

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL MECÂNICA
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

**Prova 2 - Problema 3
Método Sequência Máxima e Solução Microcontrolador**

Thiago Gonçalves Lirio

Florianópolis, Abril de 2021.

Problema

O problema proposto utilizando método sequencial máximo com solução através de um microcontrolador está abaixo ilustrado.

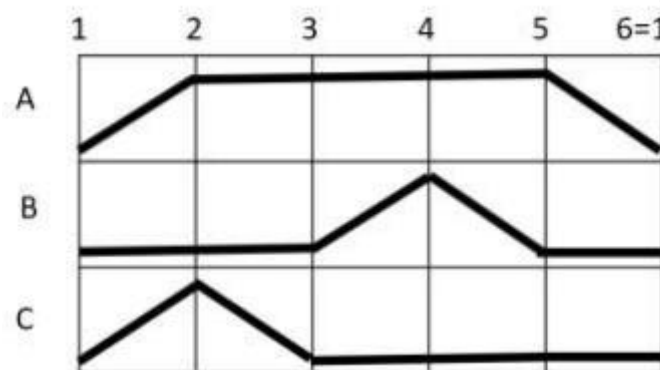


Imagem 1 - Problema 3. Fonte: Noll, V. - Segunda Avaliação de TAI.

Solução

Primeiramente foi desenvolvido um trajeto passo ilustrando quais são os “gatilhos” que ativam o sistema e o que acontece com cada atuador, conforme ilustrado abaixo.

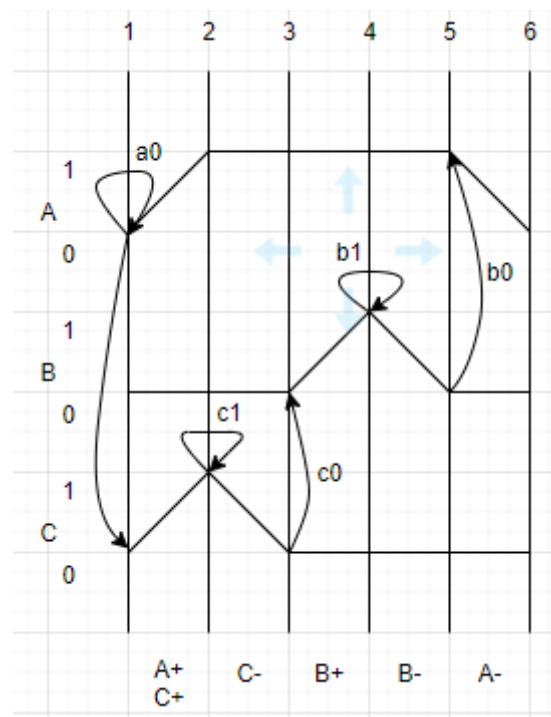


Imagem 2 - Diagrama Trajeto - Passo com gatilhos. Fonte: Do Autor(2021).

A partir da imagem acima, foi feita a tabela 1 que resume as informações, para facilitar mais ainda o entendimento.

Tabela 1 - Resumo do Diagrama Trajeto - Passo.

Passo	Relé Responsável	Ação	Sensor de Acionamento do Passo
1	K1	A+ e C+	início de curso do cilindro A (a0)
2	K2	C-	fim de curso do cilindro C (c1)
3	K3	B+	início de curso do cilindro C (c0)
4	K4	B-	fim de curso do cilindro B (b1)
5	K5	A-	início de curso do cilindro B (b0)

Fonte: Do Autor(2021).

Com a tabela pronta foi desenvolvido o circuito sequencial a relé, o circuito de comando dos cilindros e o circuito pneumático, ilustrados abaixo, através do software FluidSim.

