

**17º Congresso de Iniciação Científica****EM BUSCA DE UM PROCESSO DE ENGENHARIA DE REQUISITOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE EMBARCADO****Autor(es)**

MARINA CALÇA

Orientador(es)

LUIZ EDUARDO GALVÃO MARTINS

Apoio Financeiro

PIBIC/CNPQ

1. Introdução

Nos tempos atuais a tecnologia está avançando cada vez mais e as pessoas estão rodeadas de sistemas embarcados, mas poucas pessoas conhecem este termo. Sistema embarcado ou em inglês Embedded System um pequeno computador embutido em um sistema maior. Os sistemas embarcados de todos os tamanhos (ZELENOVSKY; MEDON, 2008). Os componentes do sistema embarcado são muito importantes para o desenvolvimento do firmware. Para verificar se um sistema embarcado primeiro deve-se verificar se há um microcontrolador, pois alguns sistemas embarcados são controlados por microprocessadores; depois deve-se verificar se há uma forte interação com atuadores e sensores. Algumas aplicações o processamento em tempo-real. Os microcontroladores são o coração dos sistemas embarcados e sua definição um circuito integrado com alta densidade de integração. Suas características são: arquitetura simples, uso específico, baixa capacidade de processamento, baixo consumo de energia e custo menor que do microprocessador. Há vários fabricantes de microcontroladores; este artigo destacará microcontroladores da família PIC fabricado pela empresa Microchip Technology INC. (CORTELETTI, 2006). O microcontrolador PIC com sua simplicidade permite aplicação em projetos de pequeno porte, facilitando a implementação e diminuindo o custo do desenvolvimento. São classificados em famílias, com características relativas ao seu desempenho e funcionalidade. As famílias de 8 bits são: PIC10, PIC12 e as famílias de 16 bits são: PIC16, PIC18, PIC24F, PIC24H, dsPIC30 e dsPIC33. Os microcontroladores da Microchip que têm um F nos nomes se caracterizam por possuírem memória ROM do tipo FLASH, o que facilita a gravação e modificação dos programas. Também possuem o recurso ICSP (In-Circuit Serial Programming), que facilita a sua programação no momento da gravação em forma serial, através de dois pinos. Esse recurso é possível através dos seguintes pinos: MCRL (pino de Master Clear ou reset) / Vpp (Tensão de programação), PGC (geralmente o pino RB6) e PGD (geralmente o pino RB7) (CORTELETTI, 2006). A memória é o componente mais evidente onde o software embarcado é armazenado, suas características são: tempo de acesso, capacidade, não volatilidade e tempo de latência. Existem vários tipos de memória, como: RAM (Random Access Memory), ROM (Read Only Memory), PROM (Programmable Read Only Memory), EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) e FLASH. O firmware fica armazenado na memória de programa que geralmente é a memória FLASH; o espaço livre desta memória pode ser usado como memória de dados. Para armazenar os dados de forma segura, necessita-se uma memória EEPROM nas pastilhas do componente processador, as quais também competem com o espaço físico de outros componentes internos. O barramento serve para conectar a memória de armazenamento com os outros componentes do sistema. A característica do barramento de três canais de informação por onde passam os dados de gravação e leitura das memórias. Existem duas arquiteturas de barramento: Arquitetura Harvard e Arquitetura Von Neumann. A diferença dessas arquiteturas está no modo em que os dados são processados.

