TESE
509

TALES CLEBER PIMENTA

Escola Federal de Engenharia
Biblioteca
MAUÁ
Itajubá

DESENVOLVIMENTO DE UMA BIBLIOTECA BÁSICA DE CELULAS PADRÃO (STANDARD CELLS) DE 1,25 um PARA PROJETOS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

ORIENTADOR: PROF. LAERCIO CALDEIRA

TRABALHO A SER APRESENTADO A COMISSÃO DE POS-GRADUAÇÃO DA ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE "MESTRE EM ENGENHARIA ELETRICA"

ITAJUBÁ, [illegible] DE 1988

TALES CLEBER PIMENTA

Escola Federal de Engenharia
Biblioteca
MAUÁ
Itajubá

DESENVOLVIMENTO DE UMA BIBLIOTECA BÁSICA DE CELULAS PADRÃO (STANDARD CELLS) DE 1,25 um PARA PROJETOS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

ORIENTADOR: PROF. LAÉRCIO CALDEIRA

TRABALHO A SER APRESENTADO A COMISSÃO DE POS-GRADUACÃO DA ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENCÃO DO TÍTULO DE "MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA"

ITAJUBÁ, JUNHO DE 1989

AGRADECIMENTOS

À minha noiva Dag por suportar os momentos de tensão e trabalho e, por auxiliar na edição do texto; ao meu orientador por tanto apoio, auxílio e incentivo; à minha amiga Janete pelo auxílio técnico no início dos trabalhos; aos companheiros de trabalho pelo apoio, ao pessoal do CPqD-TELEBRÁS que com muita atenção e paciência me auxiliaram nos trabalhos; ao estagiário Marcos de O. Garcia pelo auxílio na edição gráfica; aos meus pais e em especial à Deus.

SUMÁRIO

Este trabalho tem como objetivo a elaboracão e montagem de uma biblioteca de células básicas, com tecnologia CMOS de 1,25 um de comprimento de canal, para ser utilizada em projetos de circuitos integrados pela técnica de "célula padrão" ou Standard Cell.

O layout de cada célula é elaborado à partir do seu circuito elétrico, obedecendo as regras geométricas de espacamentos e dimensões, fornecidas pelos fabricantes de circuitos integrados.

Na sequência é feita a edicão gráfica de cada célula em um computador, à partir de um programa próprio editor de células. Por um outro programa computacional, é feita a verificacão das regras geométricas usadas no projeto e, através de um programa extrator, obtém-se os parâmetros elétricos de cada célula.

Com base no circuito elétrico e nos parâmetros elétricos obtidos, procede-se à simulacão elétrica de cada célula. Finalizando, através de sucessivas simulacões, faz-se a caracterizacão elétrica de cada célula, gerando-se assim as suas folhas de dados.

ABSTRACT

The object of this study is to establish a Standard Cell Library with a 1.25 um - channel - length - CMOS technology, to be used in integrated circuits projects with the "Standard Cell" technic.

The design of the layout of each cell is based on its electric circuit, in accordance with the geometric rules suppied by the manufacturers of integrated circuits.

Sequentially, the graphic edition of each cell is computerized by means of a cell - edditing program. The checking of the project geometric rules is conducted through another computer program and the electric parameters are obtained through an extrator program.

The electric simulation of each cell is based upon the electric circuit as well as the parameters obtained. Therefore, through successive simulations, the electric characteristics of each cell is obtained, thus originating their data sheets.

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO 1

2 - CONCEITUAÇÃO GERAL 4

2.1 - TÉCNICAS DE PROJETO 4

2.1.1 - Gate Array 4

2.1.2 - Standard Cell 5

2.1.3 - Full Custom 6

2.2 - BIBLIOTECA DE STANDARD CELLS 7

2.3 - FUNÇÕES CMOS 8

2.3.1 - Transistores MOS 9

2.3.2 - Chaves CMOS 10

2.4 - TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO CMOS 13

2.4.1 - Máscaras (Processo CMOS n-Well) 16

3 - LAYOUT 20

3.1 - BIBLIOTECA BÁSICA 20

3.2 - REGRAS DE PROJETO 25

3.2.1 - Máscara n-Tub 28

3.2.2 - Máscara de Área Ativa 29

3.3.3 - Máscara de Poli 30

3.3.4 - Máscara de Implante p+ 31

3.3.5 - Máscara de Implante n+ 32

3.3.6 - Máscara de Contatos 32

3.3.7 - Máscara de Metal 1 34

3.3.8 - Máscara de Via 35

3.3.9 - Máscara de Metal 2 36

3.3 - FORMACÃO DO LAYOUT 37

3.4 - EDICÃO GRÁFICA 38

4 - SIMULACÃO 41

4.1 - CHECADOR DE REGRAS DE PROJETO 41

4.2 - EXTRATOR DE CIRCUITOS 42

4.3 - SIMULADORES ELÉTRICOS 44

4.3.1 - Simulador Spice 45

4.3.2 - Simulacão Spice 47

5 - CARACTERIZACÃO 53

5.1 - TEMPOS DE PROPAGACÃO 53

5.2 - CARACTERIZACÃO DO FLIP-FLOP 61

5.2.1 - Largura de pulso de Clock 61

5.2.2 - Largura dos pulsos de "clear" e "preset" 62

5.2.3 - "Hold time" e "Set up time" 63

6 - CONCLUSÕES 65

ANEXO A: Layout em papel milimetrado 68

ANEXO B: Layout por "Hard Copy" (KIC) 82

ANEXO C: Arquivo de saída de DRC (.LOG) 89

ANEXO D: Arquivo de saída de DRC (.CRP) 96

ANEXO E: Arquivo de saída de Tiradentes (P.ELT) 98

ANEXO F: Simulacão Spice (sem carga) 106

ANEXO G: Simulacão Spice (com carga Cl = 0,5 pF) 157

ANEXO H: Caracterizacão do flip-flop 185

ANEXO I: Folhas de dados (Data Sheets) 200

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 208

1. INTRODUCAO

Uma das maneiras de se projetar um circuito integrado CMOS é através da técnica de "Célula Padrão", ou Standard Cell, como é conhecida. Para a elaboracão do Layout de um circuito integrado, por meio dessa técnica, o projetista "acessa" na memória de um computador as células básicas (inversores, portas lógicas não E, não OU, E, OU e até mesmo flip flops), posiciona-as e interliga-as de acordo com o projeto elétrico e com a área disponível.

De maneira geral, quando uma "foundry" (empresa que possui linha de difusão para Circuitos Integrados) lanca no mercado uma nova tecnologia para projetos de CIs, ela normalmente também fornece aos usuários uma biblioteca de Standard Cells. Entretanto, essa biblioteca de Standard Cells fornecida pelo fabricante não é otimizada em área, visto que as células são geradas por programas computacionais. As células são geradas em funcão de alguns parâmetros, tais como regras de espacamento mínimo, altura das células, circuito elétrico, capacidade de corrente, etc, não visando, entretanto, a máxima reducão possível de área.

O objetivo desse trabalho é a elaboracão de algumas células em tecnologia CMOS de 1,25 um de comprimento de canal, otimizadas com relacão à área, para serem usadas em projetos de circuitos integrados pela técnica de Standard Cell. Tenciona-se

elaborar as células básicas de uma biblioteca de Standard Cell, visto que essa técnica tem a flexibilidade de permitir a criacão de novas células de acordo com a necessidade de cada projeto, que podem ser incorporadas como novos membros à biblioteca. Para a elaboracão de novas células, devem ser observadas as regras de projeto utilizadas pela biblioteca.

A elaboracão dessa biblioteca de Standard Cells CMOS de 1,25 um de canal deve-se ao fato de que atualmente, qualquer projeto de circuito integrado pela técnica de Standard Cell só pode ser feito com tecnologia de 5 um de canal, 3 um, e dependendo da empresa, em até 2 um.

Ainda não é possível desenvolver um projeto de CI com tecnologia de 1,25 um de canal, porque as "foundries" ainda não dispõem comercialmente dessas células, e apenas a empresa AMI (americana) oferece comercialmente aos seus usuários esse processo.

Como a Microeletrônica é uma tecnologia de ponta, é fundamental que se tenha disponível uma biblioteca de Standard Cells, para que projetos possam ser desenvolvidos antes mesmo que as "foundries" tenham essas células disponíveis comercialmente. Mesmo quando for comercialmente difundida tal biblioteca, as células normalmente não serão otimizadas com relacão à área. Assim, a idéia é a de se obter uma biblioteca otimizada em área, pois ter-se-á uma redução no custo final do produto, devido ao menor uso de área, melhor aproveitamento do wafer (geometricamente), e redução de áreas perdidas do wafer (devido as falhas no silício).

O trabalho, em termos de tecnologia de ponta, terá uma validade não muito longa, pois à cada dois anos (em média), as "foundries" lancam no mercado novas tecnologias com comprimentos de canal menores para projetos e producão de CIs e, usualmente, algum tempo depois de lancada essa tecnologia, surgem as respectivas bibliotecas de Standard Cells.

2.CONCEITUACÃO GERAL

2.1 TÉCNICAS DE PROJETO

As principais técnicas de projeto de Circuitos Integrados utilizadas atualmente são: Gate Array, Standard Cell e Full Custom. Cada uma das técnicas apresenta vantagens e desvantagens com relacão às demais, podendo assim ser mais adequada a um certo objetivo.

2.1.1 GATE ARRAY

A técnica de projeto Gate Array (Matriz de pontos) é a mais simplificada regra de projeto. Através dessa técnica, o projeto fica reduzido à determinacão de quais interconexões de portas lógicas são necessárias para que o conjunto passe a desempenhar uma certa funcão lógica desejada.

Cada gate da matriz é na verdade um arranjo de transistores (ainda não totalmente interconectados) que podem se tornar portas lógicas básicas, ou ainda, complexas.

Esse arranjo básico de transistores, também chamado de célula básica, varia de acordo com o fabricante e qualquer que seja o caso, o fabricante fornece informacões indicando quais são as ligacões necessárias para que a célula básica se transforme em um determinado gate.

Na parte central de uma estrutura Gate Array encontram-

se as células básicas dispostas lado a lado, em fileiras. Entre as fileiras é deixado espaco para as interconexões das células. Porém, as ligacões entre os transistores da célula, para que essa se torne uma porta lógica, são feitas internamente. Na periferia de uma estrutura Gate Array encontram-se as células que podem ser configuradas para as funcões de interface entre a estrutura e o ambiente em que o Chip vai operar.

Como a arquitetura de uma estrutura Gate Array é fixa para todos os circuitos, os circuitos podem ser então fabricados em grande escala e estocados. Para cada circuito a ser implementado, é feita apenas a etapa de metalizacão (uma das etapas finais do processo). A fabricacão do Gate Array é bem mais rápida que a fabricacão em qualquer outra técnica pelo reduzido número de máscaras à serem confeccionadas.

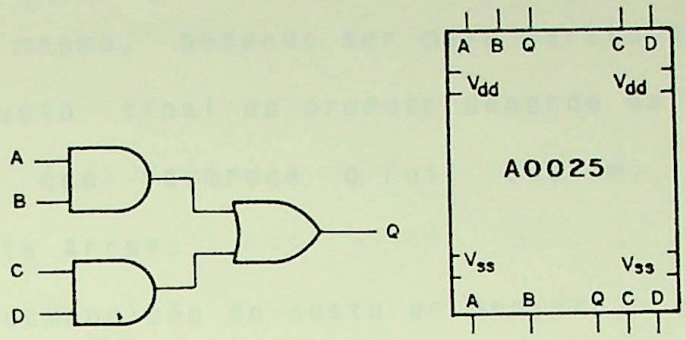
2.1.2. STANDARD CELL

A técnica de projeto Standard Cell (ou Célula Padrão) consiste em se utilizar células básicas pré-projetadas, tendo em comum a mesma altura e a mesma localizacão das linhas de alimentacão. O fato de terem a mesma altura originou o nome "Standard-hight Cells". Uma vez tendo a mesma localizacão das linhas de alimentacão, quando colocadas lado a lado, essas linhas ficam em contato, facilitando o roteamento dos demais sinais, como mostra a Fig. 2.1.

Para o projetista que utiliza as Standard Cells, o que interessa é o esquema lógico que indica a funcão e os contatos

Escola Federal de Engenharia de Itajubá
Biblioteca
MAUÁ
B.M
EFEI

da célula, para efeito do layout geral do circuito.



a) diagrama lógico b) bloco

Fig. 2.1 - Célula Padrão

Apesar das células estarem totalmente projetadas, na fabricacão ocorrem todas as etapas do processo. Esta é então a distincão básica entre Standard Cell e Gate Array, já que no Gate Array apenas a metalizacão é feita para personalizar a célula para uma determinada funcão. Além disso, a área utilizada pelo projeto em Standard Cell é apenas a necessária para a colocacão das células do núcleo, da periferia e das linhas de interconexão, pois não há células sem uso como no Gate Array.

2.1.3. FULL CUSTOM

Na técnica Full Custom, conhecida como técnica tradicional, cada bloco do circuito é projetado para atender a especificacão desejada, no mínimo espaco possível. A desvantagem dessa técnica está no fato de que cada bloco tem de ser projetado individualmente, embora o projeto conduza à uma área menor.

Mesmo com a maior flexibilidade dada ao projetista em

termos de posicionamento e roteamento, o projeto em Full Custom é caro e demorado.O custo de empacotamento em Sandard Cell ou Full Custom é o mesmo, podendo ser mais barato que o Gate Array. Também, o custo final do produto depende da área de silício utilizada, o que favorece o Full Custom, principalmente em relacão ao Gate Array.

A composicão do custo de projeto, custo de silício, custo de empacotamento e custo de producão resulta em um custo final para o Gate Array maior que o dos demais, e o Full Custom como sendo o mais barato. O custo para o Standard Cell é um pouco maior que o Full Custom devido ao aumento de área de silício utilizada [2].

2.2. BIBLIOTECA DE STANDARD CELLS

Mesmo com um custo final ligeiramente maior que a técnica Full Custom, a técnica Standard Cell é frequentemente utilizada, devido ao seu tempo de projeto ser bem menor; da ordem de cinco vezes ou menos. O tempo de projeto é menor que a Full Custom, pois como os contatos externos de cada célula aparecem nas suas laterais, facilitando o roteamento. E também, o Layout interno não precisa ser considerado, uma vez que já foi projetado.

Os tipos de células mais usuais em bibliotecas de Standard Cells são os inversores, as portas lógicas simples (E, OU, não-E, não-OU), os flip-flops e as células de periferia. A técnica de Standard Cell tem a flexibilidade de permitir a

criacão de novas células, específicas para um determinado CI, e que podem ser incorporadas como novos membros à biblioteca.

Para a criacão de células para uma biblioteca de Standard Cells, devem ser observadas regras de formacão, como a da altura padrão, localizacão das linhas de alimentacão, e das de sinais (em ambos os lados das células) e principalmente as regras geométricas de projeto (ou layout).

A criacão de uma Biblioteca de Standard Cells deve comecar com células básicas (Inversor, E, OU, não-E e não-OU) e também um flip-flop D (com "set" e "reset"), pois essas são as células de uso mais frequente em qualquer projeto de circuito integrado.

2.3. FUNCOES CMOS

A tendência atual é a do uso de dispositivos (ou transistores) CMOS nos projetos de circuitos integrados. Uma célula CMOS, quando comparada com outras células MOS, tem a vantagem de praticamente não dissipar potência DC, pois nessa condicão, há sempre um transistor "aberto". Somente durante a transicão, os transistores de uma célula podem estar momentaneamente em condução ao mesmo tempo, resultando em um pequeno pulso de corrente e consequente dissipacão de potência.

2.3.1. TRANSISTORES MOS

Uma estrutura MOS (Metal-Oxide-Silicon) é criada por sobreposicão de diversas camadas de condução, isolacão e de materiais de formacão do transistor. Após uma série de passos de processamento, uma estrutura típica pode consistir de níveis denominados difusão, poli-sílicio e metal, que são separados por camadas de isolacão. A tecnologia CMOS proporcionou dois tipos de dispositivos sendo um tipo n (nMOS) e um tipo p (pMOS).

Para o transistor n, a estrutura consiste de um secão de silício tipo P separando duas áreas definidas de silício tipo n. A área de separacão é revestida de um material dielétrico e de uma camada de metal (sobreposto no dielétrico), denominado porta (gate). Similarmente, para o transistor tipo p, a estrutura consiste de uma secão de silício tipo n separando duas regioēs tipo p. A Fig. 2.2 ilustra os transistores tipo p e n.

O gate controla a passagem de corrente entre as duas áreas (dreno e fonte). Simplificando, Ist permite aos transistores MOS serem vistos como uma simples chave liga-desliga. Também pode ser visto na Fig. 2.2 a indicacão de comprimento (L) e largura (W) de Gate de um transistor.

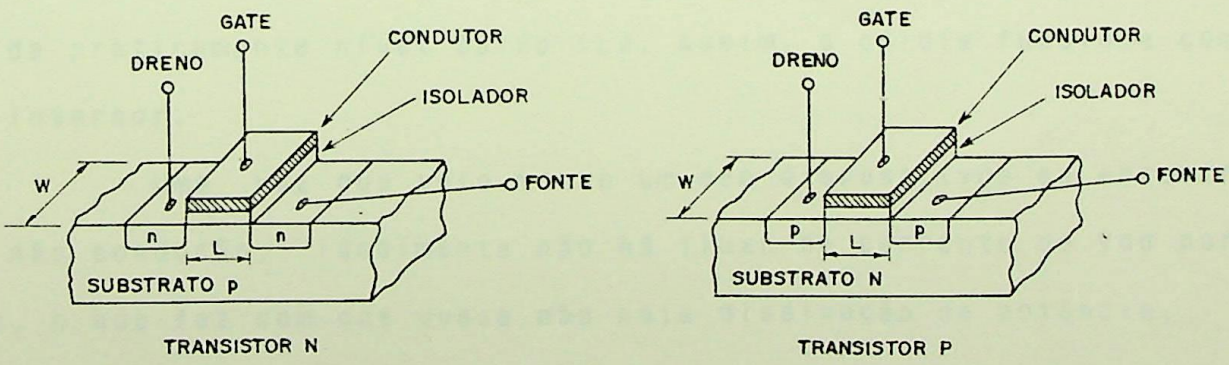


Fig. 2.2 - Transistores Tipo p e Tipo n

2.3.2. CHAVES CMOS

Uma célula CMOS consiste de dispositivos p e de dispositivos n. Como exemplo, vejamos a Fig. 2.3 que apresenta um inversor CMOS.