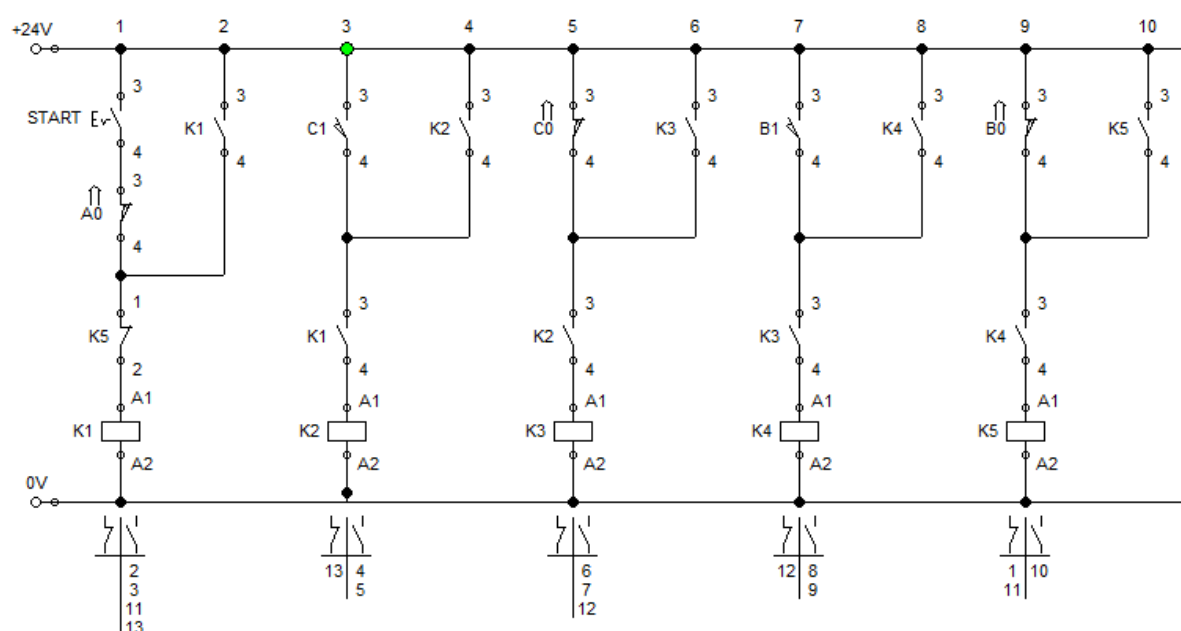


Imagem 3 - Circuito Sequencial à Relé. Fonte: Do Autor(2021).

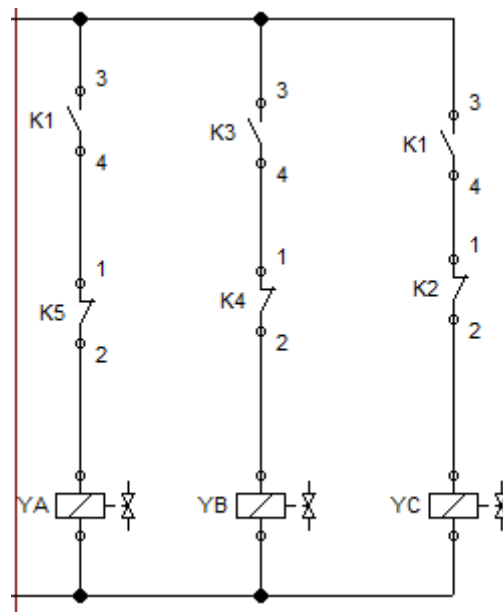


Imagem 4 - Circuito de Comando dos Cilindros. Fonte: Do Autor(2021).

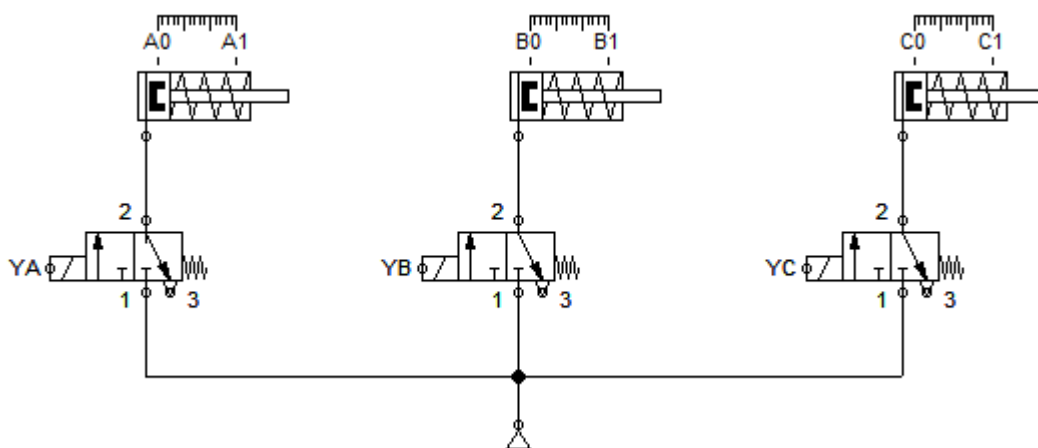


Imagem 5 - Circuito Pneumático. Fonte: Do Autor(2021).

