

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos - PSI

PSI-3452- Projeto de Circuitos Integrados Digitais e Analógicos

**LAB 1: *IC Station*: Um Editor de Leiaute
(Parte Prática- 2022)**

A. OBJETIVOS

Esta sessão de lab tem como objetivo familiarizar o estudante com o uso do ambiente de gerenciamento de projeto **IC Station**, da **Mentor Graphics Corporation**, particularmente na questão de criação e dimensionamento de camadas/máscaras e no uso de regras de projeto. O ambiente consiste de uma série de ferramentas como, por exemplo:

- **IC Graph**- editor de polígonos coloridos, em que cada conjunto <cor - textura - espessura de borda> representa uma máscara da tecnologia CMOS considerada;
- **Calibre**- programa de extração do esquema de um circuito a partir do seu leiaute,
- **DRC**- iniciais de *design rule checker*, programa de verificação das regras de projeto impostas pela empresa onde o circuito será fabricado (em uma **Silicon Foundry**).

Para a familiarização com a ferramenta IC Graph, serão realizadas as seguintes tarefas neste laboratório:

1. Desenhar o leiaute de um transistor MOS usando o programa *ICGraph*;
2. Verificar se a regras de projeto (também denominadas de regras de leiaute) da biblioteca de células **ADK** estão sendo respeitadas. Para tanto, utilizando-se da ferramenta *DRC*;
3. Gerar arquivos contendo a descrição de leiaute no formato (arquivo) GDSII, que representa a geometria dos polígonos correspondentes às máscaras do processo CMOS e que serve como interface entre a fase de projeto e a de fabricação de um CI.

B. PARTE PRÁTICA

ATENÇÃO: Observe que, ao longo desta apostila, existem várias informações e discussões que deverão aparecer na sua folha de respostas. Recomenda-se, no entanto, que o aluno grave todas as informações relevantes, seja para, depois, poder anexá-los e/ou para eventual estudo posterior.

1) ASPECTOS DA TECNOLOGIA USADA

1.1. MANUAIS DE TECNOLOGIA E REGRAS DE PROJETO

As aulas práticas no laboratório adotarão uma tecnologia de 0,35 μm tanto da TSMC, como da AMI. Esta é uma tecnologia com a qual é possível fabricar circuitos que podem funcionar em frequências na faixa de gigaHertz (podendo chegar a 3 ou 4 GHz). Aspectos da especificação desta tecnologia encontra-se nos arquivos disponibilizados no Moodle. Baixem-nos para a sua pasta **home**.

As regras de projeto estão no manual:

ENG-183_rev6.pdf (revisão 6)

enquanto os parâmetros elétricos no manual:

ENG-182_rev5.pdf (revisão 5)

Como forma de se familiarizar com o manual, o aluno deverá fazer algumas anotações e comentá-las.

Obs. Use as referências para transistores com denominações NMOS e PMOS. Não use os dados de NMOSM[xx] e PMOSM[xx] que são transistores para tensões altas.

⇒ **Completar informações no formulário de respostas** (item 1.1)

1.2. EXEMPLO COM REGRAS DE PROJETO

O programa *IC Station* usado em nossas aulas adota “regras de projeto escalável”, ou seja, baseado em regras λ . São as regras MOSIS-SUBM (algumas no Apêndice 1 da apostila de teoria). A conversão para regras em microns é feita usando-se critérios de pior caso. O valor de λ no nosso caso é de 0,2 μm para a tecnologia de 0,35 μm (observar que a metade da menor dimensão seria 0,175 μm , mas, esta conversão não permitiria o atendimento de todas as regras em microns de **ENG-183_rev6.pdf**, portanto não é adotada e arredonda-se para cima).

ATENÇÃO: Seguindo a recomendação no MOSIS (Tabela 3 da apostila de teoria), utilize sempre $\lambda = 0,2 \mu\text{m}$.

