

ESTUDO DE UMA METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO EM SISTEMAS EMBARCADOS

MATHEUS LEITZKE PINTO¹; LISANE BRISOLARA, JÚLIO C. B. MATTOS²

¹ Universidade Federal de Pelotas – mlpinto@inf.ufpel.edu.br

² Universidade Federal de Pelotas – lisane@inf.ufpel.edu.br

² Universidade Federal de Pelotas – julius@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, o uso intensivo de sistemas computacionais é algo inerente à sociedade. Esses sistemas auxiliam os seres humanos em suas tarefas do cotidiano, seja através do uso de computadores ou de equipamentos que possuam sistemas computacionais para o seu controle. Quando utilizados em sistemas ainda mais complexos, são chamados de sistemas embarcados, pois constituem parte de um todo e desenvolvem tarefas específicas. Segundo Marwedel (MARWEDEL, 2006), os sistemas embarcados são sistemas dedicados que possuem uma funcionalidade restrita para atender uma tarefa específica em sistemas maiores nos quais estão inseridos. Os sistemas embarcados podem ser encontrados nas mais diversas aplicações, tais como em smartphones, relógios, geladeiras, automóveis, aviões, dentre outros. Telefones celulares são sistemas embarcados que apresentam um grande crescimento no mercado.

As aplicações embarcadas possuem características que os diferem dos demais sistemas, tais como computadores pessoais, supercomputadores e servidores: alguns necessitam de confiabilidade, outros possuem restrições de tempo real, o tamanho do código não pode ser grande, o desempenho deve ser apenas suficiente para atender às aplicações e todos devem possuir o menor consumo de energia possível.

A utilização de um paradigma onde o software constitui a principal parte do projeto proporciona flexibilidade e portabilidade oferecidas pelas implementações em software. Além disso, com tais implementações há maior importância na consideração do tempo de projeto, requisito este extremamente afetado pela complexidade dos sistemas embarcados (GRAAF, LORMANS e TOETNEL, 2003). Contudo, estes sistemas devem atender restrições rígidas de desempenho, bem como apresentam limitações no seu consumo energético.

Segundo SHEARER (2008), o consumo de potência e energia é o fator limitante para a funcionalidade dos dispositivos portáteis que operam bateria. O desejo pelo menor consumo energético possível muitos é resultado diversos fatores. Os sistemas embarcados geralmente são independentes da rede elétrica, usando alguma fonte de energia como uma bateria. Dessa forma, é desejável que essa fonte limitada não seja gasta rapidamente. Também, mesmo o sistema sendo inserido em outro maior que use a rede elétrica, não é desejável que o sistema embarcado tenha algum consumo considerável, pois o mesmo é um componente secundário no sistema maior e não deve ser o gargalo energético.

Como o consumo energético é algo de muita importância a se considerar durante o desenvolvimento do projeto, pois muitos dos sistemas embarcados são

alimentados por baterias, assim deve-se utilizar metodologias/ferramentas no auxílio de verificação e redução de consumo nesse período de desenvolvimento.

Para desenvolvedores, a maior preocupação é no consumo energético gerado pelo software aplicativo, que pode ou não estar sendo executado em conjunto com um sistema operacional (SO) em um processador. Ferramentas e metodologias para a medição do consumo energético do processador podem variar desde mecanismos de instrumentação através da medição da tensão nos terminais do mesmo até uma *Application Program Interface* (API) que forneça dados há um SO sobre o consumo em um determinado tempo. Esse trabalho tem como objetivo estudar e desenvolver uma metodologia/ferramenta para obtenção do consumo energético de softwares em sistemas embarcados.

2. METODOLOGIA

O consumo de potência é causado por diversos fatores e os usuários demandam mais funcionalidades, mais processamento e baterias com um tempo de vida maior. A tecnologia das baterias tem progredido lentamente e os dispositivos embarcados móveis cada vez são menores, resultando em baterias com um menor tamanho também. Por outro lado, as aplicações cada vez exigem um desempenho maior por serem mais complexas.

Os termos potência e energia são conceitos relacionados e definidos pelas fórmulas (1) e (2).

$$\text{Potência} = \text{Trabalho} / \text{Tempo (Watts)} \quad (1)$$

$$\text{Energia} = \text{Potência} * \text{Tempo (Joules)} \quad (2)$$

A potência utilizada por um dispositivo móvel embarcado é a energia consumida por unidade de tempo. Desta forma, a energia é a integral da potência através do tempo. Dado que as baterias armazenam uma certa quantidade de energia, o objetivo do gerenciamento de energia é minimizar a quantidade de energia necessária para executar cada tarefa de forma satisfatória. O consumo de potência nos circuitos CMOS (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*) pode ser definido pela soma da potência estática e potência dinâmica. A potência estática (ou *leakage*) é resultado da tensão de alimentação e da corrente de *leakage* (corrente de fuga) e se manifesta em ambos os modos de operação de atividade e standby. Já a potência dinâmica, apresentada na fórmula (3) é derivada da atividade de chaveamento do circuito.

$$\text{Potência} = a * C * V^2 * F \text{ (Watts)} \quad (3)$$

Onde a = atividade de chaveamento, C = capacitância de carga, V = tensão de alimentação, F = frequência de operação.

Como já apresentado, energia e potência são importantes nos sistemas embarcados atuais e as ferramentas para sua mediação e gerenciamento. Desta forma, ferramentas e metodologias que permitam caracterizar estes requisitos são de crucial importância como também avaliar possíveis possibilidades de projeto.

