

Projeto ITAEx

Laboratório de FPGA2 (Lab_FPGA2) – Servidor Remoto e Bancada IO Remota

03/07/2016 F:\PJ_ITAEX\ITAEx2\ITAEx2_Lab_FPGA(2)_v1.0_FINAL_OS-GLBL_03-07-16.docx

Projeto Anterior:

25/01/2016 Laboratório de FPGA (Lab_FPGA)

(OS):\Pr\PROJETOS\ITAEX_16_Lab_FPGA_v1_fOS_25-01-16.docx

RESUMO

Devido à sua flexibilidade e às características de alta velocidade de processamento e segurança decorrentes da implementação em hardware, o componente FPGA tem sido cada vez mais utilizado na eletrônica em geral, como também em sistemas aviônicos nos setores aeronáutico e espacial. O presente projeto se refere à segunda parte da modernização do laboratório de circuitos digitais, para torná-lo consistente com o estado da técnica no ensino, no projeto em na pesquisa de sistemas digitais baseados em FPGAs. O tema já foi parcialmente resolvido pelo proponente e a presente proposta se destina a completar as atividades necessárias para a execução das atividades laboratoriais curriculares de circuitos digitais, ao mesmo tempo abrindo espaço para a realização de projetos de pesquisa acadêmicos e industriais inerentes aos ramos aeronáutico e espacial. A parte básica do Laboratório de FPGA foi completada, graças ao auxílio do ITAEX-61 conseguido no primeiro semestre deste ano de 2016. O presente projeto tem a finalidade de complementar o Laboratório de FPGA, com um Servidor de Acesso Remoto e Placas de Desenvolvimento de FPGA, convertido para acesso remoto, tornando possível o desenvolvimento de trabalhos de graduação e trabalhos de pós-graduação, tanto no laboratório como no H8, pelos alunos. O acesso remoto permitirá o desenvolvimento de mais de um trabalho por placa, otimizando o investimento feito.

1. Motivação

No mercado globalizado de produtos eletrônicos, onde é notória a prevalência da indústria chinesa no setor de produtos eletrônicos de consumo, há o componente eletrônico *field programmable gate array – FPGA*, que se reveste de aspectos promissores, devido à alta flexibilidade de aplicação, velocidade no processamento e segurança. Essas propriedades decorrem do fato de ser possível programar totalmente em software, enquanto que no momento da aplicação, comporta-se como hardware, em todas as aplicações possíveis. No caso específico de aplicações no setor aeroespacial, as aplicações são cada vez mais

frequentes e as indústrias do setor estão trabalhando atualmente na certificabilidade desses projetos.

O assunto “Circuitos Digitais e FPGA” já é recorrente nas ementas de graduação das escolas superiores de engenharia Elétrica e Eletrônica no Brasil.

Esses fatos justificam a necessidade de um Laboratório de FPGA atualizado, moderno e funcional para atender o Ensino Superior Profissional de Engenharia Eletrônica no ITA, no ensino da Graduação e servir de base para Pesquisa em Engenharia Eletrônica, compreendendo aspectos não resolvidos de certificabilidade, de interesse da indústria aeroespacial como também em outras áreas, como o *Software Defined Radio*.

2. Histórico do tema

O tema de FPGA foi trazido ao Brasil pelo José Carlos Stagni, da PI Componentes, na época, por volta de 1990. Por ser uma novidade na área de Eletrônica, convidei o Eng. Stagni para apresentar uma palestra no ITA. A apresentação foi feita, centrado no componente *Programmable Logic Devices* - PLD da empresa americana ALTERA. Professores e alunos da Eletrônica puderam assistir a palestra. Na época não havia ainda integrados FPGA disponíveis. Graças ao competente trabalho de representação do José Carlos Stagni, os componentes da empresa ALTERA tornaram-se majoritários no mercado brasileiro, contrariando a tendência mundial, onde a empresa XILINX é majoritária (por volta de 60 a 70%) e a empresa ALTERA figurando em segundo lugar. A estratégia do Sr. José Carlos Stagni e da empresa ALTERA baseou-se nos Programas Universitários com bom atendimento. No caso do ITA, em consequência, o laboratório da disciplina EEA-21 _Circuitos Digitais (Laboratório da disciplina de graduação da engenharia eletrônica e da engenharia de computação, no primeiro semestre do 1º. ano profissional) foi montada baseando-se nos componentes FPGA da empresa ALTERA.