Como forma de verificar a questão da margem de segurança nas dimensões, o aluno deverá comparar os dois casos de conversão, de λ : 0,175 e 0,2 μm .

⇒ **Completar informações no formulário** (item 1.2)

1.3. MANUAIS DA IC STATION E OUTRAS FERRAMENTAS

A Mentor Graphics disponibiliza os manuais de seus softwares, incluído a *IC Station*, através de documentos *.html ou *.pdf. Estes manuais se encontram nas pastas:

- `/tools/mgc_tree/ic_station_2014_v9/v9.0h_linux_x86_64/icstation_home/docs/pdfdocs/icstn_user.pdf`
- `/tools/mgc_tree/ic_station_2014_v9/v9.0h_linux_x86_64/icstation_home/docs/htmldocs/icstn_user/wwhelp/wwhimpl/js/html/wwhelp.htm`

OBSERVAÇÃO: Você pode acessar os manuais **depois de disparar a ferramenta IC Station** (ver próxima seção).

2) EXEMPLO GUIADO COM IC STATION

2.1. DISPARANDO O PROGRAMA *IC Station*

Crie uma Janela de Terminal (ou Janela de comandos)- **konsole**.

Todas as tarefas deste lab 1 (descritas a seguir) deverão ser realizadas a partir da pasta `~/lab1/celulas`. (já preparada segundo a seção 3.2 do Guia para a Preparação da Infraestrutura dos Softwares, fornecido na aula 2). Caso você não conheça o sistema Linux e não tenha feito o procedimento da aula 2, recomenda-se

seguir toda a seção 3 daquele guia antes.

Esta pasta corresponderá ao **working directory** (ou pasta de trabalho) de seu projeto e será frequentemente designada pelas iniciais **WD**.

Primeiro você precisa posicionar o seu terminal na sua pasta de trabalho, **working directory**. Para isto, ative um terminal na sua tela (ou usar algum terminal que já esteja aberto). Na janela tecle o comando :

- **cd ~** (para se certificar que esteja ou retorne para o seu **home directory**)
- **cd lab1/celulas** (para mudar para sua pasta de trabalho **working directory**)
- **source ~/perfil_mgc_2020-64** (script para ajustar as variáveis de ambiente que foi copiado do Moodle na aula 2)

ATENÇÃO: lembre-se de que, sempre que abrir uma nova janela de terminal, o comando do script (**source ...**) deve ser executado antes do disparo das ferramentas da **Siemens**.

Dispare o **IC Station**, teclando:

- **adk_ic &** (símbolo **&** do LINUX para manter o controle do terminal)

e aguarde alguns instantes até a janela do **IC Station** aparecer.

OBSERVAÇÃO: O comando **adk_ic** é na verdade um *script* que serve para configurar mais variáveis de ambiente, os caminhos (*paths*) e a licença de uso do programa **IC Station** adaptado para a biblioteca de tecnologia **ADK**¹.

Primeiramente, defina o diretório de trabalho no **IC Station**. Clique na barra superior

- **MGC -> Location Map → Set Working Directory**

e selecione **~/lab1/celulas** se este não for o WD já selecionado.

Observe que aparece à direita da tela do **IC Station** uma palheta de trabalho e uma de camadas (*Session* e *Layer Palette*). Caso elas não estejam na tela, clique na barra superior, para elas aparecerem:

- **Setup -> Windows -> Palette Area**
- **Setup -> Windows -> Layer Palette**

OBSERVAÇÃO: A palheta pode ser eliminada da tela para ampliar a área de trabalho clicando na parte superior da própria palheta sobre o símbolo de um pino (à esquerda do X). Para reativar a palheta basta posicionar o mouse sobre a palavra **Session** ou **Layer Palette** (que aparecem no canto direito da janela) e em seguida clicar novamente sobre o pino.

