

MECATRÔNICA – UMA ABORDAGEM VOLTADA À AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Julio Cezar Adamowski – jcadamow@usp.br

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos

Av. Prof. Mello de Moraes 2231

05508-900 – São Paulo – SP

Celso Massatoshi Furukawa – cmfuruka@usp.br

Fabio Gagliardi Cozman – fgcozman@usp.br

***Resumo.** A mecatrônica pode ser definida como a integração de mecânica, eletrônica e computação de forma concorrente. Essa combinação tem possibilitado a simplificação dos sistemas mecânicos, a redução do tempo de desenvolvimento e de custos, e a obtenção de produtos com elevado grau de flexibilidade e capacidade de adaptação a diferentes condições de operação. Os conceitos de Mecatrônica podem ser empregados numa vasta gama de aplicações; neste artigo, o foco é dado à área de automação industrial. Esses conceitos podem ainda ser aplicados em diferentes níveis de abstração. São definidos três níveis: componente, máquina e sistema. Os grandes desafios no ensino de Mecatrônica são a atualização constante e a capacidade de conduzir implementações visando a integração. A integração, sendo uma característica dos projetos em Mecatrônica, exige do profissional não apenas um conhecimento técnico abrangente, mas também a habilidade para trabalhar em equipe. O rápido desenvolvimento científico e tecnológico que estamos presenciando inviabiliza a formação de profissionais com profundo domínio de todas as especialidades que compõem a Mecatrônica. Cabe aos docentes buscar a dosagem correta para cada uma das especializações e ao mesmo tempo conscientizar o futuro profissional da imperiosa necessidade do estudo continuado.*

***Palavras-chave:** Mecatrônica, Automação, Ensino de Engenharia*

1. INTRODUÇÃO

O mundo vem presenciando nos últimos anos o avanço vertiginoso da microeletrônica, num ritmo que até o momento não tem dado sinais de desaceleração. Como resultado, são obtidos circuitos eletrônicos cada vez mais rápidos e poderosos, mas paradoxalmente cada vez mais menores em tamanho, consumo de energia e custo. Associados diretamente à microeletrônica, o computador digital e as ciências da computação também se desenvolvem rapidamente, numa espiral crescente em que computadores mais poderosos favorecem o desenvolvimento de aplicações mais complexas, que por sua vez exigem cada vez mais poder computacional.

Apesar desses resultados estarem causando uma ampla revolução tecnológica na Engenharia e na sociedade em geral, é quando são associados à sistemas mecânicos que se observa um maior impacto nos sistemas produtivos e no cotidiano das pessoas.

Não é de hoje que componentes eletrônicos, tais como sensores, atuadores eletromecânicos e circuitos de controle, são utilizados no controle e acionamento de sistemas mecânicos. No entanto, foi o recente desenvolvimento dos circuitos integrados que possibilitou a produção em larga escala e baixo custo de microprocessadores dedicados conhecidos como microcontroladores. Hoje esses dispositivos eletrônicos estão presentes não apenas em máquinas e equipamentos industriais mas também nos automóveis, nas máquinas de lavar roupas, nos sistemas de ar condicionado, aparelhos de vídeo, etc. Os sistemas mecânicos sofreram profundas modificações conceituais com a incorporação da capacidade de processamento, o que possibilitou torná-los mais rápidos, eficientes e confiáveis, além de permitir a redução de custos.

No Japão, a combinação bem sucedida de mecânica, eletrônica e processamento digital em produtos de consumo recebeu o cognome de **Mecatrônica** no final da década de 70. A figura 1 representa de forma genérica um sistema mecatrônico. Os sensores captam as informações do mundo físico que são processadas digitalmente, resultando em ações de controle. O sistema de controle age sobre o sistema físico através de atuadores. Disto resulta um sistema realimentado, que pode representar sistemas com níveis variados de complexidade.

Essa combinação pode gerar uma gama muito ampla de aplicações, de tal forma que o termo Mecatrônica pode ser interpretado de formas diferentes, dependendo da aplicação em questão. Este artigo tem seu foco na automação industrial, com particular ênfase na indústria de manufatura. Este é o foco adotado no curso de Engenharia Mecânica com habilitação em Automação e Sistemas da Escola Politécnica da USP, com o qual os autores se encontram envolvidos (Cozman, 2000).

