



Guia de Treinamento ASCENT
Módulo 4: Upgrade de Habilidades Técnicas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Bellaterra, May 2019



This document has been produced with the economical support of the European Union (Erasmus + Program), through the project “ASCENT – Competence centres for automotive engineering and sales management to increase the positive impact on regional economic development in Argentina, Brazil and Mexico” (Ref. 585796-EPP-1-2017-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP). The EU support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Authors of this document: Thomas Lechner, Michael Trzesniowski, Dominik Kretschmar and Riccarda Behle.

Editor: EDO-SERVEIS Universitat Autònoma de Barcelona

Layout: Jordi Codina Hernández

Photos: Freepik.es



1. Introdução.....	4
1.1. Objetivos de aprendizado	5
1.2. Metodologia & Conceito.....	5
2. Instalações de Teste na FH JOANNEUM.....	7
3. Como construir uma instalação de teste	8
3.1. Especificação da instalação de teste.....	9
3.2. Convite para apresentação de propostas	11
3.3. Lista de verificação para planejamento	12
3.4. Resumo e dicas	13
4. <i>Layout</i> de uma câmara de teste.....	14
5. Exemplos de projetos realizados na FH JOANNEUM	17
5.1. Gerenciamento de uma instalação de teste	17
5.2. Os laboratórios e instalações de teste na Hochschule Düsseldorf	17
5.3. Financiamento	20
5.4. Organização	21
6. Exemplos de resultados	21
7. Análise detalhada do Flix Laboratory na Faculty of Mechanical and Process Engineering	23
7.1. Visualização e simulação da produção	23
7.2. Rastreamento Ocular	24
7.3. Minifab.....	26
8. Ensino Mecatrônico	29
9. Referências.....	33
10. Lista de Figuras.....	34
11. Glossário.....	35



1. Introdução

Este módulo é dedicado ao reforço de capacidade para obter um “Upgrade de Habilidades Técnicas”. O foco principal será colocado nas instalações de teste utilizadas na indústria automotiva. Assim, o treinamento começará com uma visão global das instalações de teste em geral e em particular com o campo de testes da FH Joanneum e Hochschule, Düsseldorf. A apresentação será continuada respondendo à pergunta sobre como construir uma instalação de teste. São apresentados exemplos de projetos conduzidos nas instituições de parceiros europeus e exemplos de cursos. Em um workshop, os participantes terão a oportunidade de decidir sobre como poderiam implantar o teste de maneira vantajosa em aula e em pesquisa.

Em HSD, a pesquisa e o ensino estão intimamente relacionados. O alvo é criar uma situação vantajosa para todas as partes: os estudantes, o ensino e a indústria. Na teoria, isto funciona assim:

A indústria fornece seu know-how prático e talvez também equipamento e/ou dinheiro. Ao contrário, a universidade fornece o know-how teórico, bem como laboratórios e a força de trabalho dos estudantes. Isto, por sua vez, cria oportunidades para ambos os lados: A indústria tem a chance de liderança da inovação por produtos talvez recentemente desenvolvidos e patentes resultantes e a universidade melhora sua reputação e consegue muitas possibilidades para projetos cooperativos e intercâmbios estudantis ou mesmo programas de PhD, bem como talvez meios financeiros. O benefício principal para os estudantes consiste na possibilidade de obter experiências práticas e trabalhar em aplicações reais. Além disso, ambos os lados conhecem melhor o outro lado, especialmente no que diz respeito a possíveis futuras relações empregatícias. Portanto, as



participações e as atividades industriais junto com a indústria ou na indústria são parte do conceito de HSD.

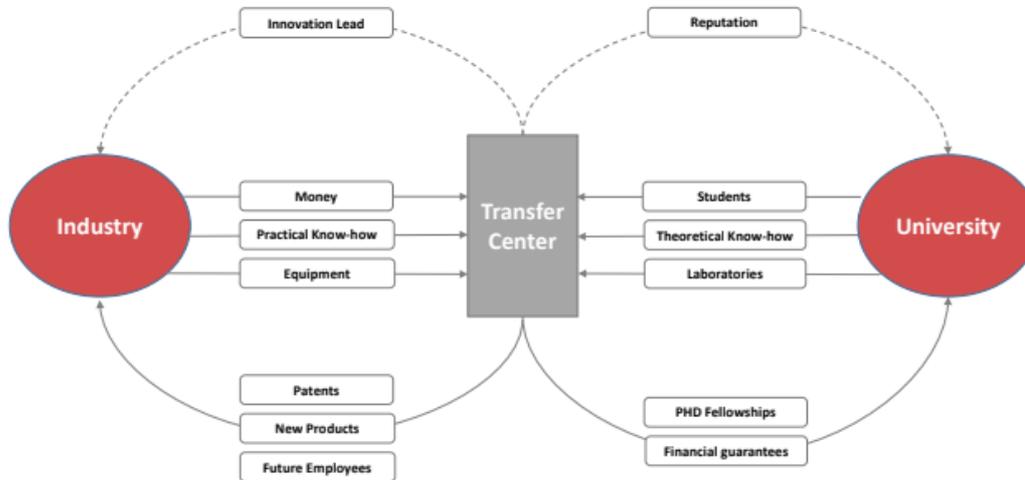


Figure 1. Transferência entre universidade e indústria

Nas segundas sessões de treinamento, as palestras específicas já foram apresentadas. A seguir, as instalações de apoio e os equipamentos na HSD são os tópicos.

Quase todo departamento tem seus próprios laboratórios e instalações de testes. O foco do projeto ASCENT e este treinamento são, naturalmente, os departamentos de engenharia e alta tecnologia que, na HSD, estão nos departamentos de engenharia mecânica e de processo, bem como no departamento de tecnologia elétrica e de informação. Na verdade, eles compartilham o mesmo prédio e também as instalações e o know-how é compartilhado em alguns casos. Todos os estabelecimentos são utilizados tanto por funcionários como por professores e alunos. Tanto o trabalho contratual quanto o trabalho de estudo são realizados lá. A seguir, a função, uso e organização das instalações serão apresentados mais detalhadamente.

1.1. Objetivos de aprendizado

Depois de participar deste treinamento, os alunos (participantes) devem ter uma visão melhor de quais tipos de testes são de última geração e quais são suas possibilidades de usar as instalações de testes nas suas dependências.

O treinamento mostrará exemplos de instalações de teste, como eles são utilizados e quais saídas são típicas. O foco deste treinamento será colocado no planejamento e realização de instalações de testes em uma universidade. Assim, as principais características de qualquer célula de teste e seu ambiente serão apresentadas. Dicas serão dadas para evitar armadilhas típicas. O processo de financiamento da instalação será descrito e a maneira de ganhar dinheiro com o teste, ou seja, uma forma típica de fluxo de trabalho do projeto para fatura será exibida.

No final deste treinamento, os participantes serão capazes de implantar e executar instalações de teste convenientes em suas dependências.

1.2. Metodologia & Conceito

O treinamento vai fazer uso de uma abordagem didática interativa para que os participantes se envolvam tanto quanto possível.

Cada tópico do treinamento será apresentado sucintamente pelos instrutores para que todos os participantes tenham o mesmo nível de conhecimento. A apresentação será acompanhada por atividades ou discussões em grupo. Desta forma, também será possível envolver-se em questões individuais que possam surgir em alguns tópicos.

Além disso, os tópicos e discussões em si são focados em questões contemporâneas e problemas dos processos de engenharia atuais; isto deve aumentar a motivação dos participantes para contribuir ativamente nas discussões e atividades.

Os instrutores também tentarão unir os diferentes tópicos o máximo possível, pois isto contribui amplamente para obter a visão global necessária sobre as tendências atuais na engenharia.



2. Instalações de Teste na FH JOANNEUM

As instalações de testes fazem parte do Institute for Automotive Engineering e são compostas por 12 células de teste, uma oficina mecânica e uma oficina automotiva. As células de teste são: Dinamômetro de chassi, câmara climática, câmara SHED com estação de reabastecimento, laboratório de acústica, dois bancos de ensaio de 2 motores e um banco de ensaio com 3 motores para ensaio de transmissão, dois aparelhos de ensaio para motores, um aparelho de teste de resistência à derrapagem, uma bancada de teste de inclinação, uma plataforma de balanceamento e instalações para investigação de material.





