



**XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil**

José Eliomar Diniz
Empresa Energética do Mato Grosso do Sul S.A.
jose.eliomar@enersul.com.br

Integração dos Painéis de Controle equipados com relés SEL351-R em Religadores de Distribuição Hawker-Siddeley PMR-3, Whipp-Bourne GVR e Cooper NOVA.

Palavras-chave

Cooper NOVA
Enersul, GVR
Microprocessados, Microcontrolados, PMR-3
Religadores
Schweitzer SEL351-R
Whipp-Bourne

Resumo

OBJETIVO:

Divulgar os projetos e trabalhos realizados na adequação de Religadores antigos tipo Hawker-Siddeley PMR-3, Whipp-Bourne GVR (FKI Switchgear), e até mesmo os recentes modelos (2000-2012) COOPER NOVA, através da utilização de painéis de controle microprocessados SEL351-R, de fabricação Schweitzer Engineering Laboratories. Tal intenção de pesquisa e desenvolvimento surgiu da necessidade de inserir os equipamentos no SSC – Sistema de Supervisão e Controle da ENERSUL, através do protocolo de comunicação DNP3.0, juntamente com equipamentos mais sofisticados (UTR's, Relés de Proteção de bays, Concentradores de Comunicação, etc...), o que não seria possível com os Relés Eletrônicos de Proteção e Controle originais (Polarr, MicroTrip 2), bem como também uma alternativa à falta de fornecimento de sobressalentes para os equipamentos contemplados.

Foram e estão sendo superados diversos desafios, com o desenvolvimento próprio de lógicas digitais para controle e intertravamento, hardwares adicionais para interface entre mecanismo e Relé SEL351-R, o que possibilitou também a aplicação de tais equipamentos em alimentadores 13.8kV para Subestações 138kV/34.5kV, totalmente integrados através de protocolo proprietário à plataforma Schweitzer, onde ocorre a existência da mesma.

Os equipamentos-protótipo foram testados exaustivamente, com a intenção de eliminar possíveis falhas. Já

se encontram em operação e com performance satisfatória desde 2009.

1. Introdução

O projeto foi iniciado analisando-se o funcionamento do mecanismo do Religador propriamente dito, e posteriormente nos demais projetos verificando-se as particularidades de cada fabricante. O desenvolvimento de hardwares específicos para cada fabricante tornou-se necessário, pois muitos utilizam a mesma filosofia de acionamento (Atuadores Magnéticos ao invés de carregamento de molas através de motores), porém aplicando tecnologias de acionamento totalmente diferentes, na maioria das vezes realizadas através de componentes eletrônicos em estado sólido (Semicondutores).

Foram observados todos os cuidados possíveis para manter a compatibilidade dos painéis de controle entre os Religadores modelo Whipp-Bourne e PMR-3, com mínimas modificações nos circuitos, porém, em função de particularidades do projeto dos Religadores COOPER NOVA (Conversor C.C. + Placa do Atuador), esta compatibilidade entre painéis não pôde ser mantida, somente a intercambiabilidade entre Relés SEL351-R.

2. Desenvolvimento

Exemplo de aplicação: Religadores W&B Whipp-Bourne

No caso dos Religadores do fabricante KFI Whipp-Bourne, o acionamento do mecanismo ocorre através da mudança de fluxo da corrente elétrica em uma única bobina/Atuador Magnético de acionamento, corrente esta no valor de aproximadamente 16A, em uma tensão de 53Vcc. Foram dimensionadas as contactoras de acionamento com uma capacidade discretamente superior à corrente de energização das bobinas, além de se realizar o paralelismo dos contatos da mesma, com a intenção de prolongar a vida útil dos contatos e triplicar a garantia de segurança do acionamento do Religador em caso de falha simultânea em até dois contatos de cada contactora. O circuito desenvolvido para o acionamento do Atuador Magnético pode ser verificado na figura 01 abaixo:

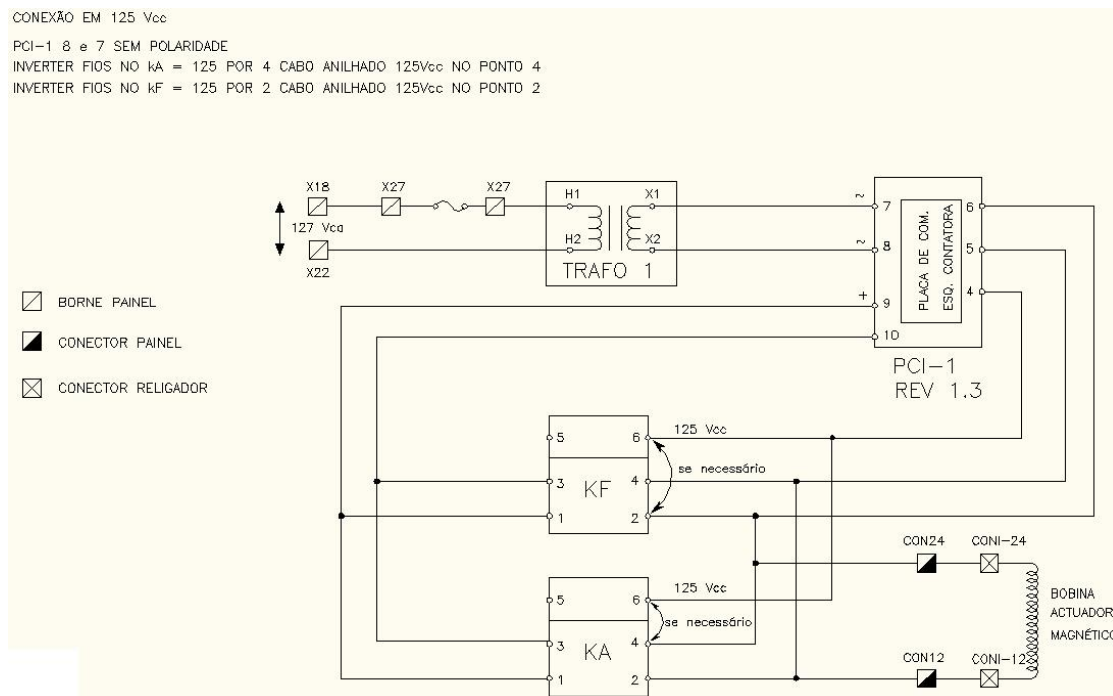


Figura 01: WB-SEL351R Placa de Comando e conexão das contactoras.

Em detalhe, pode-se verificar também um outro projeto que foi necessário também ser implementado, denominado de PCI-1, em sua revisão 1.3, projeto este responsável pelo tempo de recarga quase instantâneo e também pela recarga dos Banco de Capacitores Eletrolíticos (60000µF)