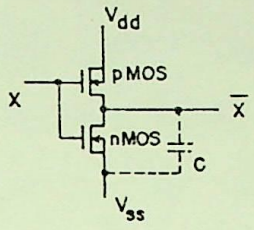


Fig.2.3 - Inversor CMOS

O dispositivo de canal p é conectado entre a fonte de alimentacão positiva Vdd e a saída. Já o dispositivo de canal n é conectado entre a saída e a fonte de alimentacão negativa Vss. De uma maneira geral, a Vss é igual a 0 [V].

A entrada (denominada X) é ligada aos dois gates. Quando a tensão em X é baixa (L), o dispositivo p conduz e o dispositivo n não conduz, tendo-se na saída praticamente Vdd, ou nível alto (H). Se entretanto, a tensão em X é alta (H), o dispositivo n conduz e o dispositivo p não conduz, tendo-se na saída praticamente nível baixo (L). Assim, a célula funciona como um inversor.

Uma vez que pelo menos um dos dispositivos se encontra em não condução, idealmente não há fluxo de corrente de Vdd para Vss, o que faz com que quase não haja dissipacão de potência.

Tal como indicado na Fig.2.2, o substrato (corpo) do

dispositivo p é ligado à Vdd e o substrato do dispositivo n é ligado à Vss. A finalidade de se ligar o corpo dos dispositivos à uma das fontes (denominado também de contato de substrato) é para evitar a formacão de um circuito parasita, cujo efeito é denominado "Latch up". O resultado desse efeito é um curto entre Vss e Vdd, resultando na auto destruicão do circuito, ou pelo menos provocando danos e mal funcionamento ao sistema.

Se porém, forem colocados dois dispositivos p em série e dois dispositivos n em paralelo, como na Fig. 2.4.a, forma-se uma porta lógica não-OU. Assim, se pelo menos uma das entradas estiver em nível alto (H), a saída terá nível baixo (L).

Colocando-se dois dispositivos tipo n em série e dois dispositivos tipo p em paralelo, como na Fig. 2.4.b, ter-se-á formado um porta lógica não-E. A saída só será nível baixo (L) se somente as duas entradas estiverem em nível alto (H).

Formou-se células Não-OU e células Não-E de duas entradas, colocando-se dispositivos p e dispositivos n em série e em paralelo, de acordo com o exposto. Pode-se ter também células Não-OU e Não-E de três ou mais entradas, bastando a colocacão ordenada de mais dispositivos em série ou em paralelo. Tal situacão está exemplificada na Fig. 2.5 que apresenta uma célula Não-E de quatro entradas.

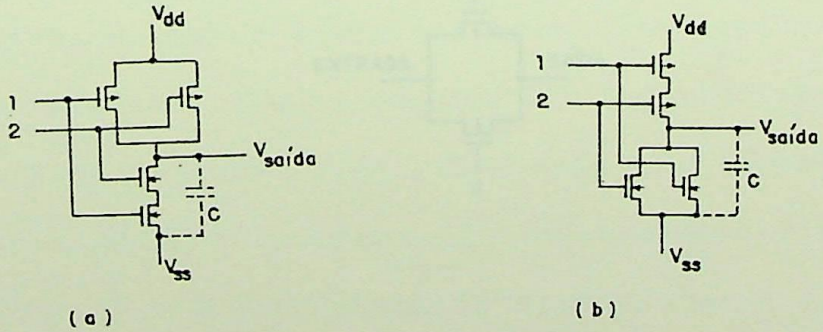


Fig. 2.4 - Funcões Lógicas

Outro dispositivo de larga utilizacão em projetos de CI's é o gate de transmissão, tal como apresentado na Fig. 2.6 Esse elemento consiste de um dispositivo p e de um dispositivo n colocados em paralelo, sendo que a informacão aplicada ao gate de um dos dispositivos é complementada e aplicada ao gate do outro dispositivo.

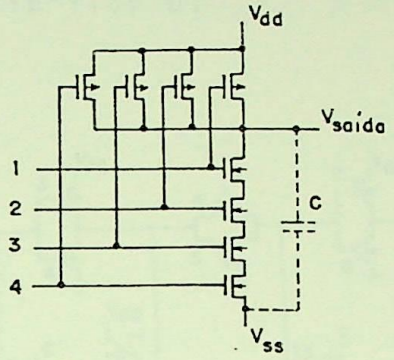


Fig. 2.5 - Célula não-E de 4 entradas

Os terminais fonte dos dois dispositivos são ligados em comum e denominados de entrada, e os terminais dreno dos dois dispositivos são ligados em comum e denominados de saída. Também, nesse caso, há contatos de substrato.

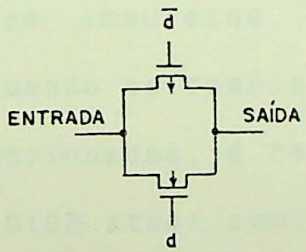


Fig. 2.6 - Gate de Transmissão

A informacão presente na entrada só terá acesso à saída se for aplicado nível alto (H) de tensão no gate do dispositivo n e nível baixo (L) de tensão no gate do dispositivo p.

Dispondo-se do gate de transmissão e das portas lógicas Não E, Não OU e Inversores pode-se, mediante uma composicão, obtem-se um flip-flop ou ainda outras funcões mais complexas. A Fig. 2.7 apresenta um flip-flop D.

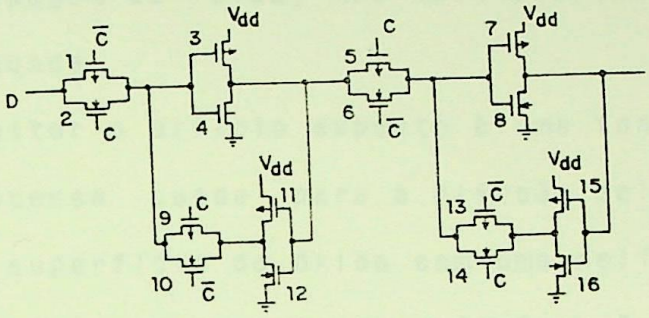


Fig. 2.7 - Flip-Flop D

2.4. TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO CMOS

Para se criar áreas diferentes tipos de silício, com diferentes proporcões de impurezas, necessita-se de um processamento adicional. Quando se deseja que essas áreas sejam precisamente locadas e dimensionadas, é requerido um meio para se conseguir. A habilidade do SiO2 atuar como uma barreira contra as impurezas da dopagem é um fator vital nesse processo denominado "difusão seletiva". O SiO2 é obtido oxidando-se a superfície do silício. A camada de SiO2 pode ser usada como uma máscara padrão.

As áreas sobre a superfície do wafer de silício, onde há uma falta de SiO2, permitem que os átomos dopantes passem para dentro do wafer mudando, assim, as características do silício. As áreas onde o SiO2 se sobrepõe ao silício atuam como barreiras para os átomos dopantes.

Assim uma difusão seletiva requer:

. abertura de janelas na camada de SiO2 sobre a superfície do wafer.

. decapagem do SiO2, mas não de Si, com uma demarcação adequada.

. sujeitar o silício exposto à uma fonte dopante.

O processo usado para a difusão seletiva envolve o revestimento da superfície do óxido com uma película resistente a ácido, exceto onde as janelas de difusão são necessárias. A película resistente ao ácido é normalmente um material orgânico foto-sensível denominado Fotoresist (PR), que pode ser polimerizaddo por luz ultravioleta (UV). Se a luz UV passa através de uma máscara contendo o modelo desejado, a película pode ser polimerizada onde o modelo deve aparecer. As áreas não polimerizadas podem ser removidas com um solvente orgânico. Esse processo é ilustrado na Fig. 2.8. Em processos estabilizados que usam PRs em conjuncão com fontes de luz UV, a difracão em torno das bordas das máscaras padrão e as tolerâncias de alinhamento tem limitado as larguras de linhas.

Por outro lado, a Litografia por Focalizacão de Elétrons (LFE) também pode ser utilizada com boa definicão. As principais vantagens da geracão do modelo de Focalizacão de Elétrons em relacão ao modelo por Litografia são:

. os modelos são derivados diretamente do dado digital.

. não há imagens de hardware intermediário, tal como retículos ou máscaras; isto é, o processo pode ser direto.

. diferentes modelos podem ser acomodados em diferentes secões do wafer sem dificuldade.

. mudancas nos modelos podem ser implementadas rapidamente.

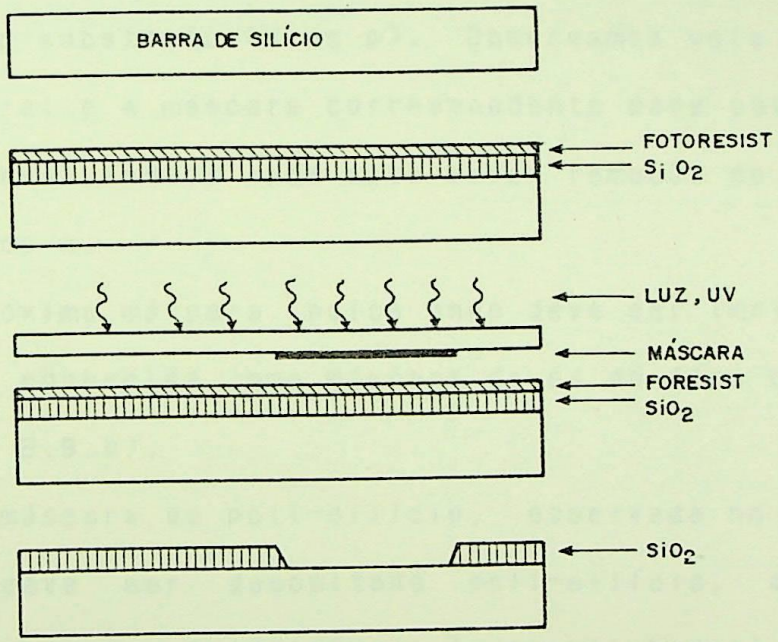


Fig. 2.8 - Passos Simplificados Envolvidos na Padronizacão de SiO2

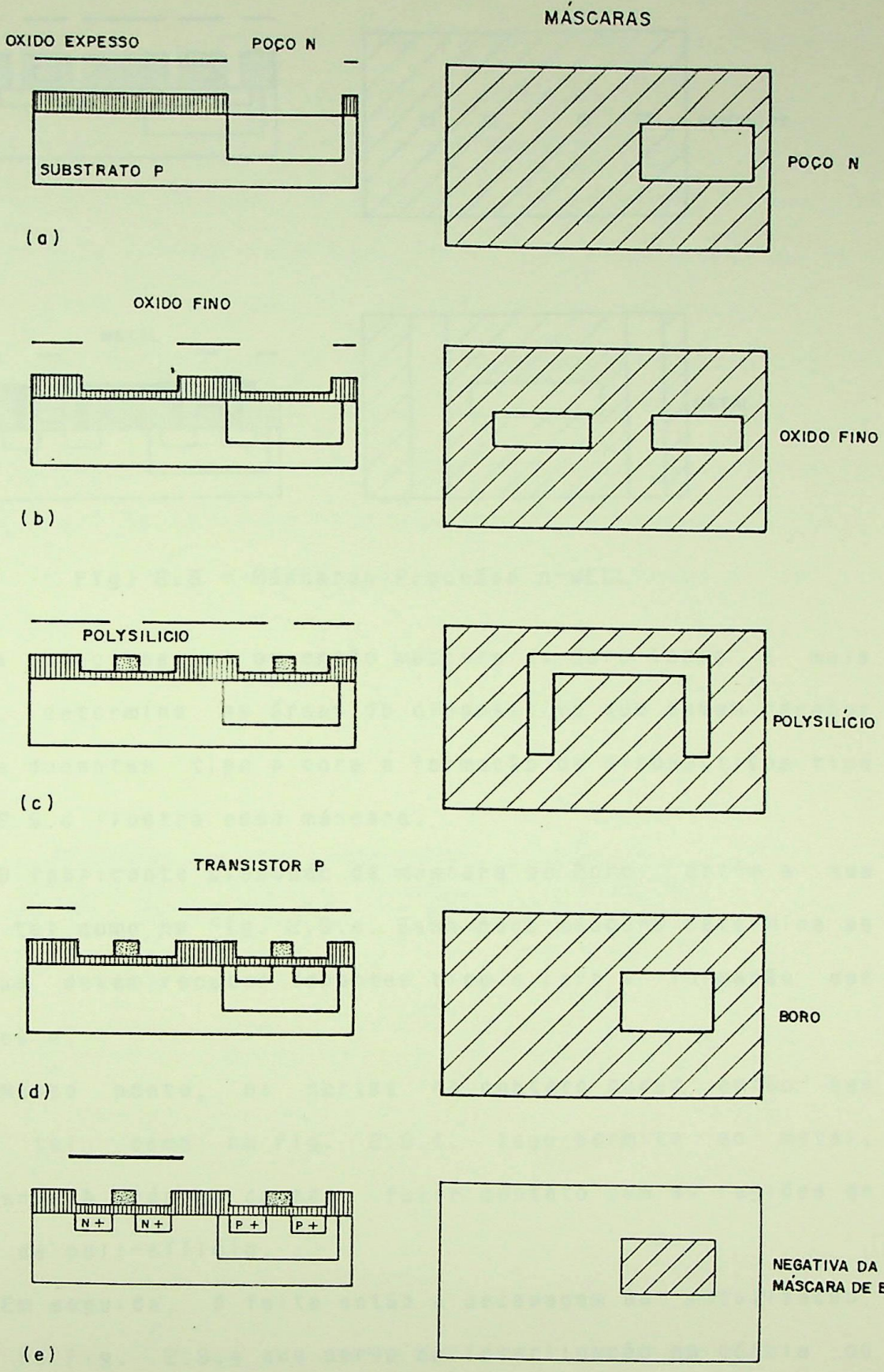
A principal desvantagem que tem impedido o uso desta técnica em linhas de fabricacão comercial é o custo do equipamento e a grande quantidade de tempo necessária para acessar todos os pontos do wafer.

2.4.1. MÁSCARAS (PROCESSO CMOS n-WELL)

Uma aproximacão comum para a fabricacão de CMOS é pelo uso de uma técnica conhecida como n-Well. O processo inicia-se com um substrato tipo p dopado levemente. Cria-se então um poco (Well ou Tub) dopado tipo n (para acomodar os dispositivos tipo p), tal como na Fig. 2.9.a.. Os dispositivos tipo n são colocados diretamente no substrato (tipo p). Observamos pela Fig. 2.9.a. uma vista lateral e a máscara correspondente para obtermos o poco n. Essa máscara indica onde deve haver remocão do óxido e a formacão do poco n.

A próxima máscara indica onde deve ser implementado os transistores, conhecida como máscara de óxido fino ou máscara de difusão (Fig. 2.9.b).

A máscara de poli-silício, observada na Fig. 2.9.c, indica onde deve ser depositado poli-silício, quer para a formacão dos gates dos transistores (auto-alinhados), quer para a formacão de pequenas interligacões (devido ao seu valor ôhmico não ser baixo).


MÁSCARAS
OXIDO EXPESSO
POÇO N
SUBSTRATO P
(a)
POÇO N
OXIDO FINO
(b)
OXIDO FINO
POLYSILICIO
(c)
POLYSILÍCIO
TRANSISTOR P
(d)
BORO
N+
N+
P+
P+
(e)
NEGATIVA DA
MÁSCARA DE BORO

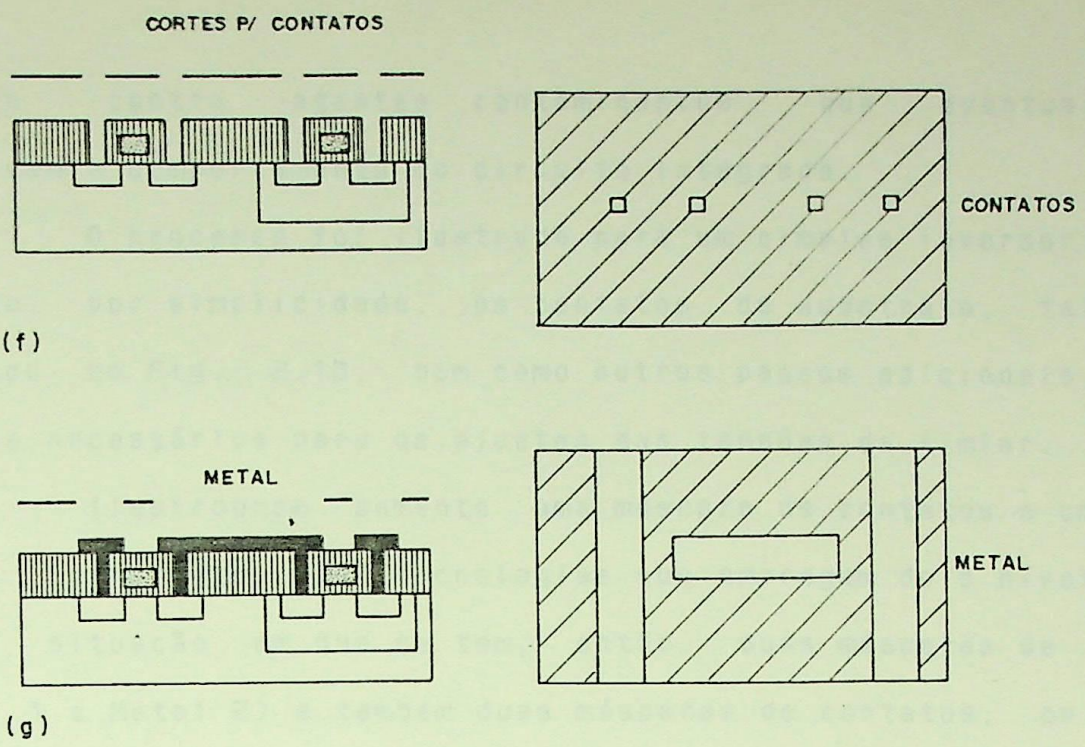


Fig. 2.9 - Máscaras Processo n-WELL

A máscaraa p+ ou então máscara de Boro (como é mais conhecida), determina as áreas do dispositivo que devem receber difusão de dopantes tipo p para a formacão de dispositivos tipo p. A Fig. 2.9.d ilustra essa máscara.