3. Como construir uma instalação de teste

Ao planejar e construir uma instalação de teste, muitos problemas devem ser considerados. Os mais importantes são delineados aqui.

O planejamento começou aproximadamente em 1995. No início, o edifício foi construído e apenas algumas células de teste e laboratórios foram instalados. O investimento para o prédio foi de 17,5 bilhões de euros e os equipamentos de teste custaram quase o mesmo. Naquela época a infraestrutura existente era: Compartimento de teste do motor com freio de água, compartimento de teste do motor com dinamômetro AC transitório, dinamômetro de chassi, câmara climática, câmara SHED, laboratório acústico sem forro, laboratório elétrico/eletrônico, laboratório de tecnologia de medição, oficina mecânica.



Figure 2. Campo de testes da FH JOANNEUM em 2019

3.1. Especificação da instalação de teste

Existem 3 níveis de especificação

- Especificação operacional, ou seja, para que serve?
- Especificação funcional, ou seja, em que consiste e para onde vai?
- Especificação funcional detalhada, ou seja, como tudo funciona?

Para estabelecer as especificações operacionais, devem-se considerar as seguintes questões:

Quais são os propósitos principais e secundários para os quais a instalação se destina?

Qual é a localização geográfica, altitude, proximidade de vizinhos sensíveis ou hostis (processos industriais ou residenciais) e gama sazonal de condições climáticas?

Qual é o intervalo realista de unidades em teste (UUT)? Como os dados de teste serão exibidos, distribuídos, armazenados e pós-processados?

Quantas células individuais foram especificadas e o número e tipo são suportados por um fluxo de trabalho e plano de negócios sensatos?

Que extensão possível da especificação ou outras finalidades devem ser fornecidas para o design inicial?

Pode haver um requisito futuro para instalar equipamento adicional e como isto afetará o requisito de espaço?

Com que frequência a UUT será alterada e quais providências serão tomadas para o transporte de e para as células e onde a UUT será preparada para o teste?

Quantos combustíveis diferentes são necessários e são feitos arranjos para quantidades de combustíveis especiais ou de referência?

Qual melhoria, se houver, será necessária para o sistema de fornecimento e distribuição elétrica do local? Esteja ciente de que os dinamômetros AC modernos podem exigir um investimento significativo na melhoria do fornecimento de energia elétrica e transformadores especializados.

Até que ponto a vibração do motor e o ruído de escape devem ser atenuados dentro do edifício e na fronteira da propriedade?

Todas as normas locais (fogo, segurança, meio ambiente, práticas de trabalho etc.) foram estudadas e consideradas dentro da especificação?

As seguradoras do local foram consultadas, particularmente se o risco segurado mudou ou uma alteração de uso do local está sendo planejada?

Considere a discussão com:

- Autoridade de planejamento local
- Responsável pelo corpo de bombeiros
- Responsável pelo meio-ambiente local
- Seguradores de construção
- Autoridade de fornecimento elétrico local
- Provedores de serviços públicos do local.

Tenha em mente no caso de as autoridades reagirem exageradamente (o que provavelmente ocorrerá devido à experiência):

Uma célula de teste de motor, usando combustíveis voláteis, é uma caixa de contenção de riscos “zona 2”. Embora seja possível e necessário manter um ambiente não explosivo, não é possível tornar seu interior inerentemente seguro uma vez que a unidade em teste não é inerentemente segura; assim sendo, a função da célula é minimizar e conter os riscos pelo design e função e inibir o acesso humano quando os riscos puderem estar presentes.

Ao pensar no uso futuro das instalações de teste, as seguintes questões apoiarão as decisões a serem tomadas:

- A base instalada, relevante para o seu próprio setor industrial.
- Um ou mais de seus principais clientes usam exclusivamente um sistema de controle específico? (A uniformização de sistemas pode fornecer uma vantagem significativa na troca de dados e sequências de teste.)
- Nível de treinamento do operador e suporte necessário.
- O sistema de controle já provou funcionar com algum ou todo hardware pretendido de terceiros?
- A comunicação com os módulos de controle das unidades em teste é exigida e é possível por meio do “bus de comunicação” designado?
- Quanto do sistema principal é baseado em sistemas padrão industriais e qual são a viabilidade e o custo de atualizações de hardware e software? (Não assuma que um “sistema X leve” pode ser atualizado para um “sistema X” completo.)
- Requisitos para usar dados pré-existentes ou para exportar dados da nova instalação para bancos de dados existentes.
- Facilidade de criar suas sequências de teste.
- Facilidade de calibração e configuração de canal.
- Flexibilidade de opções de exibição, pós-processamento e exportação de dados.

3.2. Convite para apresentação de propostas

Este processo é inevitável no financiamento para qualquer órgão público, por exemplo, uma universidade pública. Tendo estabelecido as especificidades acima mencionadas, os seguintes documentos deverão ser preparados:

- Parte 1: Termos e condições gerais
- Parte 2: Termos e condições do contrato
- Parte 3: Cronograma de serviços (Especificação Técnica)

A Parte 1 aborda os termos do processo de propostas: Início, Fim, aceitação etc. Além disso, as informações legais básicas são colocada no papel: Como lidar com as questões, o modo de comunicação etc.

A Parte 2 aborda questões como forma e conteúdo da documentação, garantia, aceitação e assim por diante.

A Parte 3 descreve em detalhes quais são os entregáveis.

É altamente recomendável preparar os documentos a seguir, como formulários impressos, com antecedência. Além disso, esta lista funciona como uma lista de verificação útil e registros do procedimento:

1. Registro de ofertas que chegaram
2. Lista de presença para abertura de ofertas
3. Lista de verificação para abertura de oferta
4. Memorando por escrito da abertura de ofertas
5. Registro único para cada oferta
6. Folha de avaliação, por exemplo, um arquivo do Excel
7. Aceitação da proposta.

3.3. Lista de verificação para planejamento

Os seguintes tópicos deverão ser abordados ao planejar qualquer instalação de teste com mais ou menos detalhes:

1. Descrição da UUT (apenas informações): Finalidade dos testes: Educação, P&D, aprovação do tipo. Frequência de testes. Clientes.
2. Prédio: Proteção contra ruído. Instalação elétrica. Chão, assoalho. Pista de guindaste. Proteção contra incêndios. Sistema de alerta de gás. Sistema de tanques, sistema de armazenamento.
3. Absorvedor de Energia: Estático, dinâmico. Um, dois ou quatro quadrantes. Flange de torque. Sensor de rotações Dispositivo de bloqueio. Subestrutura. Inversor de frequência, controlador.
4. Componentes mecânicos: Piso e construção da base. Aparelhamento da UUT. Conexões do eixo. Guarda do eixo. Braçadeiras, suportes.
5. Sistemas de resfriamento: Resfriamento do absorvedor de energia. Refrigeração do inversor de frequência. Condicionamento do ar de combustão. Condicionamento de combustíveis. Condicionamento de lubrificantes.
6. Fornecimento com recursos operacionais: Ventilação de célula. Suprimentos de ar de combustão. Sistema de gases de escape: tipo OEM, funil de sucção, fluxo de volume, purgador, silenciador, proteção contra incêndio. Fornecimento de combustível: Pressão,

tubulação, conexões, testes de vazamento, proteção contra incêndio. Fornecimento de suprimento de ar: Compressor, tubulação, conexões. Abastecimento de água: pressão, tubulação, conexões, testes de vazamento. Descarte do reservatório.

