

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
(Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, 1792)

SEÇÃO DE ENSINO DE ENGENHARIA ELÉTRICA (SE/3)
PROJETO DE SISTEMAS EMBARCADOS
CONTROLE DE PARTIDA - MOTOR TRIFÁSICO ESTRELA-DELTA

PROFESSOR: CAP QEM HERBERT AZEVEDO SÁ

FRANCISCO **NAZÁRIO** PEREIRA JÚNIOR - 20023
RUAN DE SOUSA **MONTENEGRO** - 21056

RESUMO

Este trabalho contém uma proposta de solução para o chaveamento automático do motor trifásico SEW-EURODRIVE DZ71K4 entre acionamento em estrela ou em delta, utilizando-se de um microcontrolador 8-Bit AT89S51 (8051).

Sumário

1	Abordagem acerca da Partida no Motor Trifásico	3
1.1	Cálculo das Correntes de Partida nas configurações Δ e Y	3
1.2	Vantagens e Desvantagens do uso da partida com comutação $Y - \Delta$	4
1.2.1	Vantagens	4
1.2.2	Desvantagens	5
1.3	Esquema Elétrico para Acionamento do Motor	5
2	Código	7
3	Conclusão	9



Figura 1: Fotografia de um motor SEW-EURODRIVE DZ71K4



Figura 2: Especificações do motor

1 Abordagem acerca da Partida no Motor Trifásico

1.1 Cálculo das Correntes de Partida nas configurações Δ e Y

O motor que será utilizado nesse estudo será o SEW-EURODRIVE DZ71K4, que está ilustrado numa fotografia na Figura 1 e cujas especificações estão em fotografia na Figura 2. 0

A partida do motor, em vez de utilizar a ligação normal em Delta do motor, será feita uma ligação em Y .

Para a ligação Y , a tensão de fase no enrolamento valerá a relação:

$$V_{Y_F} = \frac{V_{\Delta L}}{\sqrt{3}}$$

A corrente de linha na configuração Y fica:

$$I_{Y_L} = I_{Y_F} = \frac{V_{Y_F}}{Z} = \frac{V_{Y_L}}{\sqrt{3}Z} = \frac{V_{\Delta L}}{\sqrt{3}Z}$$

onde I_{Y_F} é a Corrente de Fase, I_{Y_L} a Corrente de Linha, V_{Y_F} a Tensão de Fase, V_{Y_L} a Tensão de Linha, Z a impedância do motor, todos na configuração Y.

Já na Delta, tem-se:

$$I_{\Delta L} = I_{\Delta F} \sqrt{3} = \frac{V_{\Delta L}}{\sqrt{3}Z}$$

Portanto,

$$\frac{I_{\Delta L}}{I_{Y_L}} = \frac{V_{\Delta L}}{\sqrt{3}Z} \cdot \frac{Z}{\sqrt{3}V_{\Delta L}} = 3$$

Então:

$$I_{\Delta L} = 3I_{Y_L}$$

No motor proposto, tem-se 0,15 kW:

$$I_{\Delta L} = \frac{SP_{artida}}{\sqrt{3}V_L}$$

onde $SP_{artida} = 0,2HP \cdot N = 0,2 \cdot 12,5k = 2,5kVA$, onde N é retirado das especificações do motor e atribuído o valor de 12,5 kVA/HP pelo código NEMA.

Assim, tem-se:

$$I_{\Delta L} = \frac{2,5k}{\sqrt{3} \cdot 220V} \approx 6,56A$$

Por fim:

$$I_{Y_L} = \frac{I_{\Delta L}}{3} \approx 2,19A$$

Quando o motor se aproximar da velocidade plena, então será efetuada a comutação da configuração Y para Delta.