O fabricante dispondo da máscara de Boro, obtém a sua negativa, tal como na Fig. 2.9.e. Essa nova máscara determina as regiões que devem receber dopantes tipo n para a formacão dos dispositivos n.

Nesse ponto, os cortes no contato podem então ser definidos, tal como na Fig. 2.9.f. Isso permite ao metal, correspondente à próxima camada, fazer contato com as regiões de difusão ou de poli-sílicio.

Em seguida, é feita então a decapagem da metalizacão, tal como na Fig. 2.9.g que serve de interligacão na célula ou mesmo fora dela. E como passo final, não mostrado, o circuito integrado recebe a passivacão, que protege a superfície do

silício contra agentes contaminantes que eventualmente modificam o comportamento do circuito integrado.

O processo foi ilustrado para um simples inversor. Foi omitido, por simplicidade, os contatos de substrato, tal como indicado na Fig. 2.10, bem como outros passos adicionais tais como os necessários para os ajustes das tensões de limiar.

Ilustrou-se somente uma máscara de contatos e uma de metal. Entretanto, há tecnologias que empregam dois níveis de metal, situação em que se tem, então, duas máscaras de metal (Metal 1 e Metal 2) e também duas máscaras de contatos, ou seja, a máscara de contato (Poly/difusão - metal 1) e máscara da via (Metal 1 - Metal 2).

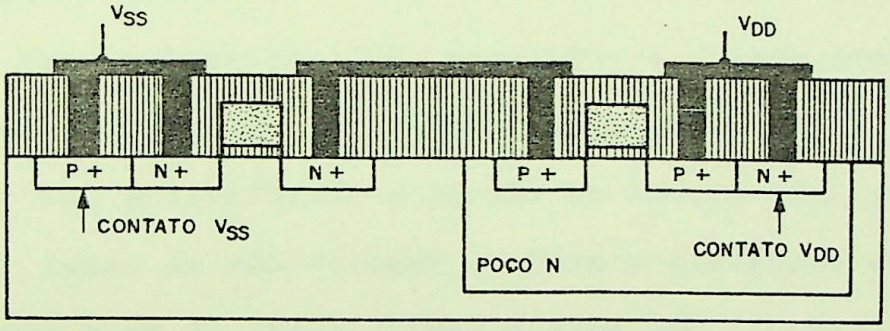


Fig. 2.10 - Corte Transversal de um Inversor

3. LAYOUT

3.1. BIBLIOTECA BÁSICA

Como mencionado, a elaboracão de uma biblioteca básica de Standard Cells deve se iniciar com as células básicas. A técnica Standard Cell tem a flexibilidade de permitir a formacão ou a criacão de novas células, que podem ser incorporadas à biblioteca.

A biblioteca básica proposta de Standard Cells CMOS, otimizada para 1,25 um, é constituida das células: Inversor, Portas lógicas E, OU, Não-E e Não-OU, e também de um flip-flop D com "preset" e "clear".

Por convencão, em cada célula, cada transistor (ou dispositivo) p recebe um número seguido da letra P e cada transistor (ou dispositivo) n recebe um número seguido pela letra N. Também, todos os nós recebem um número precedido pela letra N. Observar que o nó de terra recebe o nome GND. A Fig. 3.1 ilustra o circuito elétrico de um inversor CMOS que recebe o nome IN015, em que se adota a convencão citada.

Analogamente, a Fig. 3.2 ilustra um célula Não-OU de três entradas, que recebe o nome de NO035.

Já a Fig. 3.3 ilustra uma célula não-E de duas entradas, intitulada NA023.

Continuando, a Fig. 3.4 apresenta uma célula OU de quatro entradas, denominada OR043.

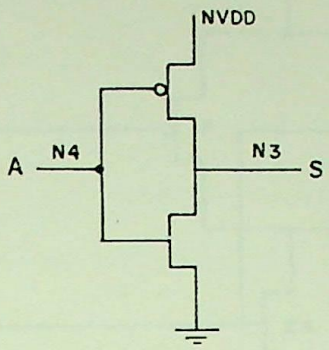


Fig. 3.1 - Inversor CMOS

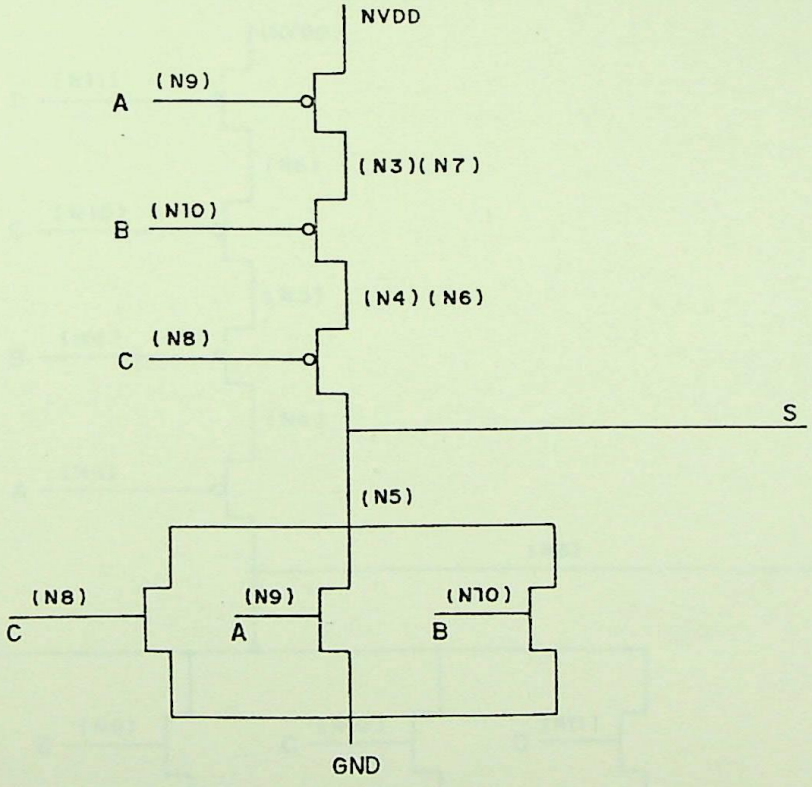


Fig. 3.2 Porta lógica não-OU de três Entradas

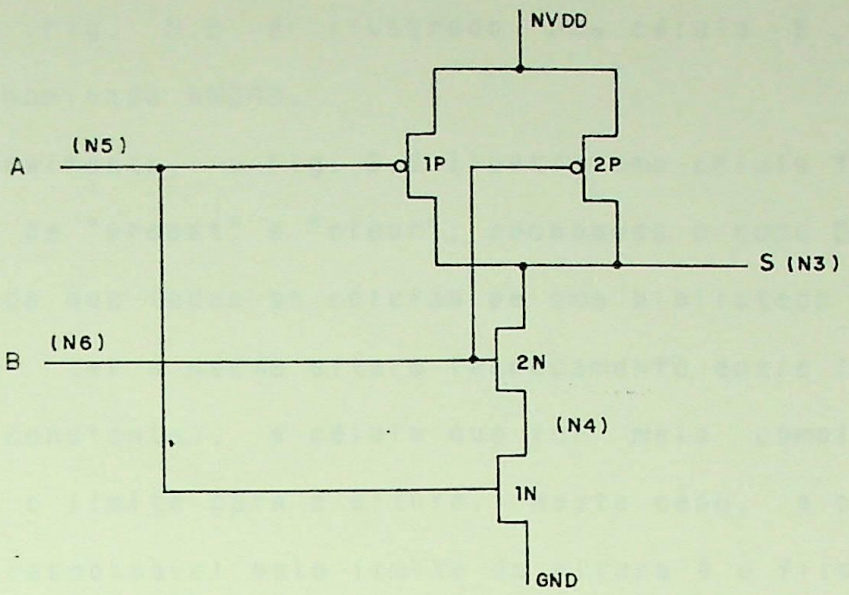


Fig. 3.3 - Porta Lógica não-E de duas Entradas

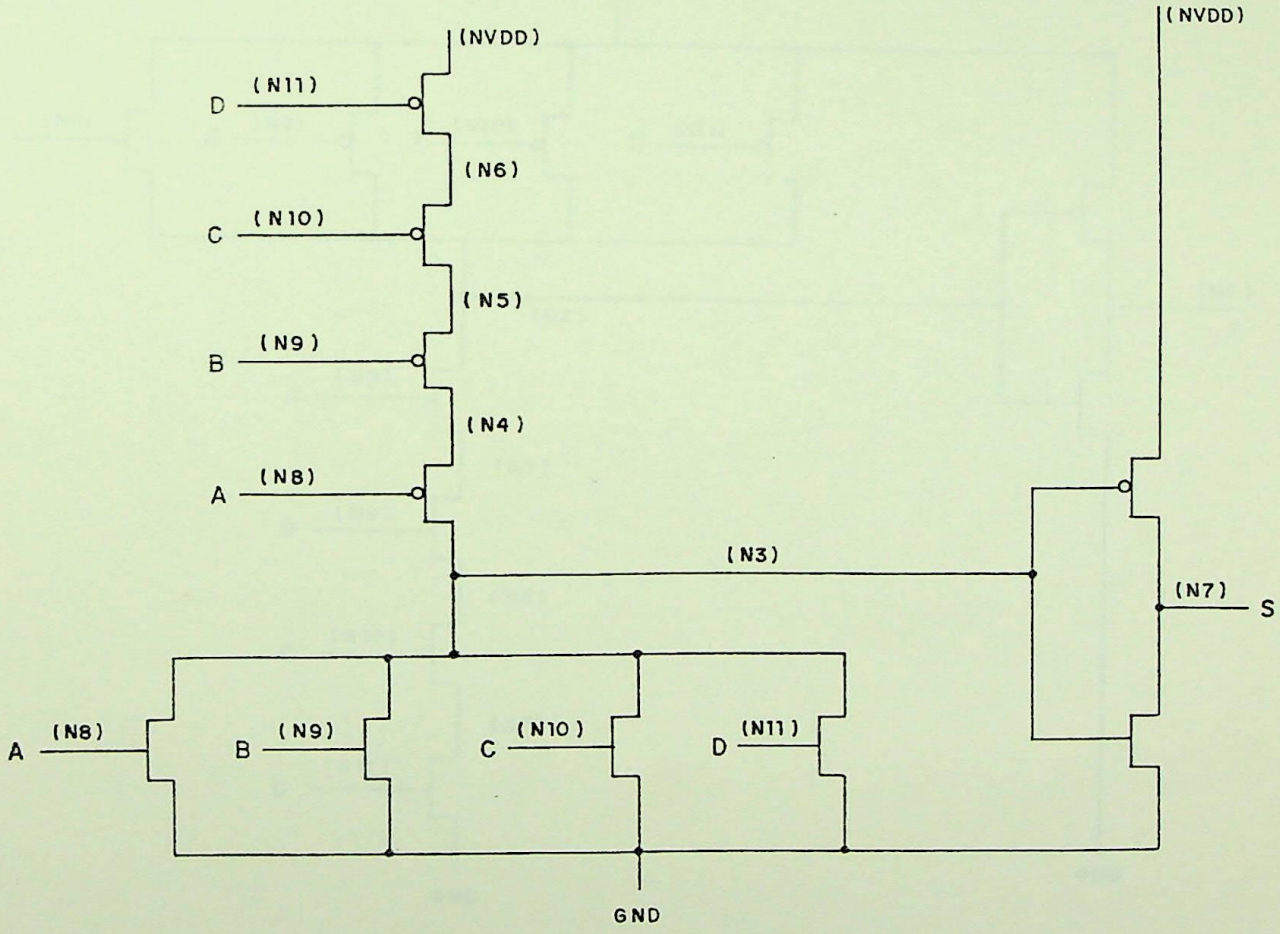


Fig. 3.4 - Porta lógica OU de quatro entradas

Na Fig. 3.5 é ilustrado uma célula E de quatro entradas, denominada AN043.

Finalmente, a Fig. 3.6 ilustra uma célula flip-flop D com entradas de "preset" e "clear", recebendo o nome DF128.

Dado que todas as células de uma biblioteca de Standard Cells devem ter a mesma altura (espacamento entre linha VDD e linha VSS constante), a célula que for mais complexa deverá estabelecer o limite para a altura. Neste caso, a célula mais complexa é responsável pelo limite de altura é o flip-flop, que também é a célula mais longa.