Você pode acessar os manuais, clicando em:

- **Help → Open Users manual**

e para acessar o Manual de Usuário do **IC Station** no Acrobat Reader escolha:

- **IC Station-> Getting Started with IC Station.**

¹ O aluno poderá olhar o conteúdo do script abrindo o arquivo `/tools/mgc_tree/adk3_1/bin/adk_ic` com algum editor de texto

Usando o gerenciador de arquivos, acesse a pasta onde se encontra o manual no formato .pdf. Observe que nas pastas indicadas existem diversos outros manuais de outros programas que compõem o pacote da Siemens/Mentor Graphics.

Para familiarizar-se com estes manuais, acesse alguns deles.

2.2. CRIANDO UMA NOVA CÉLULA

Na palheta de trabalho (*IC Palletes*), clique:

- **New** (aparecerá a caixa de diálogo New Layout)
- **Cell name: cel_1**
- **Process:** navegue até o arquivo de biblioteca navegue até a pasta **/tools/mgc_tree/adk3_1/technology/ic/process** e selecione a tecnologia **CMOS 0,35um** (indicado com a letra P) (tsmc035). Clicar OK.
- **Rules:** navegue até a mesma pasta, selecione o arquivo de regras de leiaute ("**tsmc035.rules**"). Cuidado para não selecionar outras regras também iniciadas com "tsmc..". Clicar OK.
- Confirme as seleções clicando OK.

Uma janela de projeto (vazia) aparecerá, cuja parte superior conterá o nome da célula (cel_1). Nela aparece uma grade composta de pontos, alguns menos e outros mais brilhantes. Na parte inferior há uma aba denominada *Message Area*, onde você pode acompanhar todos os seus comandos correspondentes às suas ações.

ATENÇÃO: A mensagem que deve aparecer é "**\$MGC_WD/cel_1 reserved for edit**". O **\$MGC_WD** indica que você está, de fato, trabalhando na sua pasta de trabalho, **cel_1** é o nome dado para a sua célula e **reserved for edit** significa que a célula pode ser editada.

2.3. GRAVANDO O SEU PROJETO

Para gravar o seu projeto

- Clique em **File**→**Save**→**Layout**

2.4. EDITANDO UMA CÉLULA

Uma janela do editor de leiaute do *IC Station* pode apresentar uma célula COM ou SEM permissão para ser editada. A opção COM permissão (*reserved for edit*) é a normal. A opção SEM permissão é usada quando, por precaução, não se deseja permitir mudanças (nem mesmo acidentais) num leiaute satisfatório. Você pode mudar de uma situação para outra clicando em:

- **Context -> Layout -> Set Edit Mode On/Off**

ATENÇÃO!!: por segurança, grave os resultados **sempre** que você obtiver um **resultado parcial** satisfatório- cuidado para não perder dados.

OBSERVAÇÃO: após você gravar o resultado de um leiaute, ao reiniciar o projeto (usando a opção *OPEN cell* na palheta de trabalho) a célula será sempre reaberta no modo SEM permissão. Logo, não esqueça de tornar a célula editável caso queira prosseguir realizando alterações no projeto.

2.5 ENTENDENDO O SISTEMA DE COORDENADAS

No canto superior direito da janela do *IC Station* aparece um indicador **Cursor**, com dois números. Estes números correspondem à atual posição do cursor do projeto em coordenadas λ . O ponto (0,0) (origem) está indicado na figura através de um **+**. Ao mover o mouse sobre a grade, o cursor indica as suas coordenadas, ou seja a distância dada em λ . Os valores indicados são relativos à origem que é fixa.

- Posicione o cursor no centro da janela e observe que aparecem as coordenadas (0,0).
- Mova o mouse e observe que os valores (em λ) em mudam.

2.6. CONTROLANDO A GRADE

A grade serve para duas finalidades:

- 1- Definir as dimensões dos retângulos (ou outros tipos de polígonos) que irão constituir o leiaute;
- 2- Definir a posição de cada retângulo (polígono) no leiaute.

No menu superior:

- Selecione **View→Zoom→To Grid**.

e observe o que ocorre.

