

SISTEMAS EMBARCADOS E SUA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA

Evandro Rodrigues¹, Ricardo Pedó¹, Leonel Pablo Tedesco¹

¹Programa de Pós-graduação em Sistemas e Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Santa Cruz do Sul – Brasil

E-mail: evandror@mx2.unisc.br, ricardopedo@mx2.unisc.br, leonel@unisc.br

ÁREA

Conhecimento e Inovação nas organizações.

RESUMO

Os recentes avanços na tecnologia têm possibilitado o desenvolvimento de sistemas embarcados mais robustos, oportunizando incorporar no processamento industrial técnicas computacionais que requerem determinada capacidade de processamento, bem como integrar padrões de comunicação de dados que visam facilitar o fluxo das informações nos processos de produção. Uma vez que a automação industrial tem como seus principais objetivos centralizar o monitoramento e o controle de processos, bem como atingir a redução de custos de manutenção em um dado sistema industrial, passam a existir inúmeras tecnologias que visam auxiliar neste sentido. Com isso, busca-se descrever neste artigo o emprego de sistemas embarcados na automação e controle de processos industriais, realizando comparativo entre os tipos usuais de sistemas embarcados, avaliando suas características distintas como flexibilidade, desempenho e custo.

Palavras-chave: sistemas embarcados, processos industriais, automação.

1 INTRODUÇÃO

Os avanços na miniaturização de componentes e na sua capacidade de processamento permitem o desenvolvimento de robustos sistemas embarcados, oportunizando incorporar no processamento industrial técnicas computacionais como processamento de imagens, bem como integrar padrões de comunicação de dados que visam facilitar o fluxo das informações nos processos de produção. Busca-se descrever neste artigo o emprego de sistemas embarcados na automação e controle de processos industriais, realizando um comparativo entre os tipos usuais de sistemas embarcados, avaliando suas características distintas como flexibilidade, tempo de projeto, processamento, capacidade de integração e consumo de energia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Automação industrial e os sistemas embarcados

Segundo Mikoielov¹ a automação industrial é a área que tem como principal objetivo centralizar o monitoramento e o controle de um processo através de seus subsistemas controlados e independentes em cada localização. Além disto, visa também atingir a redução dos custos de manutenção de um dado sistema industrial.

Para Djiev², a automação industrial pode ser dividida nos seguintes níveis, sendo que estes são abordados na figura 1:

- Nível de campo: é o nível mais baixo da hierarquia de automação industrial, ou seja, está mais próximo do processo produtivo. Este nível inclui dispositivos como atuadores e sensores, sendo responsáveis por transmitir dados entre o produto manufaturado e o processo. Os dados que são processados podem estar disponíveis por um determinado período de tempo, ou por um longo período de tempo.
- Nível de controle: neste nível o fluxo de informação consiste em carregar programas, parâmetros e dados.
- Nível de informação: este nível, o topo da estrutura hierárquica da automação industrial, é onde as informações oriundas dos outros níveis são monitoradas e servem para realizar o gerenciamento do sistema de automação.

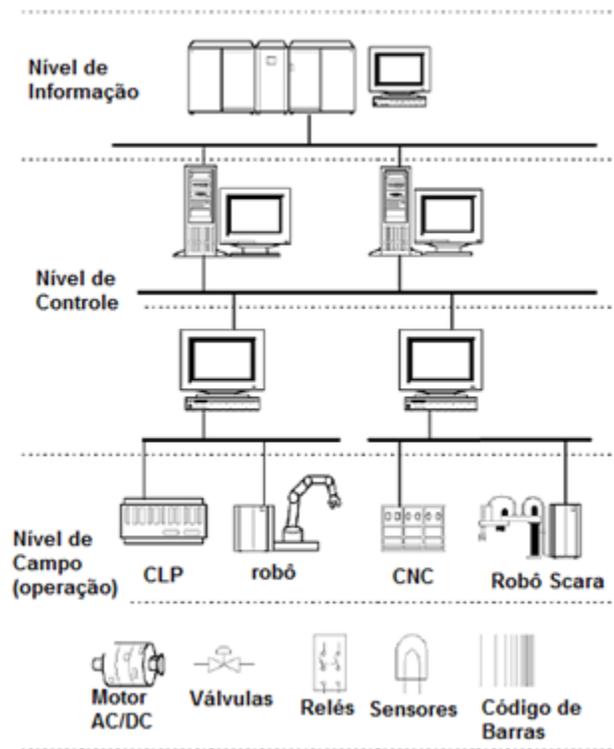


Figura 1. Níveis da automação industrial

Segundo Ogata³ o controle automático é considerado importante em qualquer campo da engenharia e da ciência, sendo um componente importante e intrínseco em sistemas robóticos, de manufatura, veículos espaciais e em diversas operações industriais que envolvam o controle de pressão, umidade, vazão, temperatura, dentre outros.