7. Requisitos do projeto elétrico: Interferência de sinal e medição elétrica. Projeto do sistema de aterramento. *Layout* do cabeamento. Integração de sistemas de dinamômetro AC. Material do cabo de alimentação e raios de curvatura. Especificação de fornecimento de energia elétrica. Ventilação do gabinete elétrico. Normas de segurança.
8. Instrumentos de medição: Alcance, exatidão, propriedades dinâmicas, aquisição de dados (analógicos, digitais): Sensores de força, sensores de deslocamento, medição de aceleração/vibração. Medições de torque: Flange de torque, eixo em linha, dinamômetro montado em munhão. Medições de velocidade: Velocidade, sensores de ângulo de virabrequim. Consumo de combustível. Fluxo de massa do ar de combustão. Fluxo de gás por sopro. Análise de gases de exaustão, fuligem, opacidade, massa de partículas, número de partículas
9. Medições de pressão. Medições de temperatura. Sistemas indicadores: Análise de combustão. Teste de desgaste: Técnica de radionuclídeos (RNT), não-RNT. Dados meteorológicos.
10. Operação: Maquinaria e sistema de controle: Partida, parada, controle manual, operação “não tripulada”, função de parada de emergência, monitoramento computadorizado da célula de teste, exibição de *status* de serviço. Controle de circuito aberto/fechado do motor e do absorvedor de energia. Software de controle de teste, edição de sequência de teste. Aquisição de dados e cadeia de transdutores: Nomes de canais, calibração, caixas de transdutores.
11. Documentação
12. Normas a serem seguidas
13. Embalagem, transporte
14. Construção, instalação, comissionamento, inspeção e aprovação
15. *Briefing* e treinamento (curso, *in-house*, *on-the-job*).

3.4. Resumo e dicas

- Plano de esforço de vários anos ou > 1000 horas de trabalho
- A construção e a maquinaria são tratadas separadamente, ou seja, vários pedidos de propostas
- Comece a investigação (tecnologia de última geração, custos, prazo de entrega) adiante (!) do procedimento de solicitação oficial: Depois a comunicação é proibida
- Quanto mais preciso for o pedido de licitação (veja a Parte 3), menos surpresa você terá
- Mantenha registros cronológicos de todas as etapas importantes, declarações e decisões
- Você pode precisar de várias tentativas
- Boa sorte!



4. Layout de uma câmara de teste

Testes e provas

Há vários métodos e tarefas existentes quando se trata de testar e provar veículos e seus subsistemas, Tab. 1.

Tabela 1 Visão global de testes e provas

Método / Tarefa	Estrada real	Campo de testes	de Equipamentos de teste	Dummy no loop	Software/hardware no loop	Homem no loop	Equipamentos virtuais
Veículo global	Testes de longa duração	Testes funcionais	Aerodinâmico, ruído,...	Colisão	Dinâmica do veículo	Simulação de condução	Gerenciamento de energia
Sistemas	Sistemas complexos	Dirigibilidade	Motor, freios,...	Segurança do pedestre	Rede elétrica, unidades de controle	ADAS	Mock-ups

Montagens	Condições alternadas	Ajuste de suspensão		Sistemas de escape	Unidade de controle de suspensão	Ergonomia	Funções de subsistemas
Peças Materiais M. operacional	Comportamento em condições de serviço	Comportamento em condições definidas	Comportamento	Testes <i>in-vitro</i> e <i>in-vivo</i>	Detecção de falhas de peças	Testes olfativos	Geometria das peças

Testes adicionais podem ser diferenciados por testes funcionais versus testes de longa duração, testes de componentes vs. testes de montagem/sistema, testes de laboratório e em equipamento vs. testes de direção, testes de modelo vs. testes 1:1 e assim por diante.

Instalações de teste

De acordo com a grande variedade de métodos e tarefas de teste, há inúmeras instalações e equipamentos de teste. A gama varia de um pequeno dinamômetro de amortecedor móvel até um enorme túnel de vento para teste em tamanho real. A saída pode ser um único número, um resultado digital (sim/não) ou um relatório de múltiplas páginas.

Os diferentes sistemas necessários para fazer funcionar e medir um motor de combustão podem ser vistos na **!Error! No se encuentra el origen de la referencia.** como exemplo.

Figure 3. Visão funcional de um equipamento de teste de motor

Célula de teste

O dimensionamento de células é fundamental. Duas considerações principais podem ajudar:

- Uma célula apertada é uma fonte permanente de perigo e inconveniência.

- Uma célula muito grande em contraste está propensa a ser utilizada como espaço de armazenamento.

Como regra geral, a passagem sem obstruções deve ter 1 m de largura, em volta da UUT equipada.

A **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** mostra um exemplo de planta de célula de teste típica para um equipamento de teste de motor.

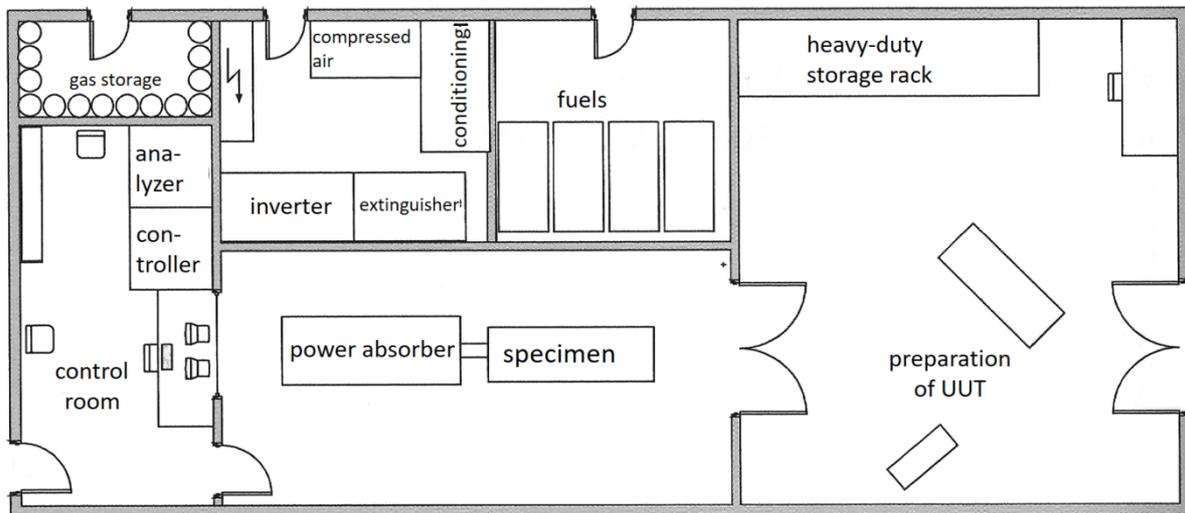


Figure 4. Planta de célula de teste típica



5. Exemplos de projetos realizados na FH JOANNEUM

Durante a apresentação, vários projetos serão apresentados. Os projetos distinguem-se pela sua origem: Projetos industriais, relacionados à P&D e com base educacional.

5.1. Gerenciamento de uma instalação de teste

Com base em um fluxo de trabalho típico da oferta até a fatura final, as ferramentas e etapas para o gerenciamento de projetos relacionados a testes serão apresentadas. Uma pesquisa online ajuda a entender as necessidades dos clientes e a perceber seus pontos fortes e fracos. Uma acreditação vale a pena ser considerada particular no caso de se planejar cooperação com OEMs.

5.2. Os laboratórios e instalações de teste na Hochschule Düsseldorf

Este capítulo versará sobre os equipamentos da HSD e como eles são organizados e financiados. Inicialmente, diferentes tipos de instalações e equipamentos são apresentados. Em seguida, mostra-se o processo de compra e organização na HSD.



Laboratórios de informática

Os chamados “laboratórios de informática” são utilizados principalmente para ensino, por exemplo, aulas de CAD ou ERP. Estas salas geralmente estão trancadas, mas podem ser abertas sob demanda, por exemplo, se os alunos quiserem praticar sozinhos ou tiverem de elaborar determinados projetos.



Figure 5. Laboratório de informática

Hall de máquinas

Todas as máquinas do departamento estão localizadas no hall de máquinas, localizado no térreo do edifício. Tanto o trabalho contratual quanto o trabalho de estudo são realizados lá, por exemplo, na forma de atividades de corte de metal, moagem ou fresagem. Além disso, há também muitas instalações de testes, por exemplo, para explorar técnicas de corte em um contexto agrícola. Muitos funcionários e estudantes de doutorado trabalham lá, mas também alunos durante as sessões de treinamento prático, por exemplo.