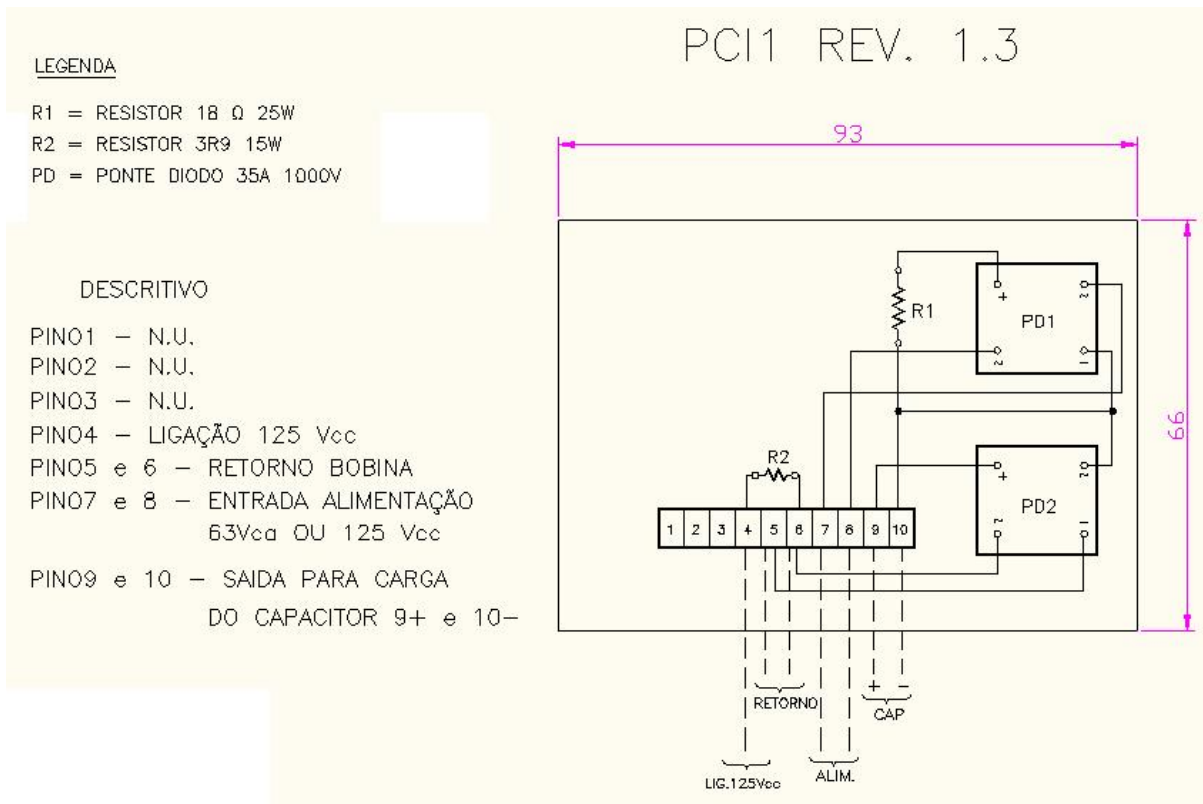


Figura 02: WB-SEL351R Diagrama placa PCI-1 REV1.3 - Carga dos Capacitores.



GVR Engineering Detail

- ① Single piece, aluminium or copper-cored EPDM or silicone rubber bushings, with grooves to take optional wildlife guards/MV boots. Epoxy separable bushings also available.
- ② Current transformers are mounted within the tank's controlled environment, while optional capacitive voltage dividers provide voltage signals for use by the Panacea or an RTU.
- ③ Aluminium housing with lightweight, moulded baseplate, secured by stainless steel bolts and incorporating rubber 'O' ring seals.
- ④ Pressure-relief disc, to comply with IEC 60298, offering the highest levels of safety.
- ⑤ Mechanical ON/OFF position indication visible through clear viewing window from ground level.
- ⑥ Hook stick-operated manual trip and lockout control.
- ⑦ A single moulding supports the three phase vacuum interrupter assembly, magnetic actuator mechanism and one-piece drive beam.
- ⑧ The patented, single coil magnetic actuator is based on a solenoid plunger, held in the tripped or closed position by a permanent magnet.

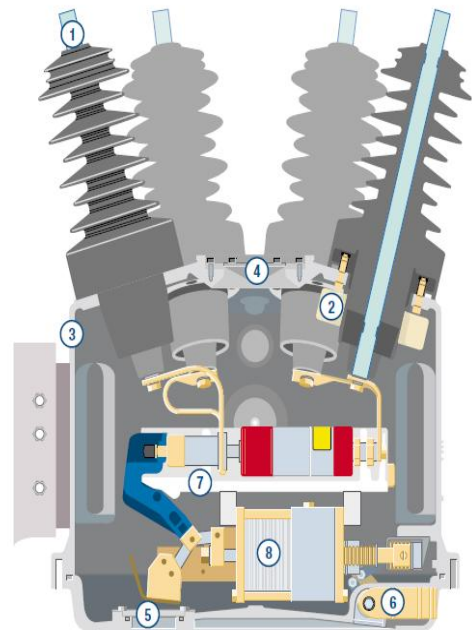


Figura 03: Detalhes construtivos do Religador KFI Whipp-Bourne GVR – em (8): Atuador Magnético de abertura/fechamento.