3. Situação em 2015

Fui encarregado de ministrar o laboratório da disciplina EEA-21_ Circuitos Digitais para a turma de Engenharia de Computação no primeiro semestre de 2015, com 28 alunos. O T Cel. Lester Faria se encarregou da turma da Engenharia Eletrônica, com 18 alunos, totalizando 46 alunos. A teoria foi ministrada pelo Prof. Duarte de Oliveira. O laboratório foi também concebido pelo Prof. Duarte de Oliveira. O laboratório foi estruturado para seguir de perto a teoria e por sinal em minha opinião apresenta o conteúdo mais denso entre todos os cursos de Eletrônica Digital nível graduação no Brasil. Sendo uma disciplina de graduação do primeiro semestre dos cursos de Engenharia Eletrônica e Engenharia de Computação do ITA, o curso parte do início da lógica digital, envolve o projeto de sistemas digitais assíncronos, síncronos e culmina com o projeto do *data path* de um microprocessador. Muito embora essa preparação densa e coerente no aspecto teórico, a prática (na situação de 2015) não conseguia acompanhar a teoria. Para clarificar essa afirmação, basta comentar o fato de que na última experiência prática, só dispúnhamos de um único kit da empresa ALTERA em funcionamento, para realizar

a prática de implementação no FPGA, atendendo 46 alunos, sendo 18 alunos da Engenharia Eletrônica e 28 alunos da Engenharia de Computação, no fim do primeiro semestre de 2015.

4. Providências em 2015

É sobejamente conhecido que a prática no laboratório permite que o aluno “vivencie” a teoria de circuitos digitais, contribuindo decisivamente para o seu aprendizado.

Percebendo a deficiência citada no início do primeiro semestre de 2015, e de comum acordo com os professores da Engenharia Eletrônica do ITA diretamente relacionados com disciplinas de Circuitos Digitais, ou sejam, Prof. Duarte de Oliveira, Prof. Roberto D’Amore , Prof. Tcel. Lester Faria, planejei suprir essa deficiência para o próximo curso, no primeiro semestre de 2016. Inicialmente, além de suprir o laboratório de circuitos digitais com FPGA, seria desejável suprir a necessidade e a possibilidade de pesquisa e desenvolvimento, utilizando esses kits, além de ensino. Para suprir as necessidades voltadas ao desenvolvimento, é desejável que grupos de 2 pessoas possam utilizar um kit. E para que trabalhos a nível de pesquisa possam ser efetuados, seria necessário que a tecnologia envolvida esteja completamente atualizada, em linha com a temática de pesquisa no mundo globalizado. Nesse particular, identifiquei a linha de “*Partial Reconfigurable FPGA (PR-FPGA)*” como uma temática vigente. Entre as empresas ALTERA e XILINX, a última encontrava-se em estágio mais avançado em tecnologia de reconfigurabilidade, além do fato de possuir um *market share* mundial de 60 a 70% em componentes FPGA , significando provável compatibilidade em cooperações com o exterior, fato que efetivamente aconteceu com o KTH (Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suécia).

Pelas razões expostas, procurei firmar o Programa Universitário da empresa XILINX , para construir uma base laboratorial para a área de componentes FPGA.

5. Materiais já conseguidos

5.1 Preparação do Laboratório de FPGA

Com o apoio decisivo do Sr. Luigi Lauro, da ANACOM, representante da empresa XILINX , o pedido de 12 kits do placa Basys3 foi aprovado. Para a internação da doação para o ITA foi importante a intervenção do Prof. Tcel. Lester de Faria, no sentido de trazer os kits diretamente dos EUA para o ITA . Uma vez internados os 12 kits, em outubro de 2015, para o laboratório de FPGA, obtive a concessão de 25 licenças do software de desenvolvimento Vivado, como também de 02 licenças PR (*Partial Reconfigurable*) para ensino e pesquisa.

Duas das licenças já se encontram instaladas e operacionais, para a finalidade de adaptação dos laboratórios preparados para o software Quartus e Kits da empresa ALTERA, para o software Vivado e Kits Basys3 da empresa XILINX, em preparação dos laboratórios da disciplina EEA-21 Laboratório no primeiro semestre de 2016. Essa adaptação foi concluída e o Laboratório da disciplina EEA-21 foi efetivamente ministrada com a aplicação do kit Basys3 com desenvolvimento feito no software Vivado, no primeiro semestre de 2016.