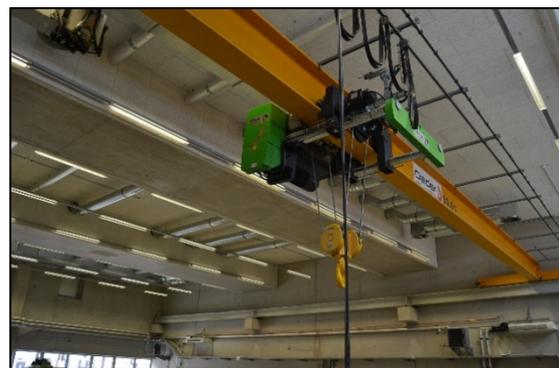




Figure 6. Hall de máquinas

Laboratórios

Os laboratórios, em sua maioria, pertencem a institutos ou centros de pesquisa e são frequentemente utilizados para reuniões, palestras e também para treinamentos práticos. O Prof. Niemann, por exemplo, gerencia os institutos “Flix” e “FMDauto”.

O Flix é um instituto de gerenciamento e otimização de produção. Por um lado, existem ferramentas para visualização, como drone, rastreador ocular e software associado e, por outro lado, há instalações para demonstração, como o miniFab, como exemplo de Indústria 4.0. O foco é especialmente na visualização. O equipamento do Flix Laboratory será explicado em detalhes em um capítulo posterior.

Além deste guia, é fornecido um guia para o drone e o software associado.



Figure 7. Estações de trabalho do Flix Laboratory



Figure 8. Mesa de planejamento

O FMDauto é um instituto de desenvolvimento de produtos e inovação. Os principais tópicos no momento são técnicas de corte no contexto agrícola. Para isto, o instituto possui diversos estandes de testes e dispositivos de medição, equipados com tecnologias de medição, por exemplo, sensores. Atualmente, dois alunos de doutorado estão trabalhando neste tópico e muitos alunos para projetos menores ou para seus trabalhos finais.

Além disso, existem muitos outros laboratórios, por exemplo, para técnicas de medição ambiental e engenharia de processos químicos. Além disso, existe o chamado “Automation Center Automation Dusseldorf” na HSD, short CCAD. Há também o laboratório com a fábrica de aprendizagem, que é supervisionada pelo Prof. Langmann, do departamento de gerenciamento elétrico e de informações. A fábrica de aprendizagem mostra o processo de uma fábrica de envase para pequenas garrafas, inclusive o controle de qualidade e a embalagem. Por um lado, os alunos podem aprender sobre fluxo de processos e, por outro lado, sobre programação e controle de processos.





Figure 9. Fábrica de aprendizagem FESTO

Além disso, também são criados eventos, que envolvem as três partes gerenciadas no início. Por exemplo, a universidade organiza “dias de *open house*” em que especialmente os laboratórios podem ser visitados por estudantes (potencialmente novos) e outros externos. Além disso, os professores organizam, por exemplo, excursões para as aulas para as empresas, em que ambas as partes podem se conhecer. Ou os estudantes podem ir a feiras, por exemplo. Às vezes, se os professores têm boas conexões com a indústria, eles organizam algumas lições de “*take-over*”, em que os alunos são ensinados por um parceiro industrial.

5.3. Financiamento

Existem diferentes possibilidades para financiar o equipamento de laboratórios e outras instituições de pesquisa. Uma possibilidade consiste em fundos de terceiros, como ao qual o projeto ASCENT pertence. Além disso, os professores obtêm um orçamento inicial na HSD quando começam o trabalho lá. A partir desse orçamento, eles têm a possibilidade de comprar equipamentos. O Prof. Niemann, por exemplo, comprou a mesa de planejamento do instituto Flix. Naturalmente, também a poupança interna de professores ou departamentos pode ser utilizada para isso. Outra possibilidade seria redigir uma solicitação para aquisição de grandes instrumentos ou equipamento. O último, juntamente com um financiamento de terceiros, foi utilizado para comprar a fábrica de aprendizagem FESTO. Para um projeto muito grande como este, os departamentos também podem unir forças. Também são possíveis doações ou presentes de empresas e patrocinadores. Não é incomum e pode ser uma oportunidade de publicidade agradável e relativamente barata para as empresas colocarem seu nome em produtos da universidade.

5.4. Organização

O processo de compra e equipamento é padronizado e prescrito pela universidade. Inicialmente, as solicitações devem ser escritas e entregues com várias ofertas. Em seguida, estes documentos serão controlados pela administração. Quando o laboratório está totalmente equipado, é gerenciado principalmente pelo professor supervisor e seus funcionários.



6. Exemplos de resultados

A seguir, são apresentados alguns projetos bem-sucedidos.



Figure 10. Tic Tac Toe e Black Jack

À primeira vista, os dois exemplos acima podem não parecer aplicações industriais sérias, mas, na verdade, existem semelhanças. Ambas as aplicações lidam com robôs colaborativos. Além disso, em ambos os casos, o robô deve analisar a situação e escolher sua próxima ação com base nisso. Além disso, os robôs tiveram de ser ensinados, onde está o chão e manusear o lápis e os cartões com cuidado. Ao criar estes aplicativos, os alunos aprenderam sobre programação de robôs e, para a empresa, isto significa especialistas com esses robôs e, não menos importante, promoção para eles.



7. Análise detalhada do Flix Laboratory na Faculty of Mechanical and Process Engineering

Neste capítulo, é feita uma análise detalhada do equipamento de laboratório do Flix Laboratory (Laboratory for Lifecycle Excellence). O Flix Laboratory está localizado na faculdade de engenharia de máquinas e processos da University of Applied Science Dusseldorf (HSD). Por um lado, a principal área de pesquisa está na área de gerenciamento de produção, otimização, visualização e simulação e, por outro, em inovações de negócios associadas, como serviços inteligentes. O foco deste capítulo será a visualização e simulação de produção, rastreamento ocular, AR & VR e uma Mini Fábrica para a explicação da Indústria 4.0.

7.1. Visualização e simulação da produção

Para uma melhor visualização dos ambientes de produção e uma simulação realista, eles são fotografados por um drone e um software cria automaticamente um modelo 3D. Isto pode ser integrado ao software de simulação e planejamento ou utilizado como demonstrador.

Visão global do modelo



Um drone é um veículo aéreo ou submarino não tripulado que voa de forma autônoma ou remota. Uma distinção é feita entre um grande número de designs diferentes. Além da versão mais comum atualmente como multicóptero, existem, por exemplo, helicópteros de asa fixa, asa inclinada e não tripulados (DHL Trend Research 2014). Acima de tudo, o simples manuseio e o dimensionamento, bem como os custos, são critérios de decisão aqui.

Equipamento laboratorial

Devido ao foco da pesquisa na otimização e simulação de processos, deve-se encontrar uma maneira de visualizar facilmente os ambientes de produção para uma simulação gráfica. Os scanners 3D não foram considerados devido ao pré e pós-processamento complexo e demorado e porque são complexos para operar. A princípio, havia duas soluções de software, que podem garantir a visualização 3D em qualidade industrial. Entre o Autodesk ReCap e o 3DFZephyr decidimos usar o 3DFZephyr porque o Autodesk é uma solução baseada em nuvem e nem todas as empresas atualmente consideram seguros os serviços em nuvem. Com a exigência que a fotografia aérea é necessária para modelos 3D ideais, decidimos usar um drone. A empresa DJI é líder mundial no campo de drones e o Phantom 4 Pro é atualmente o drone ideal em termos de segurança em voo (por inúmeros sensores) e qualidade da câmera.

Exemplos de aplicação real

Atualmente, um cenário de usuário exemplar para aplicações industriais está sendo preparado. O objetivo é visualizar os halls de produção ou máquinas de forma realista para fins de treinamento e planejamento. Para este caso, o hall de máquinas da University of Applied Sciences Dusseldorf está sendo visualizado para desenvolver adicionalmente as competências e familiarizar os alunos com o uso do software e hardware.