Na figura 03 acima, destaca-se no **item 8** a montagem do Atuador Magnético, demonstrando ser um processo extremamente simples de atuação do mecanismo do Religador Whipp-Bourne, sem interfaces eletrônicas adicionais (originais) sendo necessário apenas elaborar, a princípio, o esquema para inversão de fluxo da corrente elétrica no Atuador, quando das solicitações de comandos de abertura e fechamento do Religador.



Figura 04: "Máscara" para teclado customizada.

A customização das instruções do teclado foi necessária em função das lógicas elaboradas, aproveitando-se para tornar a operação local do equipamento mais fácil e intuitiva, atendendo a ambos os tipos de Religadores, W&B e PMR-3.



Figura 05: Aplicação prática da "máscara" traduzida.

No momento de elaboração das lógicas de controle e proteção no Relé SEL351-R, foram aproveitados também os recursos de customização dos textos do Display LCD, disponibilizando diversas informações úteis em redundância com os LED's de sinalização localizados no teclado, bem como também em conjunto com as sinalizações que ocorrem simultaneamente no SSC- Sistema de Supervisão e Controle.



Figura 06: Disjuntores antigos - Subestação São Gabriel D'Oeste.



Figura 07: Aplicação prática do projeto WB-SEL351R



Figura 08: Plataforma de Supervisão e Controle SEL

Exemplo de aplicação: Religadores Hawker-Siddeley PMR-3

Nos Religadores modelo PMR-3, foi utilizada a mesma concepção e idéia de compartilhamento das lógicas ora elaboradas no Projeto SEL351-R W&B, apenas adequando as informações de "estado digital" do mecanismo (aberto/fechado e/ou bloqueado mecanicamente), bem como também as informações analógicas dos TC's de proteção e medição. Porém, em razão da necessidade da extinção do arco elétrico (faltas) em ambiente contendo gás SF₆, uma das características dos Religadores PMR-3, foi necessário elaborar também uma lógica de intertravamento (se aberto não fecha, se fechado não abre) realizando referência à informação da pressão do gás isolante no interior do equipamento, já que a probabilidade de ocorrência de explosões do tanque deste modelo de Religador, quando em operação sob faltas e com ausência de gás, é considerada muito alta.

Nos testes iniciais, foram utilizados pressostatos com lógicas de contato N.A., porém, ocorreram falhas em função da qualidade do dispositivo, como a entrada de umidade e bloqueios/sinalizações indevidas.

Para aprimorar o projeto, foi decidido então, desenvolver uma interface que além de fornecer um contato N.A., também realiza a medição da pressão do gás SF₆ em tempo real e informa o(s) valor(es) em display de 7 segmentos, fornecendo assim uma melhor seletividade com relação às possíveis falhas de medição do gás, obtendo assim, duas referências para determinar a causa real de problemas relacionados ao vazamento de gás SF₆.