5.2 Preparação para pesquisa na área de PR-FPGA

Pesquisando a literatura especializada recente, da área, destaca-se a Reconfigurabilidade Parcial (*Partial Reconfigurable Field Programmable Gate Array – PR-FPGA*) com tema recente de pesquisa. Por meio dos recursos previstos em um Projeto de Pesquisa da área espacial, consegui adquirir um conjunto de cursos on-line ministrados pela Xilinx . Os dois tópicos mais avançados do curso foram: “Advanced Tools and Techniques of the Vivado Design Suite”; e “Xilinx Partial Reconfiguration Tools and Techniques”, ministrados em: 20/01/16; 21/01/16; e 22/01/16. Para formar uma massa crítica de conhecimento nessa área, os participantes do curso foram: Osamu Saotome (Professor), João Batista Brandolin (Aluno de Doutorado no ITA) e Rodrigo Romero (Aluno de mestrado no ITA).

6. Situação no fim do primeiro semestre de 2016

No primeiro semestre de 2016, foi possível ministrar o Laboratório da disciplina EEA-21 Circuitos Digitais, para os 18 alunos do Primeiro Ano Profissional da Engenharia Eletrônica e os 30 alunos do Primeiro Ano Profissional da Engenharia de Computação, utilizando os 12 kits Basys3 da Digilent (contendo o FPGA Artix7 da Xilinx) e as 25 licenças flutuantes do pacote integrado de desenvolvimento VIVADO, ambos recebidos em doação pela empresa XILINX.

Todo o material didático foi reformulado para esse novo ambiente. Foi possível, portanto, trabalhar com um kit de desenvolvimento Basys3 e uma licença flutuante para cada grupo de dois alunos, significando um relevante aumento de capacitação para nossos alunos nessa tecnologia atualizada.

7. Laboratório de FPGA da Divisão de Engenharia Eletrônica do ITA

A Divisão de Engenharia Eletrônica do ITA ministra o laboratório de Circuitos Digitais na sala 1210. Essa sala pode ser equipada para atender a condições de laboratório de ensino de FPGA da disciplina de graduação EEA-21 Lab. Servirá também como laboratório de pesquisa na área de circuitos digitais e FPGAs, podendo atender a demandas de pesquisa de uma empresa do ramo aeronáutico ou espacial no que concerne à reconfigurabilidade, certificabilidade, dependabilidade e outros tópicos de interesse. Sendo baseada em doações de Programas Universitários para finalidade de ensino e pesquisa, o desenvolvimento de produtos deverá ser feito em outros ambientes.

A adaptação dos laboratórios preparados para o software e kits da ALTERA para software e kits da XILINX foram feitos para a aplicação do Laboratório no primeiro semestre de 2016.

Graças ao auxílio aprovado com o ITAEX-61, foi possível instalar um ar condicionado de 36.000 BTUs no Laboratório sala 1210, beneficiando não só os participante do Laboratório da EEA-21, como também todos as ocupações do laboratório para outras disciplinasde Eletrônica.

As atividades faltantes são apresentadas a seguir como Plano de Trabalho do presente projeto.

8. Plano de trabalho

As necessidades básicas para o laboratório de ensino para a disciplina EEA-21Lab, foram atendidas pela realização do Projeto Lab_FPGA, realizada mediante Auxílio do programa ITAEX-61, no primeiro semestre de 2016.

No presente projeto, solicita-se uma extensão do investimento já feito, no sentido de, em continuação ao treinamento possibilitado pelo Laboratório, os alunos treinados possam prosseguir com o uso do Laboratório para trabalhos de graduação, projetos de interesse industrial, pesquisa e desenvolvimento relacionados à pós-graduação e possivelmente cooperações com o exterior. As placas de desenvolvimento no estado da técnica costumam ser muito dispendiosas. Por isso, a sua instalação em um servidor de uso remoto, com acesso de visualização básica e chave liga-desliga remoto, será de grande valia, por poder atender vários usuários, no Laboratório ou do H8, mediante autorização de acesso. A Figura 1 ilustra a confecção da bancada mobiliada para o atendimento de desenvolvimento remoto, via Servidor, objeto do presente projeto.

A **Seção 9** a seguir apresenta os recursos necessários acompanhado de um tópico de **Detalhamento**, onde os detalhes e esclarecimentos são apresentados, para cada item solicitado.