A experiência mostra que, especialmente, um espaço limitado e a falta de sinal de GPS em salas fechadas levam à dificuldade em manter o controle dos drones. Além disso, más condições de iluminação (janelas, reflexos, sombras etc.) são responsáveis pela não atribuição de algumas imagens no software. Aqui, as imagens individuais devem ser obtidas e adicionadas posteriormente ou as imagens devem ser pós-processadas.

Outro cenário de aplicação, no qual os drones são usados na HSD, é a medição dos níveis de poluentes no ar. Um drone equipado com medidores é usado em HotSpots em Dusseldorf para determinar os valores.

Outras possibilidades de aplicação

Na distribuição das áreas em que os drones são utilizados, torna-se evidente que o planejamento e a manutenção de grandes áreas, como infraestrutura ou agricultura, são os principais campos de aplicação. Outros exemplos de aplicação são (PwC 2016):

- Planejamento e Vigilância de Energia, Infraestrutura, Setor de Construção e Telecomunicações
- Agricultura, Silvicultura e Mineração
- Proteção Ambiental

- Resposta de Emergência, Seguro da Polícia e Ajuda ao Desenvolvimento
- Mídia e Entretenimento como Cinema e Fotografia
- Implicações na Logística: Intralogística, *First and Last Mile* Urbano, Entrega Rural

7.2. Rastreamento Ocular

Os campos de aplicação da tecnologia de rastreamento ocular em ambientes industriais são a realidade virtual, pesquisa de mercado e consumidor, desempenho profissional e experiência e interação do usuário.

Os sistemas de rastreamento ocular geralmente podem ser divididos em duas áreas; rastreadores oculares baseados em tela e rastreador ocular montado na cabeça. O último é adequado para aplicações relacionadas à produção devido à sua flexibilidade na utilidade, lugar não acoplado e a pessoa ainda pode mover-se livremente. Em uma visão superficial, a funcionalidade dos sistemas de rastreamento ocular é a seguinte (tobii dynavox):

- O rastreador ocular envia luz no infravermelho próximo
- A luz é refletida nos olhos
- Essas reflexões são captadas pelas câmeras do rastreador ocular
- Por meio de filtros e cálculos, o rastreador ocular sabe para qual a direção a pessoa está olhando

Equipamento laboratorial

Anteriormente, tínhamos os óculos de rastreamento ocular Tobii em uso, mas isto era devido à calibração complicada que não é adequada para uso industrial permanente e trocamos para SMI. Os óculos SMI podem ser calibrados para o usuário em poucos minutos, são fáceis de usar e fornecem dados confiáveis, que podem ser utilizados para outras avaliações estatísticas. No entanto, esperamos agora o lançamento de vendas do Microsoft HoloLens 2, que estabelece novos padrões em VR com rastreamento ocular combinado.



Figure 11. Sistemas de rastreamento ocular existentes e planejados do Flix Laboratory

Exemplos de aplicação

A HSD realizou vários projetos com realidade aumentada e óculos de rastreamento ocular. Os exemplos a seguir são do setor automotivo.

No primeiro projeto, analisou-se o controle final de qualidade de uma oficina de pintura de um importante produtor europeu de transportadores. O objetivo era minimizar o tempo e o esforço necessários para verificar o transportador quanto a danos na pintura e reduzir a taxa de falha de danos não vistos na pintura. Para isso, analisa-se a sequência de como a inspeção de controle de qualidade é realizada, bem como o comprimento de controle das áreas sensíveis dos transportadores, em que os danos da tinta são frequentemente encontrados em um controle de qualidade posterior (Niemann, J. & Schlösser, M. & Fussenecker, C. 2016).

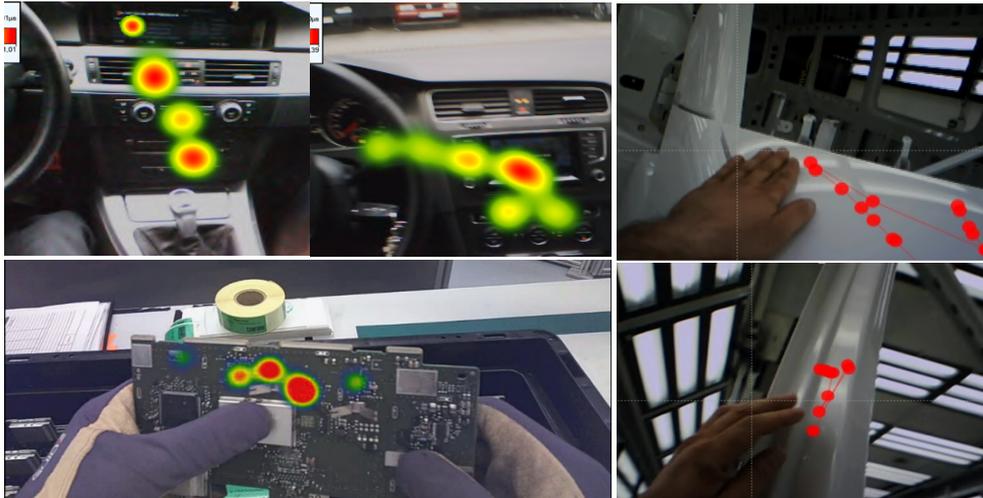


Figure 12. Exemplos de aplicações de rastreamento ocular na indústria

Figure 13. Exemplos de aplicações de rastreamento ocular na indústria

Achados da análise de dados dos 18 funcionários do teste:

O itinerário utilizado não é igual ao que está na folha de trabalho padrão

A “Prática” mostra um itinerário mais amigável

A visualização mostra que a maioria das peças não foi controlada adequadamente

Muito menos tempo foi gasto na verificação de áreas “sensíveis”.

Em outro projeto, analisou-se um fornecedor automotivo para *head up displays*. O achado mais importante foi que o trabalhador usou luvas sujas para montar componentes eletrônicos. Uma equipe de estudantes realizou um projeto sobre a experiência do usuário em carros. Eles determinaram quais são as primeiras impressões no cockpit do carro.

Outras possibilidades de aplicação

Outras possibilidades de aplicação são a melhoria do local de trabalho do ponto de vista do trabalhador, segurança ocupacional (percepção de placas de segurança, etc.), controle de qualidade, estudos de projeto e usabilidade.

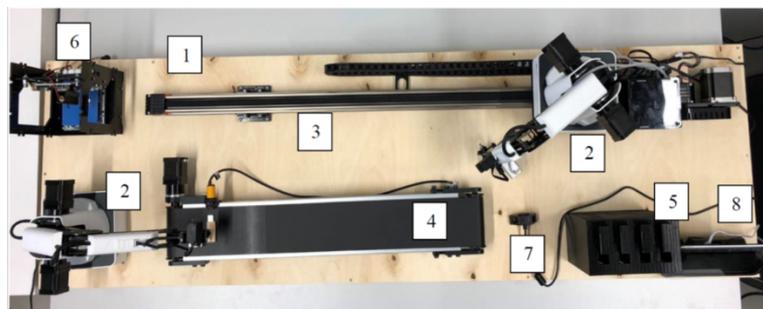
7.3. Minifab

Após a breve introdução do Minifab no WP 2 do projeto Ascent, este capítulo enfocará os cenários de estrutura e aplicação. O Minifab serve para transmitir os fundamentos da Indústria 4.0 para equipes interdisciplinares e técnicos não relacionados à automação (Niemann, J. & Schlösser, M. & Fussenecker, C. & Turek, S. 2017).

Equipamento laboratorial

O projeto da fábrica em miniatura foi implantado para tornar a produção tangível e mostrar os princípios da Indústria 4.0 com um exemplo prático. Ao percorrer diferentes etapas de produção, a interação e a comunicação dos componentes de fábrica única podem ser ilustradas. Além disso, os alunos são levados ao procedimento de desenvolvimento de software.

A fábrica em miniatura consiste basicamente de nove componentes principais: uma placa de base, dois robôs, um trilho deslizante, um sistema de correia transportadora com chave fotoelétrica, um sistema de armazenamento, uma máquina de gravação, uma porta USB e uma unidade de controle central (veja a figura 13).



