

# POWER CONTROL SYSTEM, ACCESS AND SUPERVISION APPLIED TO ELECTRICAL EQUIPMENT

**Henrique Costa, Gilseu V. Muhlen, Vinicius S. Bordignon, Rodrigo S. Penz**

Universidade de Passo Fundo - UPF

Departamento de Engenharia Elétrica, Campus universitário – Passo Fundo - RS

h91costa@gmail.com, gilseuvm@hotmail.com, 127556@upf.br, rodrigopenz@upf.br

**Abstract.** *This paper presents a project for energy saving using an automation system, which consists on the control of electric power in heating devices based in resistences and management of access, in the case of electric shower, in order to reduce consumption. There is also the possibility to operate as a power consumption meter of any other electrical equipment. Finally the system can send all consumption values, via Bluetooth, to an application developed for smartphones with Android operating system.*

**Keywords:** *Power Control, Access Management, Smartphone.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Consumo de energia elétrica no Brasil teve um crescimento de 35% nos últimos 10 anos. Estudos de Manosso [1] apontam que o chuveiro elétrico é responsável por 23% do total da energia residencial consumida no horário de pico, fator este que vislumbra o desenvolvimento de ações para reduzir esta condição.

Este trabalho resultou em um sistema Integrado que controla a potência máxima e tempo de utilizações de equipamentos elétricos, sempre atuando através de senhas por usuário. Ainda, é possível gerenciar o sistema através de um aplicativo em *smartphone*.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Na Tabela 1 é apresentado o comportamento médio do consumo de energia elétrica dos domicílios brasileiros,

indicando ainda, os principais equipamentos de consumo conforme Ref. [1].

Tabela 1 - Consumo médio dos eletrodomésticos.

Aparelhos elétricos	Consumo médio mensal (KWh)
Chuveiro elétrico	73,50
Forno elétrico	45,00
Geladeira	29,70
Televisão	16,50
Forno Micro-ondas	10,80
Secadora de Roupas	8,00
Lavadora de Roupas	6,00
Ferro Elétrico	6,00
Lâmpada Compacta	3,45
TOTAL	198,95

Com referência a Tabela 1, destaca-se o chuveiro, com parcela de aproximadamente 37% do total consumido.

Segundo projeções da Empresa de Pesquisa Energética [2], estima-se que em 2050, o setor residencial brasileiro consuma aproximadamente 204 TWh adicionais em relação a 2015, passando de um consumo de 132 TWh para 336 TWh.

Um dos fatores de elevação do consumo de energia elétrica residencial é a falta de consciência no uso dos eletrodomésticos. Questões como tempo de utilização, a potência dos equipamentos e o controle sobre a potência máxima utilizada pelo chuveiro, por exemplo, são alguns fatores relevantes para o entendimento das causas do consumo de energia, bem como, também são pontos chaves para desenvolvimento de métodos para a redução deste consumo.

### 3. ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

O projeto engloba dois sistemas microcontrolados. O primeiro sistema gera códigos de utilização individual e configura os parâmetros de utilização do equipamento. O segundo sistema monitora a tensão e a corrente na carga, a fim de obter a potência em KWh e posteriormente envia os dados de consumo via *bluetooth* a um *smartphone*. A Fig. 1 apresenta o diagrama de blocos do projeto.

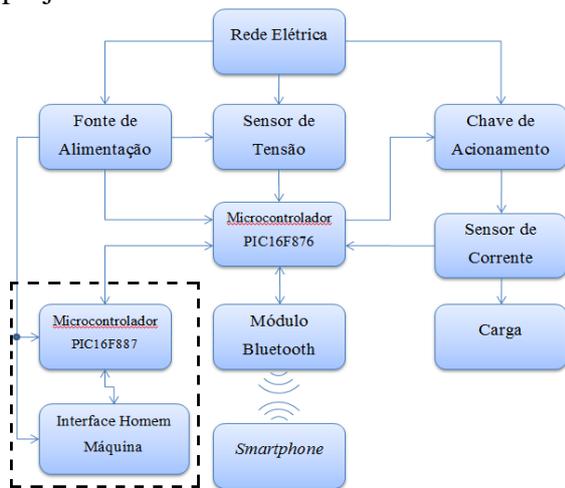


Figura 1 - Diagrama de blocos do projeto.

#### 3.1 Sensor de tensão

O circuito desenvolvido para converter da tensão elétrica de alimentação em um valor proporcional de tensão, isolado e num formato DC, adequado a uma entrada de conversão A/D de um microcontrolador é apresentado na Fig. 2.

