

# Guia de projeto de controle para a próxima geração de máquinas

## Contents

- I. Indústria de máquinas inteligentes
- II. Principais tecnologias
- III. Abordagens de projeto
- IV. Exemplos de aplicações

## I. Indústria de máquinas inteligentes

Assim como as gerações de tecnologias anteriores, as máquinas inteligentes irão impactar quase todos os aspectos da vida. Estas máquinas modificarão a forma como produzimos bens, fazemos cirurgias, organizamos inventários e até mesmo a maneira de educarmos as gerações futuras. Além de executar tarefas repetitivas em alta velocidade e com grande exatidão, esses sistemas podem se adaptar a novas situações e operar de modo autônomo como jamais visto.

### Características das máquinas inteligentes

Para atender às demandas da indústria, os engenheiros e cientistas estão cada vez mais tendo que desenvolver máquinas muito mais versáteis e flexíveis. Dois fatores essenciais estão impulsionando essa inovação nas máquinas inteligentes: a individualidade e complexidade dos bens produzidos e a demanda cada vez maior por produtividade e qualidade. Os fabricantes de máquinas já não projetam mais máquinas de uso geral com recursos limitados – eles agora criam máquinas multiuso flexíveis que atendam às necessidades de produção atual, como tamanhos de lotes menores, produtos com funções específicas para um cliente em particular e a tendência de produtos totalmente integrados que combinam diferentes funcionalidades em um único dispositivo.

Mais do que antes, as máquinas modernas podem operar autonomamente. Além disso, elas podem prevenir e corrigir erros de processamento gerados por inconsistências, como mudanças no material bruto, o deslocamento da área de trabalho ou o desgaste dos componentes mecânicos. Com uma ampla rede de sensores embarcados, as máquinas inteligentes conservam informações sobre o processo, a condição da máquina e o seu ambiente, o que, conseqüentemente, aumenta o tempo de operação e o nível de qualidade. Além disso, esses sistemas podem melhorar seu desempenho ao longo do tempo e receber informações por meio de análises aproveitando modelos de simulação ou aplicando algoritmos de uma aplicação específica.

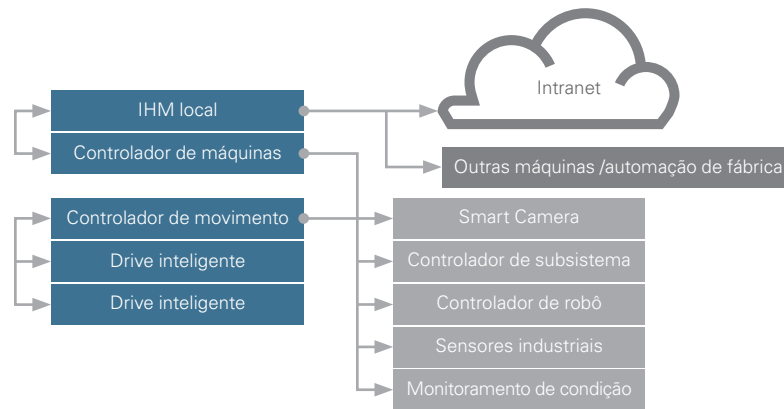
Essas máquinas também trocam informações com outros sistemas de automação e oferecem informações de seu estado para um sistema de controle de nível mais alto. Isso permite que as linhas de automação e as fábricas inteligentes que podem se adaptar a mudanças contrabalancem o volume de trabalho entre as máquinas e informe a equipe de manutenção antes de uma máquina parar de funcionar.

## II. Principais tecnologias

### Controle cooperativo e descentralizado

As máquinas modernas seguem uma abordagem modular. Elas contêm uma rede de subsistemas inteligentes que juntos executam todas as tarefas de automação dentro da máquina e se comunicam com sistemas de controle de nível mais elevado, possibilitando o surgimento das fábricas inteligentes. Para criar sistemas adaptáveis e expansíveis, a arquitetura do sistema de controle precisa refletir essa modularidade. Além disso, os

protocolos de comunicação industrial precisam interligar os subsistemas e manter a temporização e a sincronização. Mudar para uma abordagem de projeto centrada em software e instrumentos de programação que permitem usar uma ferramenta de projeto para implementar diferentes tarefas de automação permite que os clientes reproduzam a modularidade do sistema mecânico em seu software de controle.