Number	Component	Task	Number	Component	Task
1	Base plate	Basis	5	Storage system	Raw material supply
2	Robots	Moving parts	6	Engraving machine	Engraving HSD logo
3	Sliding rail	Range extension	7	USB Port	Data transmission
4	Conveyor belt system	Connection workstations	8	Raspberry Pi	Central control unit

Figure 14. MiniFab: Uma fábrica em miniatura para fins de ensino da Indústria 4.0

Como interface e unidade de computação, um Raspberry PI em combinação com um painel de toque é utilizado. O Dobot Magican é um robô para fins de ensino com um software de código aberto. O programa e a visualização são realizados pela Codesys. Para este propósito, o protocolo de comunicação é transformado em módulos de programa facilmente utilizáveis, que podem ser traduzidos em diferentes linguagens, como texto estruturado ou diagrama de blocos de funções.

Exemplos de aplicação real

Como mostrado na figura 14, existem muitas áreas de aplicação, como planejamento de *layout*, automação, conceitos de segurança, visualização e otimização de produção, bem como a possibilidade de trabalhar em equipes interdisciplinares, de programador ao gerente de produção.

Como mostrado à esquerda na figura 4, o *layout* foi analisado e otimizado, baseado em um software de simulação. A versão final do *layout* é a base para a atual fábrica em miniatura. Graças ao processo

de melhoria contínua e comparação das variantes individuais, a rota de transporte global pode ser otimizada para um mínimo de 1,1 metros.

Outro projeto lidou com o conceito de segurança. Para isso, os componentes devem ser considerados de forma diferente. Dobots estão com uma força máxima de 18 N muito abaixo do limite de acordo com a norma EN ISO 10218. Assim, a fábrica pode teoricamente ser operada sem um desvio físico entre o ser humano e a máquina, uma vez que ferimentos severos são excluídos. No entanto, o risco de lesões não deve ser apenas minimizado, mas também completamente descartado. Portanto, recomenda-se usar sensores adicionais que paralitem o processo assim que a pessoa chegar muito perto. Um dos principais riscos de segurança são as máquinas de gravação, o laser precisa ser protegido do ambiente, mas precisa ser acessível para o robô.

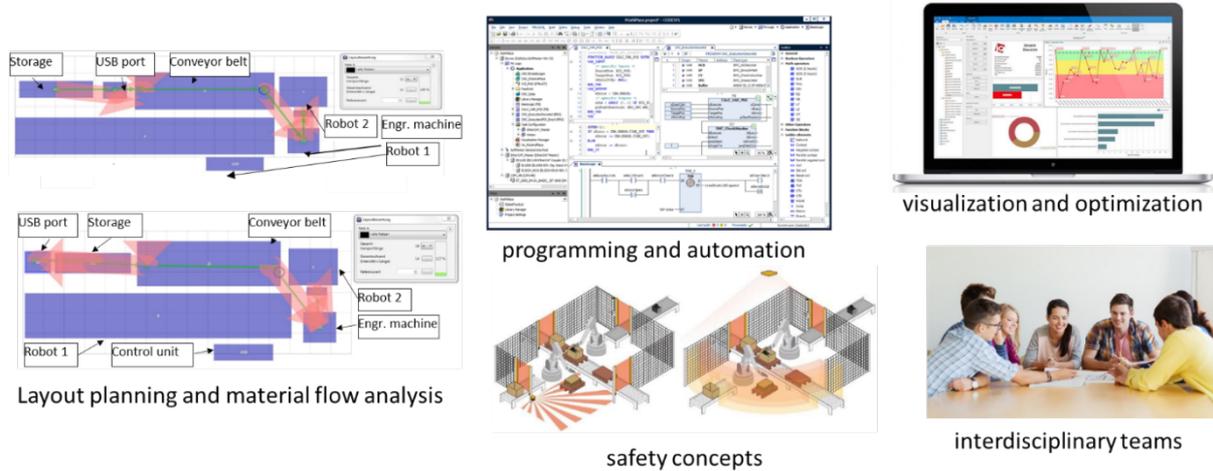
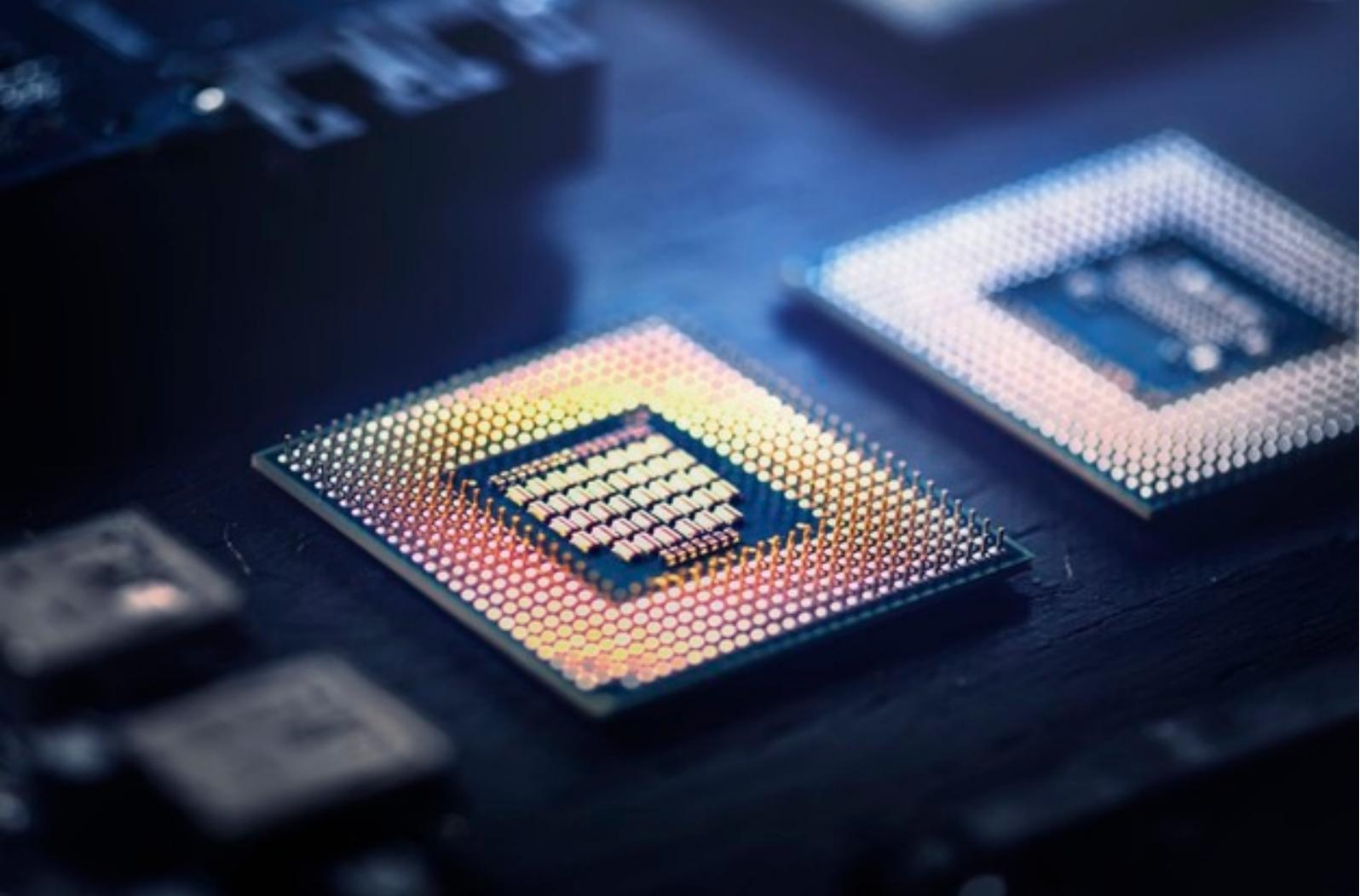


Figure 15. Exemplos de aplicação do MiniFab

Atualmente estamos criando um código para controlar o MiniFab, incluindo dispositivos de terceiros por meio da Codesys. Para isso, módulos de programa são desenvolvidos, que podem ser derivados do Protocolo de Comunicação Dobot. Estes podem então ser ligados na lógica e facilmente adaptados, se necessário. A profundidade de aprendizado dos usuários pode ser ajustada individualmente e incluir ajustes no nível mais baixo do programa ou apenas *links* lógicos. Devido à aplicação direta, o resultado é imediatamente reconhecível. Assim, as abordagens Scrum para gerenciamento de projetos podem ser bem realizadas.