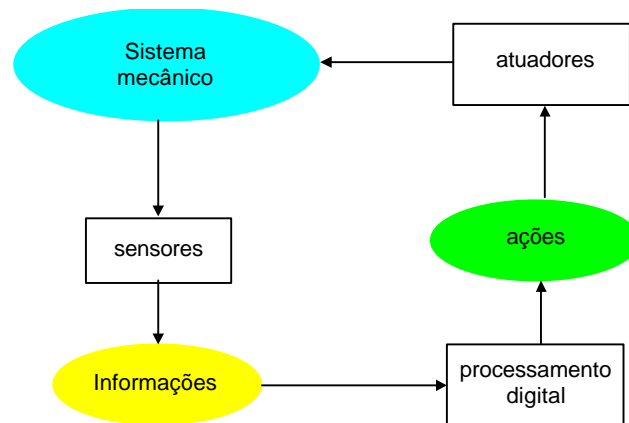


Figura 1. Sistema mecatrônico

2. MECATRÔNICA

Muitos engenheiros consideram que a Mecatrônica surgiu com o desenvolvimento dos robôs. Os projetos na área de robótica impulsionaram desenvolvimentos de controle realimentado a partir de informações sensoriais, tecnologias de sensores e atuadores, programação de alto nível, cinemática e dinâmica, etc. O grande avanço na área de robótica só foi possível com o

surgimento do microprocessador, pois o controle de trajetória dos robôs articulados envolve cálculos complicados que devem ser realizados em tempo real.

Segundo Schweitzer da ETH de Zurich (1996), Mecatrônica é uma área interdisciplinar que combina as engenharias mecânica, e eletrônica e ciências da computação. Van Brussel, da Universidade Católica de Leuven (1996), considera Mecatrônica como a combinação de Engenharia Mecânica, Engenharia de Controle, microeletrônica e Ciência da Computação, numa abordagem de engenharia concorrente. Isto é, deve-se ter uma visão simultânea das possibilidades nas diferentes disciplinas envolvidas, em contraste com as abordagens tradicionais que geralmente tratam os problemas, nas várias disciplinas, separadamente. Salminen, da empresa FIMET da Finlândia (1992), define Mecatrônica como sendo a combinação de mecânica e eletrônica para melhorar a operação em vários aspectos, aumentar a segurança e reduzir custos de máquinas e equipamentos. Presume-se que o autor considera a computação como parte da eletrônica. Acar, da Universidade de Loughborough na Inglaterra (1996), considera a Mecatrônica como uma filosofia de projeto, baseada na integração de microeletrônica, computação e controle em sistemas mecânicos, para se obter a melhor solução de projeto e produtos com um certo grau de “inteligência” e “flexibilidade”. Existem vários outros artigos que discutem a definição de Mecatrônica (Ashley, 1997), porém verifica-se que o ponto comum à maioria das abordagens é, mais que a simples soma, a integração de diferentes tecnologias.

A partir de meados da década de 80, países como Austrália, Japão, Coreia do Sul, além de alguns países europeus, iniciaram a criação de cursos de graduação e pós-graduação voltados ao ensino multidisciplinar de Mecatrônica (Acar, 1997).

Nos Estados Unidos não foram criados cursos específicos de engenharia Mecatrônica, porém foram introduzidas, nos currículos dos cursos de graduação, disciplinas que apresentam os conceitos de Mecatrônica (Ashley, 1997). Na grande maioria das Faculdades de Engenharia dos E.U.A., as modificações foram feitas nos cursos de Engenharia Mecânica, com disciplinas que abordam a integração de mecânica, eletrônica e computação, para se obter componentes e máquinas.

Na Finlândia foi introduzido em 1987 um programa especial de pesquisa em Mecatrônica com a participação de 4 universidades técnicas. Este programa contou com um orçamento de 6,5 milhões de dólares até 1990, e a participação de aproximadamente 80 indústrias atuando em setores estratégicos (máquinas para fabricação de papel, telefonia móvel, máquinas florestais, robôs especiais) (Salminen, 1996). O programa atingiu o objetivo de difundir os conceitos de Mecatrônica nas indústrias e em 1995 um novo programa foi introduzido, com horizonte de 4 anos e um orçamento de 20 milhões de dólares, envolvendo universidades, centros de pesquisa e indústrias, com novos temas na área de Mecatrônica.