*Sistema de controle de máquina cooperativo e descentralizado*

Enquanto os sistemas simples adotam o conceito clássico de ter um controlador central conectado a E/S descentralizadas, as máquinas modernas implementam uma arquitetura de controle hierárquica na qual sistemas de controle de nível mais elevado são conectados a controladores escravos que executam operações claramente definidas e independentes.

Os controladores lógicos programáveis tradicionais (CLPs) ainda desempenham um papel fundamental nessa configuração, principalmente na implementação de funções de lógica e segurança, mas os sistemas modernos de controle de máquinas incorporam sistemas embarcados de controle e monitoramento mais avançados para implementar controle de malha fechada, processamento de imagem, visão de máquina e E/S analógicas avançadas para tarefas como monitoramento de condição de máquina. Além de se conectarem ao controlador principal, os subsistemas inteligentes também interagem dentro do mesmo nível de hierarquia para realizar e sincronizar tarefas que permitem aplicações como movimento de alto desempenho guiado por visão ou triggers baseados em posição e aquisição de dados.

## Sistemas embarcados de processamento e detecção

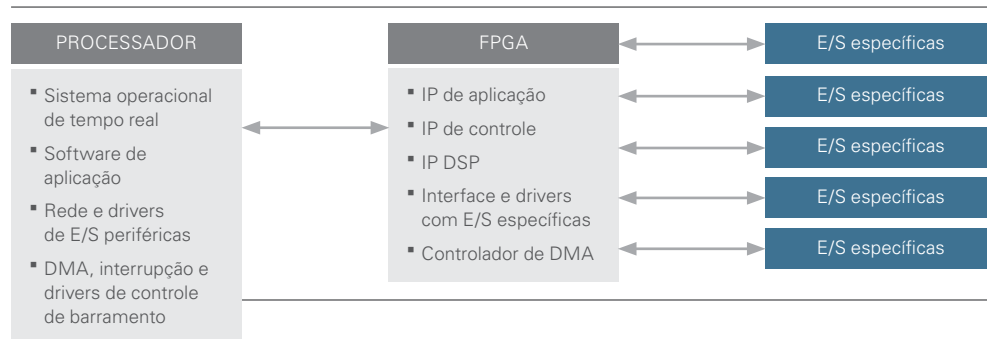
A tecnologia de sensores e medição tem um papel cada vez mais importante, porque permite aos fabricantes de máquinas criar sistemas que podem interagir com o ambiente no qual estão instalados, fazer monitoramento de processamento em tempo real, garantir a integridade dos principais componentes mecânicos e usar essas informações em um controle adaptativo. Isso exige sistemas de controle que podem integrar dados do sensor, reunir informações em tempo real e usar informações de diversos sensores em paralelo enquanto executa loops de controle em alta velocidade. Os controladores embarcados de alto desempenho com grande robustez e de uso industrial oferecem conectividade direta ao sensor por meio de dispositivos de E/S modulares e a capacidade de processar e responder aos dados em tempo real. Os principais fabricantes de máquinas adotam arquiteturas de computação heterogêneas que combinam um hardware programável e um processador de tempo real para solucionar as aplicações mais complexas.

## Arquiteturas de computação heterogêneas

As ferramentas de projeto de sistemas embarcados e as arquiteturas de hardware precisam evoluir acompanhando o aumento da complexidade das aplicações de controle de máquina para atender às exigências cada vez maiores das aplicações e reduzir o tempo de projeto. Historicamente, muitos sistemas embarcados possuíam apenas uma CPU, o que fazia os projetistas de sistemas depender de melhorias na velocidade de clock da CPU, da mudança para a computação multicore e de outras inovações, para obter a capacidade de processamento exigida por aplicações complexas. Entretanto, cada vez mais projetistas de sistemas estão migrando para arquiteturas de computação que apresentam diversos elementos distintos de processamento, para oferecer um equilíbrio mais otimizado entre produtividade, latência, flexibilidade, custo e outros fatores. As arquiteturas de computação heterogêneas oferecem todas essas vantagens e permitem a implementação de sistemas embarcados de alto desempenho para aplicações avançadas em máquinas.