Com os circuitos prontos eles foram integrados, formando o circuito completo e foi realizada a simulação para verificar se estava seguindo a sequência indicada pelo problema proposto.

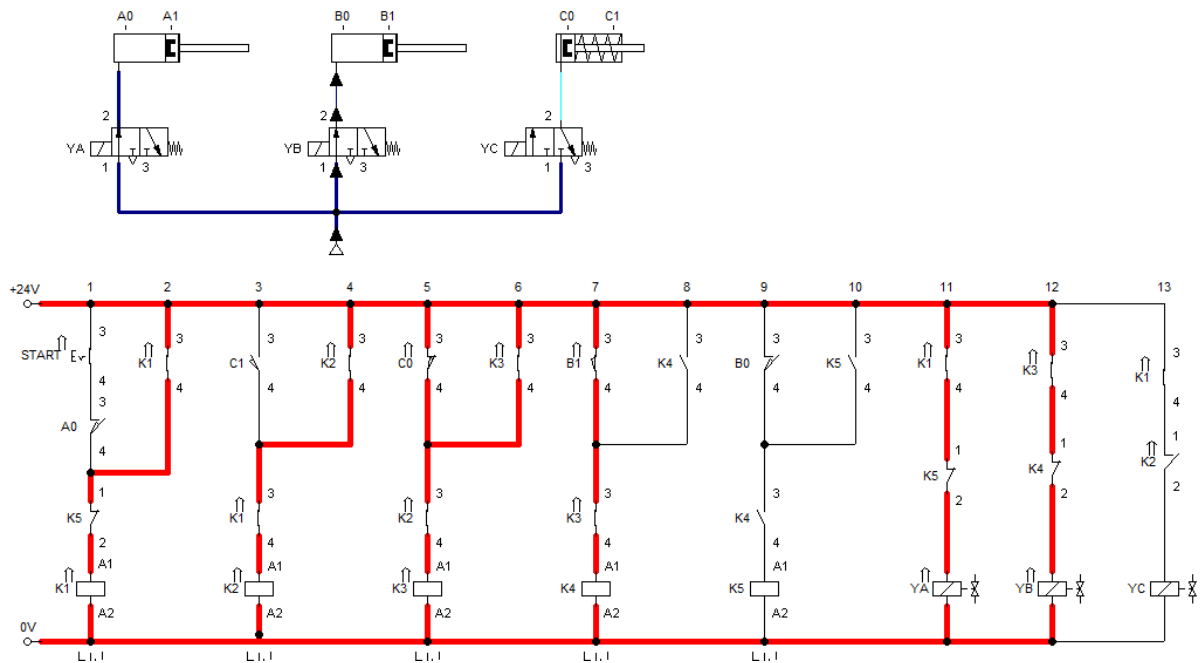


Imagem 6 - Simulação do circuito completo. Fonte: Do Autor(2021).

A simulação ilustrou de forma clara o funcionamento onde cada relé K representa um passo do diagrama trajeto-passo e cada relé K ativa o próximo e quando chega ao último ele desarma o primeiro que desarma o segundo e assim sucessivamente até desarmar o último que volta a armar o primeiro e assim é o funcionamento através desse método.

Com o circuito completo foi realizado o equacionamento, resultando nas 8 equações abaixo descritas.

$$K1 = K5 / (B_Start * A0 + K1) \quad (1)$$

$$K2 = K1 * (C1 + K2) \quad (2)$$

$$K3 = K2 * (C0 + K3) \quad (3)$$

$$K4 = K3 * (B1 + K4) \quad (4)$$

$$K5 = K4 * (B0 + K5) \quad (5)$$

$$YA = K1 * K5 / \quad (6)$$

$$YB = K3 * K4 / \quad (7)$$

$$YC = K1 * K2 / \quad (8)$$

Após a resolução utilizando a solução de sequência máxima que resultou nas equações acima, foi desenvolvido então a solução através de microcontrolador.