Inicialmente os resistores R1, R2, R3 e R4 apresentam a função de produzir uma elevada impedância no circuito e limitar a corrente do LED interno do optoacoplador. Já, o diodo D1 garante uma tensão reversa no diodo do opto 4N25 de 0,4 V, preservando o diodo do opto nos semiciclos negativos da senóide. Baseado na informação do fabricante, a região linear do CI 4N25 [3] ocorre entre 0 mA e 5 mA, assim, foi projetada a corrente de operação nominal próxima de 3 mA RMS, e 4,2 mA Pico, abaixo do limite da região linear. Logo, para uma tensão nominal de 220 V, a utilização de um total de 72 K $\Omega$ , produz uma

corrente circulante de 3,05 mA RMS. Nestas condições, a potência dissipada total é de 0,67 W. Foram então utilizados 4 resistores de 18 K $\Omega$  com potência de 0,25 W, dissipando em cada resistor 0,16 W de potência aproximadamente e uma tensão de pico de 77,7 V nominal em cada resistor.

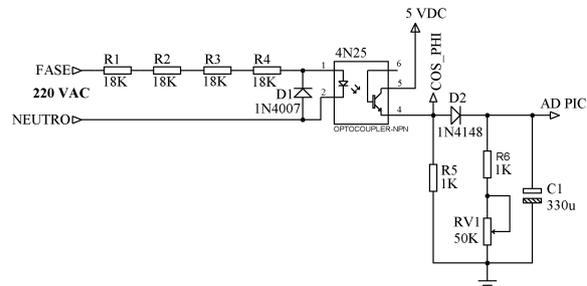


Figura 2 - Sensor de Tensão.

Na saída do optoacoplador o diodo D2 separa dois sinais, no ânodo ainda em AC, a referência para medição do ângulo de fase, no cátodo o resistor R5 garante 0 V no sinal de saída, caso não exista tensão do lado AC e o capacitor C1 atua como filtro de *ripple*, evitando uma oscilação no sinal. Assim, o circuito formado por R6 (1 K $\Omega$ ), RV1 (ajustado em 33 K $\Omega$ ) e o capacitor C1 (330  $\mu$ F), quando submetido a uma retificação de meia onda, apresentará um *ripple* de aproximadamente 7,6 mV para uma tensão de 5 V, o que representa 0,15%, sinal estável para leitura do A/D do microcontrolador. Contudo, a boa estabilidade para o filtro causa um atraso de resposta para as variações de tensões. Mas, para este projeto, esta condição não retratará perda de qualidade na medição.

#### 3.2 Sensor de corrente

O sensor de corrente utilizado foi um TC com relação 100 A / 50 mA, modelo SCT013, fabricado pela YHDC<sup>®</sup>. A fim de obter um sinal de tensão na saída do TC, foi inserido o resistor R9 (22  $\Omega$ ) em paralelo na saída do sensor, evidenciando uma tensão máxima de 1,1 V para o caso de 100 A. Seguindo o circuito da Fig. 3, a amplificação dessa tensão é realizada pelo amplificador operacional (AMPOP) LM324 (U3:C) que apresenta dois ganhos diferentes adequando melhor o nível da tensão de saída na leitura

da corrente. O primeiro ganho é de 44 vezes e serve para ler correntes de até 10 A. Quando a corrente for superior a 10 A o ganho é alterado para 7 vezes. O controle deste sistema de ganhos é realizado pelo U3:A e U3:B, ainda do CI LM324, que compara o sinal do sensor com uma tensão de referência e aciona um relé bipolar. Este relé também envia um sinal em nível lógico para o microcontrolador para que seja alterada a equação de cálculo. Finalmente o sinal amplificado em U3:C é retificado e enviado ao AD do microcontrolador.

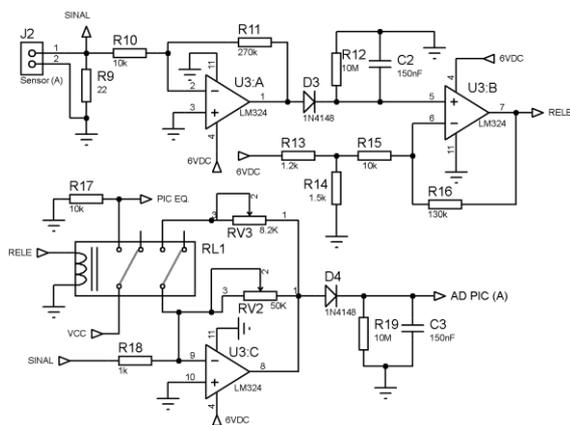


Figura 3 - Circuito de medição de corrente.

### 3.3 Sistema de operação

A operação é baseada em dois circuitos microcontrolados. O primeiro circuito é responsável pela interface homem máquina e possui um microcontrolador PIC16F887. A interface possui um teclado numérico 4x4 e um display LCD 20x4, onde o administrador do equipamento pode realizar o cadastro de no máximo 20 usuários. Para cada usuário, é gerada uma senha aleatória que pode ser fixa ou temporária. A senha fixa permanecerá na memória do PIC16F887 para ser usada demais vezes e a senha temporária será excluída após a primeira utilização. Junto ao cadastro de cada usuário, o administrador deve configurar para cada senha a potência e o tempo máximo de uso. Quando o usuário digitar a senha na IHM, é enviado ao segundo circuito microcontrolado, através da comunicação SPI, o número, a potência e o

tempo máximo de uso do equipamento para aquele usuário.