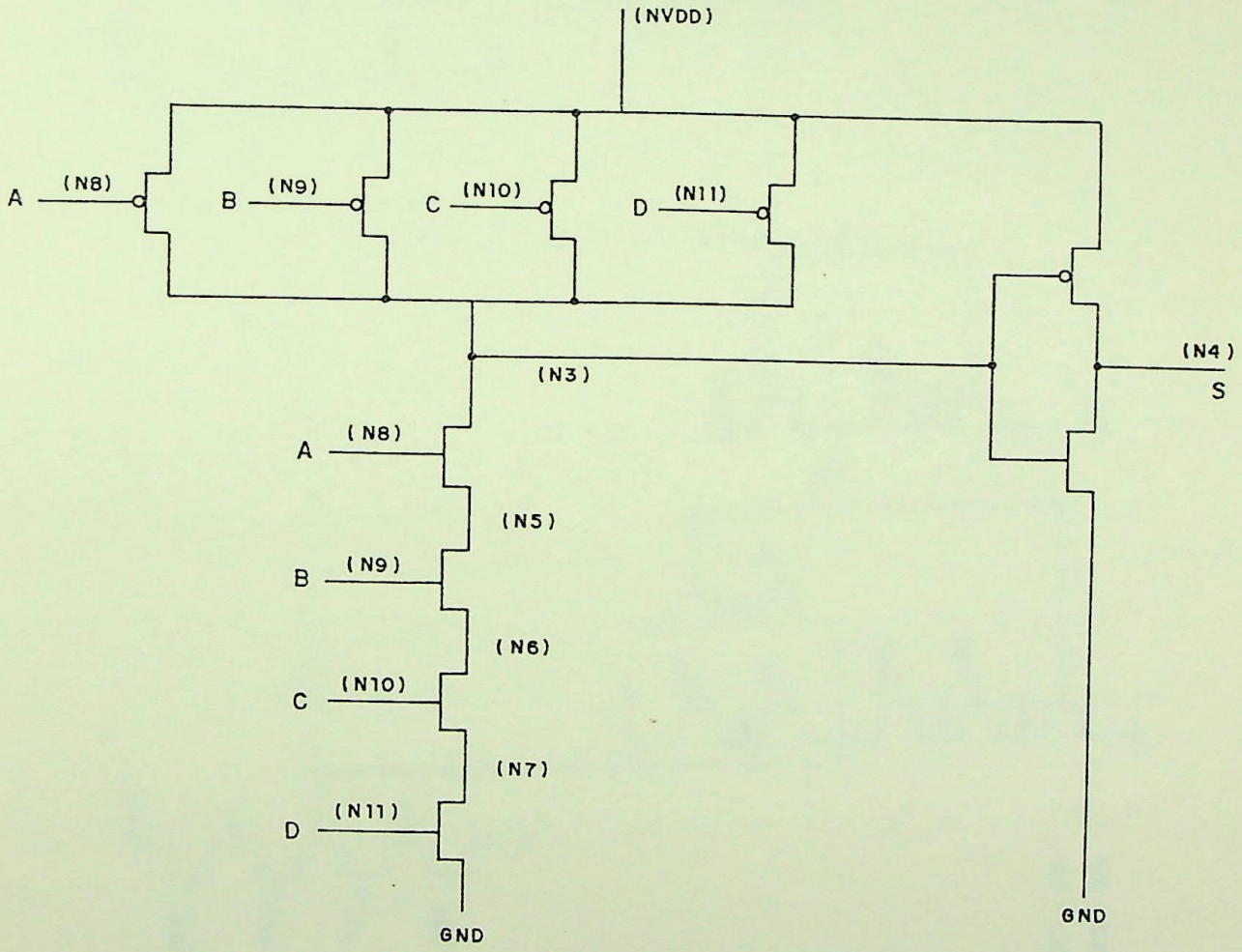


Fig. 3.5 - Porta Lógica E de quatro Entradas

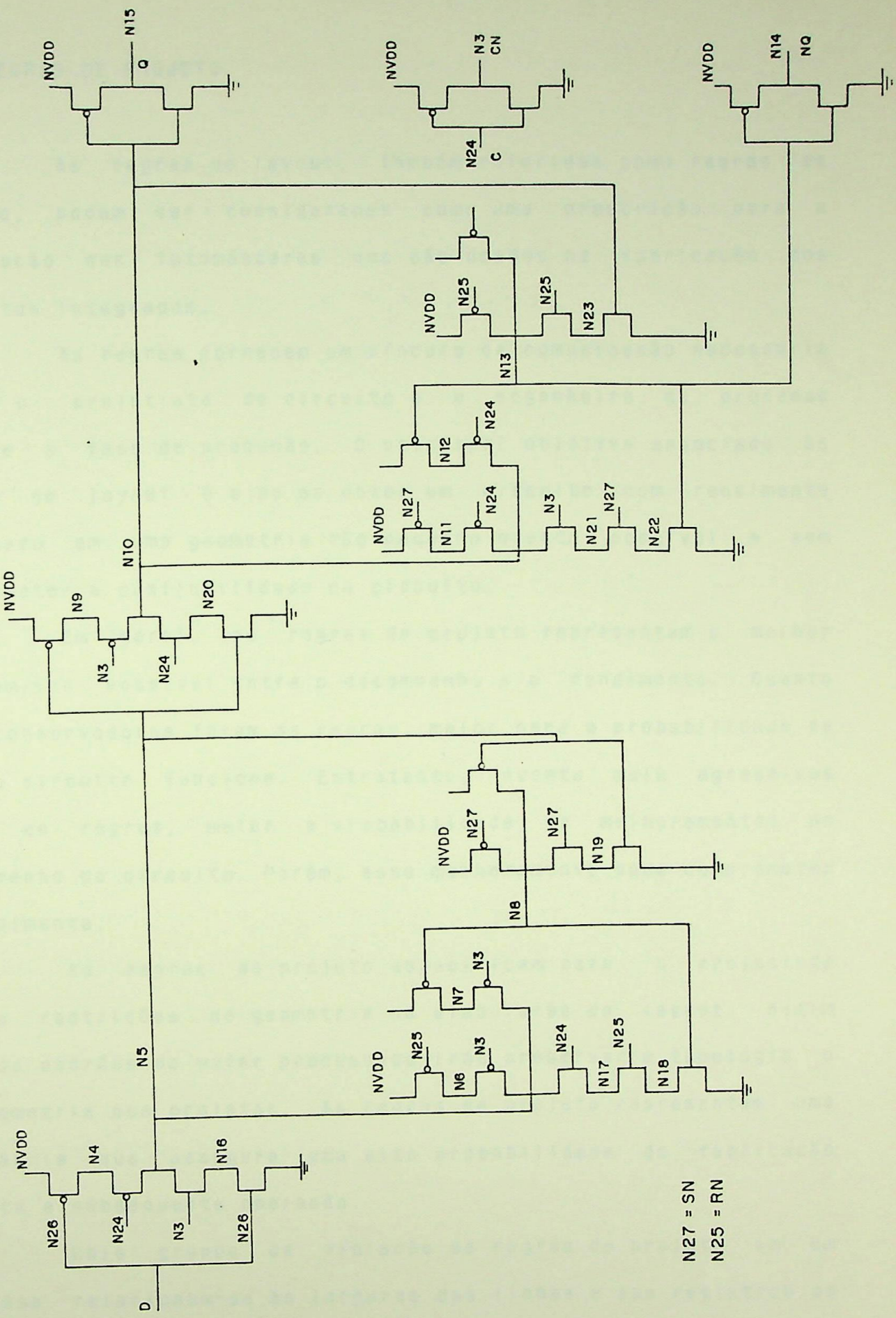


Fig. 3.6 - Flip-Flop D (com "preset" e "clear")

3.2. REGRAS DE PROJETO

As regras de layout, também referidas como regras de projeto, podem ser consideradas como uma prescrição para a preparação das fotomáscaras que são usadas na fabricação dos circuitos integrados.

As regras fornecem um vínculo de comunicação necessário entre o projetista de circuito e o engenheiro de processo durante a fase de produção. O principal objetivo associado às regras de layout é o de se obter um circuito com rendimento otimizado em uma geometria tão pequena quanto possível e sem comprometer a confiabilidade do circuito.

Em geral, as regras de projeto representam o melhor compromisso possível entre o desempenho e o rendimento. Quanto mais conservadoras forem as regras, maior será a probabilidade de que o circuito funcione. Entretanto, quanto mais agressivas forem as regras, maior a probabilidade de melhoramentos no desempenho do circuito. Porém, esse melhoramento pode comprometer o rendimento.

As regras de projeto especificam para o projetista certas restricões de geometria na elaboracão do layout, assim como os padrões do wafer processado irão preservar a topologia e a geometria dos projetos. As regras de projeto representam uma tolerância que assegura uma alta probabilidade de fabricacão correta e subsequente operacão.

Dois grupos de violacão de regras de projeto em um processo relacionam-se às larguras das linhas e aos registros de camadas intermediárias. Se as larguras das linhas são feitas bem

Biblioteca MAUÁ BIM

pequenas, é possível que as linhas se tornem descontínuas. Por outro lado, se elas são colocadas bem próximas uma da outra, é possível que elas sejam fundidas juntas, isto é, curtos podem ocorrer entre duas malhas de circuitos independentes. Além do mais, o espacamento entre duas camadas independentes pode ser afetado pela topologia vertical de um processo.

As regras de projeto enderecam em primeiro lugar dois eventos:

a) A reprodução geométrica de características que podem ser reproduzidas pelo mascaramento e pelo processo litográfico,

b) As interacões entre diferentes camadas.

Assim, para a elaboracão dessa biblioteca de Standard Cell faz-se uso das regras de projeto utilizadas pelo CPqD-TELEBRÁS, em que as definicões de níveis topológicos, de acordo com a Fig. 3.7, são:

- N-tub (máscara de implante n-tub): linha cheia com marcas e círculos nos cantos (Fig. 3.7.a).
- Difusão e areas ativas do dispositivo (máscara de áreas ativas): linha cheia e com hachuras (Fig. 3.7.b).
- Máscara Poli/Gate: linha tracejada (Fig. 3.7.c).
- Máscara de implante n+: reverso da máscara de implante p+
- Máscara de implante p+: linha cheia com marcas nos cantos (Fig. 3.7.d).
- Máscara de contatos: linha cheia com um círculo no centro (Fig. 3.7.e).
- Máscara Metal 1: linha cheia (Fig. 3.7.f).

- Máscara Via: linha cheia com diagonais, formando x

(Fig. 3.7.g).

- Máscara Metal 2: linha traco-ponto (Fig. 3.7.h).

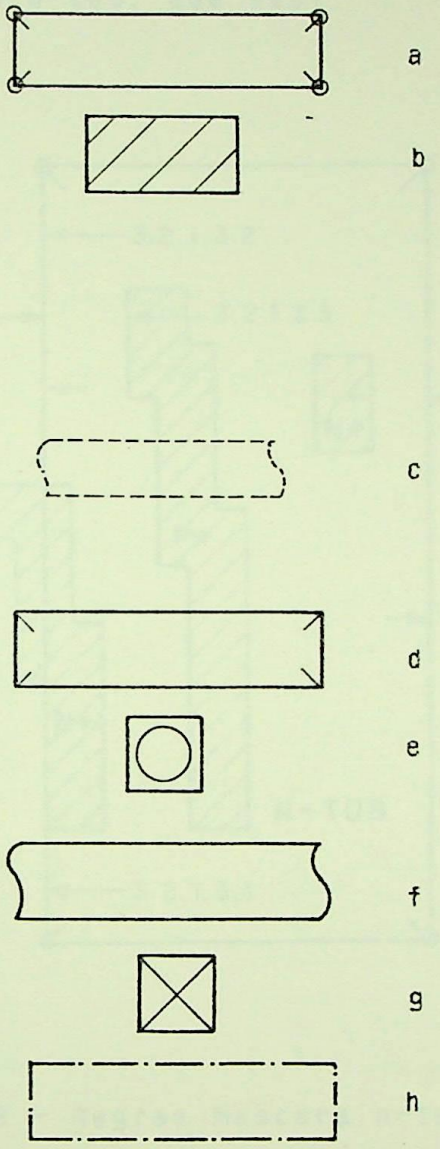


Fig. 3.7 - Simbologias

3.2.1. MÁSCARA N-TUB

Essa máscara é usada para definir o poco n (n-tub) para a implantacão dos dispositivos de canal p. As áreas remanescentes tornar-se-ão automaticamente regiões p. A Fig. 3.8 ilustra as regras ligadas à máscara n-tub, que são:

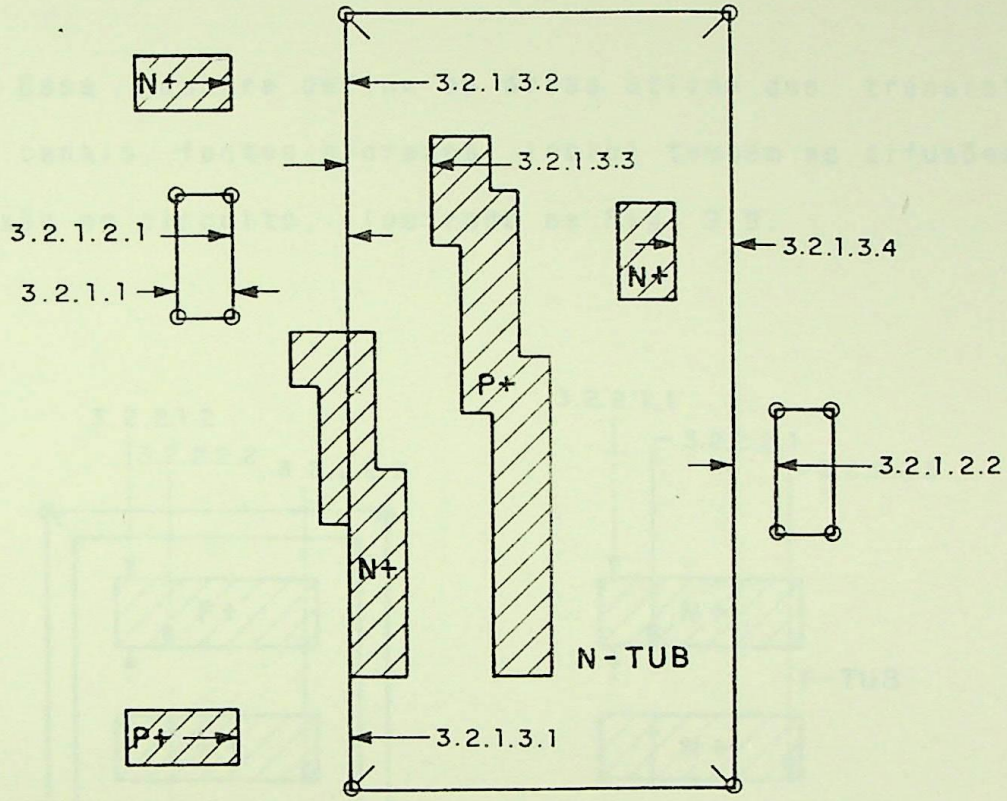


Fig. 3.8 - Regras Máscara n-tub

3.2.1.1. Dimensão mínima de n-tub 3,0 um

3.2.1.2. Espacamento entre n-tub's

3.2.1.2.1. Com os mesmos potenciais 7,0 um

3.2.1.2.2. Com diferentes potenciais 0 ou 1,5 um

3.2.1.3. Mínimo espacamento entre a borda do n-tub e:

3.2.1.3.1. Difusão p+ fora do n-tub sem restricão

3.2.1.3.2. Difusão n+ fora do n-tub 3,5 um

3.2.1.3.3. Difusão p+ dentro do n-tub 3,5 um

3.2.1.3.4. Difusão n+ dentro do n-tub sem restricão

3.2.2 MÁSCARA DE ÁREA ATIVA

Essa máscara define as áreas ativas dos transistores, incluindo canais, fontes e drenos. Inclui também as difusões para interconexão no circuito, ilustrado na Fig. 3.9.

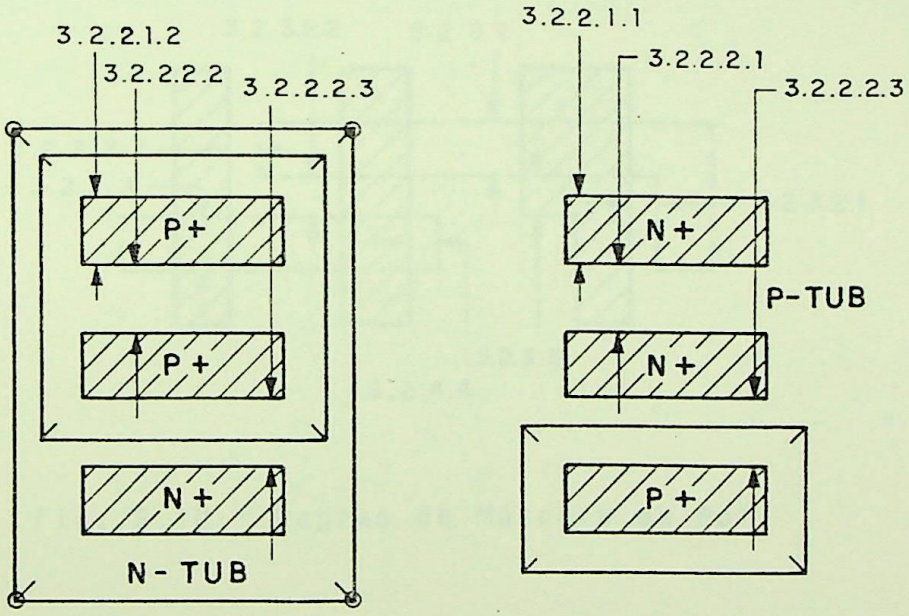


Fig. 3.9 - Máscara de área ativa

3.2.2.1. Mínima dimensão para:

3.2.2.1.1. Difusão n+ 2,0 um

3.2.2.1.2. Difusão p+ 2,0 um

3.2.2.2. Mínimo espacamento:

3.2.2.2.1. Entre difusão n+	1,5 um
3.2.2.2.2. Entre difusões p+	1,5 um
3.2.2.2.3. Entre difusão n+ e difusão p+	1,5 um

3.2.2.3. Mínima largura do canal MOSFET	2,0 um

3.2.3. MÁSCARA POLI

Essa máscara define as áreas que se tornarão gates, capacitores e interligacões de Polisilício. A Fig. 3.10 ilustra as regras da máscara de poli.

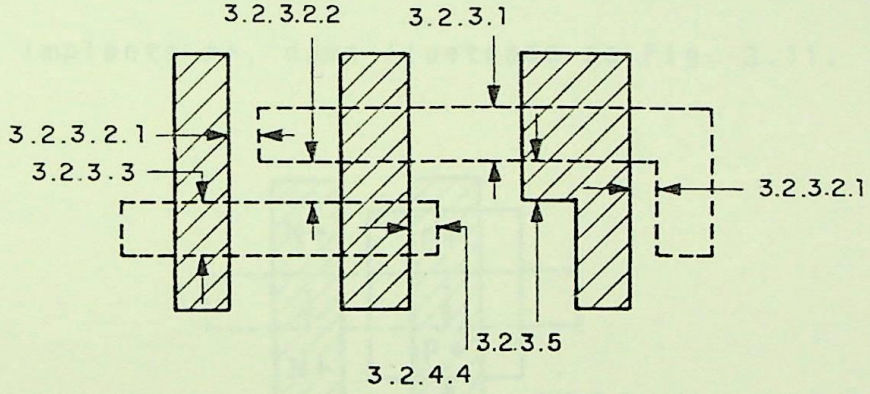


Fig. 3.10 - Regras de Máscara de Poli

3.2.3.1. Mínima dimensão do Poli	1,25 um

3.2.3.2. Mínimo espacamento emtre Poli e:

3.2.3.2.1. Difusão p+ ou n+	0,5 um
3.2.3.2.2. Poli	1,75 um

3.2.3.3. Mínimo comprimento do gate MOSFET 1,25 um

3.2.3.4. Mínima extensão do Poli além da área de gate do MOSFET na direcão do óxido de campo 1,25 um

3.2.3.5. Mínima extensão da difusão além da borda do gate MOSFET em direcão à Fonte/dreno. 2,25 um

3.2.4. MÁSCARA DE IMPLANTE P+

Essa máscara é usada para definir as regiões que receberão o implante p+, como ilustrado na Fig. 3.11.

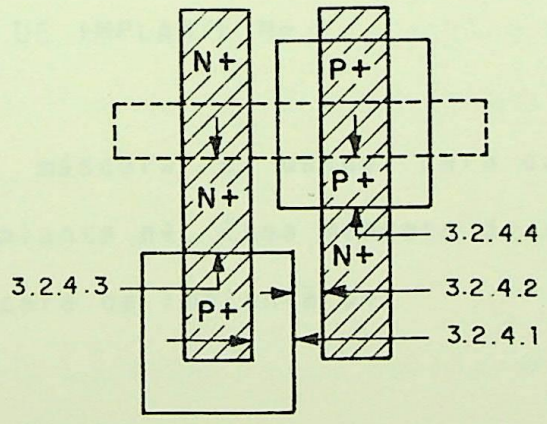


Fig. 3.11 Máscara de implante p+

3.2.4.1. Mínima distância entre a máscara de implante p+ e difusão p+ na direcão do óxido de campo 0,75 um

3.2.4.2. Mínima distância entre a máscara de implante p+ e a difusão n+ sobre o óxido de campo. 0,75 um

3.2.4.3. Mínima distância entre a máscara de implante p+ e a borda do gate canal n sobre a difusão. 2,25 um

3.2.4.4. Mínima extensão da máscara de implante p+ além da borda do gate canal n sobre a difusão. 2,25 um

3.2.4.5. Mínimo espacamento entre máscaras de implante p+. 0 ou 1,5 um

3.2.5. MÁSCARA DE IMPLANTE N+

Essa máscara e usada para definir as regiões que receberão o implante n+. Essa máscara de implante é a imagem reversa da máscara de implante p+.

3.2.6. MÁSCARA DE CONTATOS

Essa máscara permite que contatos sejam feitos do metal 1 para a difusão (n+ ou p+) ou para o poli. Todos contatos devem ser cobertos pelo metal 1 . Essas regras são ilustradas na Fig. 3.12.