Primeiramente foi feita uma programação em linguagem C, feita para ser incluída num microcontrolador, abaixo ilustrada e explicada.

```

/*
 * Solucao_Microcontrolada_Problema_3.c
 *
 * Created: 19/04/2021 12:21:01
 * Author : Thiago G. Lirio
 */
#define F_CPU 16000000UL
#include <stdlib.h>
#include <avr/io.h>
#include <stdio.h>
#include <stdbool.h>

#define set_bit(address, bit) (address=(1<<bit))
#define clr_bit(address, bit) (address&=(1<<bit))
#define rd_bit(address, bit) (address&(1<<bit))

#define Cil_A PORTB0
#define Cil_B PORTB1
#define Cil_C PORTB2

#define B_Start PORTD0
#define A0 PORTD1
#define A1 PORTD2
#define B0 PORTD3
#define B1 PORTD4
#define C0 PORTD5
#define C1 PORTD6

```

Imagem 7 - Primeira parte da programação da solução do problema. Fonte: Do Autor(2021).

Foi definida a velocidade do clock do microcontrolador e incluída as bibliotecas. No segundo bloco foi definida algumas macros que serão utilizadas mais abaixo. No terceiro e quarto bloco foram definidas as portas do microcontrolador a serem utilizadas.

```

int K1 = 0;
int K2 = 0;
int K3 = 0;
int K4 = 0;
int K5 = 0;

```

Imagem 8 - Segunda parte da programação da solução do problema. Fonte: Do Autor(2021).

Definição das variáveis de memória K, como booleanas, no circuito é representado através de relés, porém é possível utilizar as memórias do próprio microcontrolador para poder ativá-las.

```

int main(void)
{
    /* Replace with your application code */
    DDRB = 0xFF;
    DDRD = 0x00;
    while (1)
    {
        //Professor essa é a lógica que gostaria de usar aí encontrei através da lógica que o erro está nos botões e não consegui resolver
        if (K5 == 0 && ((B_Start == 1 && A0 == 1) || K1 == 1))
        {
            K1 = 1;
        }
        if (K1 == 1 && (C1 == 1 || K2 == 1))
        {
            K2 = 1;
        }
        if (K2 == 1 && (C0 == 1 || K3 == 1))
        {
            K3 = 1;
        }
    }
}

```

Imagem 9 - Terceira parte da programação da solução do problema. Fonte: Do Autor(2021).

```

        if (K3 == 1 && (B1 == 1 || K4 == 1))
        {
            K4 = 1;
        }
        if (K4 == 1 && (B0 == 1 || K5 == 1))
        {
            K5 = 1;
        }
    }
}

```

Imagem 10 - Quarta parte da programação da solução do problema. Fonte: Do Autor(2021).

```

        if (K1 == 1 && K5 == 0)
        {
            set_bit(PORTB, Cil_A);
        }
        if (K3 == 1 && K4 == 0)
        {
            set_bit(PORTB, Cil_B);
        }
        if (K1 == 1 && K2 == 0)
        {
            set_bit(PORTB, Cil_C);
        }
    }
}

```

Imagem 11 - Quinta parte da programação da solução do problema. Fonte: Do Autor(2021).

No setup do programa é indicado o que é entrada e o que é saída do microcontrolador. No looping do programa foram montadas as equações encontradas através do método de sequência máxima.

Com a programação em C feita foi realizada a montagem do hardware no software Proteus, para poder realizar a simulação da programação, onde os LEDS substituíram os cilindros representando estar acionado ou não e os botões substituíram os sensores de início e fim de curso.