Na Inglaterra, a comunidade envolvida com Mecatrônica só recebeu aceitação oficial em 1990 com a criação de um Fórum de Mecatrônica apoiado pelo IEE (*Institute of Electrical Engineers*) e o MechE (*Institute of Mechanical Engineers*) (Hewit, 1996).

No Brasil, o primeiro curso de graduação em Mecatrônica surgiu no final da década de 80, como uma iniciativa pioneira na EPUSP. O curso, denominado Automação e Sistemas, foi implementado no Departamento de Engenharia Mecânica, aproveitando-se o núcleo do curso de Engenharia Mecânica, ao qual se introduziram disciplinas novas de eletrônica e computação (Cozman, 2000). Este curso iniciou em 1988 e já formou cerca de 400 engenheiros até o final de 1999.

3. CONCEITOS DE MECATRÔNICA

Atualmente a Mecatrônica é entendida como uma filosofia relacionada à aplicação combinada de conhecimentos de áreas tradicionais como a engenharia mecânica, eletrônica e

computação, conforme mostra a figura 2, de forma integrada e concorrente. Uma combinação para ser concorrente deve ser feita para se extrair o que há de melhor em cada uma das áreas, de tal forma que o resultado final é mais do que a simples soma de tais especialidades.

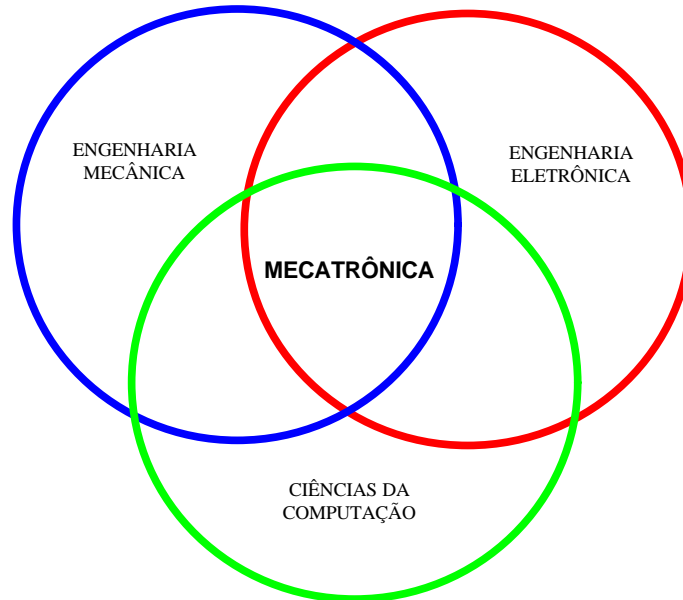


Figura 1. Mecatrônica - uma representação esquemática

O conceito de Mecatrônica representa a combinação adequada de materiais (resistência dos materiais, comportamento térmico, etc.), mecanismos (cinemática, dinâmica), sensores, atuadores, eletrônica e processamento digital (controle, processamento de sinais, simulação, projeto auxiliado por computador), possibilitando as seguintes características:

a) No projeto

- simplificação do sistema mecânico
- redução de tempo e de custo de desenvolvimento
- facilidade de se introduzir modificações ou novas capacidades
- componentes e máquinas com elevado grau de precisão
- realização de operações que exigem um elevado grau de sensoriamento e processamento de informações em tempo real

b) No produto:

- “flexibilidade” (programação da tarefa)
- “inteligência” (capacidade de adaptação na realização de uma tarefa, auto-diagnóstico)
- economia de energia
- redução do custo de manutenção

Vejamos alguns exemplos de como esses resultados são possíveis, dentro da área de automação industrial.

Sistemas tais como máquinas ferramentas e máquinas de manufatura em geral eram compostos por mecanismos para sincronização de movimentos e normalmente acionados por um só atuador. A grande complexidade dos mecanismos exigia precisão elevada para diminuir folgas e dispositivos de lubrificação para reduzir atritos. Essas máquinas sofreram

um grande desenvolvimento, com a introdução do controle numérico computadorizado (CNC), possibilitando a obtenção de peças com formas tridimensionais complexas. Os controladores lógicos programáveis (CLP) possibilitaram grandes modificações na indústria com a automação de processos, melhorando o desempenho na produção e a qualidade dos produtos.