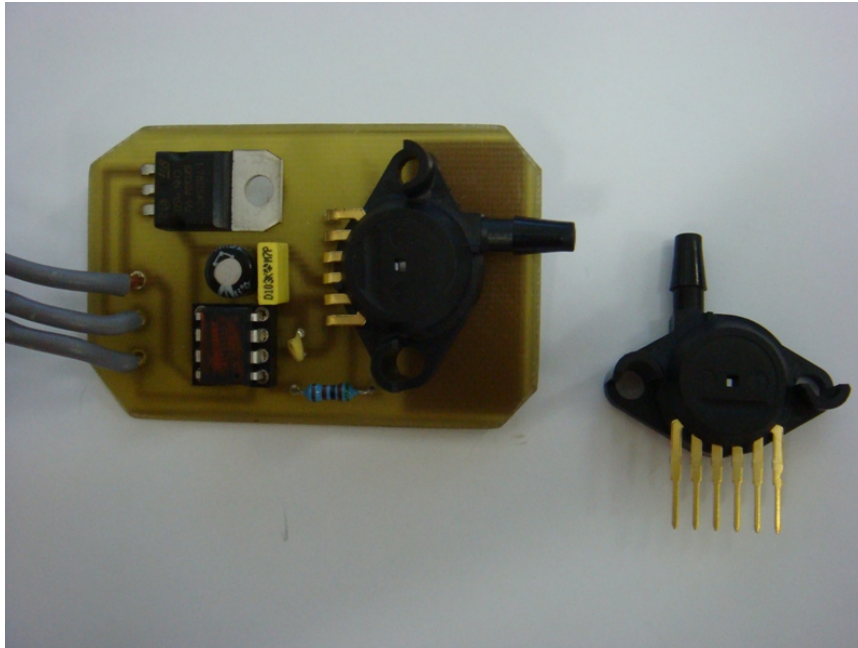


Figura 09: Interface interna (tanque) - Sensor de pressão de Gás SF₆.