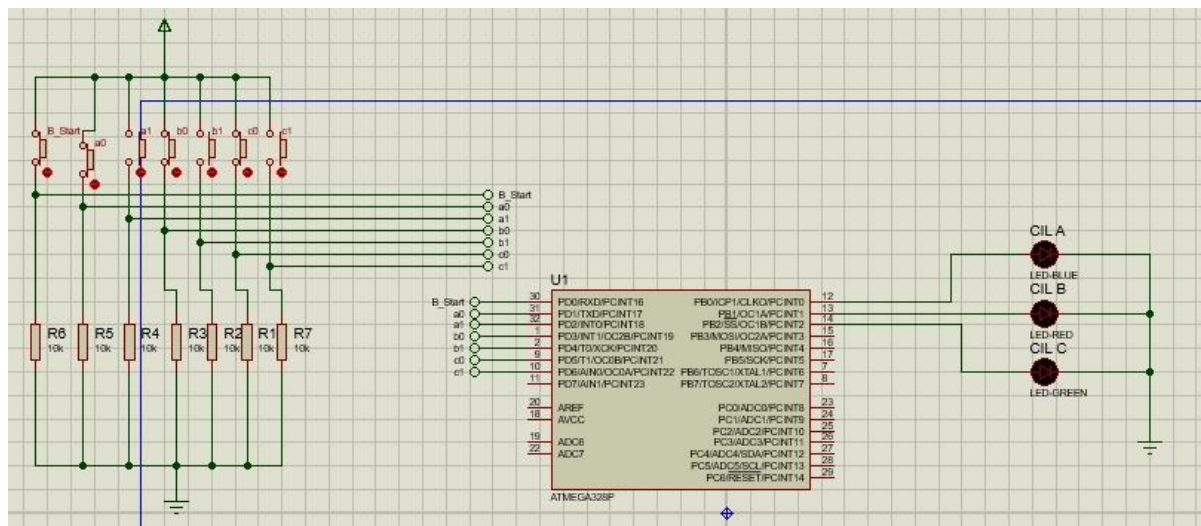


Imagem 12 - Montagem do Hardware para simular programação. Fonte: Do Autor(2021).

Foi feito também através do software Proteus a montagem de como seria a integração da eletroválvula com o microcontrolador, a simulação foi utilizado LEDs que substituíram os cilindros, porém deve ser incluído o sistema abaixo com transistor para ser feito o acionamento da eletroválvula, a imagem 11 ilustra.

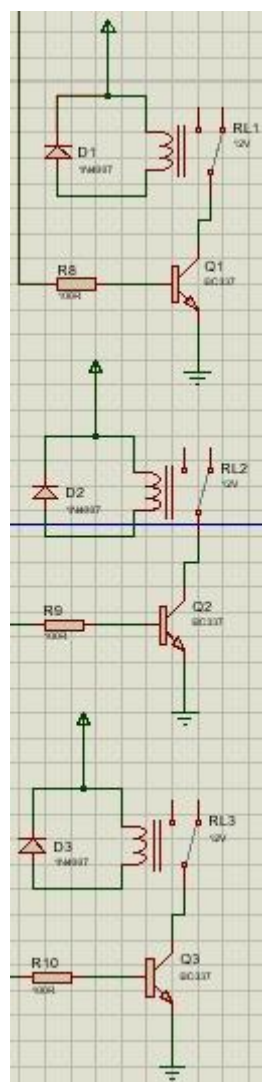


Imagem 13 - Montagem do circuito de acionamento da eletroválvula. Fonte: Do Autor.(2021).

Com a solução feita foi possível então gerar uma lista de compras, abaixo ilustrada na tabela 2, para se aproximar de um valor real de implementação dessa solução.

Tabela 2 - Lista de Componentes

Lista de Componentes						
Quantidade	Componente	Referencia	Especificação	Link	Custo/un.	Custo
3	Cilindros De Simples Ação	Cil A, Cil B, Cil C	ISOØ 20 X 25 MM	-simples-aco-_-JN	R\$ 164,49	R\$ 493,47
1	Botao com trava	B_Start	PBS-16A	om/botao-pbs-16	R\$ 5,90	R\$ 5,90
3	Eletroválvulas	YA, YB, YC	3/2 Vias Retorno Mola Rosca 1/4 12v	CQjw1PSDBhDb	R\$ 59,99	R\$ 179,97
6	Sensores De Fim De Curso	A0, A1, B0, B1, C0, C1	125/250VAC 5A	oogleMerchant&	R\$ 2,90	R\$ 17,40
1	Microcontrolador AtMega 328P	AtMega328P	16MHz	Qjw1PSDBhDbA	R\$ 24,41	R\$ 24,41
1	Gabinete plástico		53 x 85 x 124 mm	5019&matt_keyw	R\$ 27,61	R\$ 27,61
1	Fonte		12V, 5a	02333978&matt	R\$ 28,70	R\$ 28,70
3	Transistores BC 337	Q1, Q2, Q3	500mA, hfe 100-600	hCGARIsAN3Pa	R\$ 0,21	R\$ 0,63
3	Resistores	R8, R9, R10	100r	CGARIsAN3PaF	R\$ 0,06	R\$ 0,18
1	Resistor	R1	10k	BhCGARIsAN3P	R\$ 0,06	R\$ 0,06
3	Diodos 1N4007	D1, D2, D3	1A, 100V	ARIsAN3PaFO0	R\$ 0,10	R\$ 0,30
					Sub- Total: R\$	R\$ 778,63

Fonte: Do Autor. (2021).