Outras possibilidades de aplicação

O alvo é um ambiente de aprendizagem móvel, que pode ser utilizado na indústria, pesquisa, ensino e como demonstrador. As áreas de aplicação são estendidas para a realização de outras aplicações da Indústria 4.0, como *Smart Servicers*. Se necessário, o MiniFab deve ser personalizável e modular combinável de acordo com as necessidades do cliente.



8. Ensino Mecatrônico

"A Mecatrônica é a integração sinérgica da engenharia mecânica com o controle eletrônico e computacional inteligente no projeto e fabricação de produtos e processos industriais" → definição no IEEE/ASME Trans. on Mechatronics (1996). A Integração Sinérgica da engenharia mecânica e eletrônica, bem como sistemas inteligentes de controle por computador, traz uma solução melhor - figura 15.

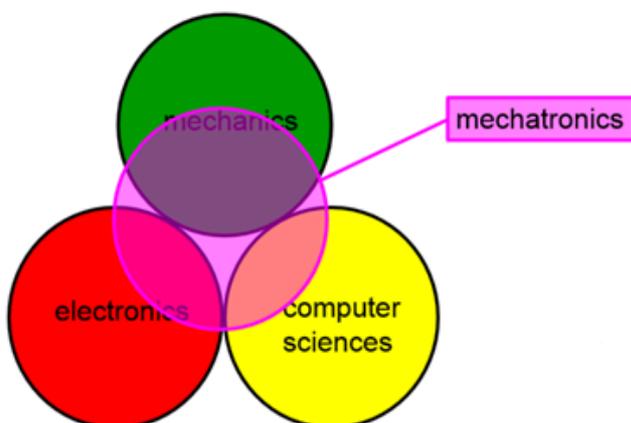


Figure 16. Os 3 campos especiais da mecatrônica

Esta combinação é importante para engenheiros automotivos, pois um veículo moderno é um sistema mecatrônico complexo. Consiste em muitos subsistemas mecatrônicos. Por exemplo: Sistema de freio antibloqueio (ABS), Sistema Eletrônico de Controle de Estabilidade (ESC), Unidade de Controle do Motor etc. É muito importante que os diferentes subsistemas tenham a possibilidade de se comunicar entre si. Portanto, sistemas de barramento como CAN, Flexray, LIN ainda estão em uso.

Educação Mecatrônica na FH Joanneum – Institute of Automotive Engineering

No 4º. semestre do curso de bacharelado será ministrado o tutorial laboratorial “Laboratório Mecatrônico”. O objetivo do Tutorial Laboratorial é entender como funciona um sistema mecatrônico. Portanto, os alunos devem trabalhar com um sistema embarcado. Eles atingem o objetivo com as seguintes etapas:

- Unir conhecimento matemático/físico à tecnologia de software
- Entender imperfeições e limites (conversor A/D, D/A, efeitos de quantificação, influência do tempo de ciclo)
- Codificação de sinais (tipos de dados, aritmética de ponto fixo)
- A principal tarefa é desenvolver software automotivo para um sistema embarcado durante as seguintes etapas:
- Aplicar o modelo V à mecatrônica – figura 16.
- Usar requisitos para definir o produto antes da fase de design.
- Entender a Metodologia de desenvolvimento de software baseada em modelo utilizando Matlab/Simulink.
- Capacidade de desenvolver software embarcado: Modelo Step by Step no *Loop* (MIL), Software no *Loop* (SIL) e Hardware com código alvo.

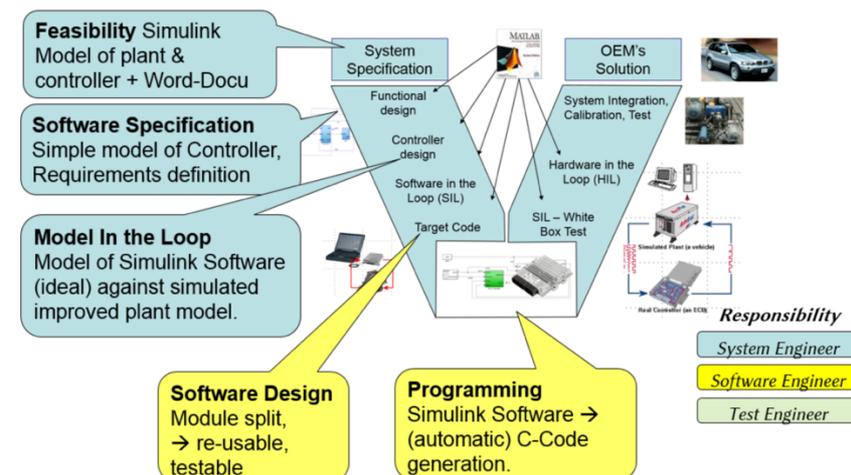


Figure 17. Modelo V para aplicações mecatrônicas

O MIL é a primeira etapa. O modelo descreve uma realidade "perfeita". Por exemplo, no MIL não há efeitos fora da Aquisição de Dados (DAQ), o tempo de Ciclo da ECU e assim por diante será considerado.

O SIL é a consequência lógica do MIL, com a extensão de todas as “imperfeições”.

Ao longo da separação em MIL e SIL é possível testar o modelo virtual em um estado inicial do processo de desenvolvimento.

Em ambos os casos, MIL e SIL, o ambiente (motor, caixa de engrenagens, embreagem...) é dado virtualmente e será simulado por um modelo de fábrica.

É importante entender o processo de aplicação de um sistema embarcado. Isto normalmente é baseado em uma comunicação *fieldbus* entre um software aplicativo (CANape, INCA...) e o dispositivo alvo (ECU), bem como um protocolo de calibração padrão, por exemplo, CCP (Protocolo de Calibração CAN).

De acordo com o modelo V, o processo de desenvolvimento começa com a especificação do sistema. Uma descrição detalhada de todos os sinais de entrada e saída da ECU, bem como os intervalos dinâmicos, é importante. Hardware adicional, por exemplo, para sensores ou atuadores, deve ser registrado. Para uma melhor orientação, uma descrição gráfica pode ser útil – figura 17.

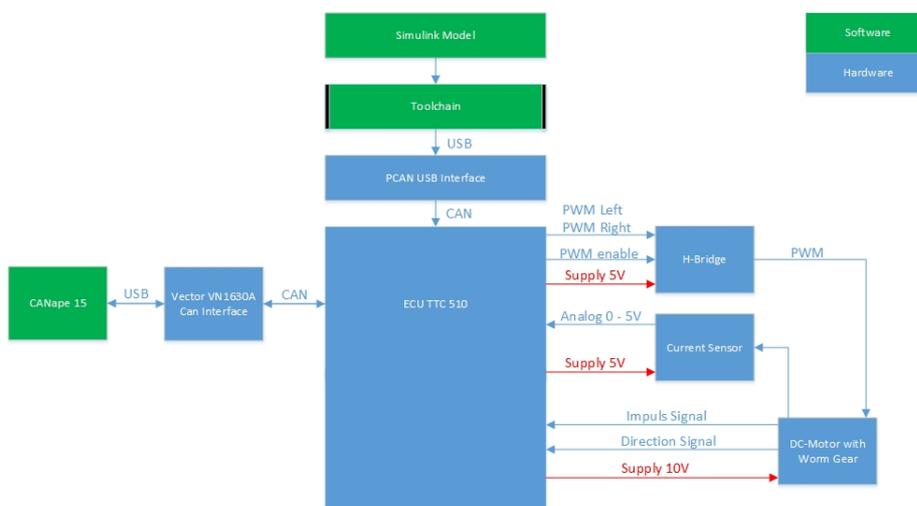


Figure 18. Representação esquemática

A tarefa dos engenheiros automotivos é o desenvolvimento funcional. O software para controlar as ECUs diretamente do Simulink. Isto requer que todos os produtos de software necessários (compilador, linker, downloader...) estejam instalados e funcionando corretamente.