A caracterização dos requisitos de energia e potência podem ser realizados de diversas maneiras. Um método de medição muito utilizado é o baseado em simulação. O uso de simuladores permitem flexibilidade, contudo muitas vezes são muito lentos (utilizam muito tempo de simulação) e geralmente são

vulneráveis em relação a precisão (não possuem bons níveis de precisão). Além do mais, os pesquisadores necessitam de ferramentas que permitam a medida em tempo real durante a execução do sistema e correlacionar estes resultados medidos com todos o comportamento do sistema de hardware e software. Esta medição real (física) do sistema permite uma visão completa do consumo energético incluindo o sistema operacional, entrada e saída e muito outros (ISCI C.; MARTONOSI, 2003).

A medição física, medindo a potência consumida pelo processador na sua alimentação, enquanto executa o programa permite validar os métodos utilizados por simulação. Dessa forma, a medição direta no hardware é algo indispensável e, portanto, são apresentadas algumas alternativas e um método de medição dessa forma. Para medir o consumo de um processador, ou de qualquer outra carga, é aconselhável medir o mais próximo da carga do que da fonte de energia da mesma como mostra a Figura 1, pois entre elas a resistência das trilhas, assim como dos capacitores de acoplamento e de possíveis reguladores de tensão influenciam nas flutuações de carga e descarga. Considerando-se a placa usada, pode-se ter além de um regulador de tensão, outros dispositivos entre a fonte de alimentação e o processador. Dessa forma, cada caso deve ser avaliado.

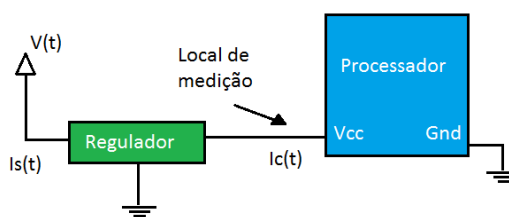


Figura 1: Forma de Medição Direta do Consumo

O método mais comumente utilizado para medir a potência consumida por um processador é colocar um resistor na trilha de alimentação ligada a alimentação ou no GND do circuito integrado (CI) para medir a queda de tensão como mostra a Figura 2. Esse resistor deve ser da ordem dos mΩ e conter uma faixa de precisão de aproximadamente 1%. Como o funcionamento do processador se baseia no chaveamento dos seus transistores internos, com uma mudança de tensão alta e baixa, a cada momento, quando ocorrem vários chaveamentos que resultam em tensão alta, o processador consome mais energia, o que diminui a queda de tensão nos seus pinos de alimentação.

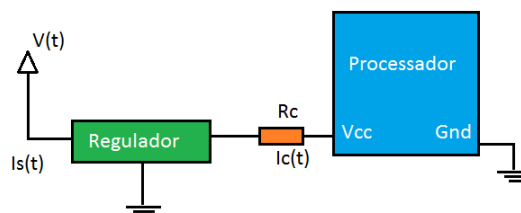


Figura 2: Medição Direta do Consumo utilizando um resistor.

A medição da queda de tensão no resistor de desvio é feita por uma das seguintes formas: ou usando um multímetro digital (DMM); ou osciloscópio; ou usando uma placa de aquisição de dados (DAQ). Outro método possível e mais estável é usar um circuito de espelhamento de corrente. Esse circuito contém alta impedância de entrada e baixa impedância de saída, por conter transistores de junção bipolar devidamente polarizados. Nesse método, o circuito de

espelhamento recebe como entrada a corrente consumida no pino de alimentação do processador e devolve à sua saída uma cópia dessa corrente. Esse valor de corrente pode ser enviada à qualquer ferramenta de aquisição de dados e usada para calcular a potência média do processador usando as fórmulas descritas.

Em qualquer um dos dois métodos discutidos acima, pode-se gerar um banco de dados que armazene a potência média para uma classe de instruções e utilizar os resultados para criar um modelo de consumo energético do sistema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa até agora concentrou-se no estudo da área e nos possíveis métodos e aplicações possíveis da medição de consumo energético na fase de projeto de um sistema embarcado. Embora, nenhum resultado tenha sido obtido nesse ponto, o conhecimento adquirido até aqui pode ser usado para futuros, e breves, experimentos práticos.

Os experimentos práticos que serão realizados são primeiramente a medição de consumo energético usando os métodos descritos, seguido da confirmação da eficácia dos métodos na prática. Logo após, esses dados serão usados para gerar um modelo de consumo energético de vários processadores embarcados. Esses modelos serão usadas para medir a eficiência energética e também a caracterização de simuladores.

4. CONCLUSÕES

Esse trabalho apresentou um estudo de metodologia/ferramenta para obtenção do consumo energético de sistemas embarcados. Os requisitos de energia e potência são considerados os mais importantes nos sistemas embarcados e ferramentas para sua mediação que permitam caracterizar estes requisitos são de crucial importância.

Um proposta de forma de caracterização dos requisitos de energia e potência de forma direta (medição real) permitem contornar os problemas impostos por simuladores e fornecer uma visão completa do consumo energético incluindo os diversos componentes do consumo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GRAAF, B.; LORMANS, M.; TOETNEL, H. **Embedded Software Engineering: The State of the Practice**. IEEE Software, Nov-Dec 2003. 61-69.

ISCI C.; MARTONOSI M. **Rutime Power Monitoring in High-End Processors: Methodology and Empirical Data**. Proceedings of the 36th International Symposium on Microarchitecture (MICRO-36'03), 2003.

MARWEDEL, Peter. **Embedded System Design**. Dordrecht: Springer, 2006.

SHEARER, F. **Power Management in Mobile Devices**. Jordan Hill: Elsevier, 2008.