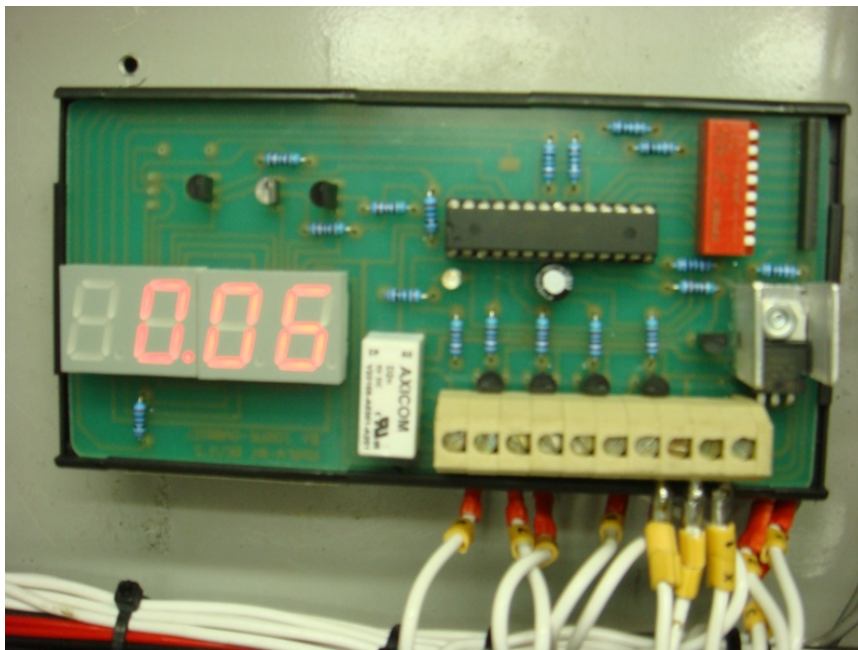


Figura 10: Interface externa (painel de controle) - Intertravamento e medição

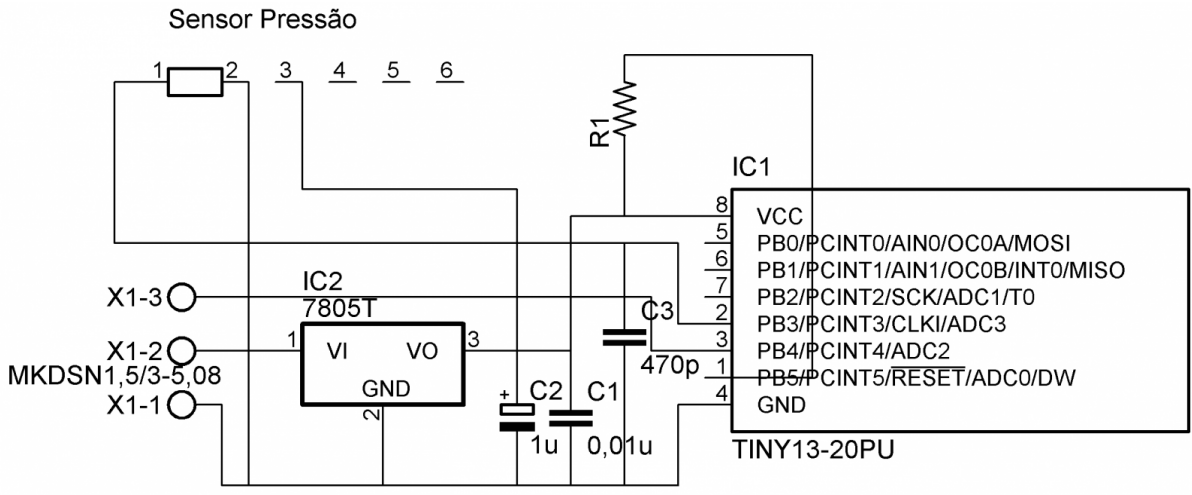


Figura 11: Diagrama Eletrônico da interface externa.