Observe também usando o indicador **Cursor** qual é o espaçamento entre os pontos menores e maiores. Observe que o ponteiro do mouse pode, pelo menos, neste primeiro momento, parar fora das posições da grade. Pelo menu:

- Selecione a opção **Setup →Preferences**
- Na janela que surge, selecione **Display→Rulers/Grid**
- Na caixa de diálogo, observe que a opção **Use Snap Grid** esteja ativada. Observe os valores de **Snap grid coordinates X e Y**, **Snap grid offsets X e Y** e **Grid points at Major e Minor**.

OBSERVAÇÃO: Você pode usar a opção **View→Zoom→IN** ou **OUT** para ampliar/reduzir o seu desenho.

⇒ **Completar informações no formulário (item 2.6)**

- Mova o cursor na vertical e horizontal, e veja a relação entre os pontos de parada e os valores de **Snap grid coordinates X e Y**
- Veja qual a relação entre o valor de **Grid points at Minor** e os valores de **Snap grid coordinates X e Y**
- Veja qual a relação entre o valor de **Grid points at Minor** e o valor de **Grid points at Major**

2.7. MODIFICANDO OS VALORES DA GRADE

Modifique a grade para que você tenha certeza que entendeu o significado dos parâmetros dados. Repita as operações:

- Selecione a opção **Setup →Preferences**

- Na janela que surge, selecione **Display->Rulers/Grid**
- Modifique o valor dos parâmetros:
 - Grid points at Major = 4
 - Grid points at Minor = 2
 - Snap grid coordinates X = 2
 - Snap grid coordinates Y = 1
- Clique em **Apply** → **OK**
- Selecione **View** → **Zoom** → **To Grid**

e movendo o cursor sobre a nova grade observe o que ocorre pela marcação da posição do cursor no canto superior direito de sua tela.

- Mova o cursor na vertical e horizontal, e veja a relação entre os pontos de parada e os valores de **Snap grid coordinates X e Y**
- Veja qual a relação entre o valor de **Grid points at Minor** e os valores de **Snap grid coordinates X e Y**
- Veja qual a relação entre o valor de **Grid points at Minor** e o valor de **Grid points at Major**

⇒ **Completar informações no formulário (item 2.7)**

Faça mais mudanças e experimentos por sua conta.

2.8. DESENHANDO UM RETÂNGULO (POLY)

Para o desenho do leiaute que se segue, **retorne aos valores da grade inicial**, ou seja:

- *Grid points at Major* = 5; *Grid points at Minor* = 2; *Snap grid coordinates X* = 0.5 e *Snap grid coordinates Y* = 0.5

Os desenhos serão personalizados com o número USP da seguinte forma:

- **W** (em λ) é o penúltimo algarismo do seu número USP. Se for < 5, some o valor 5 a ele.
- **L** (em λ) é formado com o último algarismo do seu número USP. Considere o algarismo como n , então a dimensão é $(n \bmod 4)$. Caso for < 2, some o valor 2 a ele.

Exemplo 1: #USP 3164124 leva a $W = \underline{7\lambda}$ (ou seja, $2+5$) e $L = \underline{2\lambda}$ (pois $n=0$).

Exemplo 2: #USP 3164167 leva a $W = \underline{6\lambda}$ e $L = \underline{3\lambda}$.

⇒ **Completar informações no formulário (item 2.8)**

Para desenhar polígonos (retângulos) coloridos, cada cor representando uma camada do processo CMOS, clique sobre a palheta de trabalho em:

- **Easy Edit -> Shape**

Antes de desenhar o polígono é preciso escolher a que camada do processo CMOS corresponde (cor do polígono). Caso a palheta de camadas (**ATENÇÃO**: não confundir com a palheta de trabalho) não estiver presente na tela, faça-a aparecer

clikando em:

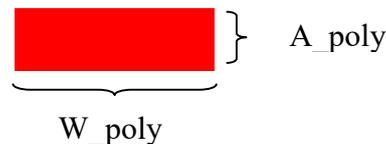
- **Setup/Windows/Layer Pallete**

OBSERVAÇÃO: caso apareça uma caixa de diálogo *Object Editor*, você pode minimizar o seu tamanho, pois ela não será usada nesta experiência.