Para ilustrar alguns dos benefícios que as arquiteturas de computação heterogêneas podem oferecer, considere uma arquitetura composta por uma CPU, um FPGA e E/S. Os FPGAs são ideais para trabalhar com computação paralela, como loops de controle paralelo, operações de processamento de sinais em uma grande quantidade de canais de dados e execução de tarefas de automação independentes dentro de um sistema. Além disso, como os FPGAs implementam a computação diretamente no hardware, eles oferecem um percurso de baixa latência para tarefas como controle de malha fechada, alta velocidade e triggers personalizados. Incorporar os FPGAs nas arquiteturas de computação também melhora a flexibilidade dos sistemas embarcados, tornando-os mais fáceis de serem atualizados do que os sistemas com lógica fixa e permite que eles se adaptem às mudanças de requisitos de E/S. Com uma CPU e um FPGA acoplados na mesma arquitetura heterogênea, os projetistas de sistemas não precisarão ter que escolher entre essas vantagens dos FPGA e os benefícios de uma CPU. Além disso, uma arquitetura heterogênea pode ser melhor do que tentar adaptar uma solução de um elemento a um problema e o elemento acabar não sendo adequado. Por exemplo, um único FPGA pode trabalhar com uma tarefa paralela exigindo baixa latência equivalente a uma grande quantidade de CPUs.

### ARQUITETURA DE COMPUTAÇÃO HETEROGÊNEA



*Os projetistas de sistemas embarcados podem combinar um microprocessador e um FPGA em uma arquitetura de computação heterogênea para usar os benefícios de cada elemento de processamento e atender de modo mais otimizado aos requisitos das aplicações complexas.*

Embora os projetos de sistemas embarcados que possuem diversos elementos de processamento tenham muitas vantagens, eles apresentam alguns desafios em relação ao desenvolvimento do software. Eles geralmente exigem grandes equipes de projeto devido às suas arquiteturas especializadas de elementos individuais de processamento, ao conjunto fragmentado de ferramentas e ao conhecimento necessário para programá-los. Por exemplo, a programação de FPGAs normalmente exige conhecimento da programação de VHDL - uma qualificação que pode requerer grande investimento em treinamento, uma equipe maior ou um serviço de terceirização dispendioso. Além disso, desenvolver uma pilha de software para suportar uma arquitetura heterogênea é uma grande tarefa que envolve integração de driver, suporte a placas, middleware para comunicação entre elementos, interfaces lógicas de E/S e muito mais. Para vencer esses desafios, os projetistas podem contar com uma plataforma integrada de software e hardware composta por uma arquitetura heterogênea padrão, E/S intercambiáveis e um software de projeto de sistemas de alto nível. Criadas a partir do conhecimento do hardware utilizado, as ferramentas de projeto de alto nível abstraem a E/S e a arquitetura do sistema durante o processo de desenvolvimento, o que melhora a produtividade e reduz a necessidade dos projetistas de sistemas gerenciarem detalhes de implementação de baixo nível. Ao desenvolver sistemas embarcados com base em arquiteturas heterogêneas, os projetistas de sistemas podem usar ferramentas de projeto de sistemas de alto nível que podem abstrair as arquiteturas de elementos individuais de computação, como FPGAs, e oferecer um modelo de programação unificado que pode ajudar os projetistas a aproveitar os recursos de diferentes elementos. Além disso, a abstração no software de projeto de alto nível auxilia na breve descrição do comportamento funcional e facilita a reutilização do código, apesar das modificações nas interfaces de comunicação ou no hardware.

### III. Abordagens de projeto

Para lidar com o aumento dos requisitos e da complexidade, os fabricantes de máquinas precisam projetar sistemas altamente modulares que satisfaçam as necessidades específicas do cliente e que se adaptem aos diferentes processos de produção e variações de produtos - às vezes até mesmo sem interação com o operador. Embora uma abordagem

modular permita que os OEMs desenvolvam componentes reutilizáveis que podem ser aproveitados em máquinas, ela modifica consideravelmente o modo como os sistemas são projetados. A modularidade do sistema mecânico precisa ser a mesma na arquitetura do sistema de controle. Em vez de usar um sistema monolítico tradicional, as máquinas modernas são baseadas em uma rede de sistemas de controle. Elas exigem uma infraestrutura de comunicação perfeita que pode tratar dados de tempo crítico, dados de menor prioridade, além de informações de status e comunicação com um sistema supervisor.

Um dos maiores desafios dos fabricantes de máquinas é incorporar recursos avançados com uma abordagem tradicional de projeto customizado. Diante do rigoroso prazo para lançamento no mercado e da forte concorrência, os fabricantes de máquina não têm tempo nem recursos para justificar o desenvolvimento de um hardware embarcado customizado.