provenientes da memria de programa e da memria de dados. Na arquitetura Von Neumann existe somente um barramento e na arquitetura Harvard existem barramentos diferentes que permitem mltiplos acessos memria e maior desempenho. A Engenharia de Requisitos muito importante para o desenvolvimento de sistemas embarcados, pois nesta etapa do desenvolvimento que s identificadas as metas a serem atingidas pelo sistema. Os requisitos podem ser descritos pelos usuio s e pelos desenvolvedores do sistema. Os requisitos do usuio s declaraes, em linguagem natural ou diagramas sobre as funes que o sistema deve fornecer. Jos requisitos do sistema s detalhados e com termos tnicos e devem ser consistentes, pois servem como contrato entre o comprador e o desenvolvedor do sistema. importante separar os requisitos de usuio dos requisitos de sistema, em um documento de requisitos, porque os usuio s n entendem os termos tnicos. Existem dois tipos de requisitos, os requisitos funcionais e os requisitos n-funcionais. Os requisitos funcionais dizem respeito definio das funes que um sistema deve executar, e os requisitos n-funcionais dizem respeito restries, aspectos de desempenho, confiabilidade etc. As atividades da Engenharia de Requisitos s classificadas em cinco etapas: elicitaao, anise, especificaao, validaao e gerenciamento. A fase de elicitaao a primeira atividade a ser desenvolvida na Engenharia de Requisitos. Nessa atividade descobre-se os requisitos do sistema (JOH APUD MARTINS, 2001). Analistas e engenheiros de software trabalham em conjunto com os usuio s finais e clientes para descobrir os problemas a serem resolvidos (KOTONYA; SOMMERVILLE APUD LOPES, 2002). Kotonya e Sommerville apud Lopes (2002) argumentam que existem quatro dimenss na atividade de elicitaao de requisitos: entendimento do domio da aplicaao, entendimento do problema, entendimento do negio e entendimento das necessidades e das restries dos stakeholders. A atividade de anise de requisitos est envolvida com a fase de elicitaao de requisitos. A anise realizada quando os requisitos est sendo descobertos, ou seja, durante a elicitaao de requisitos. neste processo que ocorrem conflitos e inconsistcias. O objetivo encontrar problemas na declarao informal obtidos pela elicitaao de requisitos. na atividade de especificaao que s documentados os requisitos do sistema restantes da fase de elicitaao e da anise quando j negociados. Essa documentaao serve de base para o restante do processo de desenvolvimento e para a comunicaao entre os desenvolvedores e os usuio s do sistema. O template Volere (ROBERTSON, 2006) um modelo de documento de especificaao de requisitos criado por James e Suzanne Robertson, com sua primeira vers em 1995, que vem sofrendo alteraes periicas. O desenvolvimento deste projeto tem como base o template Volere com uma subseo para Sistemas Embarcados criado por Martins (2009). A validaao de requisitos a ltima atividade, seu objetivo verificar o documento quanto sua consistcia, completude e precis. verificada a vers final do documento. Nesta vers j foram removidas todas as omisss conhecidas e o documento j tem os padrs de qualidade. Na atividade de gerenciamento de requisitos s administradas as mudans que ocorrem nos requisitos ao longo das atividades. O assunto de engenharia de requisitos para sistemas embarcados muito vasto, mas n existem muitos artigos que apresentam esse assunto. Broy (1996) apresenta em um de seus artigos sobre Engenharia de Requisitos para Sistemas Embarcados, um sistema reativo. Ele explica que o propito geral de um sistema embarcado regular um dispositivo fico para enviar sinais de controle para atuadores na ao de entrada de sinais providos de usuio s e de sensores capturando o estado de um ambiente. Broy (1995) explica que para descrever os requisitos de um sistema embarcado importante ter cinco viss: modelo de dados, modelo de processo, modelo de componente de sistema, modelo de sistemas distribuos e modelo de transio de estado. O sistema embarcado tico pode ser estruturado em cinco seguimentos: dispositivo de controle, dispositivo de controle fico, Interface de usuio, Ambiente e Usuio.

2. Objetivos

O objetivo deste projeto foi realizar um estudo sobre as principais atividades que devem compor um processo de Engenharia de Requisitos voltado para o desenvolvimento de software embarcado. Os objetivos especicos do projeto foram: * Apresentar um mapeamento das principais propostas existentes de Engenharia de Requisitos para software embarcado; * Identificar as principais caracterticas de software embarcado que devem estar definidas em um documento de Especificaao de Requisitos; * Propor um roteiro de atividades que devem ser executadas durante a Engenharia de Requisitos para software embarcado; * Propor um template de documento de especificaao de requisitos para software embarcado.