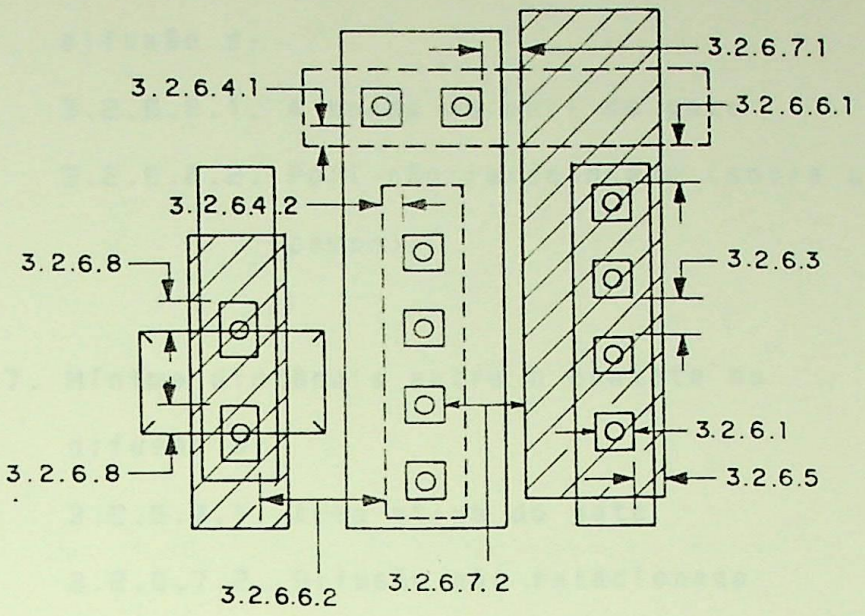


Fig. 3.12 - Regras da Máscara de Contatos

3.2.6.1. Tamanho permitido dos contatos. 1,5 um x 1,5 um

3.2.6.2. Tamanho máximo dos contatos de substrato (não menos que 1,5 um em qualquer lado) 40 um2

3.2.6.3. Mínimo espacamento entre contatos. 1,5 um

3.2.6.4. Mínima extensão do poli além do contato.

3.2.6.4.1. Na direcão do metal 1 1,0 um

3.2.6.4.2. Perpendicular a direcão do metal 1. 0,75 um

3.2.6.5. Mínima extensão da difusão além do contato 1,5 um

3.2.6.6. Mínima distância entre o contato na difusão é:

3.2.6.6.1. A borda do poli do gate 1,5 um

3.2.6.6.2. Poli não relacionado (sobre o campo) 1,5 um

3.2.6.7. Mínima distância entre o contato na difusão é:

3.2.6.7.1. Área ativa do gate 1,25 um

3.2.6.7.2. Difusão não relacionada 1,25 um

3.2.6.8. Mínima extensão do contato além da borda da máscara de implante p+ em ambas direcões, onde difusões n+ e p+ são curto-circuitadas 2,5 um

3.2.6.9. Máxima distância entre dois contatos de substrato 125 um

NOTA: a regra 3.2.6.9 é para contatos de substrato no mesmo tub. Isso é para assegurar que em um tub longo haja vários contatos.

3.2.7. MÁSCARA DO METAL 1

Essa máscara define as interconexões para todos os contatos e vias do circuito. Essa é também a Máscara de Metal para processos com uma única camada de metal. Essas regras são vistas na Fig. 3.13.

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca MAUÁ BIM

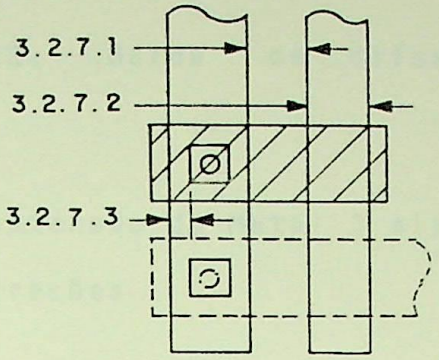


Fig. 3.13 - Regras da Máscara de Metal 1

3.2.7.1. Mínimo espacamento entre Metal 1 - Metal 1 1,5 um

3.2.7.2. Mínima largura do metal 2,5 um

3.2.7.3. Mínima extensão do metal além do contato em todas direcões 1,0 um

3.2.8. MÁSCARA VIA

Essa máscara permite que contatos de metal sejam feitos entre o Metal 1 e o Metal 2 somente. Não é permitido que haja contatos sob as vias. Essa regra pode ser vista na Fig. 3.14.

3.2.8.1. Mínima dimensão da via 1,5 um

3.2.8.2. Mínimo espacamento entre vias 1,5 um

3.2.8.3. Mínimo espacamento entre via e contato 1,5 um

3.2.8.4. Mínimo espacamento de via para:

3.2.8.4.1. Borda de poli 1,25 um

3.2.8.4.2. Borda de difusão sem restricão

3.2.8.5. Mínima extensão do Metal 1 além da via em todas direcões 1,25 um

3.2.8.6. Mínima extensão do Metal 2 além da via em todas direcões 1,25 um

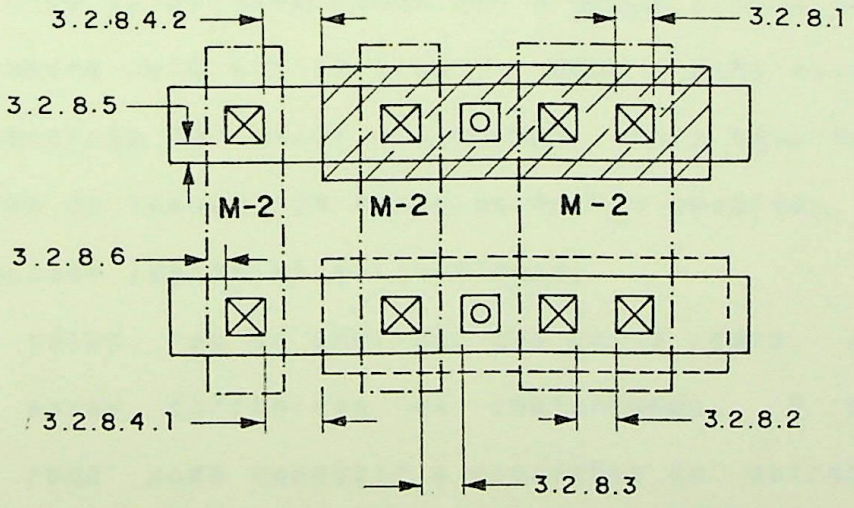


Fig. 3.14 Regras de Via

3.2.9. MÁSCARA DE METAL 2

A máscara de Metal 2 é usada para definir baixa resistência nas interconexões entre Vias e pontos de entrada/saída. Todos os contatos de via devem ser cobertos pelo Metal 2.

3.2.9.1. Mínimo espacamento entre Metal 2 e Metal 2 1,5 um

3.2.9.2. Mínima largura do Metal 2 2,5 um

3.3 FORMACÃO DO LAYOUT

Conhecendo-se as regras de projeto e dispondo-se do circuito elétrico, é feita a elaboracão do layout de cada célula. Uma vez que todas as células devem ter a mesma altura, o layout é feito inicialmente para o flip-flop D. Dada a complexidade dessa célula, a obtencão do layout é demorado, pois deve-se obedecer todas as regras de layout com o mínimo espaco possível. Este é, então, um processo iterativo e trabalhoso.

Por vezes, ao se analisar uma certa regra, pode haver violacões a serem corrigidas ou contornadas. O desenho é alterado, e isso pode conduzir a violacões de outras regras. Assim é fácil perceber que é uma das fases mais demoradas do trabalho.

O layout e feito primeiramente em papel milimetrado, adotando-se uma certa escala, que neste caso é de 4000:1, ou seja, cada milímetro correspode à 1/4 de mícron.Para uma maior

definicão de cada máscara, essas são desenhadas em cores diferentes.

Antes que o layout possa ser processado é feita uma verificacão visual das células o que, muitas vezes, faz com que o desenho seja reestruturado.

O Anexo A apresenta os layouts de todas as células básicas apresentadas anteriormente, bem como os de células adicionais.

3.4. EDICÃO GRÁFICA

A edicão gráfica é feita em um microcomputador IBM-PC ou compatível (com recursos gráficos) por meio do Editor Gráfico KIC para circuitos integrados.

O KIC é um programa desenvolvido pela Universidade da Califórnia (em Berkeley) originariamente para o VAX. Esse programa foi adaptado e funciona corretamente em microcomputadores compatíveis com o IBM-PC.

O KIC é um programa iterativo, que exige uma tela gráfica colorida e que permite a operacão com até 25 camadas (ou máscaras) diferentes. Cada máscara representa uma hierarquia definida e o programa permite a geracão de uma variedade de geometrias, tais como quadrados, retângulos, círculos, etc. O programa também apresenta outros recursos, tais como a cópia de fíguras ou partes de fíguras, assim como de várias camadas simultaneamente.

O programa KIC e bem versátil e poderoso; porém, é muito demorado para a edicão de layouts pois exige muitos comandos. Essa é, sem dúvida, uma das fases mais cansativas do processo.

Uma vez editados os layouts das células, esses são armazenados em memória de disco. A edicão de células pelo KIC em 1,25 um, considerando que o processo seja um poco n, deve obedecer a Tab. 3.1.

Tabela 3.1 Padrão 1,25um (Poco n)

MÁSCARA	COR	NÚMERO DA CAMADA
Poco n	Vinho	1
Difusão	Azul	2
Poli-sílicio	Amarelo	4
Boro (p)	Verde	5
Contatos	Azul Claro	7
Metal 1	Vermelho	8
Via	Verde Escuro	9
Metal 2	Branco	10

Através de uma "hard-copy" é feita uma cópia de cada célula, tal como as apresentadas no Anexo B. Pode-se observar que as cores vistas no desenho diferem do padrão, consequência das características da "hard-copy". Assim as cores vistas no desenho estão indicadas na Tab 3.2.

Tabela 3.2 Padrão para "hard copy"

Azul (vazado)	- Poco n
Azul marinho	- Difusão
Amarelo	- Polysílicio
Verde	- Bóro (p)
Hachurado (preto e branco)	- Contatos
Vermelho	- Metal 1
Branco	- Vía
Preto	- Metal 2

O programa KIC também fornece como arquivo de saída a versão (.CIF) que pode ser utilizada por outros editores gráficos.

4. SIMULCAO

Uma vez completada a edicão gráfica das células, deve-se fazer uma verificacão das regras de layout. Dispondo-se de células sem erros de layout, pode-se extrair seus parâmetros elétricos, tais como nós, transistores, capacitâncias, etc...

Antes, entretanto, ainda no Editor KIC, deve-se identificar qual é a linha de alimentacão VDD por uma marca (pequeno quadrado) e pela camada de número 101. A linha VSS é identificada pela camada 100.

4.1 CHECADOR DE REGRAS DE PROJETO

O Checador de Regras de Projeto ou somente DRC ("Design Rules Checker") é um programa usado pelo CPqD - TELEBRÁS para verificar as regras de projeto. Esse programa verifica se houve violacão de alguma regra (geométrica) de projeto. Antes porém de ser executado o DRC, é feito um escalamento do arquivo proveniente do Microcomputador. Esse escalamento é feito para compatibilizar o arquivo a ser checado com o DRC. O escalamento é feito por:

SCALE -a 4 -I <nome>

Em seguida, é então executado o DRC, que gera alguns arquivos de saída. O arquivo de saída [.LOG] indica as regras de projeto (e respectivo número) e também se ocorrem ou não. O Anexo C ilustra um arquivo [.LOG].

Além desseé também gerado o arquivo [.CRP] que indica

apenas o número da regra e se houve ou não violacão, o que torna mais prático o uso dos arquivos [.CRP]. O Anexo D apresenta um arquivo [.CRP], que é igual para todas as células da biblioteca de Standard Cells.

4.2 EXTRATOR DE CIRCUITOS

O extrator de circuitos, dentro da etapa de validacão é ativado logo após o verificador de regras de projeto (DRC). Ele faz o que se chama de "caminho de volta", ou seja, a partir do layout ele extrai o esquema elétrico correspondente. O extrator extrai também as capacitâncias parasitas entre os nós.

A partir dos dados gerados pelo extrator, pode-se comparar o esquema elétrico obtido, com o original, fazendo assim uma verificacão no projeto. Esse programa verifica a inter-relacão entre as máscaras de cada camada.

O extrator de circuitos utilizado pelo CPqD - TELEBRÁS é o Tiradentes, que é uma evolucão do programa PAS-II (Pattern -Analysis System), desenvolvido pela NTT do Japão.

O Tiradentes é um extrator de circuitos voltado para a tecnologia MOS. Trabalha basicamente sobre um arquivo de entrada, contendo a descricão geométrica das máscaras do layout proveniente do KIC, e a partir desse, gera um "Net List" (listagem) que contem a descricão topológica do circuito elétrico.

Como saída principal, o Tiradentes gera uma lista composta de transistores e capacitores, com os respectivos nós. A partir dessa saída, pode-se levantar o esquema elétrico do

Escola Federal de Engenharia
Biblioteca
MAUÁ
RJ/M

circuito extraído.

Para a extracão das capacitâncias parasitas, o Tiradentes utiliza coeficientes específicos, que dependem dos níveis das máscaras envolvidas no cálculo. Para o cálculo, ele utiliza dois tipos de coeficientes: coeficientes de área e coeficientes de perímetro.

Para calcular a capacitância de uma área, obtida à partir de uma certa operacão lógica entre duas máscaras, os cálculos são:

CAP = (CAx * ÁREAx) + (CPx * PERÍMETROx)/2

Onde:

CAP = Capacitância resultante

CAx = Coeficiente de capacitância por área

CPx = Coeficiente de capacitância por perímetro.

Como citado, o arquivo de entrada do tiradentes é o arquivo que contém a descricão geométrica do layout. O mesmo deve estar no formato APPLE, que é definido no sistema Applicon. Assim, como o arquivo em questão está no formato [.KIC], é feita uma conversão de formatos pelo comando:

$KICTOPAS <nome.KIC>.

Porém, antes da conversão, é feita, ainda no KIC a identificacão dos níveis de Difusão e novamente das linhas de

alimentacão. A linha de alimentacão VDD recebe uma marca pela camada de número 16 e a linha de VSS recebe uma marca pela camada de número 15. A difusão p recebe uma marca pela camada de número 13 e a difusão n pela camada de número 14.

Como saída, o Tiradentes gera dois arquivos. O arquivo [<nome>P. LIS] contém todas as informacões resultantes da extracão, tais como estatísticas dos dados, mensagens de erro e lista das capacitâncias parasitas. Também, gera como saída, o arquivo [<nome>P.ELT] que fornece a descricão do circuito e o valor das capacitâncias. Esse arquivo é usado como uma parte do arquivo de entrada utilizado pelo simulador elétrico.

O arquivo de saída [P.ELT], fornece uma lista de capacitâncias entre nós (capacitância parasita), indicando em quais nós está presente e o seu valor. Também, esse arquivo, fornece a listagem de todos os transistores, a conexão de cada um (Dreno, Gate, Fonte e Substrato), tipo de transistor (n ou p), comprimento e largura do canal (em metros), área do dreno e área da fonte (em metros quadrados) e perímetros de dreno e fonte (em metros). O Anexo E apresenta os arquivos [P.ELT] para cada uma das células da biblioteca de Standard Cell.

4.3. SIMULADORES ELÉTRICOS

Todas as células editadas pelo KIC foram checadas, em termos de geometria, pelo DRC. Pelo Tiradentes, foi obtido o circuito elétrico de cada célula, e estando esse de acordo com o original (projeto), foi feita uma simulacão elétrica de cada

célula, com o objetivo de se avaliar o seu comportamento elétrico.

No CPqD - TELEBRÁS. a simulacão elétrica é feita utilizando-se o sistema Mascote. O sistema Mascote adota a versão 1.02 do simulador de circuito elétrico AMI-SPICE (algumas vezes referido somente como SPICE). O programa AMI-SPICE é uma versão melhorada do programa original SPICE.

4.3.1. SIMULADOR SPICE

O SPICE é um programa simulador de circuitos elétricos para análises dc não-lineares, transientes não lineares e também para análises ac lineares. Os circuitos elétricos podem conter resistores, capacitores, indutores, fontes dependentes, fontes independentes, linhas de transmissão e semicondutores (diodos, transistores BJT, JFET e MOSFET). A AMI-SPICE usa o modelo AMI-SPICE para simular os transistores MOS.

Na análise dc, o SPICE determina o ponto de operacão dc do circuito, curto-circuitando indutores e abrindo capacitores. A análise dc é feita automaticamente antes da análise transiente, pois determina as condicões iniciais ao transiente.

Na análise transiente, o SPICE determina as variáveis de saída como funcão de tempo sobre o intervalo dado pelo usuário. As condicões iniciais são dadas pela análise dc e todas as fontes não dependentes do tempo (fonte da alimentacão, por exemplo), são ajustadas em seu valor contínuo.

A solucão dc e as solucões de convergência são obtidas por um processo iterativo, que termina quando:

a) as variacões não lineares de corrente convergem para uma tolerância de 0,1% ou 1pA (o que for maior), e

b) tensões nos nós convergem para uma tolerância de 0,1% ou 1uV (o que for maior).

Apesar do algoritmo usado no SPICE ser bem confiável, algumas vezes pode não haver convergência. Quando ocorre essa falha, o programa imprime as tensões dos nós na última iteracão e encerra o processamento. Nesses casos, os valores de tensão impressos não são necessariamente corretos ou próximos da solucão. Esses erros podem ocorrer devido à não convergência dc (conexões incorretas, valores inadequados de componentes, etc), ou também devido à não convergência ac.

O circuito a ser analisado é descrito como um conjunto de comandos que definem a topologia do circuito e os valores dos elementos. Cada elemento no circuito é especificado por um comando que contém o nome do elemento, os nós do circuito aos quais está ligado, e os valores dos parâmetros que determinam as características elétricas do elemento. Para o caso de semicondutores (transistores MOS, em especial) há também outros parâmetros.

Assim, como exemplo um capacitor é especificado por:

C.<nome> n+ n- valor [c.i]

onde

- C. identifica ser um capacitor .