1.2 Vantagens e Desvantagens do uso da partida com comutação $Y - \Delta$

1.2.1 Vantagens

- **Redução da Corrente em 2/3:** A corrente de partida é um grande problema dos motores elétricos, pois pode chegar a oito vezes a corrente nominal, tendo como consequência a necessidade de um projeto mais robusto para suportar esse pico de corrente, que prejudica inclusive a rede. Com a comutação, essa corrente de pico se reduz a 1/3 do valor que poderia alcançar.
- **Economia:** Devido ao abaixamento da corrente de partida, os níveis de capacidade de corrente - ou condução - de toda a instalação elétrica relacionada ao motor podem ser menores. Com isso, pode-se utilizar cabos e disjuntores, por exemplo, menos robustos, mais baratos e mais condizentes com o nível de corrente da instalação.

- **Menor geração de calor:** Com uma corrente menor, há menos perda por efeito Joule, resultando numa produção de calor menos intensa. Logo, há menos desgaste dos componentes e menor necessidade de refrigeração no local.
- **Praticidade:** Para o acionamento de motores pelo método em questão, é preciso apenas de um pequeno quadro, com poucos relés/chaves contadoras, ocupando menos espaço na instalação e sendo bem mais leve, diferente de outros métodos, que necessitariam, por exemplo, de um transformador de isolação, item bastante dispendioso e pesado. Ademais, por esse método, pode-se iniciar o motor inúmeras vezes, dado que a quantidade de manobras que podem ser realizadas é bastante alta.

1.2.2 Desvantagens

- **Uso Restrito:** Esse método não pode ser usado em todos os motores elétricos. Na verdade, ele só pode ser usados em motores com, pelo menos, 6 terminais. Caso contrário, não há como fazer a comutação. Além disso, com a redução da corrente de partida a $1/3$, o Torque de partida também será reduzido à mesma proporção. Com isso, a depender do que o motor tem que girar, o motor pode não conseguir ganhar velocidade, e o método se torna ineficaz, pois o torque inicial fornecido pode não ser suficiente para dar a partida no motor, o que poderia danificar o motor.
- **Tensão Aplicada sobre os Terminais do Motor:** Com a comutação, os terminais de entrada do motor passam a estar em uma configuração diferente do especificado para ele. Deve-se ter em mente que o equipamento estará recebendo sobre seus terminais uma tensão diferente da especificada para operação por alguns instantes, o que também pode danificá-lo. Por isso, é necessário ter cuidado com o nível de tensão que o motor vai operar, e a quanto ele estará submetido além, ou aquém, do que deveria.

1.3 Esquema Elétrico para Acionamento do Motor

Esquema elétrico que representa a lógica implementada no código em Assemble que operará a comutação.