O segundo circuito microcontrolado apresenta um microcontrolador PIC16F876, a fim de receber o comando do usuário enviado pela comunicação SPI e acionando a chave de estado sólido, liberando o equipamento para utilização. Ainda, realizar as leituras de potência a cada 10 segundos, durante o período de funcionamento do equipamento. Salvar na memória EEPROM o número do usuário e o consumo medido em KWh. Enviar todos os dados de consumo salvos em memória para um aplicativo em um *smartphone*, utilizando comunicação *Bluetooth* a partir de um módulo HC-05.

Para o desenvolvimento do aplicativo no *smartphone* foi utilizando a ferramenta de desenvolvimento *App Inventor 2*. Este aplicativo, apresentado através da Fig. 4, permite receber e armazenar em um *smartphone* os dados de consumo diário de todos os usuários, além de configurar o modo de operação do equipamento. São dois os modos de operação: modo IHM ou modo espião. No modo IHM o aplicativo envia um comando para o PIC16F876 para que aguarde os dados e o comando da interface homem máquina. Já no modo espião, o PIC16F876 recebe um comando para desabilitar a IHM, acionar a chave de estado sólido, medir e salvar a energia consumida pelo equipamento, possibilitando o envio dos registros de consumo para o aplicativo. Em resumo, o modo espião funciona como um medidor de energia.

## 4.RESULTADOS OBTIDOS

O projeto foi testado sob uma carga resistiva se comportando da seguinte forma: inicialmente o sistema foi configurado em modo espião pelo aplicativo no *smartphone*. Durante a operação o sistema manteve a chave de estado sólido acionada, liberando a operação da carga e realizando leituras de tensão e corrente através dos A/D's de 10 em 10 segundos, salvando o valor do consumo na memória. Após, o sistema foi configurado

para operar no modo IHM, assim, aguardou a inserção da senha de acesso. Ao digitar a senha no teclado, ocorreu o envio via comunicação SPI das informações do usuário ao PIC16F876, que passa a controlar a potência na carga conforme o valor da potência máxima configurada no cadastro, bem como, o tempo de uso. O sistema realizou ainda, as leituras de tensão e corrente, salvou na memória o número do usuário, juntamente com o consumo em kWh. Para visualizar os dados de consumo, foi utilizado o aplicativo e a comunicação *Bluetooth*, sendo então selecionando o botão “Consumo” e todos os dados de consumo e correspondentes número de usuário foram enviados ao *smartphone*, como demonstrado na Fig. 4.



Figura 4 - Dados recebidos no aplicativo.

O controle da potência é efetivado por ciclos inteiros de senóide numa base de 100 ciclos, por exemplo, para manter a carga operando com 50% da potência, a chave é mantida ligada durante 50 ciclos e desligada por outros 50 ciclos como mostra a Fig. 5.

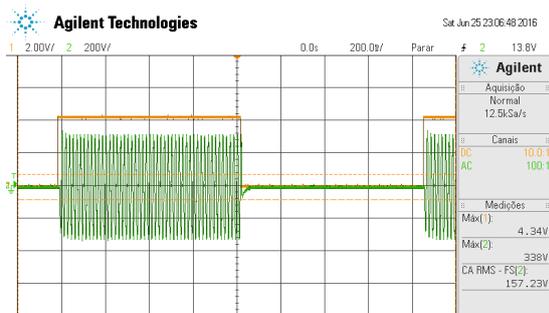


Figura 5 - Carga em 50% da potência.

A montagem final do protótipo pode ser observada na Fig. 6.



Figura 6 – Protótipo Finalizado.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante os testes sob tensão de 222 V aplicada sobre 2 resistências de 650W cada ligadas em paralelo, o sistema apresentou a resposta esperada realizando as tarefas configuradas, bem como os cálculos de consumo e o armazenamento em memória. O aplicativo do *smartphone* realizou de forma fácil e interativa a coleta dos dados da memória do PIC16F876, apresentando os resultados com valores adequados para controle de consumo. Com relação à medição do consumo, o erro percentual encontrado no ensaio realizado foi de 0,038%, mostrando-se adequado às aplicações nos equipamentos domésticos. Com relação ao controle de potência em equipamentos cabe ressaltar que não se aplica a todo tipo de carga.

## REFERÊNCIAS

- [1] MANOSSO, Radamés, Vilões do consumo de energia elétrica em casa, Disponível em: <<http://radames.manosso.com.br/ambientalenergia/viloes-do-consumo-de-energiaeletrica-em-casa/>> , Acesso em: 21 set. 2015.
- [2] EPE – Empresa de Pesquisa Energética, Demanda de Energia 2050, Rio de Janeiro, 2014, p. 143.
- [3] 4N25, AC LINE / DIGITAL LOGIC ISOLATOR, Toshiba Semiconductor, Datasheet, 1998, p. 4.