OBSERVAÇÃO: A palheta Layer contém TODAS AS CAMADAS DO PROCESSO TSMC_035. Nós somente usaremos algumas destas camadas. Localize a camada N-WELL. As camadas que serão usadas nas aulas de laboratório são as que estão listadas logo após a N WELL.

Prosseguindo,

- Na palheta Layer, clique sobre o botão (nome) **POLY**.
- Clique sobre a palheta de trabalho em: **Easy Edit -> Shape**
- O seu retângulo deverá ter tamanho (altura **A_poly**= L ; largura **W_poly**= $W+4\lambda$)
- Posicione o mouse sobre a grade no ponto onde você irá desenhar um dos vértices do retângulo, arraste o mouse (sem soltar o botão do mouse) até a posição onde se encontra o vértice na outra diagonal do retângulo e finalmente solte o botão. O retângulo na camada **Poly (cor vermelha)** aparece na área de trabalho, como abaixo.



OBSERVAÇÃO: Caso você faça uma edição errada, a forma mais rápida de corrigir e "desfazer a edição". Para isto, ou 'tecle u' ou clique no botão de desfazer em vermelho na lista da barra lateral esquerda, ou selcione o menu superior em **Edit -> Undo**.

Se na sua figura, apenas a borda esteja em vermelho, coloque o cursor dentro do retângulo e tecle F2 (o polígono fica de-selecionado, como visto abaixo).

2.9. MEDINDO O TAMANHO DO RETÂNGULO

Existem diferentes formas de se medir o tamanho de um objeto.

a) PELA GRADE

Calcule o tamanho do retângulo em função do tamanho de sua grade. Veja no começo da seção de que forma você definiu a distância entre os pontos da grade.

b) PELA RÉGUA (RULER) NA PALHETA DE TRABALHO

- Clique em **Ruler** (a opção **line** na janela que se abre deve estar ativada)
- Clique com o mouse posicionado sobre uma das extremidades do retângulo e clique novamente na outra extremidade.

c) PELA MEDIDA DE DISTÂNCIA (**VIEW MEASURE DIST**)

- Clique em **View** → **Measure Dist**
- Clique com o mouse posicionado sobre uma das extremidades do retângulo e clique novamente na outra extremidade.

Naturalmente as 3 formas devem conduzir aos mesmos valores.

2.10. FECHANDO E REABRINDO A IC STATION E REATIVANDO A SUA CÉLULA

Saia do programa clicando:

- **MGC -> Exit** (caso não tenha gravado o arquivo ainda, será alertado a fazê-lo)
- Na janela de terminal, reative o programa (**adk_ic &**) e reabra a sua célula:
- Na palheta de trabalho clique em **Open**
- Na janela clique sobre o nome da sua célula e confirme com **OK**.

ATENÇÃO: lembre-se que a sua célula foi reaberta SEM PERMISSÃO PARA EDIÇÃO. Para mudar tecla:

- **Context -> Layout -> Set Edit Mode On** (sempre lembrar de fazer isto para tornar o projeto editável).

2.11. DESENHANDO UM SEGUNDO RETÂNGULO (ACTIVE)

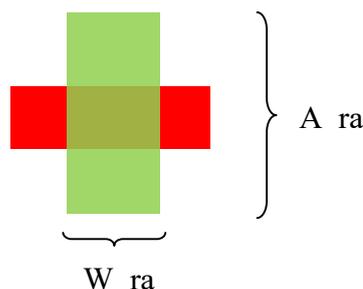
Clique sobre a palheta de trabalho em:

- **Easy Edit -> Shape**
- Na palheta de camadas escolha a camada **ACTIVE** (região ativa/ óxido fino).