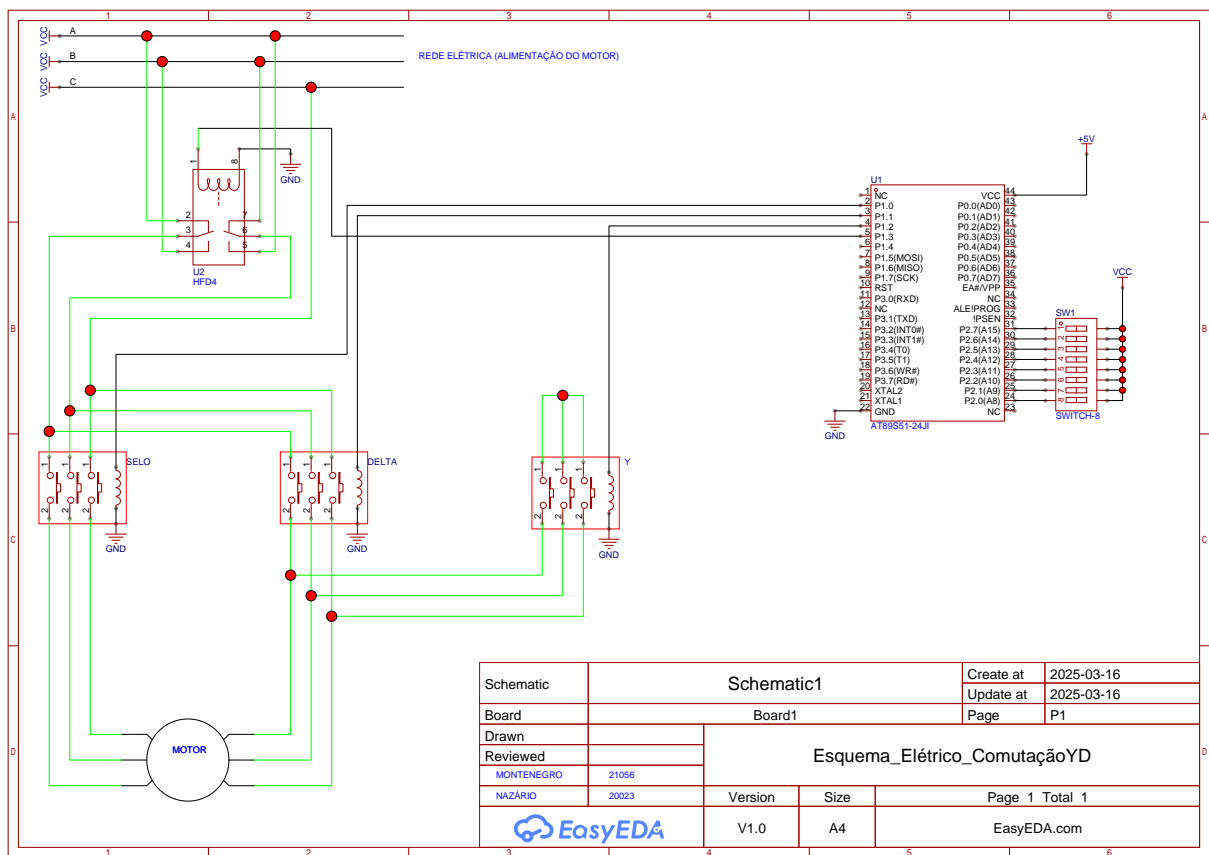


Figura 3: Esquema elétrico - feito em EasyEDA

2 Código

Listing 1: Código Assembly para Partida Estrela-Delta com Reversão

```
1 ; Codigo para Partida Estrela-Delta com Reversao
2 ; P1 (saidas):
3 ; P1.0 - Contator principal (Motor): 0 = ligado, 1 = desligado
4 ; P1.1 - Contator Delta: 0 = conectado, 1 = desligado
5 ; P1.2 - Contator Estrela: 0 = conectado, 1 = desligado
6 ; P1.3 - Relay de Reversao (inverte sentido de rotacao)
7 ; P2 (entradas):
8 ; P2.0 a P2.2 - DIP switches para definir tempo
9 ; P2.3 - Botao Start
10 ; P2.4 - Botao Reversao
11 ORG 0000h
12
13 MAIN:
14     ACALL WaitStart      ; Aguarda o acionamento do botao Start (P2.3)
15     ACALL ReadTime      ; Le DIP switches e define o tempo (1 a 8 s)
16     ACALL InitialConfig ; Configuracao inicial
17
18 Countdown:
19     ACALL Delay1s        ; Espera 1 segundo
20     DEC R0               ; Decrementa o tempo
21     JNZ Countdown       ; Enquanto R0 /= 0, repete a contagem
22
23     ACALL StarDeltaTransition ; Transicao de Estrela para Delta
24     ACALL ReversalCheck    ; Se acionado, realiza reversao
25
26     SJMP MAIN            ; Reinicia o processo
27 ;-----
28 ; Sub-rotina: WaitStart
29 ; Aguarda o botao Start (P2.3) ser pressionado e depois liberado.
30 WaitStart:
31 WaitStart_Loop:
32     JB P2.3, WaitStart_Loop ; Enquanto P2.3 = 1, aguarda
33     ACALL Delay50ms         ; Pequeno delay para debounce
34 WaitRelease: ; Aguarda a liberacao do botao
35     JNB P2.3, WaitRelease
36     RET
37 ;-----
38 ; Sub-rotina: ReadTime
39 ; Le os DIP switches (P2.0 a P2.2) e define o tempo em segundos (R0).
40 ReadTime:
41     MOV A, P2              ; Le todo o P2
42     ANL A, #07h           ; AND logico. Isola os bits P2.0 a P2.2
43     JZ SetOne              ; Se for zero, define 1 s
44     ADD A, #1              ; Ajusta: 0 vira 1, 7 vira 8
45     MOV R0, A              ; Armazena o tempo em R0
46     RET
47 SetOne:
48     MOV R0, #1
49     RET
50 ;-----
51 ; Sub-rotina: InitialConfig
52 InitialConfig:
53     CLR P1.2              ; Ativa Estrela (0 = ligado)
54     SETB P1.1             ; Desativa Delta (1 = desligado)
```



```

55     CLR P1.0                ; Liga o motor (0 = ligado)
56     RET
57 ;-----
58 ; Sub-rotina: Delay1s
59 Delay1s:
60     ACALL Delay500ms
61     ACALL Delay500ms
62     RET
63 ;-----
64 ; Sub-rotina: Delay500ms
65 ; Delay de 500 ms com laco de busywait.
66 Delay500ms:
67     MOV R2, #0FAh           ; Contador externo (250)
68 Delay500ms_Loop:
69     MOV R3, #0F9h           ; Contador interno (249)
70 Delay500ms_Inner:
71     NOP                     ; Consome um ciclo.
72     DJNZ R3, Delay500ms_Inner ; Decrement R3, se nao zerou, repete o Inner
73     DJNZ R2, Delay500ms_Loop ; Decrement R2, se nao zerou, repete o Loop
74     RET
75 ;-----
76 ; Sub-rotina: Delay50ms
77 ; Delay curto para debounce
78 Delay50ms:
79     MOV R2, #05h
80 Delay50ms_Loop:
81     NOP
82     DJNZ R2, Delay50ms_Loop
83     RET
84 ;-----
85 ; Sub-rotina: StarDeltaTransition
86 ; Realiza a transicao de Estrela para Delta.
87 StarDeltaTransition:
88     SETB P1.0                ; Desliga o motor
89     SETB P1.2                ; Desativa Estrela
90     CLR P1.1                 ; Ativa Delta
91     CLR P1.0                 ; Religa o motor
92     RET
93 ;-----
94 ; Sub-rotina: ReversalCheck
95 ; Verifica se o botao de reversao (P2.4) foi pressionado.
96 ; Se sim, desliga o motor, aguarda 3 s, inverte e religa o motor.
97 ReversalCheck:
98     JNB P2.4, EndReversal    ; Se o botao nao for pressionado, nao faz nada
99     SETB P1.0                ; Desliga o motor
100    ACALL Delay3s             ; Aguarda 3 segundos
101    CPL P1.3                  ; Inverte o sinal de reversao (muda o sentido)
102    CLR P1.0                  ; Religa o motor
103 EndReversal:
104     RET
105 ;-----
106 ; Sub-rotina: Delay3s
107 Delay3s:
108     ACALL Delay1s
109     ACALL Delay1s
110     ACALL Delay1s
111     RET

```

3 Conclusão

Neste relatório, foi explorada a transição da configuração de ligação $Y - \Delta$ na partida de um dado motor trifásico, por meio da operação de relés e do microcontrolador 8051.

A mudança de configuração permite uma partida com menor corrente, reduzindo custos operacionais e minimizando possíveis problemas com sobrecorrente. No entanto, também apresenta desvantagens, como a redução do torque inicial. Com isso, evidencia-se a necessidade de utilização de outros métodos, como o *softstarter*, para conseguir a redução da corrente de partida sem a perda do torque adequado para as cargas acopladas.

Além disso, a solução com um sistema embarcado apresentada oferece uma implementação prática desses conceitos, demonstrando a aplicabilidade dos assuntos estudados no mundo da engenharia.

Em resumo, o estudo de uma operação tão presente no ramo de máquinas elétricas, juntamente com a implementação de um sistema embarcado utilizando linguagem Assemble para operá-la, mostram o quão ampla é a área de atuação do engenheiro e o quanto seu trabalho pode ser traduzido em evolução.