3. Desenvolvimento

Com um estudo mais aprofundado foi possel ter uma proposta de um modelo conceitual relacionando os elementos que est envolvidos na implementaao de sistemas embarcados. O modelo conceitual utiliza o diagrama de classe UML como tcnica de modelagem. Para desenvolver um sistema embarcado importante saber todos os elementos de hardware detalhadamente. As classes s: Interface de usuio, ambiente, sensor, atuador, dispositivo de entrada, dispositivo de saa, microcontrolador, pino, PC, teclado, display e bot. A figura 1 representa este modelo conceitual. Tamb foi possel desenvolver um estudo de caso com um sistema embarcado que controla e monitora a temperatura de um ambiente fechado. O objetivo do estudo de caso foi especificar um sistema embarcado atrav do preenchimento do template Volere (ROBERTSON, 2006), adicionando uma subseo para sistemas embarcados, proposto por Martins (2009). O procedimento adotado para este estudo de caso foi dividido em duas etapas. A primeira etapa foi a descrio funcional do sistema desenvolvido, em principio era para ser um sistema datalogger, mas ocorreram algumas alteraes resultando em um sistema embarcado que controla e monitora a temperatura de um ambiente fechado. A segunda etapa foi preencher o template Volere com a subseo para sistemas embarcados (MARTINS, 2009). Ap o preenchimento do template Volere

(ROBERTSON, 2006) com a subseção para sistemas embarcados foi possível fazer uma análise para desenvolver o template de documento de especificação de requisitos proposto neste projeto científico. O template Volere serve de base para o documento de especificação de requisitos e flexível altera-se de algumas seções e subseções. Como somente uma ficha para os requisitos funcionais e não-funcionais, foi necessário adaptar as fichas. O template de especificação para sistemas embarcados detalha muito bem os componentes de hardware.

4. Resultado e Discussão

Vias pessoais não sabem que estão rodeadas de pequenos computadores embutidos em sistemas maiores, e que os sistemas embarcados. O coração desses sistemas embarcados são os microcontroladores e em alguns casos os sistemas embarcados são controlados por microprocessadores. A arquitetura lógica do sistema embarcado pode ser estruturada dos seguintes segmentos: Dispositivo de controle, dispositivo físico, interface de usuário, ambiente e usuário. A engenharia de requisitos para sistema embarcado é importante quanto para sistemas desktop. O objetivo principal da engenharia de requisitos coletar dados para uma especificação formal do sistema. As atividades de engenharia de requisitos estão divididas em cinco etapas: elicitação, análise, especificação, validação e gerenciamento. É importante que os desenvolvedores de software conheçam detalhadamente as principais características de um sistema embarcado. Foi proposto um modelo conceitual para sistemas embarcados. O template Volere que foi utilizado serviu como base para o documento de especificação de requisitos para sistemas embarcados, mas foi importante acrescentar uma subseção para sistemas embarcados proposto por Martins (2009). As seções do Volere (ROBERTSON, 2006) que foram utilizadas para a especificação do sistema embarcado analisado estão divididas em: diretrizes de projeto, restrições de projeto, requisitos funcionais, requisitos não-funcionais e questões de projeto. Na seção Escopo de trabalho em requisitos funcionais, foi desenvolvido um diagrama de contexto e na seção Escopo do produto foi desenvolvido um diagrama de caso de uso. Como somente uma ficha no template Volere, houve modificações para requisitos funcionais e não-funcionais. A figura 2 apresenta dois exemplos preenchidos, uma ficha para requisitos funcionais e logo após requisitos não-funcionais. Na seção de requisitos de ambiente e operacional foi acrescentada uma subseção para sistemas embarcados (MARTINS, 2009). As fichas estão divididas em: variáveis de ambiente, dispositivo de entrada e saída e microcontrolador. A figura 3 apresenta alguns exemplos de fichas preenchidas na respectiva ordem.