Além disso, a escolha de sistemas de controle de máquina pode ser uma tarefa complicada. Muitas vezes, os fabricantes de máquinas se encontram em uma situação na qual precisam considerar a facilidade de uso e baixo risco das soluções “caixa preta” em contraste com as vantagens financeiras e o desempenho de um sistema embarcado customizado que permite que eles projetem recursos diferenciados que podem determinar o sucesso de suas máquinas ou fracassar no mercado. Como as soluções customizadas podem exigir muito mais esforços das equipes de projeto, os projetistas muitas vezes optam por soluções “caixa preta”, mesmo sabendo que essa escolha pode limitar sua capacidade de acrescentar recursos diferenciados em suas máquinas.

Para vencer esses desafios, a National Instruments oferece uma abordagem baseada em plataforma que permite aos especialistas configurar um sistema embarcado modular e programar diferentes tarefas de automação com uma ferramenta gráfica de projeto. Conhecida como projeto gráfico de sistemas, essa abordagem é adotada pelos principais fabricantes de máquinas e usa a programação gráfica LabVIEW e a arquitetura de E/S reconfiguráveis (RIO) do LabVIEW.

A arquitetura LabVIEW RIO oferece uma abordagem híbrida: uma plataforma pronta para uso totalmente customizável, com processadores de tempo real e FPGAs programáveis pelo usuário, que oferece acesso a uma grande variedade de módulos de E/S da NI e de outros fornecedores. A arquitetura LabVIEW RIO está disponível em uma variedade de formatos e níveis de desempenho - Tanto no tamanho compacto do Single-Board RIO, na robustez do CompactRIO quanto no desempenho extremamente elevado do FlexRIO, o software de



projeto de sistemas permanece consistente, e o código pode ser implementado em cada família de targets de implementação.

O LabVIEW permite a programação de CPUs e FPGAs em um hardware heterogêneo usando uma abordagem de programação gráfica consistente, com suporte para linguagens de programação comuns, como C/C++ e IEC 61131-3. Além disso, o LabVIEW abstrai a temporização do sistema, acesso às E/S e comunicação entre elementos para que você se concentre na inovação, e não na implementação.

Com módulos add-on para controle de movimento, visão de máquina e simulação e projeto de controle; recursos para monitoramento de condição e prognósticos de ciclo de vida de máquinas; e amplo suporte a protocolos de comunicação e hardware de E/S, o LabVIEW prepara os fabricantes de máquinas para consolidar seu toolchain de desenvolvimento e agilizar ainda mais o processo do projeto. Além disso, com os recursos e IP oferecidos pelo módulo LabVIEW FPGA, os fabricantes de máquinas podem se concentrar no projeto e na otimização de seus algoritmos customizados, em vez de dedicar semanas ou meses no projeto de hardware ou usar um fornecedor para projetar outra solução “caixa preta” embarcada para uma aplicação específica. As versões placas e as interfaces de E/S customizadas baseadas na mesma arquitetura oferecem um nível adicional de flexibilidade.

**Saiba mais sobre a arquitetura LabVIEW RIO e as plataformas de computação heterogêneas que a NI oferece em [ni.com/embedded-systems](http://ni.com/embedded-systems).**

### **O grande desafio dos projetistas de máquinas**

O cenário para os projetistas de máquinas evoluiu ao longo do tempo. As demandas para redução nos ciclos dos projetos e incorporação de funcionalidades avançadas mudaram profundamente as abordagens de projetos. Hoje, as ferramentas de projetos podem oferecer um nível de flexibilidade e velocidade sem precedentes. Os algoritmos e as ferramentas que eram disponíveis apenas para pesquisas de topo de linha estão agora se propagando no mercado industrial.

A National Instruments oferece uma plataforma de software e hardware de sistemas embarcados que se integra perfeitamente a outras ferramentas de projeto e que pode ser usada para implementar arquiteturas heterogêneas em máquinas mais avançadas.

Se você está em busca de uma máquina de alto desempenho que precisa ser melhor, mais rápida e mais inteligente do que os projetos anteriores, você precisará de E/S avançadas, controle de movimento customizado, visão de máquina, sincronização e temporização com alta exatidão e algoritmos de controle especializados. Essas ferramentas permitem que você transcenda os limites definidos pelos dispositivos tracionais. Então, uma abordagem baseada em plataforma fundada em uma arquitetura reconfigurável se tornará o modo mais eficiente de implementar esses sistemas.