Lembre-se que caso a palheta de camadas não esteja presente na tela, faça-a aparecer com clicando em:

- **Setup/Windows/Layer Pallete**

- O segundo retângulo deve ficar como indicado na figura abaixo (tente centralizar os dois polígonos). Ele deverá ter as dimensões (altura **A_{ra}**= $L+11\lambda$; largura **W_{ra}**= W).



- Posicione o mouse sobre a grade no ponto onde você irá desenhar um dos vértices do retângulo, arraste o mouse (sem soltar o botão do mouse) até a posição onde se encontra o vértice na outra diagonal do retângulo e finalmente solte o botão..

Caso apenas a borda esteja verde, coloque o cursor dentro do retângulo e tecle F2 (de-selecionado-o).

OBSERVAÇÃO: Note que, apesar de neste momento existirem apenas 2 retângulos, das camadas vermelho (Poly) e verde (Região Ativa), na tela aparece uma terceira cor, na região onde os 2 retângulos se cruzam. Esta cor NÃO representa nenhuma camada útil do processo CMOS. Trata-se apenas de um feedback da ferramenta para indicar a sobreposição de duas ou mais camadas, gerando uma região de canal do transistor.

2.12. IMPRIMINDO E GRAVANDO LEIAUTES

Para gravar o desenho do leiaute (a ser incluído no seu relatório), acione **File**→**Print**, e na janela que aparece, escolha '**Use formatter**' e '**Export to file**'. Tecle no retângulo '**Formatter Options**' e lá escolha o '**Output format**' como **TIFF** (poderia ser outro formato), escolha um nome '**Output file**' por exemplo "cel_1.tiff". Selecione '**Omit page numbers**', acione o '**color output**' (ou sairá em preto e branco), finalmente tecla **OK** nesta janela. Tecle **OK** na primeira janela aberta. No seu diretório de trabalho deve aparecer um arquivo '**cel_1.tiff**'.

Para visualizar um arquivo *.tiff, clique com o botão da direita do mouse sobre o seu ícone no **dolphin** e utilize uma das duas opções:

- **okular** (programa que serve para ler arquivos pdf também)- permite gravar em *.pdf.

- **gimp** (*gnu image manipulation program*, explicado brevemente no apêndice da apostila de teoria) - serve para editar imagens e camadas e permite gravação e vários formatos alternativos (jpg, png, gif, etc..)

⇒ **Completar informações no formulário (item 2.12)**

2.13. REGISTRO DAS MÁSCARAS

Um formato bem comum para guardar as informações geométricas das máscaras de um leiaute é o GDSII. Este é o formato usado para transmitir o projeto do ASIC a ser fabricado pela Foundry. Trata-se de um formato de arquivo binário, compacto, adequado para transferências eletrônicas. Outro formato equivalente é o XML. Para gerar estas descrições, acione **File**→**Export**→**GDSII** (e, também, →**XML**). Na janela que aparece, use as opções *default*, selecione a célula topo de seu leiaute e escolha um nome para o 'Output GDS File', por exemplo: cel_1.gds2 (e, também, para o 'Output XML File', com NMOS.xml). Clique em OK.

Abra os dois arquivos com o aplicativo Kate e veja os seus conteúdos. Em, particular, para o arquivo XML, use adicionalmente a opção do IC Station, **Report**→**Design Layers**, com o mapeamento das máscaras, para auxiliar no entendimento do arquivo.

⇒ **Completar informações no formulário (item 2.13)**

2.14. SELECIONANDO E DE-SELECIONANDO POLÍGONOS

Para efetuar modificações e correções em um desenho em andamento, é necessário selecionar e/ou de-selecionar polígonos já desenhados que precisam ser modificados ou corrigidos.

Existem diversas formas para fazer a seleção/de-seleção de figuras.

a) USANDO O MENU DO BOTÃO DIREITO

- Clicar COM O BOTÃO DIREITO DO MOUSE POSICIONADO SOBRE A JANELA DE TRABALHO. Aparecerá um cardápio de opções onde, entre outros comandos, encontram-se **Select** e **Unselect**. Cada um deles apresenta diversas opções.