A utilização de mecanismos elásticos têm se tornado uma realidade e possibilita a eliminação de juntas articuladas, por exemplo. Estruturas flexíveis podem ser controladas, através de sensores e atuadores montados ao longo dessas estruturas, passando a apresentar comportamentos desejados, como por exemplo, maior rigidez e eliminação de modos de vibrar.

As aplicações de computação em Engenharia Mecânica evoluíram a partir do início da década de 80 com a evolução vertiginosa do poder de processamento dos computadores, acompanhado por um imenso declínio de preços. Antes disso, programas para análise estrutural, térmica ou fluida eram rodados em computadores tipo *main frame* com entrada de dados em cartões perfurados e saídas em forma de listagens. Atualmente os programas de análise oferecem excelentes interfaces para o usuário com muitos recursos de computação gráfica, tanto para a dados (construir dos modelos) como para apresentação dos resultados.

4. NÍVEIS

Para alguns, Mecatrônica é o conceito de engenharia integrada que utiliza CAD e CAM para gerar um produto complexo, como por exemplo um robô. Um engenheiro de produção, por outro lado, pode ver Mecatrônica como sendo a implementação de um sistema flexível de manufatura. Um engenheiro, ao projetar uma câmara de vídeo, pode ver Mecatrônica como a utilização de eletrônica numa aplicação mecânica. Um engenheiro químico pode ver a Mecatrônica como o controle de um processo químico utilizando sensores e atuadores, controlados por um processador digital. Provavelmente todos estão corretos, pois a Mecatrônica está presente em diferentes níveis.

Neste artigo são definidos os seguintes níveis:

- *Componente* (circuito integrado, sensor, atuador, mecanismo, mancal)
- *Máquina* (máquinas de usinagem, medição, inspeção, movimentação, embalagem)
- *Sistema* (FMS, FAS, CIM)

A atuação profissional nos diferentes níveis está relacionada com o grau de compreensão exigido dos fenômenos físicos envolvidos: quanto mais próximo, maior deve ser o domínio sobre eles. O nível de componente exige o maior grau de domínio, enquanto que o nível de sistema requer o menor. Desta forma, conforme nos distanciamos do nível físico, diminui-se a complexidade física envolvida devido ao aumento do nível de abstração. Por outro lado aumenta também a complexidade lógica do sistema, exigindo maior poder de processamento para lidar com uma maior quantidade de informação. É o que ilustra a figura 3.

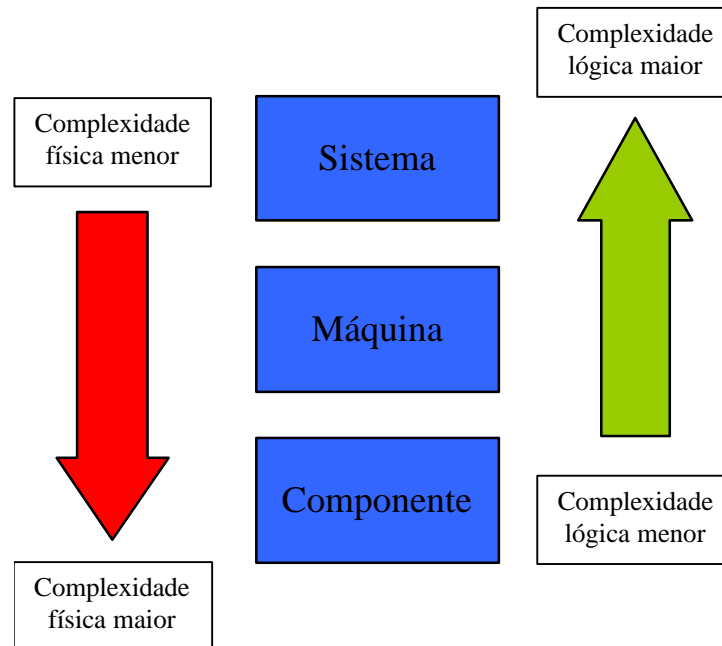


Figura 3. A complexidade física é maior no nível de componente, enquanto que a complexidade lógica é maior no nível de sistema

5. DISCUSSÃO

O ponto importante do conceito/filosofia de Mecatrônica é a combinação concorrente da mecânica, eletrônica e computação, de forma integrada para se obter, no produto, características, tais com, “flexibilidade” e “inteligência”, e no projeto, características, tais como, simplificação do sistema mecânico, redução de tempo e de custo de desenvolvimento, facilidade de introduzir modificações, componentes e máquinas com elevado grau de precisão, realização de operações que exigem um elevado grau de sensoriamento e processamento de informações em tempo real (por exemplo, os sistemas de visão).

