

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO  
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA  
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

GABRIEL TEIXEIRA GRAZIANO DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE VARIAÇÕES DE TENSÃO DE  
CURTA DURAÇÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA**

PROPOSTA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CORNÉLIO PROCÓPIO**

**2017**

**GABRIEL TEIXEIRA GRAZIANO DE OLIVEIRA**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE VARIAÇÕES DE TENSÃO DE  
CURTA DURAÇÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de graduação do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel.

Orientador: Prof<sup>o</sup>.Dr. Andre Sanches Fonseca  
Sobrinho

**CORNÉLIO PROCÓPIO**

**2017**

## **RESUMO**

OLIVEIRA, Gabriel T. G. de. Sistema de monitoramento de variações de tensão de curta duração em redes de distribuição de energia. 17 f. Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Controle e Automação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

**Palavras-chave:**

## **ABSTRACT**

OLIVEIRA, Gabriel T. G. de. . 17 f. Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Controle e Automação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

**Keywords:**

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– Configuração de pinos do CI ADE7758 .....	12
FIGURA 2	– Detecção de afundamento de tensão .....	12
FIGURA 3	– Detecção da tensão de pico usando o registrador VPEAK .....	13
FIGURA 4	– Detecção de elevação de tensão .....	14

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1	–	Variações de Tensão de Curta Duração .....	11
TABELA 2	–	Cronograma de Execução .....	16

## **LISTA DE SIGLAS**

VTCD	Variações de Tensão de Curta Duração
CI	Circuito Integrado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
1.1	PROBLEMA	8
1.2	JUSTIFICATIVA	8
1.3	OBJETIVOS	8
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>10</b>
2.1	VARIAÇÕES DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO	10
2.1.1	Interrupção de Tensão	10
2.1.2	Afundamento de Tensão	11
2.1.3	Elevação de Tensão	11
2.2	MICROCONTROLADOR PIC	11
2.3	CIRCUITO INTEGRADO ADE7758	11
2.3.1	Detecção de afundamento de tensão de linha	12
2.3.2	Detecção de tensão de pico	13
2.3.3	Interrupção de Detecção de Sobretensão	14
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>CRONOGRAMA</b>	<b>16</b>
	REFERÊNCIAS	17



## 1 INTRODUÇÃO

Amplamente debatido nas últimas décadas, o tema da qualidade de energia tem ganho ainda mais importância nos dias atuais. Com processos industriais cada vez mais automatizados, a operação e o controle eficiente das máquinas se torna gradativamente mais suscetível à falhas na energia distribuída pela rede elétrica.

Para entender esse conceito, diversas definições podem ser adotadas. Fabricantes de equipamentos de carga definem qualidade de energia como as características da energia fornecida pela rede que permitem o funcionamento correto dos equipamentos. Por outro lado, considerando o ponto de vista do consumidor, qualidade pode ser definida como qualquer problema manifestado em desvios na corrente, tensão ou frequência que resultem em falha ou mau funcionamento do equipamento do cliente (DUGAN et al., 2002).

Dentre as razões pelas quais o interesse na qualidade de energia tem aumentado nos últimos anos, algumas podem ser destacadas como principais. Equipamentos eletrônicos, com controle baseado em microprocessadores e power electronic devices, se tornaram muito mais sensíveis à distúrbios de tensão do que eram a dez, vinte anos atrás. Além disso, os dispositivos hoje em dia são quase totalmente conectados em redes. Uma falha em um único componente pode gerar graves consequências para todo o sistema. (DUGAN et al., 2002) (BOLLEN, 2002).

### 1.1 PROBLEMA

### 1.2 JUSTIFICATIVA

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema de detecção de variações de tensão de curta duração em redes de distribuição de energia elétrica, mantendo as informações relativas a cada ocorrência disponíveis para consulta online por concessionárias de energia.

Definido o objetivo geral do trabalho, pode-se destacar os seguintes pontos como ob-

jetivos específicos:

- Configurar o microcontrolador PIC32MX795F512L para realizar a comunicação com o circuito integrado ADE7758;
- Programar o circuito integrado ADE7758 para realizar a detecção dos diferentes tipos de variações de tensão de curta duração;
- Configurar o microcontrolador PIC32MX795F512L para funcionar como um servidor TCP/IP, salvando as informações das ocorrências em tempo real.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 VARIAÇÕES DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO

Segundo o módulo 8 do PRODIST, publicado pela ANEEL, variações de tensão de curta duração (VTCD) são desvios significativos no valor eficaz da tensão em curtos intervalos de tempo. Essas variações podem ser momentâneas ou temporárias. (ANEEL, 2011)