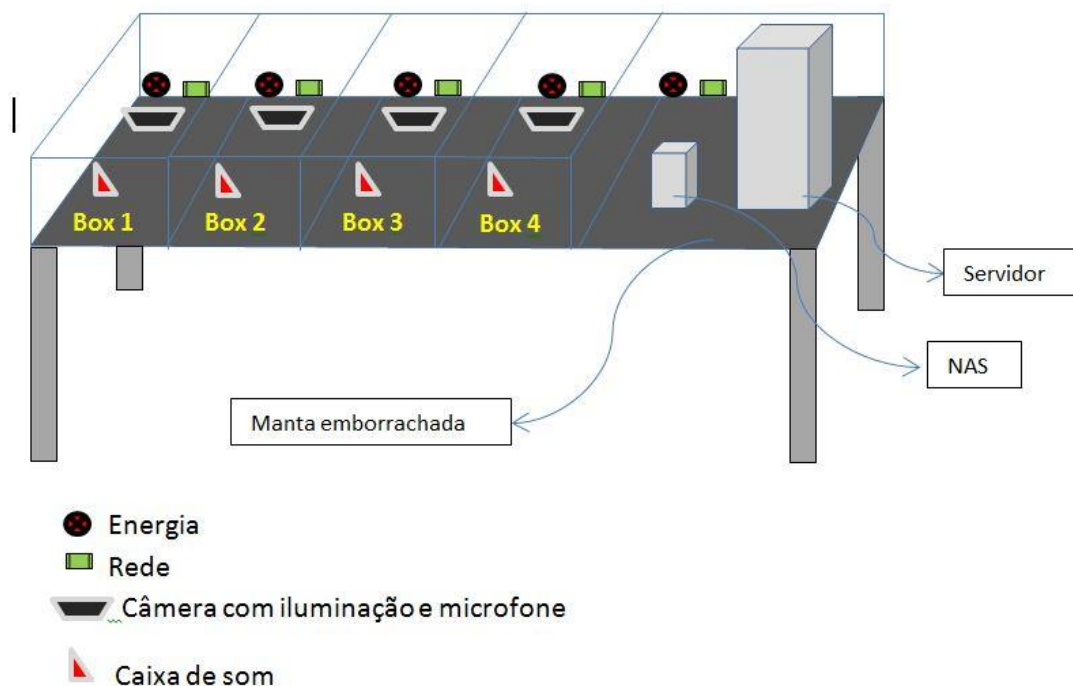


Figura 1. Bancada de E/S remota, com 4 boxes.

9. Recursos necessários

9.1 Serviços:

- (a) Instalação e configuração do servidor (Ferramentas FPGA, Profiler, Licenciamento, Máquinas virtualizadas); R\$ 1.580,00
- (b) Integração da rede do laboratório à VPN (acesso externo, múltiplo acesso remoto). R\$ 1.200,00
- (c) Confeção e instalação mobília (suporte para câmeras, manta emborrachada, divisórias e instalação elétrica); R\$ 2.000,00
- (d) Instalação e configuração dos Kits FPGA para acesso remoto; R\$ 1.000,00

Detalhamento:

- (a) Esse servidor será configurado para que as placas de desenvolvimento possam ser acessadas remotamente do H8, para que laboratórios, trabalhos, TGs, possam ser feitos tanto em laboratório como em casa. Deve possibilitar o acesso simultâneo de quatro experimentos.
- (b) Acesso múltiplo simultâneo de até 4 usuários autenticados.
- (c) Será preparada uma bancada de acesso remoto, que permite 4 experimentos remotos simultâneos.
- (d) Os quatro kits solicitados serão instalados na bancada de acesso remoto. Outros kits, tais como Raspberry, Beagle Bone Black, Cubietruck, poderão ser instalados, conforme a necessidade, para experimentos de IO Remoto.

Total de Serviços: R\$ 5.780,00

9.2 Materiais Permanentes:

- (a) Compra Kits FPGA (2x Nexys 4, 2x Zybo); R\$ 4.346,96
- (b) Sistema de energização remota das placas - R\$ 619,00
- (c) Servidor com 7 núcleos Cache 16MB - 16GB DDR3 RAM Dual Channel, Placa de vídeo aceleradora, 256 Bits, 2 Interfaces de Rede Gigabit, Disco 1TB 7200RPM. R\$ 5.327,00
- (d) Nobreak 3200Va; R\$ 3.400,00
- (e) 4 Câmeras; R\$ 425,60
- (f) 4 Alto-falantes; 00,0
- (g) 1x Hub USB 3.0 – energizado; R\$ 240,00
- (h) 1x NAS 4TB; R\$ 2.388,15

Detalhamento:

(a) Kits FPGA:

Kits Nexys4 → 2XNexys4=2X1.243,48 = R\$2.486,96. O Kit Nexys4 é baseado no FPGA Artix 7 da Xilinx, tem interface Ethernet, pode servir também para experimentos de IoT (Internet da Coisas). O desenvolvimento deve ser feito com VIVADO.