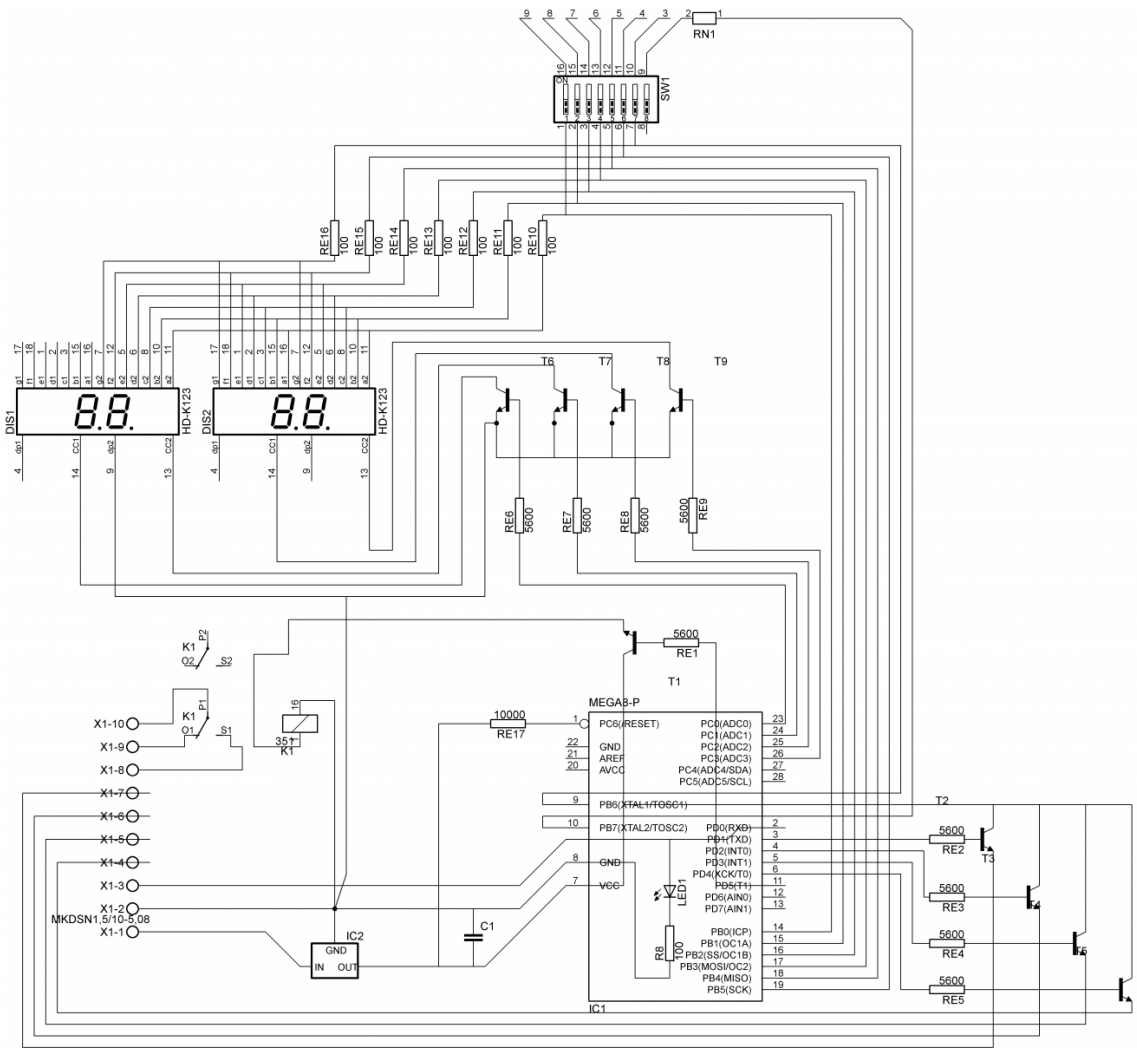


Figura 11: Diagrama Eletrônico da interface interna.

Entre os dispositivos, foi implementada uma rede de comunicação serial de baixa velocidade (800_bps), em razão das características do Microcontrolador utilizado, O tráfego de dados (informações da pressão do gás) ocorre digitalmente entre os Microcontroladores de ambas as interfaces, através da aquisição de valores analógicos (sensor de pressão interno propriamente dito) e conversão através de algoritmos utilizando métodos denominados "Jump Table", e correção manual de altitude.

Segue abaixo uma parte do código - algoritmo, desenvolvido para a programação dos microcontroladores das interfaces:

Main da CPU

```
;////////////////////////////////////
;////////////////////////////////////
;//////////////////////////////////// PRINCIPAL //////////////////////////////////////
;////////////////////////////////////
;////////////////////////////////////
```

principal:

```
    adiw Y,1    ;Incrementa o contador que monitora a recepção pela UART
    cpi YH,10
    brne continua_varredura
    ldi YL,0    ;Zera contador
    ldi YH,0
    ;Joga "Err" no display e zera a pressão
    ldi temp,11
    rcall conv_segmentos
    mov digito2,temp
    ldi temp,12
    rcall conv_segmentos
    mov digito3,temp
    mov digito4,temp
    ;Joga zero na porta de comunicação de 4 bits
    ldi temp,0b00111100
    out portd,temp
    ;Atraca o relé de alarme
    sbi portc,0

    ldi ANL,0
    ldi ANH,0
```

continua_varredura:

```
    rcall checa_dip
    rcall varre_display
    rcall checa_uart
    rjmp principal
```

O Jump Table

conv_segmentos:

```
    ldi ZL,LOW(tab_segmentos<<1)
    ldi ZH,HIGH(tab_segmentos<<1)
```

```

clr temp2
add ZL,temp
adc ZH,temp2
lpm temp,Z
ret
;////////////////////////////////////

```

As Tabelas

```

;///// Tabelas //////////

```

```

tab_atm:

```

```

.db

```

```

124,0,134,133,131,130,129,127,125,123,122,120,118,117,115,113

```

```

;Consultar tabela de compensação de pressão no EXCEL

```

```

tab_segmentos:

```

```

.db 0b00111111,0b00000110 ;número 0 e 1

```

```

.db 0b01011011,0b01001111 ;número 2 e 3

```

```

.db 0b01100110,0b01101101 ;número 4 e 5

```

```

.db 0b01111101,0b00000111 ;número 6 e 7

```

```

.db 0b01111111,0b01101111 ;número 8 e 9

```

```

.db 0b00000001,0b01111001 ;Traço superior e letra "E"