Usualmente a VTCD refere-se à tensão fase-neutro, podendo ser descrita monofasicamente pelos parâmetros amplitude e duração. O primeiro, levando-se em consideração um determinado ponto do sistema, é definido pelo valor extremo do valor eficaz da tensão em relação à tensão nominal, durante toda a duração do evento. (ONS, 2011)

A duração da VTCD é dada pelo tempo percorrido entre o momento em que o valor eficaz da tensão em relação à tensão nominal do sistema ultrapassa um determinado limite e o momento em que volta ao normal. (ONS, 2011)

A partir dos parâmetros de amplitude e duração, os eventos de VTCD podem ser classificados, de forma geral, como:

- Instantâneos (0.5 a 30 ciclos)
- Momentâneos (30 ciclos a 3 segundos)
- Temporários (3 segundos a 3 minutos)

Com falhas do tipo:

#### 2.1.1 INTERRUPÇÃO DE TENSÃO

A interrupção da tensão, com tempo máximo de três minutos, ocorre quando a amplitude da tensão decresce para um valor entre 0 e 0,1 p.u.

### 2.1.2 AFUNDAMENTO DE TENSÃO

O afundamento de tensão é caracterizado por uma tensão remanescente entre 0,1 e 0,9 p.u.

### 2.1.3 ELEVAÇÃO DE TENSÃO

A elevação de tensão é definida por um aumento no valor eficaz da tensão entre 1,1 e 1,8 p.u.

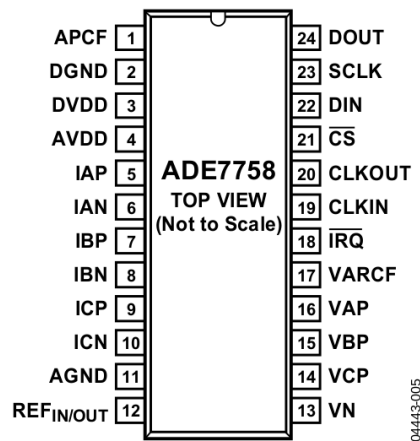
**Tabela 1: Variações de Tensão de Curta Duração**

Classificação	Denominação	Duração da Variação	Amplitude da tensão
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão	Inferior ou igual a três segundos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Momentânea de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Momentânea de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior a 1,1 p.u
Variação Temporária de Tensão	Interrupção Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Temporário de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior a 1,1 p.u

## 2.2 MICROCONTROLADOR PIC

## 2.3 CIRCUITO INTEGRADO ADE7758

O ADE7758 é um circuito integrado medidor de energia elétrica trifásica, de alta precisão, com interface serial e duas saídas de pulso fabricado pela empresa *Analog Devices*. (ANALOG DEVICES, 2011)



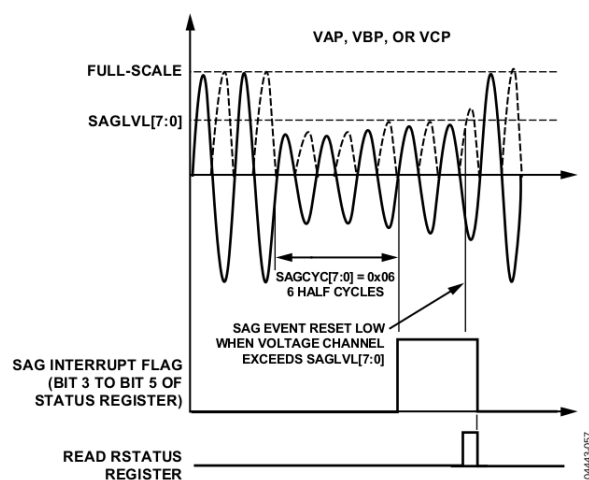
**Figura 1: Configuração de pinos do CI ADE7758**

**Fonte: (ANALOG DEVICES, 2011)**

Para o propósito deste trabalho, o ADE7758 apresenta algumas funções muito úteis, descritas abaixo.

### 2.3.1 DETECÇÃO DE AFUNDAMENTO DE TENSÃO DE LINHA

A função de detecção de afundamento de tensão de linha permite verificar quando o valor absoluto de qualquer uma das fases da tensão cair abaixo de um certo valor predeterminado, durante um número de meio ciclos.



**Figura 2: Detecção de afundamento de tensão**

**Fonte: (ANALOG DEVICES, 2011)**

A figura 2 ilustra um exemplo dessa função. A tensão de linha cai abaixo de um limiar definido no registrador de nível de afundamento (SAGLVL[7:0]) durante nove meio ciclos. Como o registrador de ciclos de afundamento indica um limiar de seis ciclos (SEGCYC[7:0]=0x06), o evento de afundamento começa a ser registrado após o fim do sexto meio ciclo quando o SAG flag da fase correspondente no interrupt status register (Bit 1 até Bit 3 no interrupt status register) (ANALOG DEVICES, 2011).