Conforme Chase⁴ em aplicações industriais os sistemas embarcados podem ser utilizados, por exemplo, no controle e no monitoramento das variáveis de ambiente de controles em malha fechada com realimentação em tempo real. Neste caso estes sistemas embarcados tendem a ser mais robustos quanto à sua estrutura física, contendo também placas dedicadas e múltiplos sensores de entrada e saída. Também podem estar presentes em dispositivos como os *key loggers*. Desta forma, cada vez mais investe-se na miniaturização e no poder de processamento dos sistemas embarcados.

Os sistemas embarcados se mostram presentes em diversas áreas da sociedade, com tendência de cada vez mais aumentar sua presença no dia-a-dia das pessoas, através dos celulares, *smartphones* e *tablets*, por exemplo. Além disto, pode-se observar também a presença de sistemas embarcados nas máquinas de lavar roupas, nos micro-ondas, ou nos sistemas de automóveis, por exemplo.

Neste artigo propõe-se comparativo entre computador de propósito geral e sistemas embarcados baseados em microcontrolador, FPGA e plataformas.

2.2 Computação de propósito geral

Os sistemas de computação de propósito geral são caracterizados por computadores tradicionais, como desktops e laptops, os quais os usuários finais podem programar o sistema. Neste caso, diferentes aplicações são suportadas, de acordo com o tipo de software a ser utilizado pelo usuário⁵. No âmbito industrial, pode-se destacar o uso de computação de propósito geral na utilização de sistemas de gestão empresarial ou ERP, ou seja, em ferramentas de rotinas administrativas e de gestão das empresas.

2.3 Microcontroladores

Microcontroladores podem ser caracterizados como processadores de *software* que incorporam diversas funções em um único chip. Diferentemente dos processadores embarcados (microprocessadores) os microcontroladores não derivam de processadores de propósito geral e, neste caso, possuem poder de processamento menor. Sendo projetados especificamente para sistemas embarcados, normalmente apresentam instruções direcionadas a este fim, como manipulação de bits ou acesso a pinos específicos do processador, visando facilitar a implementação de interfaces com dispositivos externos⁵.

Segundo Bolton⁶ um microcontrolador geral possui pinos para conexões externas de entradas e saídas, alimentação, clock e sinais de controle. Os pinos correspondentes às entradas e saídas são agrupados em unidades denominadas portas, geralmente com oito linhas para transferência de palavras de 8 bits.

Conforme Denardin⁷, os microcontroladores são constituídos de:

- Unidade Central de Processamento;
- Sistema de *clock* para dar sequência as atividades da CPU;
- Memória para armazenamento de instruções e para manipulação de dados;
- Entradas para interiorizar na CPU informações do mundo externo;
- Saídas para exteriorizar informações processadas pela CPU para o mundo externo;
- Programa (*firmware*) para definir um objetivo ao sistema.

Ainda segundo Bolton⁶, um exemplo de aplicação de microcontroladores na indústria é na medição de temperatura em um dado processo. Neste caso, o sensor de temperatura (como o LM35, por exemplo) fornece uma tensão que é proporcional à temperatura. A saída deste sensor está conectada na porta ADC do microcontrolador, programador para converter a temperatura em uma saída BCD a ser conectada em um display de sete segmentos e dois dígitos.

Um dos exemplos mais tradicionais de microcontroladores é o PIC. Desenvolvido pela fabricante Microchip, o PIC utiliza dois tipos de arquitetura: RISC e Harvard. Na arquitetura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*, ou Computador com Conjunto de Instruções Reduzido) o microcontrolador executa suas funcionalidades utilizando poucas instruções básicas, fazendo com que o microcontrolador seja muito rápido. Na arquitetura Harvard, os dados e o programa são armazenados em um mesmo espaço da memória do microcontrolador, o que tende a facilitar a operação dos circuitos de entrada e saída. Um microcontrolador PIC básico, o PIC16C84, possui memória de programa de 14Kb, 64 bytes para memória de dados, 13 pinos de entrada e saída, e temporizadores de 8 bits⁸.