Para selecionar:

- Clicar em **Select -> Área**
- Arrastando o mouse, desenhe um retângulo qualquer que cubra TODA a área do retângulo desenhado. Desta forma ele estará selecionado.

Para de-selecionar:

- Clicar em **Unselect -> Área**
- Arrastando o mouse, desenhe um retângulo qualquer que cubra a área do retângulo desenhado. Desta forma ele estará de-selecionado.

OBSERVAÇÃO: Você também pode selecionar e de-selecionar usando outras alternativas indicadas no menu.

OBSERVAÇÃO: Quando o retângulo está de-selecionado, toda sua superfície está em vermelho (cor que representa silício poli). Mas, quando está selecionado aparece apenas a sua periferia, indicando que modificações de tamanho ou qualquer outra podem ser feitas.

b) USANDO AS TECLAS F1 E F2

A tecla F1 corresponde a selecionar e a F2 de-selecionar. Para testar os seus funcionamentos execute as seguintes operações:

- Com o cursor sobre a área de trabalho (onde existe grade), mas posicionado fora dos 2 retângulos, tecle uma vez em **<F2>** e depois tecle **<F1>** duas vezes seguidas.
- Repita, mas agora mantenha o cursor sobre um dos retângulos.
- Repita, mas agora mantenha o cursor sobre o outro retângulo.
- Repita mais uma vez mas posicione o cursor sobre a palheta de camadas.

OBSERVAÇÃO: Use o item do menu **View->Zoom-> In** (ou **Out**) para uma melhor visualização.

OBSERVAÇÃO: Uma forma rápida de centralizar a visualização é teclar **<Shift F8>** no teclado (veja as informações sobre as teclas de funções na barra abaixo da tela de projeto). Este atalho é equivalente a clicar na barra superior com **View->All**.

2.15. FAZENDO CÓPIA DE UM OBJETO

Selecione um polígono (F1) e depois, para fazer uma cópia, clique com o botão direito do mouse sobre a área de trabalho. No menu do botão direito *clique*:

- **Edit->Copy->Selected** (ou, equivalentemente, na palheta de trabalho selecionar **Copy**)

Observe que grudado ao cursor aparece a geometria que está sendo copiada

- Posicione o novo polígono na posição desejada.
- Clique com o botão esquerdo do mouse para fixar a cópia nesta posição.
- Clique em <Escape> para finalizar e liberar a função.
- Clique em Undo pelo botão da esquerda até voltar à situação original.

2.16. MOVENDO O POLÍGONO USANDO A OPÇÃO REL MOVE

Escolha um polígono e selecione-o:

- No menu do botão direito clique: **Edit -> Move -> Relative** (ou, equivalentemente, na palheta de trabalho, clique: **Rel Move** - mover relativamente). Na caixa de **diálogo** informe: **X Offset = 2; Y Offset = 0**.
- Clique em OK (o retângulo se deslocará de 2λ positivamente pois o offset de Y é indiferente neste caso).
- Clique em <Escape> para finalizar e liberar a função.
- Clique em Undo pelo botão da esquerda até voltar à situação original.

2.17. MODIFICANDO AS DIMENSÕES USANDO A OPÇÃO STRETCH

Com o polígono de-selecionado:

- No menu do botão direito, clique **Select-> Area** e selecione o retângulo cuja dimensão será modificada.
- Clique sobre a opção **Stretch** na palheta de trabalho.
- Note que a opção **Polygon** está ativada na janela que se abre.
- Clicando com o botão esquerdo do mouse (sem soltar) desenhe uma janela retangular envolvendo os dois vértices do lado do retângulo que será deslocado (a fim de mudar a dimensão). Mas, somente estes 2 vértices devem ser cobertos pela janela.