### 2.3.2 DETECÇÃO DE TENSÃO DE PICO

O CI ADE7758 possui o registrador VPEAK, que armazena o valor absoluto de pico da forma de onda da tensão, dentro de um número fixo de meio ciclos. Além disso, múltiplas fases podem ser ativadas para essa detecção simultânea através da configuração dos bits de PEAKSEL[2:4], no registrador MMODE. Esses bits podem seleccionar fase para medição da tensão e da corrente. (ANALOG DEVICES, 2011)

A figura 3 ilustra o comportamento temporal da detecção da tensão de pico.

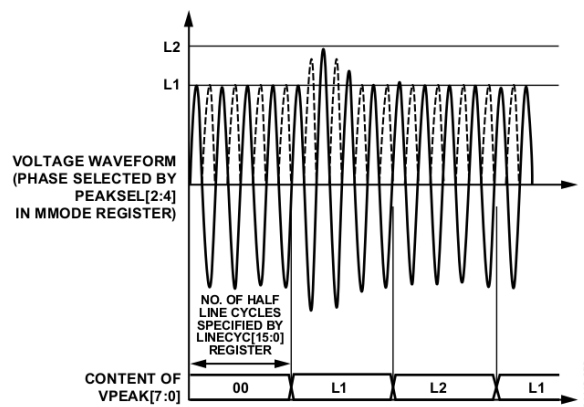
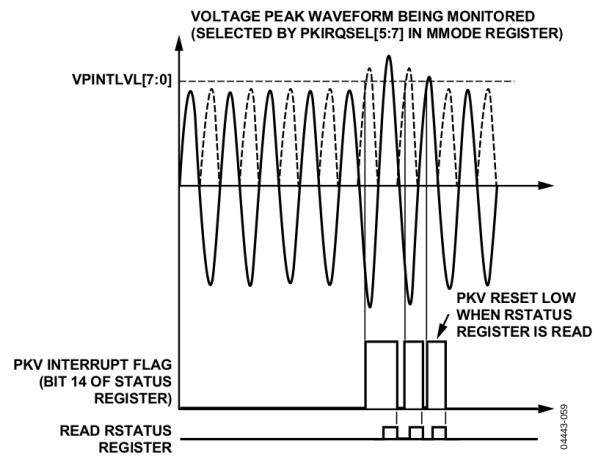


Figure 58. Peak Voltage Detection Using the VPEAK Register

**Figura 3: Detecção da tensão de pico usando o registrador VPEAK**

**Fonte: (ANALOG DEVICES, 2011)**

### 2.3.3 INTERRUPÇÃO DE DETECÇÃO DE SOBRETENSÃO



**Figura 4: Detecção de elevação de tensão**

**Fonte: (ANALOG DEVICES, 2011)**

### **3 METODOLOGIA**



#### 4 CRONOGRAMA

**Tabela 2: Cronograma de Execução**

<b>Etapas</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Maiο</b>	<b>Junho</b>
<b>1</b>	x	x	x						
<b>2</b>	x	x							
<b>3</b>	x	x	x						
<b>4</b>			x						
<b>5</b>			x	x					
<b>6</b>			x	x	x	x	x		
<b>7</b>						x	x	x	
<b>8</b>						x	x	x	
<b>9</b>									x

1. Revisão bibliográfica
2. Definição e estudo das tecnologias
3. Escrita da proposta
4. Correções da proposta
5. Aplicação dos conceitos teóricos
6. Desenvolvimento do protótipo
7. Validação e análise dos resultados
8. Elaboração da monografia e artigo científico
9. Defesa

## REFERÊNCIAS

ANALOG DEVICES. **Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information - ADE7758 Datasheet**. [S.l.], 2011. Rev. E.

ANEEL. **Procedimentos de Distribuicao de Energia Eletrica no Sistema Eletrico Nacional (PRODIST) - Modulo 8 - Qualidade de Energia**. [S.l.], 2011.

BOLLEN, M. H. J. **Understanding Power Quality Problems - Voltage Sags and Interruptions**. [S.l.]: John Wiley and Sons, 2002. ISBN 0-7803-4713-7.

DUGAN, R. C. et al. **Electrical power systems quality**. [S.l.]: USA: McGraw-Hill, 2002.

ONS, P. d. R. **Gerenciamento dos indicadores de Desempenho da Rede Basica e seus Componentes**. [S.l.], 2011.