```

```

.db 0b01010000,0b00000000 ;Letra "r"

```

```

;Tabelas com os digitos para a pressão em bar

```

```

tab_digitoA:

```

```

.include "digitoa.txt"

```

```

tab_digitoB:

```

```

.include "digitob.txt"

```

```

tab_digitoC:

```

```

.include "digitoc.txt"

```

Para o Atinny (Conversor AD)

Main, neste main ja esta incluso a conversão AD na primeira linha

```

;////////////////////////////////////
;////////////////////////////////////
;//////////////////////////////////// PRINCIPAL //////////////////////////////////////
;////////////////////////////////////
;////////////////////////////////////

```

```

principal:

```

```

sbi ADCSRA,ADSC

```

```

espera_conv: ;espera terminar a conversão

```

```

sbic ADCSRA,ADSC

```

```

rjmp espera_conv

```

```

in temp5,ADCL

```

```

in temp6,ADCH

```

```

; ldi temp,200
; ldi temp2,0
; add temp5,temp
; adc temp6,temp2
ldi temp,0b11010010 ;Cabeçalho
rcall tx_uart
rcall atraso

mov temp,temp6 ;Parte Alta
rcall tx_uart
rcall atraso

mov temp,temp5 ;Parte Baixa
rcall tx_uart

rcall atraso
rcall atraso
rcall atraso
rcall atraso
rcall atraso
rcall atraso
rcall atraso
rcall atraso
rcall atraso
rjmp principal

```

Envio Serial

```

;///// Envia um byte no registro "temp" via serial /////

```

```

tx_uart:
    ldi temp2,10
    com temp ;Inverte
    sec ;Start bit
tx_uart0:
    brcc tx_uart1 ;Se o carry estiver setado
    cbi PORTB,4 ;Envia 0
    rjmp tx_uart2 ;senão
tx_uart1:
    sbi PORTB,4 ;Envia 1
    nop
tx_uart2:
    rcall atraso_bit ;Atraso de um bit
    lsr temp ;Próximo bit
    dec temp2 ;Se não foram todos
    brne tx_uart0 ;envia o próximo
    ret

```

3. Conclusões

Com o desenvolvimento do trabalho, verificou-se a total flexibilidade para a implementação dos painéis de controle SEL351-R, desde que respeitadas algumas prerrogativas dos fabricantes nas questões de concepção

dos projetos originais dos Religadores. Conseguiu-se, desta forma pioneira, abrir caminhos para a padronização dos painéis de controle utilizando os Religadores Microprocessados já existentes nas Redes de Distribuição e nas Subestações da ENERSUL, vindo de encontro às alternativas econômicas e técnicas para viabilizar a manutenção de tais equipamentos, sem a necessidade de manter vínculos com os fabricantes originais dos mecanismos em função da necessidade de sobressalentes. Como praticamente toda a interface eletrônica original torna-se obsoleta com as novas configurações que foram aplicadas, aliada à durabilidade dos mecanismos dos Religadores e a qualidade comprovada dos Painéis de Controle SEL351-R, acredita-se e poderá comprovar-se através de dados estatísticos (taxa de falhas após a adequação), que os projetos, mesmo em revisões e possibilidades de melhorias contínuas, tornou-se viável.

4. Referências bibliográficas

- **SEL 351-R Recloser Control - Instruction Manual - Quick Start Installation and User's Guide.**
 - **Cooper Power Systems - NOVA 15, 27 & 38kV Reclosers Installation & Operation Instructions.**
 - **Cooper Power Systems - Types NOVA 15, 27 & 38kV Three-Phase Microprocessor Controlled Recloser.**
 - **Diagramas Elétricos originais (em papel vegetal) Religadores Hawker-Siddeley PMR-3.**
 - **ATMEL - ATMEGA8 Datasheet - <http://www.atmel.com/Images/doc2486.pdf>**
-