Os meios de comunicação têm acompanhado esta evolução e a **Internet** tem possibilitado consulta rápida a fornecedores e fabricantes de componentes, máquinas e sistemas. Diante dessa conjuntura, as instituições de ensino têm introduzido modificações curriculares tentando acompanhar esse desenvolvimento. Assim sendo, os grandes desafios no ensino de Mecatrônica são: atualização constante e implementações visando a integração de conhecimentos de diferentes áreas.

A integração, sendo uma característica dos projetos em Mecatrônica, exige do profissional não apenas um conhecimento técnico abrangente, mas também a habilidade para trabalhar em equipe, uma vez que seria muito difícil um único profissional ter domínio total sobre todas as áreas envolvidas. Além disso, o rápido desenvolvimento científico e tecnológico que estamos presenciando inviabiliza a formação de profissionais com profundo domínio de todas as especialidades que compõem a Mecatrônica, exigindo que a educação se processe de forma continuada mesmo após a conclusão do curso.

Acompanhando as tendências mundiais, poderíamos dizer que o Engenheiro Mecatrônico seria um profissional com visão abrangente e com capacidade para se manter atualizado. Surge porém uma dúvida: a base de sua formação seria a Engenharia Mecânica, a Engenharia Eletrônica ou a Ciência da Computação? Acredita-se que para sanar esta dúvida pode-se simplesmente analisar quais eram as ênfases de cada formação antes do advento da microeletrônica. Verifica-se então que os engenheiros mecânicos que projetavam máquinas eletro-mecânicas poderiam passar a projetar máquinas Mecatrônicas.

No nível de componentes, observa-se a necessidade de um pleno domínio dos fenômenos físicos envolvidos, estando portanto mais relacionado à pesquisa e desenvolvimento do que a projetos de Engenharia. Pode-se dizer que tanto os engenheiros mecânicos quanto os engenheiros eletrônicos poderiam atuar no desenvolvimento de componentes mecatrônicos, necessitando no entanto de aprofundar seus conhecimentos em tópicos bastante específicos, o que poderia ser feito através de uma pós-graduação.

Já no outro extremo, no nível de sistemas, supõe-se que se possam formar profissionais em qualquer uma das três áreas envolvidas na Mecatrônica. No entanto, em se tratando de automação da manufatura, torna-se importante uma formação em Engenharia Mecânica com uma complementação em Ciências da Computação e rudimentos de eletrônica analógica e digital.

Esses três níveis podem ser conduzidos num curso de graduação e a formação individual do aluno dependerá do perfil desenvolvido por ele ao longo do curso e posteriormente da sua carreira profissional. Do ponto de vista das instituições de ensino superior, torna-se importante manter um núcleo de Mecatrônica, formado por disciplinas básicas das três áreas, e permitir que o aluno molde seu perfil completando sua formação com disciplinas optativas, estágios e estudos por iniciativa própria.

REFERÊNCIAS

Acar M., Parkin R.M., Engineering Education for Mechatronics, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 43, no. 1, p.106-112, 1996.

Acar M., Mechatronics Challenge for the Higher Education World, *IEEE Transactions on Components, Packing, and Manufacturing Technology*, vol. 20, no. 1, p.14-20, 1997.

Ashley S., Getting a Hold on Mechatronics, *Mechanical Engineering*, ASME, maio de 97, p. 60-63, 1997.

Cozman F.G., Furukawa C.M., A Reestruturação Curricular do Curso de Mecatrônica da Escola Politécnica, *Anais do COBENGE 2000*, Ouro Preto, MG, out. 2000.

Hewit, J.R. & King, T.G., Mechatronics Design for Product Enhancement, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 1, no. 2, p.111-119, 1996.

Salminen V., Ten Years of Mechatronics Research and Industrial Applications in Finland, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 1, no. 2, p.103-105, 1996.

Schweitzer G., "Mechatronics for the Design of Human-Oriented Machines", *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 1, no. 2, p. 120-126, 1996

Van Brussel H.M.J., Mechatronics – A Powerful Concurrent Engineering Framework, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 1, no. 2, p.127-136., 1996.