2.4 FPGA

Placas FPGA (*Field-Programmable Gate Arrays*) são dispositivos programáveis, compostos de blocos básicos, os quais possuem lógica combinacional que pode ser programada para implementação de qualquer função booleana de 4 ou 5 variáveis, variando de acordo com o modelo utilizado. Cada um destes blocos básicos do FPGA possui elementos de memória, conhecidos como flip-flops, responsáveis por armazenar resultados obtidos pela função booleana. Além disto, a conexão entre os blocos básicos podem também ser configuráveis, podendo assim formar estruturas combinacionais complexas possibilitando o armazenamento de estado nos blocos que sejam configurados como memória⁵.

Um exemplo de placa FPGA é o Spartan 3, da fabricante Xilinx, que possui sua arquitetura composta por cinco elementos programáveis fundamentais:

- Blocos lógicos configuráveis, que podem ser usados como *flip-flops* ou *latches*;
- Blocos de entrada e saída, controlar o fluxo de dados e a lógica interna do dispositivo;
- Bloco RAM que fornece o armazenamento de dados;
- Blocos que possuem como entrada dois números binários de 18 bits e como saída o produto destes números;
- Bloco de gerenciamento de *clock*.

Este FPGA permite o desenvolvimento de poderosas ferramentas para aplicações em diversas áreas, como a de processamento de imagens. Vasicek e Sekanina⁹ propuseram a aplicação deste FPGA no desenvolvimento de uma ferramenta para filtro de imagens, obtendo bons resultados. A figura 2 demonstra esta placa.

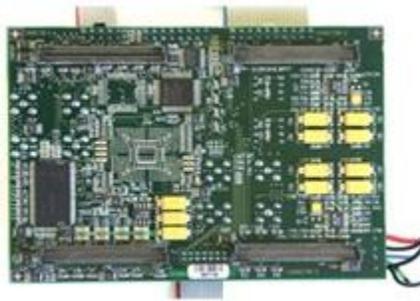


Figura 2. Exemplo do FPGA Spartan 3

Com relação ao desenvolvimento voltado à utilização de *hardwares* como estes, pode-se citar como linguagem para este desenvolvimento a linguagem C, sendo comumente aliada à utilização de uma IDE, geralmente da própria fabricante do *hardware* adotado. A flexibilidade desta linguagem, aliada a IDE e a plataforma, disposta em formato de *kit*, possibilita o emprego de esforços diretamente na resolução de um determinado problema (desenvolvimento do *software*), sem a necessidade de determinadas etapas, como a elaboração da montagem dos componentes de *hardware*, por exemplo.

2.5 Plataformas

O uso de plataformas, ou os kits de desenvolvimento, os quais dispõem de uma estrutura embarcada já desenvolvida, também são muito úteis de acordo com a necessidade de emprego e de desenvolvimento da solução, visto que possibilita ao projetista de sistema focar tão somente na aplicação, não dependendo tempo no projeto do hardware. Dentre diversas plataformas, conforme a figura 3, tem-se a FriendlyARM, a BeagleBoard e o Raspberry PI.



Figura 3. Exemplos de plataformas

O FriendlyARM é compatível com os sistemas operacionais GNU/Linux, Android e Windows CE, possui CPU ARM9 de 400Mhz, 64MB de memória SDRAM, 64MB de memória NAND Flash e 2MB de NOR Flash. Possui já integrado ao kit um display touchscreen de 2". A BeagleBoard, plataforma *opensource* desenvolvida pela Texas Instruments em conjunto com a DigiKey, possui um system-on-a-chip OMAP3530 baseado no microprocessador ARM Cortex-A8 a 720Mhz, com 256MB de memória DRAM e 256MB de memória NAND¹⁰.

Já o Raspberry Pi é um computador que possui o tamanho reduzido, tendo sido desenvolvido no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi. O *hardware* deste dispositivo é integrado em uma única placa e o seu objetivo principal é o de estimular o ensino de ciência da computação em escolas.

2.6 Comunicação de dados em sistemas embarcados

Diferentes tecnologias, tais como RFID e WiFi são integradas aos sistemas embarcados para permitir que os mesmos possam interagir no ambiente em que estão aplicados¹¹. Para que haja a interconexão entre os diversos dispositivos embarcados existentes em um ambiente industrial necessita-se que estes sistemas disponham de protocolos de comunicação.