- <nome> estabelece um nome ao capacitor
- n+ n- nós positivo e negativo onde o capacitor é ligado
- [c.i] condicão inicial de carga (opcional)

Analogamente,um transistor é especificado por:

N.<nome> nd ng 'nb modelo [L[W[ad[as[pd[ps]]]]]]

onde

- "nd", "ng", "ns" e "nb" são os nós de dreno, gate, fonte e corpo (substrato), respectivamente.
- "modelo" identifica se é transistor de canal p ou de canal n.
- "L" e "W" especifica o comprimento e a largura do canal (em metros).
- "ad" e "as" especifica a área do dreno e da fonte dos transistores (em metros quadrados).
- "pd" e "ps" especifica o perímetro do dreno e da fonte dos transistores (em metros).

As três últimas especificacões são opcionais e caso não sejam indicadas, o programa usará valores próprios. Pode haver outras especificacões além das indicadas, embora não de uso comum.

4.3.2 SIMULACÃO SPICE

Para a simulacão de uma célula qualquer, usa-se como parte da descricão do circuito, o arquivo de saída (.ELT)

proveniente do Tiradentes.

O arquivo [.ELT] fornece a descrição dos transistores que compõem a célula, assim como todas as capacitâncias parasitas envolvidas no circuito. Dessa forma, é necessário apenas acrescentar alguns comandos, ou seja:

- Nome para o circuito (célula):

  Name: <nome>

- Tensão de alimentação da célula:

  VFI.<nome> N+ N- valor

- Condições iniciais em cada nó:

  IC nó valor

- Sinal de entrada, que consta de valor inicial (vi), valor de pulso (vp), atraso (td), tempo de subida (tr), tempo de descida (tf), largura de pulso (pw) e período do sinal (per):

  VPU. nó N+ N- Vi Vp [td[tr[tf[pw[per]]]]]

- variáveis (nós) a serem plotados:

  GTV ni

- Escala de plotagem, indicando níveis de tensão de plotagem:

  Sca inf sup

- Incrementos com os quais deve haver plotagem e término de plotagem

  TRA t.incremento t.parada

Também, dependendo da célula e dos sinais de entrada, outos comandos podem ser dados, como

Limpts: ajuste do número máximo de pontos a serem plotados

(o default é 201)

Reltol: alteracão no erro de tolerância da convergência

(o default é 0,1%)

Abstol: alteracão na tolerância de corrente de convergência

(o default é 1pA)

VNTOL: alteracão na tolerância de tensão de convergência

(o default é 1uP).

Pode ainda haver outros comandos, porém; para as células Standad Cells, estas são suficientes.

Como o interesse é saber se cada célula está funcionando adequadamente, nessa simulacão não é colocada uma carga (capacitância) na saída. O Anexo F apresenta a simulacão para cada uma das células da biblioteca, sendo indicado o significado de cada número plotado.

A primeira célula cuja simulacão está apresentado no Anexo F é o inversor. O "1" (nó 4) corresponde à entrada e o "0" (N3) corresponde à saída. Pode ser verificado que essa célula funciona adequadamente como um inversor.

A simulacão seguinte é correspondente ao NO035 (gate não-Ou de 3 entradas). Nesta simulacão o "3" corresponde à saída e os demais ("0", "1" e "2") correspondem às entradas. Por simplicidade é ilustrado o comportamento dessa célula mantendo-se fixas duas entradas e variando a terceira. O "x" representa a sobreposicão, no gráfico, de dois sinais.

A terceira simulacão é correspondente à da célula não-E de 2 entradas (NA023). O "0" e o "1" correspondem às entradas, variando ao mesmo tempo (por simplicidade), e o "2" corresponde à

saída. Como "0" e "1" variam ao mesmo tempo, são representados por "x".

A célula OR043 (célula OU de quatro entradas) é a quarta simulacão apresentada. O "4" é a saída e os demais ("0", "1", "2" e "3") correspondem às entradas, e por simplicidade somente há a variacão de uma entrada.

A célula AND43 (célula E de quatro entradas) é a quinta simulacão apresentada. Nesta simulacão o "4" corresponde a saída e os demais ("0", "1", "2" e "3") representam as entradas, por simplicidade, somente há a variacão de uma entrada.

O flip-flop D corresponde à última simulacão. O "0" representa o sinal de CLK, o "1" representa a entrada D, o "2" representa o sinal de preset (ativo em nível baixo), o "4" representa a saída Q e o "5" representa a saída não Q, ou NQ.

Inicialmente há o pulso de clock ("0") com a entrada D ("1") em zero (L). Assim Q ("4") vai para nível baixo (L) e NQ ("5") vai para nível alto (H), o sinal de clock ("0") volta à zero (L) e a entrada D ("1") também, e ocorrendo clock, a saída Q vai para nível alto (H) e a saída NQ para nível baixo (L). O clock volta à zero e a entrada D também, ocorrendo um pulso de clear (2), isto é, a entrada clear indo à zero por um certo período de tempo, a saída Q vai à zero, e logo após, ocorrendo um pulso de preset (3), a saída Q vai à nível alto. Essa simulacão demonstra o funcionamento adequado dessa célula.

Por questões de facilidade, a Tab. 4.1. apresenta cada célula, indicando o número do nó usado pelo SPICE, o dígito representando esse nó na simulacão e o que significa cada nó.

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca MAUÁ BIM

Tab. 4.1 - Células simuladas pelo SPICE (Legenda)

CÉLULA	NÓ	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
IN015	N3	(0)	Q
	N4	(1)	A
NO035	N8	(0)	A
	N9	(1)	B
	N10	(2)	C
	N5	(3)	Q
NA023	N5	(0)	A
	N6	(1)	B
	N3	(2)	Q
OR043	N8	(0)	A
	N9	(1)	B
	N10	(2)	C
	N11	(3)	D
	N7	(4)	Q
AN043	N8	(0)	A
	N9	(1)	B
	N10	(2)	C
	N11	(3)	D
	N4	(4)	Q
DF128	N24	(0)	CLK
	N26	(1)	D
	N25	(2)	CLR (R)
	N27	(3)	PRS (S)
	N14	(4)	Q
	N15	(5)	NQ

Esta mesma tabela é adicionada no início do Anexo F para facilitar a observacão das simulacões SPICE.

5. CARACTERIZACÃO

Através da simulacão foi possível verificar o funcionamento de cada célula que, como visto, está de acordo com o projeto elétrico. Porém, para o uso adequado das células em projetos de Circuitos Integrados, é necessário saber também o tempo de propagacão das células em funcão da carga e, para o caso de flip flops, é necessário também o "set up time", o "hold time" e a largura mínima dos pulsos de "preset" e "clear".

5.1. TEMPO DE PROPAGACÃO

O tempo de propagacão é o intervalo de tempo entre um ponto de referência na entrada, com a entrada variando de um nível lógico para outro, e um ponto de referência na saída, com a saída variando de um nível lógico para outro. No CPqD-TELEBRÁS considera-se essa referência como sendo 50% da tensão de alimentacão. Portanto:

tplh: tempo entre a excitacão de entrada e a avariacão da saída de nível baixo (L) para nível alto (H).

tphl: tempo entre a excitacão de entrada e a variacão da saída de nível alto (H) para nível baixo (L).

Os tempos de propagacão (tplh e tphl) podem ser melhor visualizados na Fig. 5.1.

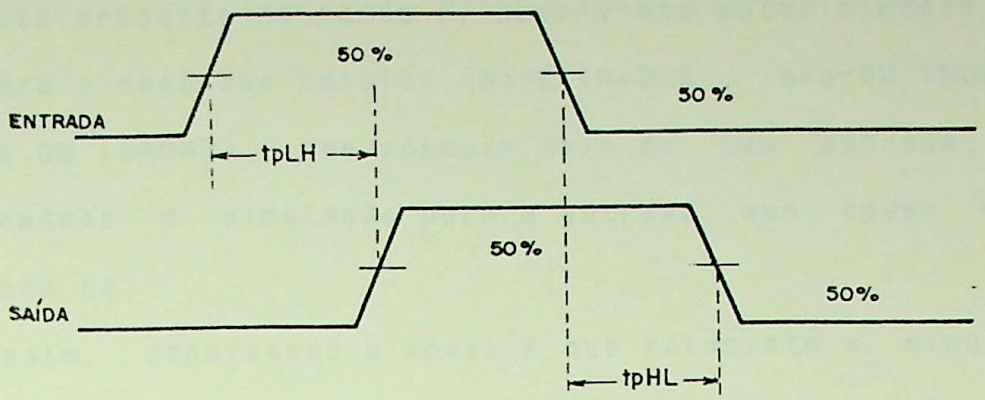


Fig.5.1. tplh e tphl

Para uma célula estar caracterizada, deve-se determinar o tplh e o tphl na condicão sem carga na saída e também a variacão destes tempos em funcão da carga.

Não havendo carga na saída, tplh e tphl são denominados tdr e tdf, respectivamente, e quando houver carga na saída, os tempos de propagacão são calculados por:

$$tplh = tdr + Ktdr*Cl \qquad (5.1)$$

$$tphl = tdf + Ktdf*Cl \qquad (5.2)$$

onde,

Cl é a carga, que pode ser capacitância de interconexões e capacitâncias correspondentes à entrada de outras células.

Ktdr e Ktdf são os coeficientes de variacão do tempo de propagacão em funcão da carga.

Os tempos de propagacão tdr e tdf são obtidos diretamente da simulacão da célula, sem carga de saída, e essa

simulacão está presente no Anexo F, como visto anteriormente.

Para o caso das células não-E (NA023), não-OU (NO035), E (AN043) e OU (OR043), que possuem mais de uma entrada, foi ilustrado apenas a simulacão para a entrada que causa maior atraso, quando há.

Assim, observando o Anexo F que apresenta a simulacão de todas as células (tal como analisado no capítulo anterior), pode-se obter o tdr e o tdf para cada uma das células, que é apresentado na Tab. 5.1.

Tabela 5.1 - tdr e tdf (em ns)

CÉLULA	tdr	tdf
IN015	0,2	0,2
NO035	0,4	0,6
NA023	0,3	0,5
OR043	1,05	0,95
AN043	0,85	0,85
DF128		
C para Q	2,1	2,1
C para NQ	1,3	1,5
SN para Q	1,8	-
SN para NQ	-	1,2
RN para Q	-	0,85
RN para NQ	2,0	-

Os coeficientes Ktdr e Ktdf podem ser calculados rearranjando-se as equacões (5.1) e (5.2):

$$Ktdr = (tplh - tdr)/Cl \quad (5.3)$$

$$Ktdf = (tphl - tdf)/Cl \quad (5.4)$$

Logo, dispondo-se de tdr e de tdf (Tab. 5.1), bem como de tplh e tphl por uma nova simulacão com algum valor de carga Cl, pode-se calcular os coeficientes Ktdr e Ktdf.

O Anexo G apresenta novas simulacões para as células, com carga Cl= 0,5 pF. Nessas novas simulacões, por questão de simplicidade, só é apresentada a descricão de cada célula e o resultado da sua simulacão, omitindo-se os dados intermediários da simulacão SPICE.

Observando-se o Anexo G, pode-se montar uma tabela de tplh e tphl para cada célula e para Cl = 0,5 pF, tal como a Tab. 5.2.

Assim, dispondo-se das Tabs. 5.1 e 5.2, e das Eqs. (5.3) e (5.4), calcula-se os coeficientes Ktdf e Ktdr. A Tab. 5.3. apresenta os valores dos coeficientes Ktdf e Ktdr.

Tabela 5.2 - tplh e tphl (em ns) para Cl = 0.5 pf

CÉLULA	tplh	tphl
IND15	0,55	0,65
NOD35	0,8	1,10
NAD23	1,0	1,20
ORD43	1,6	1,6
AND43	1,4	1,5
DF128		
C para Q	2,3	2,25
C para NQ	1,5	1,8
SN para Q	2,1	-
SN para NQ	-	1,5
RN para Q	-	1,1
RN para NQ	2,3	-

Tabela 5.3 - Coeficientes Ktdf e Ktdr (em ns/pF)

CÉLULA	Ktdr	Ktdf
IN015	0,7	0,9
NO035	0,8	1
NA023	1,4	1,4
OR043	1,1	1,3
AN043	1,1	1,3
DF128		
C para Q	0,4	0,3
C para NQ	0,4	0,6
SN para Q	0,6	-
SN para NQ	-	0,6
RN para Q	-	0,5
RN para NQ	0,6	-

Quando o usuário da biblioteca de Standard Cells conecta algumas células (como na Fig. 5.2) e deseja calcular o tphl e o tplh para a célula M1, ele deve dispor do valor da capacitância de entrada das células M2 e M3 (considerando as interligacões sem efeito capacitivo) e utilizar as Eqs. (5.1) e (5.2).

Os valores das capacitâncias de cada entrada podem ser obtidas diretamente do arquivo de saída do Tiradentes (Anexo E), ou mesmo em alguma das simulacões SPICE (Anexo F ou Anexo G). As capacitâncias de cada entrada das células estão apresentadas na Tab. 5.4.

Tabela 5.4 - Capacitância de entrada

CÉLULA	ENTRADA (NÓ)	CAPACITÂNCIA (fF)
IND15	1 (N4)	5,210
ND035	0 (N8)	8,424
	1 (N9)	7,572
	2 (N10)	7,233
NA023	0 (N5)	5,507
	1 (N6)	4,776
OR043	0 (N8)	6,336
	1 (N9)	5,602
	2 (N10)	5,030
	3 (N11)	4,630
AND43	0 (N8)	5,866
	1 (N9)	5,943
	2 (N10)	5,032
	3 (N11)	5,002
DF128	0 (N24)	20,09
	1 (N26)	4,408
	2 (N25)	18,61
	3 (N27)	14,17

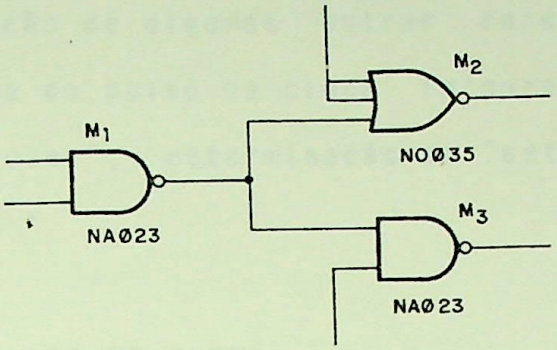


Fig. 5.2 - Conexão Típica

O usuário que conectar algumas células, tal como apresentado na Fig. 5.2, pode calcular o tphl e o tplh para a célula M1, usando as Eqs. (5.1) e (5.2), ou seja:

$$tplh = tdr + Ktdr*Cl$$

$$tphl = tdf + Ktdf*Cl$$

Para tanto, o usuário deve consultar a Tab. 5.1 (obter tdr e dtf), Tab. 5.3 (Ktdr e Ktdf) e a Tab. 5.4 (Cl das células). O usuário, de acordo com o projeto, também deve adicionar à Cl o valor da capacitância das linhas de interconexão. O anexo I apresenta uma folha de dados para cada célula, contendo as informacões anteriores e algumas outras, de interesse para o usuário das células dessa biblioteca.

5.2. CARACTERIZACÃO DO FLIP FLOP

Além de tempos de propagacão já analisados, o flip-flop exige a determinacão de algumas outras características, tais como: largura mínima do pulso de clock, largura mínima dos pulsos de "clear" e de "preset", determinacão de "set up time" e "Hold time".

5.2.1. LARGURA DE PULSO DE CLOCK

Para que o flip flop possa operar corretamente, isto é, para que seja capaz de armazenar a informacão presente na sua entrada, é necessário que o pulso de clock tenha uma duracão mínima. Caso contrário, a informacão não é memorizada.A largura de pulso é o intervalo de tempo entre pontos de referência na rampa de subida e na rampa de descida de um sinal pulsado. No caso do CPqD-Telebrás, os pontos de referência correspondem à 50% da amplitude do sinal.

Obtém-se o valor mínimo da largura de pulso de clock através de sucessivas simulacões no SPICE, e cada simulacão com uma largura de pulso mais estreita. A simulacão com a mínima largura de pulso, para o qual o clock ainda funciona, é então considerada.

O Anexo H apresenta como primeira simulacão o caso em que o pulso é muito estreito e o flip flop não responde. Para essa simulacão só é apresentado, por questão de facilidade, a área de interesse na simulacão. A segunda simulacão SPICE,

ilustra a largura mínima do pulso de clock para o qual o flip-flop funciona corretamente.

Observando a segunda simulacão do Anexo H, pode-se verificar que a largura de pulso (tw) para o clock é (em ns):

twc = 1,6

Considerou-se a largura mínima do pulso em nível lógico alto e nada é mencionado sobre a largura mínima de pulso em nível lógico baixo, pois considera-se o ciclo de trabalho (relacão largura do pulso em nível lógico alto sobre o período) de pelo menos 50%.

5.2.2 LARGURA DE PULSOS DE "CLEAR" E DE "PRESET"

Da mesma forma que os pulsos de clock, o flip-flop exige uma largura mínima de pulsos de "clear" e de "preset" para operar adequadamente. O pulso de "clear" (ou "reset") faz com que o flip-flop armazene nível lógico baixo (L) , independente do valor das entradas D e CLK e independente da informacão previamente armazenada.

O pulso de "preset" (ou "set") faz com que o flip-flop armazene o nível lógico alto (H), independente do valor das entradas CLK e D e também independente da informacão armazenada no flip-flop antes desse sinal.

Os sinais de "clear" e "preset" só são ativos (isto é, só funcionam) quando estão em nível baixo. Assim, devem ser

mantidos em nível lógico alto enquanto não forem utilizados. Os pulsos de "clear" e "preset" são sinais com pouca duracão em nível lógico baixo.