Uma biblioteca Simulink, apropriada para a ECU, pode ser utilizada para selecionar portas de entrada e saída. Estes blocos podem ser importados diretamente para o modelo Simulink. Após o teste virtual em relação a um modelo de fábrica, o processo de geração de software fora do modelo Simulink pode ser iniciado. O resultado é um código-C. O compilador, adequado ao dispositivo alvo, cria o arquivo *.hex. Este é o resultado e agora pode ser carregado para a ECU – figura 18.

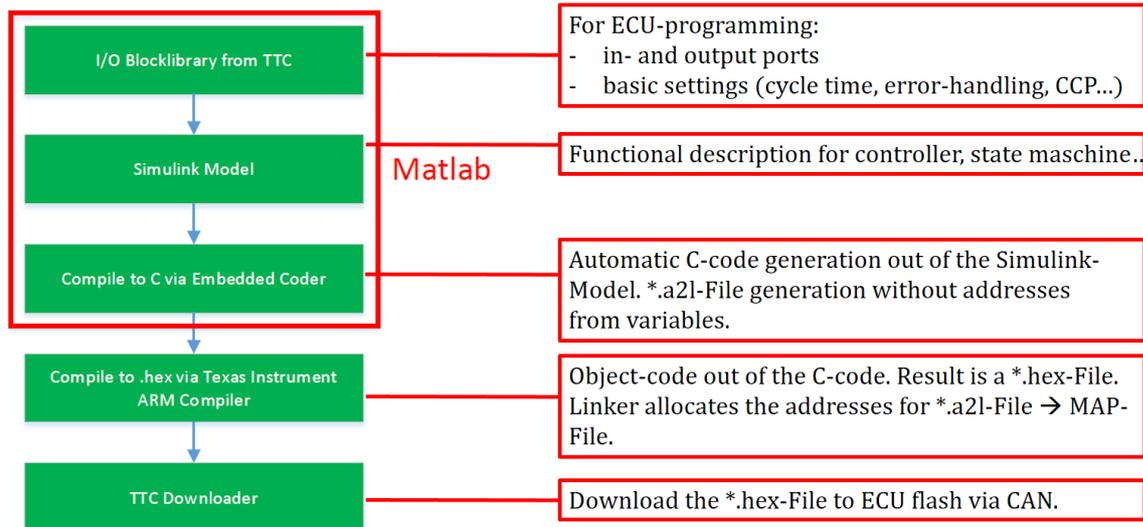


Figure 19. Ferramentas de software em uso

Para calibrar a ECU com CCP ou XCP (protocolo de calibração estendida) é necessário um arquivo *.a2l. O arquivo *.a2l, de acordo com o padrão ASAM2, é importante principalmente para o software aplicativo (na figura 19 *CANape*). Os endereços, tipos de dados e escalonamento de variáveis são armazenados no arquivo *.a2l.

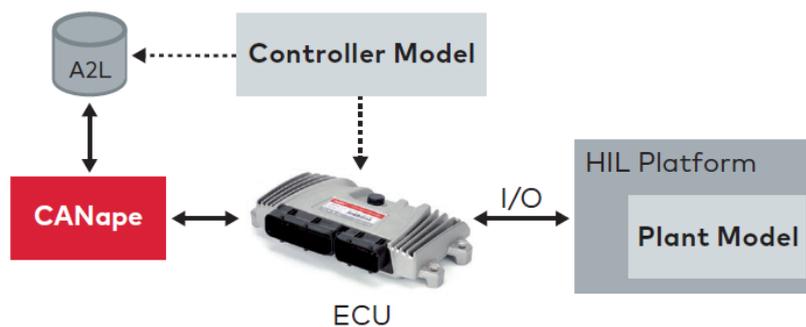


Figure 20. Exemplo de uma configuração de aplicativo [1]

9. Referências

- [1] Andreas Patzer | Rainer Zaiser: XCP – The Standard Protocol for ECU Development; Vector Informatik GmbH - Stuttgart, Germany
- J. Martyr A. J., Plint M. A.: Engine Testing, The Design, Building, Modification and Use of Powertrain Test Facilities. 4. Edit. Oxford: Elsevier, 2012.
- Atkins R. D.: An Introduction to Engine Testing and Development. Warrendale: SAE International 2009.
- Borgeest K.: Messtechnik und Prüfstände für Verbrennungsmotoren, Messungen am Motor, Abgasanalytik, Prüfstände und Medienversorgung. Wiesbaden: Springer Vieweg 2016.
- DHL Trend Research (Hg.) (2014): Unmanned Aerial Vehicle in Logistics. A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry. Troisdorf. Online verfügbar unter http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/DHL_TrendReport_UAV.pdf, zuletzt geprüft am 09.04.2019.
- Niemann, J. & Schlösser, M. & Fussenecker, C. (2016): Benefiting from users view – Improving work environments with eye tracking technology. Capetown.
- Niemann, J. & Schlösser, M. & Fussenecker, C. & Turek, S. (2017): Industry 4.0 education out of a suitcase. Kuala Lumpur.
- PwC (Hg.) (2016): Clarity from above. PwC global report on the commercial applications of drone technology. Online verfügbar unter <https://pwc.blogs.com/files/clarity-from-above-pwc.pdf>, zuletzt geprüft am 02.05.2019.
- tobii dynavox (Hg.): How eye tracking works. Online verfügbar unter <https://www.tobiidynavox.com/about/about-us/how-eye-tracking-works/>, zuletzt geprüft am 02.05.2019.
- <https://ei.hs-duesseldorf.de/studium/labore>
- <https://mv.hs-duesseldorf.de/>
- <https://ei.hs-duesseldorf.de/>
- <https://hs-duesseldorf.de/hochschule/verwaltung/forschung>
- <https://mv.hs-duesseldorf.de/studium/Lehrgebiete/wirtschaftsingenieurwesen/flix-en>

10. Lista de Figuras

Figure 1. Transferência entre universidade e indústria	5
Figure 2. Campo de testes da FH JOANNEUM em 2019.....	9
Figure 3. Visão funcional de um equipamento de teste de motor	15
Figure 4. Planta de célula de teste típica	16
Figure 5. Laboratório de informática	18
Figure 6. Hall de máquinas.....	18
Figure 7. Estações de trabalho do Flix Laboratory	19
Figure 8. Mesa de planeamento	19
Figure 9. Fábrica de aprendizagem FESTO	20
Figure 10. Tic Tac Toe e Black Jack	22
Figure 11. Sistemas de rastreamento ocular existentes e planejados do Flix Laboratory	25
Figure 12. Exemplos de aplicações de rastreamento ocular na indústria.....	25
Figure 13. MiniFab: Uma fábrica em miniatura para fins de ensino da Indústria 4.0	27
Figure 14. Exemplos de aplicação do MiniFab	28
Figure 15. Os 3 campos especiais da mecatrônica.....	29
Figure 16. Modelo V para aplicações mecatrônicas.....	30
Figure 17. Representação esquemática	31
Figure 18. Ferramentas de software em uso	32
Figure 19. Exemplo de uma configuração de aplicativo [1]	32

11. Glossário

- UUT: Unidade em teste. A amostra que será investigada.
- OEM: Fabricante de Equipamento Original. O empreendimento responsável pelo *branding*, design, montagem e venda de carros.
- Mesa de planeamento: tela no tamanho de uma mesa para visualizar por exemplo *layouts* de halls de máquinas
- Fábrica de aprendizagem: fábrica apenas para ilustração e demonstração
- AR: realidade aumentada
- VR: realidade virtual
- FLIX: Laboratory for Lifecycle Excellence na Faculty of Mechanical and Process Engineering da University of Applied Science Dusseldorf
- HSD: University of Applied Science Dusseldorf