Essa comunicação pode se dar através de diferentes tecnologias como, por exemplo, RFID, WIFI, Bluetooth, conexão serial, I2C e ZigBee:

- RFID: tecnologias que utilizam frequência de rádio para manipulação de dados;
- WIFI: permite que dispositivos eletrônicos troquem dados sem a utilização de fios (através de ondas de rádio) em uma rede de computador, incluindo conexões de alta velocidade à Internet;
- Bluetooth: realiza a comunicação sem fio, com baixo consumo de energia, entre dispositivos próximos um do outro, sendo que a transmissão de dados é feita por meio de radiofrequência.
- Conexão serial: tecnologia na qual se envia dados sequencialmente (um bit de cada vez) em um

canal de comunicação ou barramento;

- I2C: é um barramento usado para conectar periféricos de baixa velocidade a uma placa mãe, a um sistema embarcado, telefone celular, dentre outros dispositivos;
- ZigBee: trata-se de um conjunto de especificações para a comunicação sem fio entre dispositivos diversos, visando uma baixa potência de operação, taxa de transmissão de dados e de custo na implantação.

3 METODOLOGIA

Este trabalho se origina de uma pesquisa exploratória e descritiva. Em relação aos seus objetivos, esta pesquisa é caracterizada como exploratória que, segundo Santos¹², visa proporcionar maior familiaridade com o assunto e, a partir da prospecção de materiais, informar a sua real importância, o estágio em que se encontra e revelar novas fontes de informação, envolvendo levantamento bibliográfico.

Além disso, possui caráter descritivo, visto que a partir da pesquisa exploratória, é realizado o levantamento das características do tema abordado, sendo que este é considerado o levantamento das características conhecidas, que fazem parte do problema. Por fim, quanto às fontes de informação é considerado bibliográfico.

A fim de atingir os objetivos especificados, o presente projeto está dividido em duas etapas principais, as quais são as de pesquisar as informações relacionadas ao tema culminando nos resultados de discussões do tópico a seguir.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa realizada analisa os seguintes pontos dos sistemas citados no capítulo anterior: flexibilidade, tempo de projeto, processamento, capacidade de integração, e consumo de energia. As arquiteturas analisadas são: computador de propósito geral, microcontrolador, FPGA e plataformas (kits). A Tabela 1 demonstra os resultados do comparativo. Como valores de avaliação de cada um dos parâmetros das arquiteturas tem-se: alta, média, baixa.

Tabela 1. Comparativo entre os tipos de sistemas embarcados discutidos neste artigo

Arquitetura	Flexibilidade	Tempo de Projeto	Processamento	Capacidade de Integração	Consumo de Energia
Computador de Propósito Geral	Baixa	Baixa	Alta	Baixa	Alta
Microcontrolador	Média	Média	Baixa	Média	Baixa
FPGA	Alta	Alta	Média	Alta	Média
Plataforma	Média	Baixa	Média	Alta	Média

No caso do computador de propósito geral tem-se baixa flexibilidade, pois geralmente está disposto em um ambiente fora do processo produtivo industrial, visto particularidades existentes nestes ambientes (temperatura, por exemplo). O tempo de projeto é baixo e, em contrapartida, o poder de processamento geralmente é alto. A capacidade de integração, considerando a proximidade com os demais dispositivos do processo industrial, é baixa. O consumo de energia do computador de propósito geral é alto em comparação ao microcontrolador, o FPGA e as plataformas.

O microcontrolador possui sua estrutura comparável a um simples computador, colocado em um único *chip* com todos os componentes necessários, como uma unidade de processamento central (CPU), a memória de programa e de dados e temporizadores incorporados¹³. O microcontrolador possui flexibilidade média, assim como o tempo de projeto. A capacidade de processamento, se comparado com as demais arquiteturas citadas no artigo, é baixa. A capacidade de integração do microcontrolador é médio, e o seu consumo de energia é baixo.

Por outro lado, a natureza básica do FPGA permite que este seja mais flexível do que a maioria dos microcontroladores, visto que esse dispositivo pode ser reprogramado para fazer qualquer tarefa lógica utilizando as portas disponíveis. Microcontroladores já têm o seu próprio circuito o conjunto de instruções que o programador deve seguir para escrever seus códigos para que o microcontrolador possa executar determinadas tarefas.

A flexibilidade de um FPGA traz consigo um inconveniente, visto que eles consomem mais energia do que os microcontroladores tradicionais, tornando-os impróprios para aplicações onde o consumo de energia é um problema. O desenvolvimento de uma função FPGA é geralmente superior, visto que nele é necessário escrever todo o código a partir do zero e convertê-lo em linguagem de máquina. Com microcontroladores, pode-se adquirir pacotes que são voltadas para uma determinada tarefa e apenas programá-los para sua exata especificação de forma relativamente mais rápida. FPGA pode custar muito mais do que microcontrolador simples, sendo por isso que os estes são geralmente vistos em produtos que têm um alto grau de complexidade.