A terceira simulacão do Anexo H apresenta as larguras mínimas dos pulsos de "clear" e de "preset". Pode ser observado que o pulso de "preset" quase não consegue operar as saídas (Q e NQ). Pela simulacão pode ser verificada a largura mínima do pulso de "preset" (tws) e o pulso de "clear" (twr), que são (em ns):

tws = 1,2

twr = 1,2

5.2.3. "HOLD TIME" E "SET UP TIME"

Para um flip-flop, "set up time" (tsu) é o intervalo de tempo mínimo em que a entrada de dados deve estar estável antes da excitacão de clock. Já o "hold time" (th) é o intervalo de tempo mínimo em que a entrada deve estar estável após a excitacão de clock. A Fig. 5.3 ilustra o "set up time" e o "hold time".

O "set up time" e o "hold time" são obtidos por sucessivas simulacões SPICE, em que esses intervalos de tempoasão reduzidos. O mínimo intervalo de tempo em que o flip-flop funciona adequadamente é então considerado.

A quarta simulacão presente no Anexo H, ilustra uma situacão em que o "set up" é muito pequeno e o flip-flop não operou adequadamente. Na simulacão seguinte é ilustrado o mínimo

Escola Federal de Engenha
Biblioteca
MAUÁ
BIM

"set up time" em que o flip flop funciona. Para esse caso, o "set up time" é (em ns):

tsu = 1,0

A última simulacão presente no Anexo H apresenta o "hold up" mínimo em que o flip-flop opera adequadamente, e que vale (em ns):

th = 1,5

Os valores de "set up time", "hold time", largura de pulso de "clear" e de "preset" e, largura de pulso de clock são adicionados à folha de dados do flip-flop presente no Anexo I.

A fase de caracterizacão do flip-flop consome muito tempo, dada a necessidade de inúmeras simulacões para se obter os valores mínimos de tempo, com os quais o flip-flop funciona adequadamente. Vale a pena resaltar que os valores obtidos na caracterizacão são válidos para tensão e temperatura nominal de operacão. Para valores maiores de temperatura, a velocidade de operacão decresce, o mesmo para valores menores de tensão.

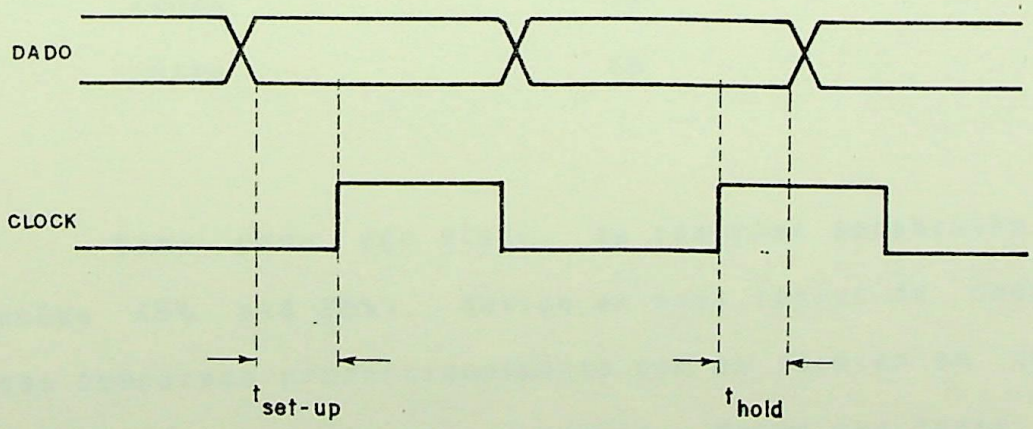


Fig. 5.3 - "Set up Time" e "Hold Time"

6.CONCLUSÃO

Observando-se as medidas de altura e de comprimento de cada uma das células obtidas nesse trabalho, em tecnologia CMOS de 1,25 um de comprimento de canal, e comparando essas medidas com as medidas análogas em células com tecnologia de 2 um de comprimento de canal, observa-se uma redução de 27% em altura. Observa-se também reduções nos comprimentos de cada célula, como ilustrado na Tab. 6.1.

Tabela 6.1. - Reducões em Comprimento

CÉLULA	REDUCÃO EM COMPRIMENTO (%)
IN015	10
NO035	9
NA023	5
OR043	25
AN043	19
DF128	25

Como pode ser visto, as reducões apresentam grandes variacões (5% até 25%), devido ao novo layout de cada célula (quando comparado proporcionalmente com as células em tecnologia de 2,0 um de comprimento de canal). Mesmo que fosse feito o layout das células em 1,25 um, simplesmente alterando-se as

medidas das células em 2,0 um, a redução das células não seria proporcional à uma redução de 2,0 para 1,25, visto que as regras de projeto não variam proporcionalmente de 2,0 para 1,25. Há inclusive medidas que não se alteram, como por exemplo, o espaçamento entre linhas de metal.

Como exemplo ilustrativo, se for montado um circuito que utilize uma de cada célula presente na biblioteca deste trabalho, essa estrutura irá utilizar 41,8% a menos de área de silício quando comparada com uma similar feita com células em tecnologia de 2,0 um de comprimento de canal.

De outra maneira, pode ser observado, que no pior caso (célula NA023), houve uma redução em área de 30% e no melhor caso (OR043 ou DF128) houve uma redução em área de 45%. Assim, qualquer que seja o projeto, há pelo menos 30% de redução em área.

Se for feito um chip com o exemplo citado anteriormente (redução de 41,8% de área), pode ser observado cerca de 70% de aumento no número de pastilhas disponíveis por wafer [10]. Pois o número máximo de pastilhas geometricamente possível por wafer é dado por:

$$N = [\text{área do wafer}]/Z^{**}2 - 3,54*R/Z + 0,94$$

Onde:

Z** :área de cada pastilha (considera-se cada pastilha como sendo quadrada)

R : raio do wafer

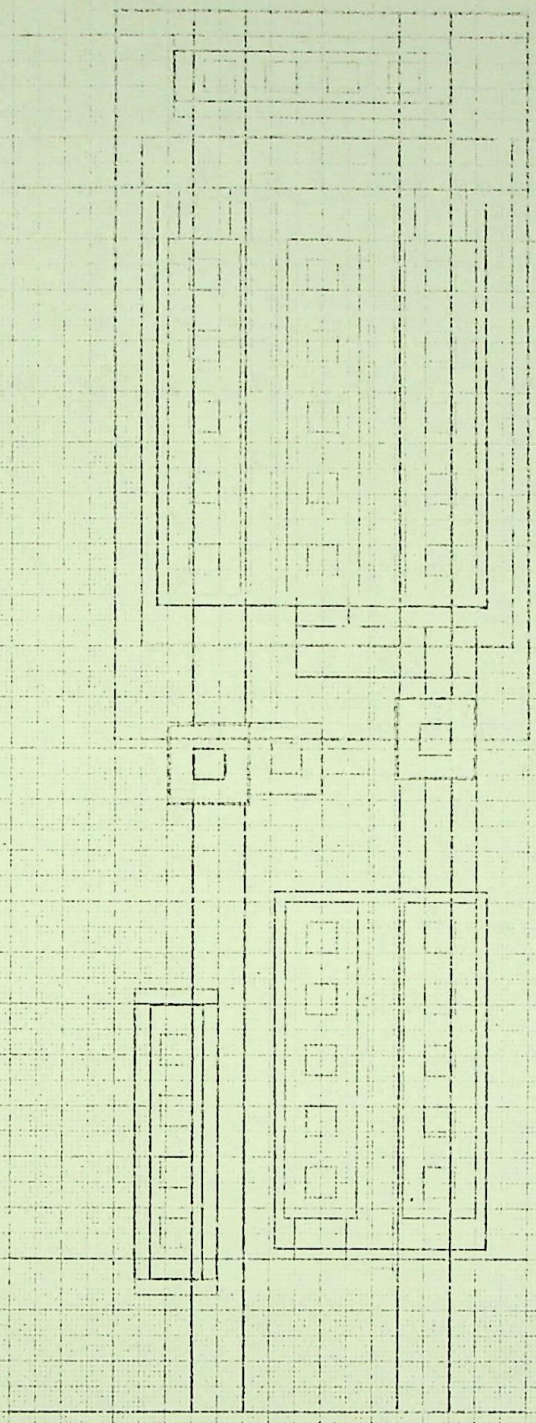
O aumento do número de pastilhas por wafer é funcão

exclusiva da redução de área. Entretanto, esse número pode crescer devido a redução das falhas no silício, ou seja , se há um certo número de falhas no silício, quanto maior o número de pastilhas, menor será a incidência de falhas por pastilha.

Assim, com uma redução de área de 41,8%, tem-se um aumento de cerca de 70% de pastilhas por wafer, reduzindo dessa forma o custo de cada pastilha em cerca de 59%.

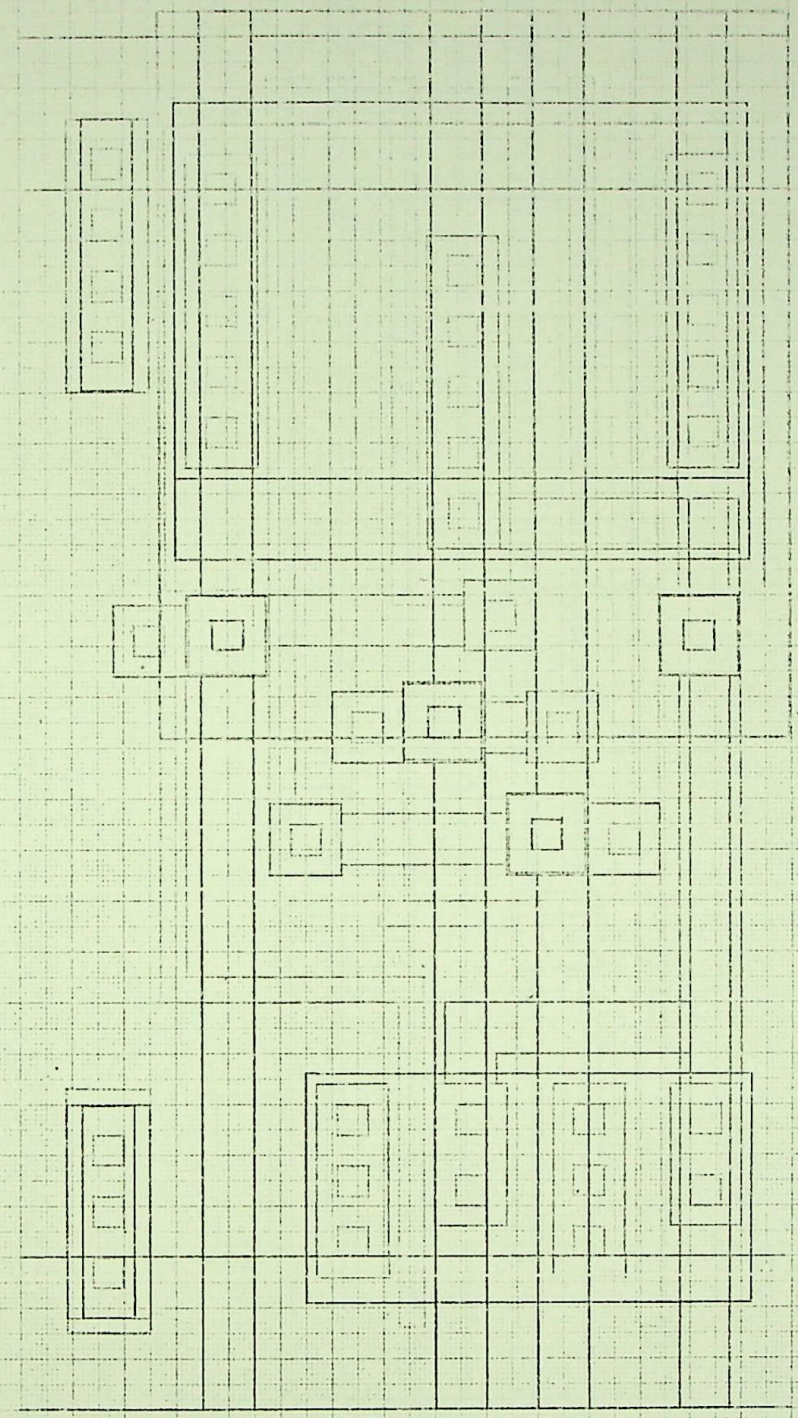
ANEXO A

LAYOUT DAS CÉLULAS (EM PAPEL MILIMETRADO)



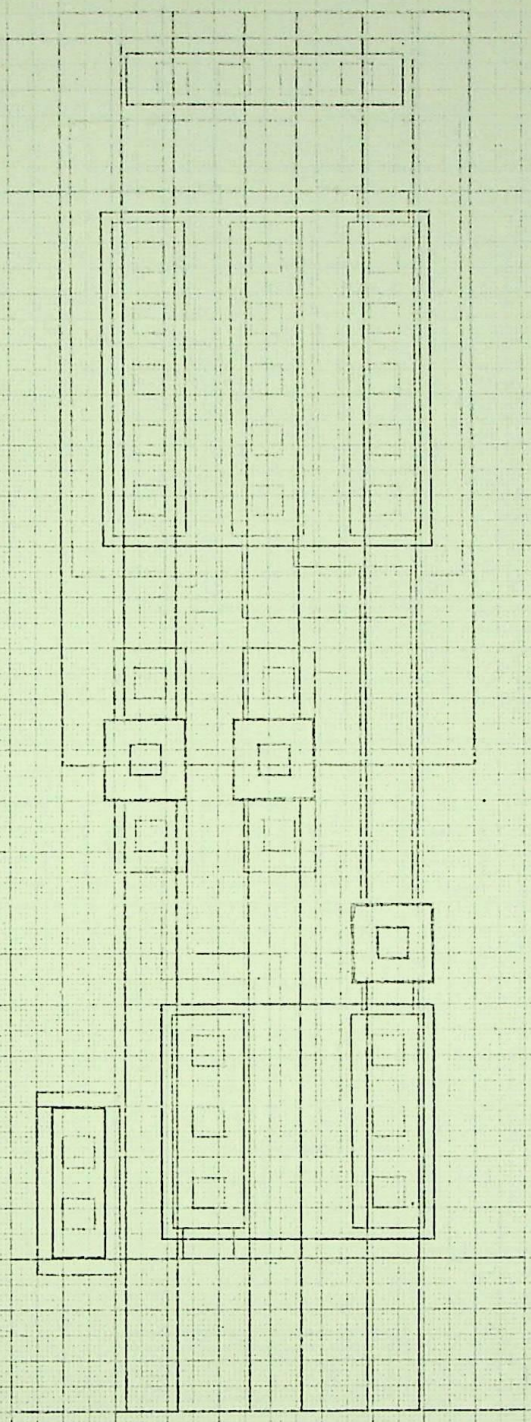
IN ØIS

IN (0,5)



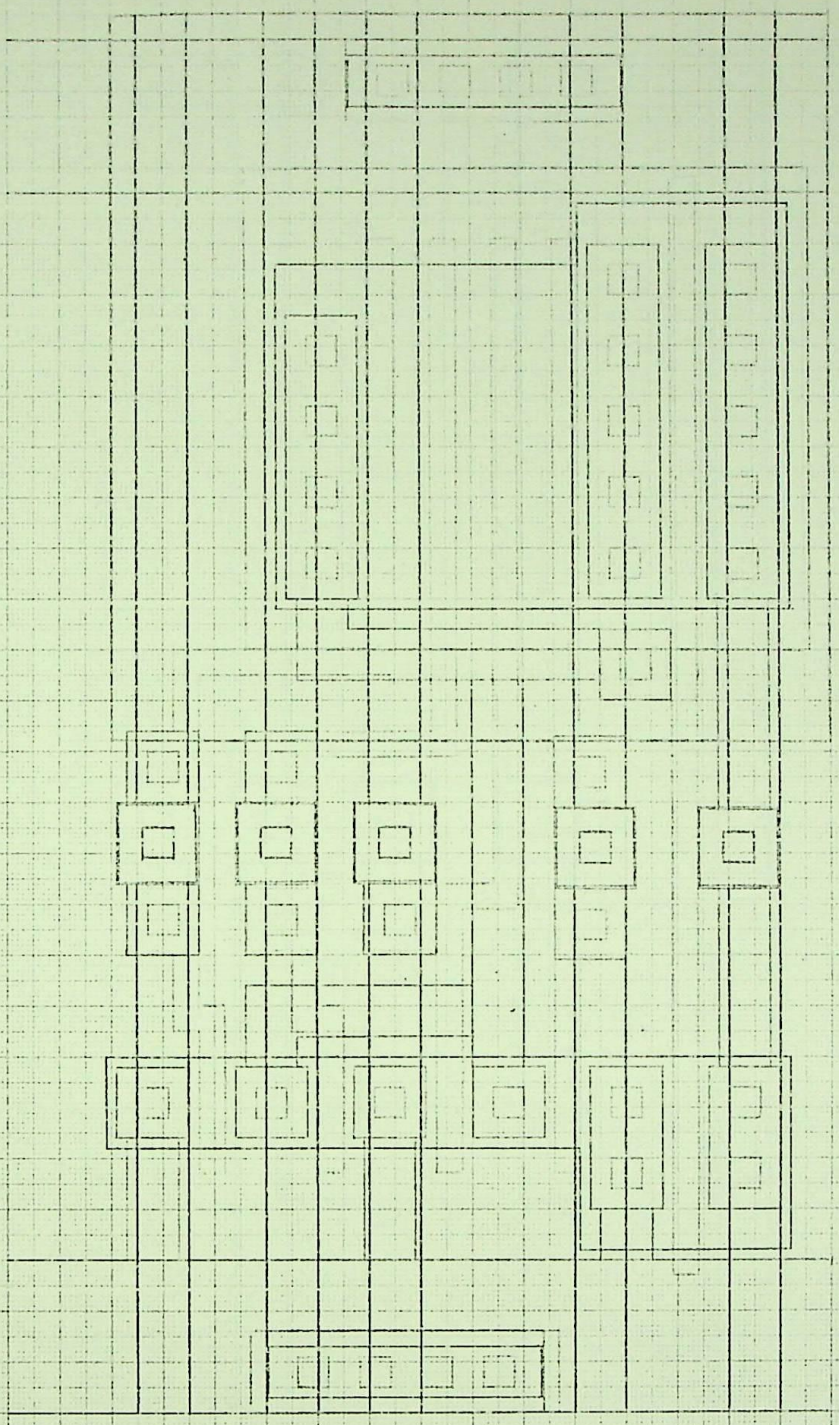
NØ35

NØ3 (035)