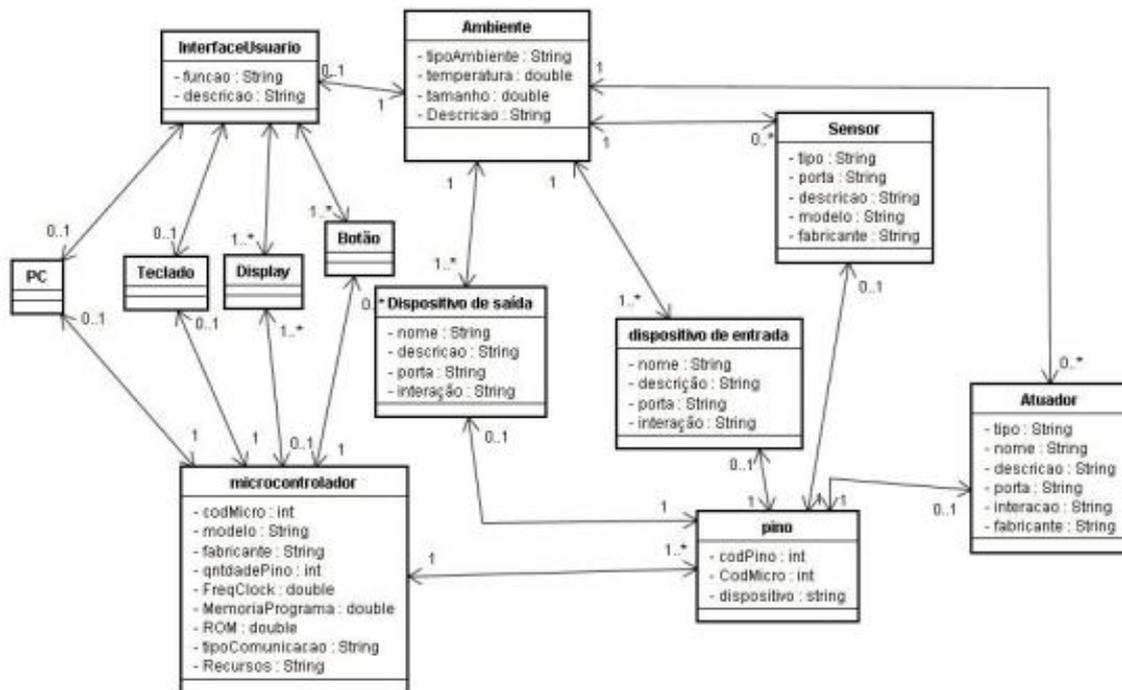
5. Considerações Finais

As atividades de engenharia de requisitos são muito importantes para o desenvolvimento de sistema. Como sistemas embarcados são diferentes de sistemas desktops, foi proposto um template de documento de especificação de requisitos para sistemas embarcados. O template proposto foi uma junção do template Volere com uma adaptação do template de especificação de requisitos de ambiente de sistemas embarcados proposto por Martins (2009). A importância de especificar um sistema embarcado que os desenvolvedores de sistema saibam todas as informações detalhadas sobre os componentes de hardware de um sistema, e para desenvolver esta especificação importante adotar um template, pois ficar todas as informações armazenadas e documentadas caso ocorram problemas futuros.

Referências Bibliográficas

BROY, Manfred. Requirements Engineering for Embedded Systems. 1996. CORTELETTI, Daniel. Introdução programação de microcontroladores Microchip PIC. 2006. (Dossiê Técnico). MICROCHIP TECHNOLOGY INC.. PIC18XX2 Datasheet. 2002. LOPES, Paulo Sérgio Naddeo Dias. Uma taxonomia da pesquisa na área de Engenharia de Requisitos. 2002. (dissertação de mestrado) - Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo - São Paulo, SP. MARTINS, Luiz Eduardo Galv. Proposta de um Template de Especificação de Requisitos de Ambiente para Sistemas Embarcados. 2009. (Trabalho de graduação) Universidade Metodista de Piracicaba UNIMEP Piracicaba, SP. MARTINS, Luiz Eduardo Galv. Uma metodologia de elicitação de requisitos de software baseada na teoria da atividade. 2001. (Tese de doutorado) Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Campinas, SP. MESSIAS, Antônio Rogio. Conectando um Pen-drive a um Microcontrolador (Projeto Estação Pen-drive). 2008. OLIVEIRA, André Schneider de Andrade, Fernando Souza de. Sistemas Embarcados Hardware e Firmware na Prática. 2006. PEREIRA, Paulo. PIC Programação em C. 3ª Ed. 2004. PETERS, James F.; PEDRYCZ, Witold. Engenharia de software teoria e prática. 1ª ed. 2001. PFLEEGER, Shari Lawrence. Engenharia de software/teoria e prática. 2ª ed. 2004. ROBERTSON, James; ROBERTSON, Suzanne. Volere Requirements Specification Template. 3ª ed. 2006. SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de software. 6ª ed. 2003. ZELENOVSKY, Ricardo; MENDON, Alexandre. Introdução aos Sistemas Embutidos. 2008.