## IV. Exemplos de aplicações

Os maiores fabricantes de máquinas oferecem inovação e diferenciação no mercado aproveitando os seguintes tipos de tecnologia:

- Arquiteturas de computação heterogêneas que combinam processadores de tempo real e um hardware reconfigurável para uma variedade de tarefas de processamento e controle.
- E/S modulares que podem se conectar a qualquer sensor, sinal, barramento ou dispositivo.
- Uma plataforma de hardware e software que oferece:
  - Bibliotecas de processamento de sinais integradas, algoritmos de controle, matemática complexa e interfaces de E/S.
  - Simulação, modelagem, ferramentas de depuração e verificação de projeto.
  - APIs para comunicação, registro e transferência de dados.
  - Customização e expansibilidade por meio do software para atender às crescentes necessidades e requisitos dos clientes, mesmo após a implementação

**Saiba mais sobre as tecnologias e ferramentas da NI para aplicações de controle de máquina em [ni.com/machinedesign](https://ni.com/machinedesign).**

### Processamento dos semicondutores

Na fabricação de semicondutores, existe uma pressão constante para obter melhor eficiência e maior produção de material semicondutor. Conforme os circuitos diminuem de tamanho e a concorrência de preços se intensifica, os processos de fabricação dos semicondutores pressionam os limites físicos e operacionais dos fabricantes de equipamentos. Um dos resultados é a tolerância cada vez menor de parâmetros físicos e elétricos de novos wafers usados em etapas de processos delicados, como máscara e corrosão (etching). A Automation Works tem utilizado as ferramentas integradas de visão e movimento da National Instruments para ajudar a desenvolver equipamentos modernos de produção de semicondutores.

### Produção de eletrônicos

Enquanto muitas peças de fibra óptica ainda são montadas manualmente, a divisão Albuquerque da LightPath Technologies projetou uma abordagem automatizada e integrada para produzir colimadores, que são lentes Gradium fundidas com cabos de fibra óptica que ajudam a direcionar a luz. O desempenho e a confiabilidade dessas peças complexas são fundamentais para o desempenho geral dos sistemas de telecomunicações.

### Soldagem automatizada

Ao precisar desenvolver um sistema de soldagem de gasoduto automatizado, robusto e de ponta, a Serimax decidiu usar o CompactRIO. Com a ajuda de um Alliance Partner da NI, eles criaram um sistema poderoso que se adapta para atender diversos requisitos do cliente, oferece máximo tempo de operação, atende aos mais rigorosos padrões de



qualidade e confiabilidade, oferece suporte em todo o mundo e tem um hardware e software flexíveis que podem satisfazer as necessidades de controle e monitoramento com os tipos de máquinas existentes no futuro.

### **Máquina para modelagem de metal**

As engrenagens cônicas e cilíndricas podem ser encontradas em todos os lugares - de automóveis e aviões a caminhões e tratores; e de turbinas eólicas, abastecendo milhares de casas, a cortadores de relva e ferramentas elétricas encontradas nessas casas. As superfícies dos dentes da engrenagem e o espaçamento são parâmetros essenciais para melhorar as características operacionais. Usando a arquitetura LabVIEW RIO, a Viewpoint Systems e a Gleason Corporation adicionaram novos excelentes recursos em suas máquinas, o que permitiu às empresas produzir engrenagens com maior qualidade em um tempo 30% inferior.

### **Dispositivos médicos**

O campo de cristalização de proteínas é uma área importante do processo de descobrimento de medicamentos. As proteínas sob pesquisa são misturadas a várias combinações de reagentes em uma tentativa de descobrir a fórmula que irá criar condições adequadas para a formação de cristais de proteínas, que poderão posteriormente ser analisados através da difração de raio-X. A quantidade de permutações possíveis de misturas pode chegar a milhões, tornando a busca pela fórmula ideal uma tarefa árdua e tediosa. A Coleman Technologies usou as ferramentas embarcadas de controle e monitoramento da NI para criar um dispositivo médico que automatiza completamente o processo de identificação dos cristais de proteínas.

**Saiba mais sobre essas aplicações e encontre exemplos de uma indústria específica em [ni.com/solutions](http://ni.com/solutions).**