Observe que, feito isto a opção **Line** será automaticamente ativada na janela inferior

- Desenhe sobre a grade, em qualquer posição da área de trabalho (não precisa clicar exatamente sobre o lado do retângulo) uma linha com o tamanho do deslocamento (a direção do deslocamento, para a esquerda ou para a direita, para cima ou para baixo é importante). Você observará o deslocamento do lado selecionado no valor definido.
- Clique em OK e cancele a janela inferior.
- Clique em Undo pelo botão da esquerda até voltar à situação original.

2.18. APAGANDO UM DOS POLÍGONOS

a) USANDO O TECLADO

- Selecione somente um dos retângulos e em seguida tecle delete (no teclado).
- Clique em Undo pelo botão da esquerda até voltar à situação original.

b) USANDO O MENU GRÁFICO DO CANTO ESQUERDO

Como comentado, na lateral esquerda da área de trabalho existe outro menu com símbolos gráficos. Teste cada um deles para saber os seus significados.

- Clicar sobre o **X (vermelho)**
- Clique em Undo pelo botão da esquerda até voltar à situação original.

2.19. VISUALIZANDO UMA MÁSCARA DE CADA VEZ

Ao desenhar um leiaute, o desenho apresenta diversos polígonos em diversas cores. Muitas vezes é útil visualizar uma, ou um conjunto de camadas de cada vez (as outras são eliminadas da tela, sem serem apagadas). Na palheta de camadas, observe que existem 5 colunas que contêm: os nomes das camadas, as cores e três com as letras. São elas: *S (select)*, *V (visibility)* e *F (fill)*. Normalmente todas estão ativadas (símbolo ). Ao clicar sobre o símbolo repetidamente, você pode desativar/ativar cada coluna independentemente. A fim de observar somente o retângulo na camada *Active*, na palheta de camadas:

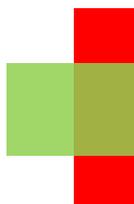
- *Desative as 3 colunas.*
- *Duplo clique sobre o ícone azul (logo ao lado dos símbolos S V F) que corresponde ao comando save layer settings.*
- *Clique sobre os campos V e F da camada Active.*
- *Duplo clique sobre o ícone azul.*

Na tela ficará somente o retângulo na camada **Active**. Você pode editá-lo modificando sua forma, tamanho, posição, etc, sem alterar o resto do seu desenho.

Para visualizar todo o seu desenho novamente basta voltar a selecionar todas as colunas novamente e dar o duplo clique sobre o ícone azul.

2.20. ATIVANDO O VERIFICADOR DE ERROS DE PROJETO (DRC)

A fim de se testar o programa **DRC**, reduza a dimensão do polígono da região ativa original (use a operação **Stretch**, por exemplo) de forma que as bordas da direita dos retângulos coincidam, como indicado na figura abaixo.



Rode o programa de verificação **DRC** para entender o seu funcionamento. Na palheta **Easy Edit**:

- Clique em **Back** (no topo da palheta de trabalho).

Na palheta **IC Palettes**:

- Clique em **ICrules**.

Na palheta **ICrules** que deve aparecer:

- Clique em **Check**.
- Clique **OK** na caixinha de diálogo.

Em seguida clique em:

- **First**.

O(s) erro(s) cometido(s) aparecerá(ão) através de uma realimentação gráfica sobre o seu leiaute. Na área de mensagens (na parte inferior da janela) aparecerá a explicação sobre o(s) erro(s).

Em seguida clique sucessivamente em:

- **Next**

A cada novo clique aparecerão mais erros cometidos, tanto na tela como na área de mensagens.

⇒ **Completar informações no formulário (item 2.20)**

2.21. LOCALIZANDO OS ERROS NO ARQUIVO DE TECNOLOGIA

Vá para o *desktop* 2. Usando o programa **File Browser** vá até a sua pasta **home** e abra o documento contendo as regras de leiaute:

ENG-183_rev6.pdf (revisão 6)

Localize as regras que foram violadas e observe os valores mínimos neste documento.