Kits Zybo → 2XZybo=2X930,0 = R\$1.860,00. O Kit Zybo é baseado no SoC (Silicon on Chip) composto de um ARM Cortex A9 e um FPGA Artix da Xilinx. A programação pode ser feita diretamente em linguagem C / C++ e a otimização do paralelismo pode ser realizada via *profiler* já funcional no escopo do Programa Universitário Xilinx com o ITA, em nome do Prof. Osamu Saotome.

- (b) O Sistema de Energização Remota das placas permitirá ao aluno autorizado, ligar e desligar as placas de desenvolvimento remotamente, atra vés desse Sistema, composto por uma placa Raspberry, chaves liga-desliga remotos, circuitos eletrônicos e software.
- (c) Esse Servidor estará configurado de forma a suportar o acesso simultâneo de quatro usuários de experimentos / pesquisa / projetos , dirigidos para o *Remote IO Box*. OS acessos serão controlados e os experimentos / pesquisa / projetos serão documentados via Git e Wiki.
- (d) O Nobreak deverá ter a capacidade de suprir energia sem interrupção para todo o sistema.
- (e) Câmeras → 4x 106,40 = R\$425,60 . As câmeras devem ser com iluminação LED própria e com microfone, para permitir a visualização remota dos LEDs da placa e dos displays de 7 segmentos, no acompanhamento remoto dos experimentos no FPGA.
- (f) Os alto-falantes serão úteis para o acompanhamento de experimentos envolvendo geração de sons e áudio. O Prof. Osamu fornecerá alto-falantes usados para essa montagem.
- (g) Muitas placas de desenvolvimento possuem IO serial, via USB. É recomendado fornecer alimentação independente para essas IOs tipo USB.
- (h) Necessário para a realização de backups do servidor, e armazenamento dos projetos desenvolvidos.

Total de Materiais Permanentes: R\$ 16.746,71

Total do projeto: R\$ 22.526,71

10. Cronograma de execução

Atividade	3ª Sem/Ago16	4ª Sem/Ago16	5ª Sem/Ago16	1ª Sem/Set16	2ª Sem/Set16	3ª Sem/Set16
a1. Aquisição de material	X					
a2. Instalação e configuração do servidor			X			
a3. Instalação e configuração VPN com múltiplos acessos				X		
a4. Instalação para suporte das câmeras					X	
a5. Instalação e configuração das placas FPGA				X	X	
a6. Testes					X	
a7. Entrega do LAB						X

11. Principais ganhos esperados

Um Laboratório de FPGA na Divisão de Engenharia Eletrônica completamente atualizada na linha de frente dessa tecnologia, com material (kits) e software (licenças) em quantidade suficiente para 6 grupos de 2 alunos poderem trabalhar, tanto no ensino como em pesquisa, em ambiente laboratorial adequado, trará os seguintes ganhos:

1) Motivação dos alunos (e pesquisadores) para a área de circuitos digitais e FPGA. É sabido que laboratórios de circuitos digitais são eficazes no aprendizado e motivação dos alunos pela visualização dos resultados do seu trabalho intelectual na teoria;

2) Possibilidade para os professores da área orientarem trabalhos de interesse de pesquisa, tanto acadêmica como industrial. Na indústria aeronáutica e na indústria espacial, como também na indústria eletrônica em geral, cresce o número de implementações aplicando FPGAs. A certificabilidade de sistemas projetados com FPGAs é de particular interesse dos setores aeronáutico e espacial.

Tendo o laboratório modernizado, seria possível trabalhar em pesquisas de interesse tanto acadêmico como industrial. Sendo o *market share* atual da empresa XILINX muito maior que o da empresa ALTERA, a compatibilidade de implementações aumenta com relação a cooperações internacionais, sendo esse o caso da KTH (*Royal Institute of Technology*, Estocolmo, Suécia e *Linköping University*, Linköping, Suécia). Lidando com tecnologia de ponta,

será mais fácil cooperar com pesquisadores internacionais, desta forma aumentando a possibilidade de inserção internacional de ensino e pesquisa do ITA.

3) Compreensão e vivência da disciplina. A disponibilidade de material de laboratório desde o início do curso no caso da disciplina EEA-21 Lab certamente contribuirá positivamente para acelerar a compreensão e a vivência da tecnologia digital. Para pesquisa, a existência de um laboratório adequado acelera muito o processo de investigação.