Anexos



Requisito #: 01 **Tipo de Requisito:** funcional **Evento/Caso de Uso:** Ler temperatura

Descrição: O sensor de temperatura lê a temperatura de um ambiente fechado. O programa armazenará os dados da temperatura em um pendrive.

Justificativa: Conservar a temperatura de um ambiente fechado.

Solicitante: Marina Calça

Histórico: 4 de junho de 09

Requisito #: 01 **Tipo de Requisito:** Não funcional

Descrição: O aparelho será uma caixa com quatro botões, sendo "ok", "inserir dados", "interromper" e "Cancelar", terá um display LCD, um teclado matricial numérico, uma entrada USB.

Criador: Marina Calça

Histórico: 29 de junho de 2009

Identificador # Tem p	Nome da Variável Temperatura	Unidade °C	Tipo E (X) S () Tipo A (X) D () Domínio -20 °C à 60 °C
Conceito Estado sensível do ar frio ou quente.			
Forma de Obtenção (X) Medição Direta () Equação			
Dispositivo Físico Associado Sensor de temperatura LM35			

Identificador # Tem p	Nome da Variável Temperatura	Unidade °C	Tipo E (X) S () Tipo A (X) D () Domínio -20 °C à 60 °C
Conceito Estado sensível do ar frio ou quente.			
Forma de Obtenção (X) Medição Direta () Equação			
Dispositivo Físico Associado Sensor de temperatura LM35			

Identificador # pic	Nome do Dispositivo Microcontrolador PIC18F452 Fabricante Microchip	Frequência de Relógio 8 MHz
Memória de Programa 32 k ou 16384 instruções	Memória de Dados 1536 bytes	
Conversor A/D	Conversor D/A	
Taxa de aquisição:	Taxa de aquisição:	
Tamanho da palavra (bits): 10 bits	Tamanho da palavra (bits):	
Formas de Comunicação suportada pelo Microcontrolador (X) I2C () SPI (X) RS232 () RS485 () USB () CAN (X) Outra: Paralela(PSP) e Analógica		
Interrupções Previstas Timer 0 (ToCon)		

Associações		
Pino 9 (re1), 10 (re2)	Dispositivo (identificador) rtc	Variável temp
Pino 15 (rc0), 16 (rc1), 17 (rc2), 25 (rc6) e 26 (rc7).	Dispositivo (identificador) Vdip1 (pen drive)	Variável
Pino 2 (an0)	Dispositivo (identificador) Lm35	Variável Temp
Pino 27 (rd4), 28 (rd5), 29 (rd6), 30 (rd7), 38 (rb5), 39 (rb6) e 40 (rb8)	Dispositivo (identificador) Display LCD	Variável Temperatura (dados, controle)
Pino 4 (an2)	Dispositivo (identificador) Resfriador	Variável resf
Pino 8 (an5)	Dispositivo (identificador) Aquecedor	Variável aquec
Pino 3 (an1)	Dispositivo (identificador) Botão OK	Variável botOk
Pino 7 (an4)	Dispositivo (identificador) Botão Cancelar	Variável BotCan
Pino 36 (rb3)	Dispositivo (identificador) Botão Inserir dados	Variável botins
Pino 37 (rb4)	Dispositivo (identificador) Botão Interromper	Variável botint