Por fim, as plataformas, ou kits, oferecem uma alta capacidade de integração, com flexibilidade, consumo de energia e processamento médio. O tempo de projeto de sistemas embarcados baseados em plataformas é baixo, visto que, pelo fato de já possuírem diversos componentes integrados em um sistema embarcado, e de permitirem executar sistemas operacionais como Windows, Linux e Android, faz com que o projetista da solução concentre-se somente no desenvolvimento do sistema.

Pode-se ressaltar também que os microcontroladores, por tipicamente terem um espaço de memória reduzido, são adequados para execução no nível de campo. Tipicamente operações nestes níveis incluem a transmissão de dados oriundos de sensores, o que é fundamental na monitoração de processos industriais. As plataformas, por sua vez, já são mais utilizadas no nível de controle e informação. A capacidade de armazenamento e processamento destas plataformas, aliadas ao seu tamanho reduzido, as tornam úteis na análise, detecção e correção de anomalias dos processos. Por fim, os FPGAs são utilizados em processos bastante específicos. Sua flexibilidade oferece aos seus usuários a possibilidade de implementação de análise e controle de um processo de forma otimizada e personalizada. Adicionalmente, projeto com alto grau de paralelismo de processamento podem se beneficiar deste tipo de componente. Dependendo da família do dispositivo, ele pode ser aplicado em todos os níveis do processamento industrial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento de capacidade de processamento juntamente com a compactação do tamanho dos sistemas embarcados tem possibilitado o seu emprego em diversas áreas da sociedade, tanto na esfera social quanto na automação industrial. Neste artigo procurou-se abordar as principais opções para o desenvolvimento de sistemas embarcados, elencando os prós e contras de cada uma das arquiteturas abordadas. Pode-se destacar que a definição do tipo de arquitetura a ser utilizado em determinado processo industrial varia de acordo com a necessidade e a aplicação da mesma.

6 REFERÊNCIAS

1. MIKOYELOV, D. A Method for Analysis of Industrial Distributed Embedded Systems. International Journal of Electrical and Electronics Engineering, 2007.
2. DJIEV, S. Industrial Networks for Communication and Control.
3. OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno. Pearson 5ª Edição. São Paulo, 2011.
4. CHASE, O. Sistemas Embarcados. Disponível em <<http://www.lyfreitas.com/ant/pdf/Embarcados.pdf>>. Acesso em 01 abr 2013.
5. BARROS, E. CAVALCANTI S. Introdução aos Sistemas Embarcados. Disponível em <<http://www.cin.ufpe.br/~vba/periodos/8th/s.e/aulas/STP%20-%20Intro%20Sist%20Embarcados.pdf>>. Acesso em 01 abr 2013.
6. BOLTON, W. Mecatrônica Uma abordagem multidisciplinar. Bookman 4ª edição. São Paulo, 2010.
7. DENARDIN, G. W. Microcontroladores. Disponível em <http://pessoal.utfpr.edu.br/gustavo/apostila_micro.pdf>. Acesso em 01 mar 2013.
8. BRAGA, N. Microchip PIC. Disponível em <<http://www.lyfreitas.com/ant/pdf/Embarcados.pdf>>. Acesso em 02 mar 2013.
9. VASICEK, Z.; SEKANINA, L. An evolvable hardware system in Xilinx Virtex II PRO FPGA. Int. J. Innovative Computing and Applications, Vol. 1, No. 1, 2007.
10. PRADO, S. BeagleBoard O Cachorrinho OpenSource. Disponível em <<http://sergioprado.org/beagleboard-o-cachorrinho-open-source/>>. Acesso em 05 mar 2013.
11. TESORIERO, R. A Location-Aware System Using RFID and Mobile Devices for Art Museums. Universidade de Castilla - La Mancha: Albacete, 2008.
12. SANTOS, Antonio Raimundo dos. Metodologia Científica: a Construção do Conhecimento. 4ª Ed, Rio de Janeiro: DP&A, 2001.
13. SALEWSKI, F. TAYLOR, A. Fault Handling in FPGAs and Microcontrollers in Safety-Critical Embedded Applications: A Comparative Survey. 10th Euromicro Conference on Digital System Design Architectures, Methods and Tools, 2007.
14. XILINX. Spartan-3 FPGA Family Data Sheet. Product Specification. Disponível em <www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds312.pdf>. Acesso em 01 fev 2013.