030300112 (B1);
- 3 – Capacitor cerâmico 100nF PTH (C1, C2, C4);
- 2 – Capacitor eletrolítico 10uF PTH (C3, C5);
- 2 – Capacitor eletrolítico 33uF PTH (C6, C8);
- 2 – Capacitor eletrolítico 1uF PTH (C7, C9);
- 1 – Jack de alimentação (J1);
- 1 – Transistor NPN BC547 (Q1);
- 1 – Transistor PNP BC557 (Q2);
- 1 – Resistor 12K ohms PTH (R1);
- 1 – Resistor 15K ohms PTH (R2);
- 1 – Resistor 33K3 ohms PTH (R3);
- 1 – Resistor 5K ohms PTH (R4);
- 1 – Resistor 100K ohms PTH (R5);
- 1 – Potenciômetro 10K ohms (R6);
- 1 – Sensor Infravermelho SHARP GP2Y0A02YK0F (S1);
- 1 – Amplificador operacional de uso geral LM741 (U1);
- 1 – regulador de tensão LDO +5V LM7805 (U2);
- 1 – regulador de tensão LDO -5V LM7905 (U3);
- 1 – Fonte de alimentação 12Vdc;
- 1 – Placa de Protótipo;
- 1 – Placa de Desenvolvimento RL78/G13;
- N – Jumper;