4) O acesso via Servidor de acesso remoto possibilita o uso compartilhado de placas de desenvolvimento de alto custo (existem placas recentes, que permitem realizar projetos de alto desempenho, cujo custo é de 15 mil dólares) . Os usuários autorizados poderão acessar tanto no Laboratório como em outro local (por exemplo, o H8) aumentando a disponibilidade e portanto a produtividade.

12. Apêndices

12.1 Apêndice A – Auto-avaliação de pontos de vista abordados pela presente proposta :

- Quantidade de alunos beneficiados:

Seguindo o número do ano presente (2016), a quantidade de alunos beneficiados foi 48, ou seja, toda turma de 1º. ano Profissional de Engenharia Eletrônica (18 alunos) e de Engenharia de Computação (30 alunos). Há também a possibilidade de alocação de alunos em projetos de pesquisa acadêmica e industrial, tanto para graduação como para pós-graduação, orientados pelos professores da área.

- Qualidade e consistência:

A proposta se trata de completar um esforço de modernização de laboratório de circuitos digitais com FPGAs, já iniciado em 2015 com consistentes resultados parciais. O laboratório modernizado conforme a proposta estará atualizado para ensino de circuitos digitais no estado da técnica e poderá abrigar projetos de pesquisa tanto acadêmica como industrial.

- Pertinência (adequação ao currículo):

A disciplina EEA-21 Lab faz parte do currículo obrigatório do primeiro ano profissional dos cursos de Engenharia Eletrônica e da Engenharia de Computação do ITA.

No currículo de pós-graduação, será o laboratório para disciplinas de pós-graduação ministradas pelo Professor Roberto D'Amore, Prof. Duarte de Oliveira, Prof. Tcel. Lester e por mim.

- Continuidade do Projeto:

A disciplina EEA-21 Lab faz parte do currículo obrigatório do primeiro ano profissional dos cursos de Engenharia Eletrônica e da Engenharia de Computação do ITA. A disciplina foi mantida na recente Reforma Curricular. Por outro lado, quando o Laboratório de FPGA modernizado for uma realidade, terá condição de atender a demandas atuais de

conhecimento tecnológico e pesquisas tanto nos setores aeronáutico, espacial, como em eletrônica em geral, significando continuidade de atividades e possibilidade de alocação de recursos futuros de pesquisas e para novas modernizações que se fizerem necessárias.

- Abrangência disciplinar:

O laboratório de FPGA modernizado será utilizado para a disciplina EEA-21 Lab. Além disso, será o laboratório para disciplinas de pós-graduação ministradas pelo Professor Roberto D'Amore e por mim. Nesse laboratório, serão desenvolvidos projetos de pesquisa acadêmicos e industriais, sob orientação dos professores da área de Eletrônica Digital.

Potencial de Repercussão:

Além de servir para a motivação dos alunos para a área de circuitos digitais, espera-se envolver a indústria aeronáutica e espacial em projetos de pesquisas a serem realizadas nesse laboratório.

- Probabilidade de Sucesso:

Uma parte importante do Projeto já foi bem sucedido: o recebimento da doação de 12 kits Basys3 da Xilinx e 25 licenças do software Vivado, no Programa Universitário da empresa Xilinx. A sala do laboratório já existe e já foi beneficiado com o Auxílio do ITAEX-61, no primeiro semestre de 2016. Trata-se portanto de completar um projeto já parcialmente bem sucedido, portanto com baixo índice de risco.

- Custo por aluno:

O custo por aluno será diluído nos vários anos que o presente projeto puder manter a sua originalidade. Caso o projeto perdure por 6 anos, o custo de investimento atual será dividido por 46 alunos/ano x 6 anos = 276 alunos. (Uma perspectiva conservadora, pois não entrou nessa contabilidade os alunos ligados a projetos de pesquisa e alunos de pós-graduação).

- Qualidade da Gestão:

O laboratório da sala 1210 já faz parte dos laboratórios mantidos pela Divisão de Engenharia Eletrônica. Há tecnólogos e almoxarifado para garantir o bom funcionamento. Portanto, o laboratório de FPGA continuará na boa gestão já exercida pela Divisão de Engenharia Eletrônica.

- Perenidade do Resultado:

Espera-se que o projeto fixe de forma perene o laboratório de circuitos digitais, tanto ao nível de Graduação do ITA como a nível de Pós-Graduação, com possibilidade de renovação