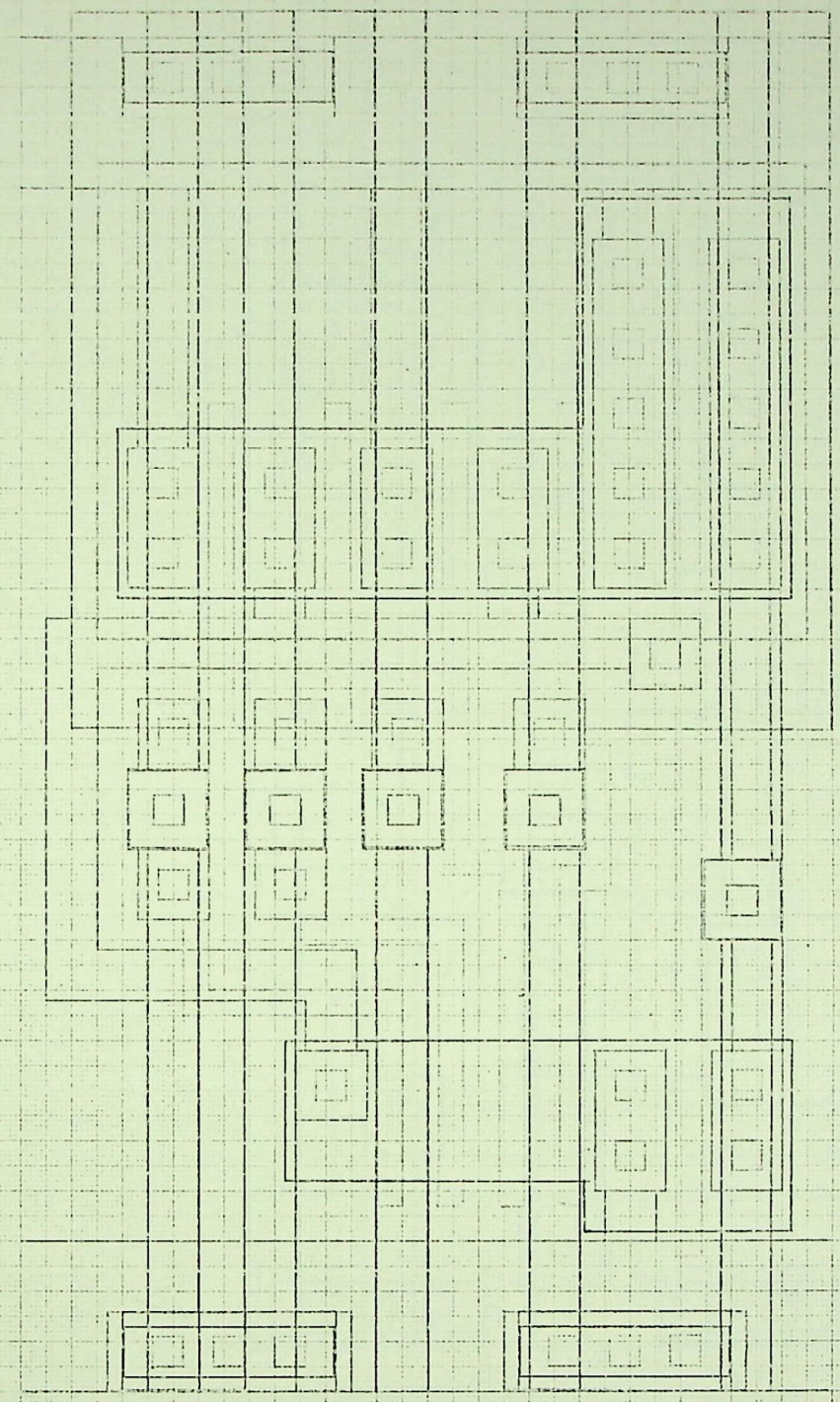
NAØ23

NA 023



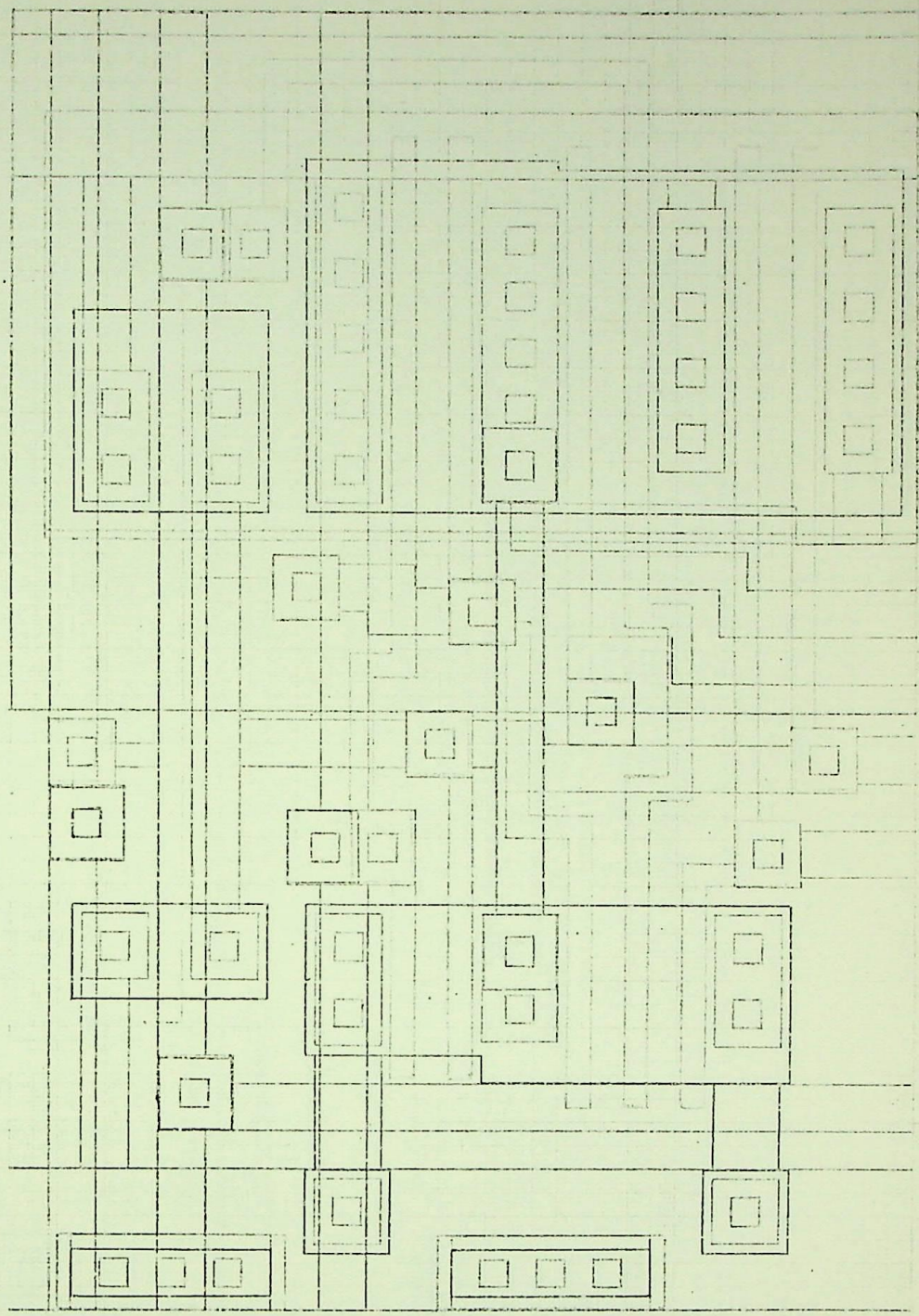
OR Ø43

OR 4 (043)



AN 043

AND 4 (043)

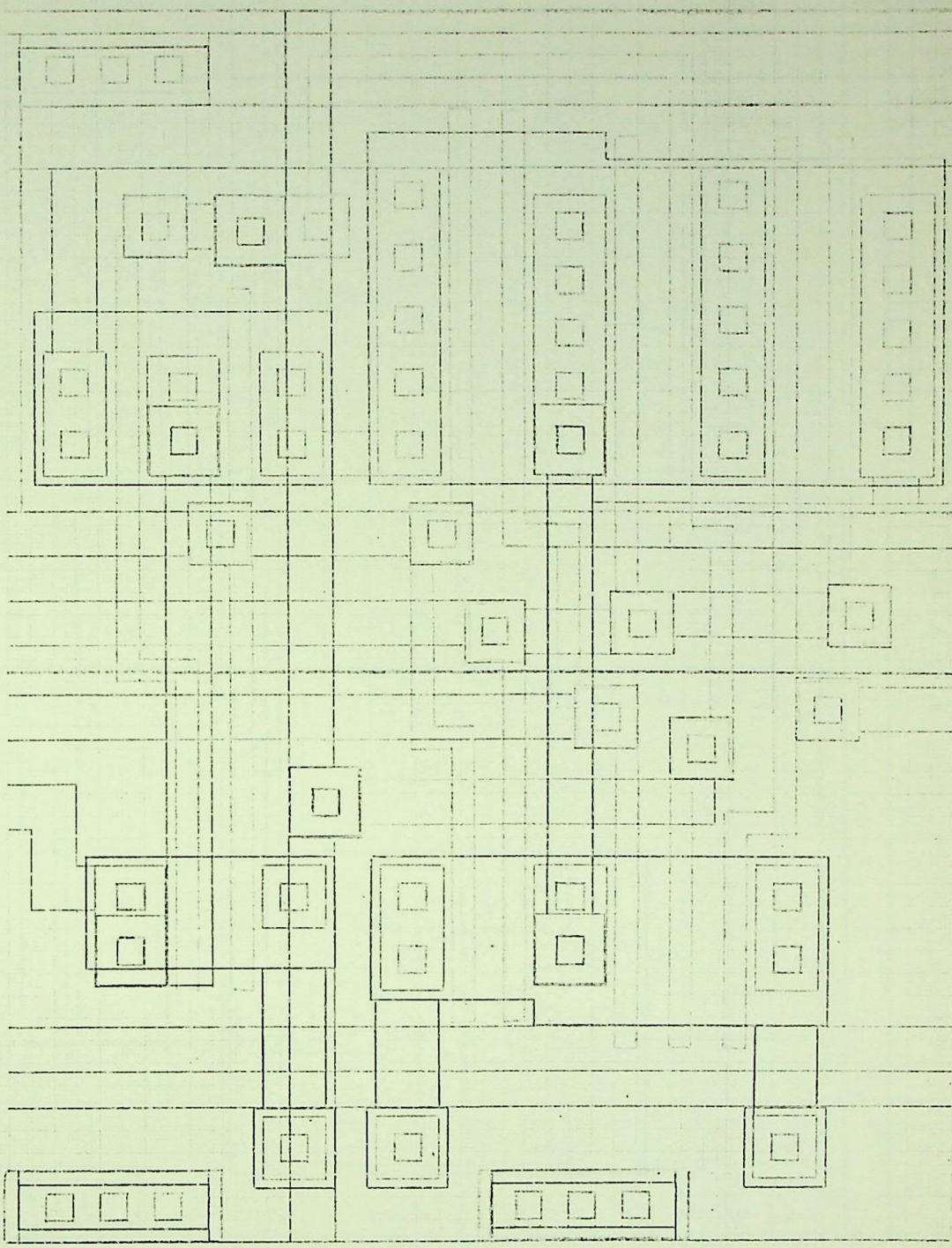


SCALA :
1000 : 1

- ☐ N WELL
- ☐ DIFUSAO
- ☐ POLY
- ☐ IMPLANTE P
- ☐ CONTATOS
- ☐ METAL 1
- ☐ VIA
- ☐ METAL 2

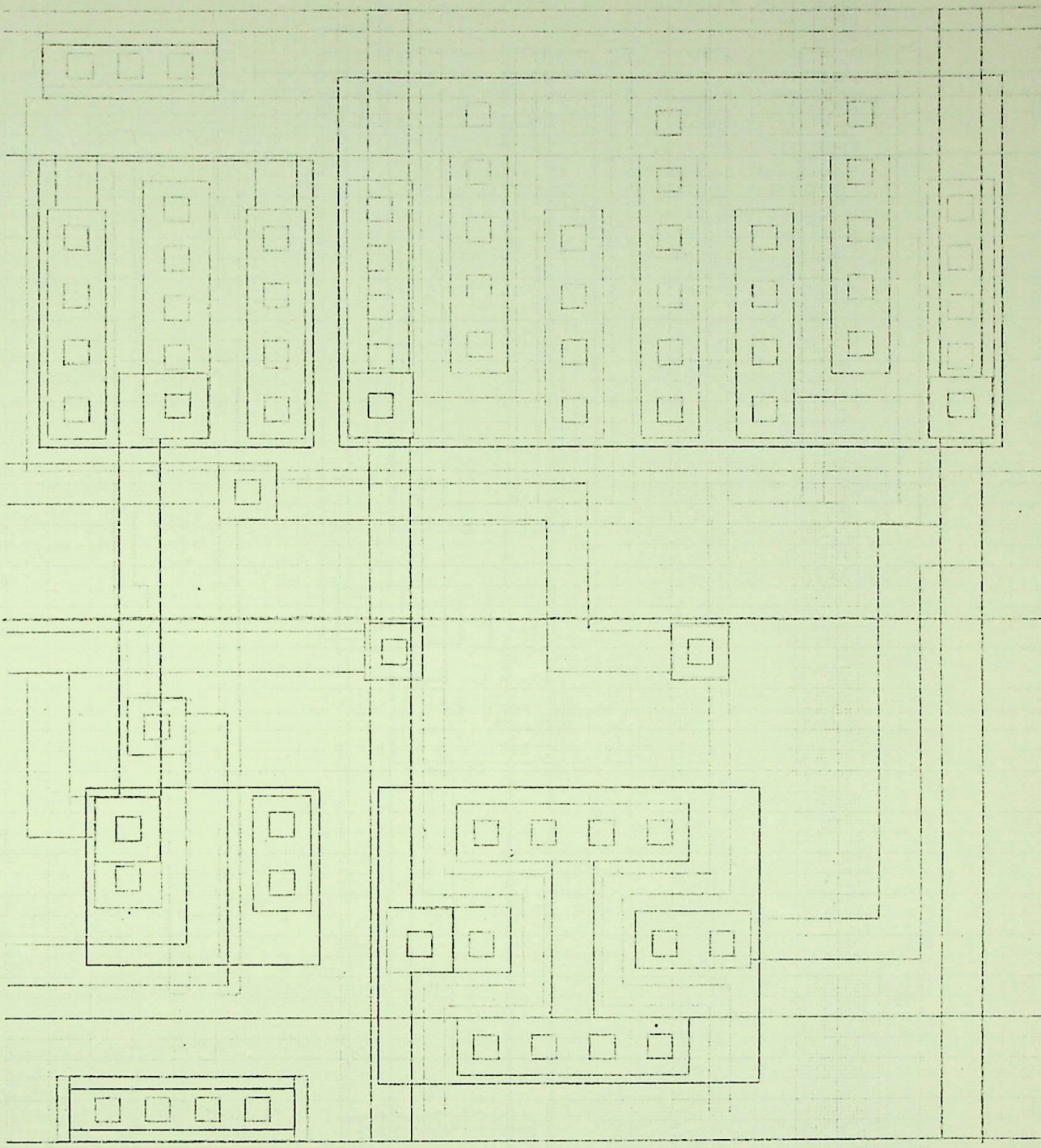
DF 128 A

FFD (SR) 128 - 1



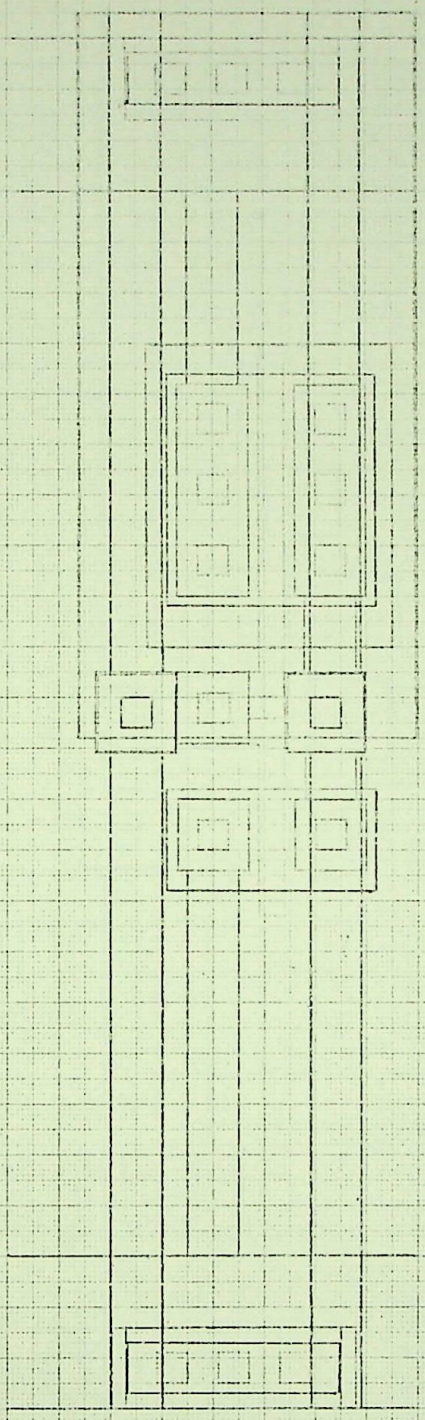
Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca MAUÁ BIM

NF 128 B
FFD (SR) 128 - 2



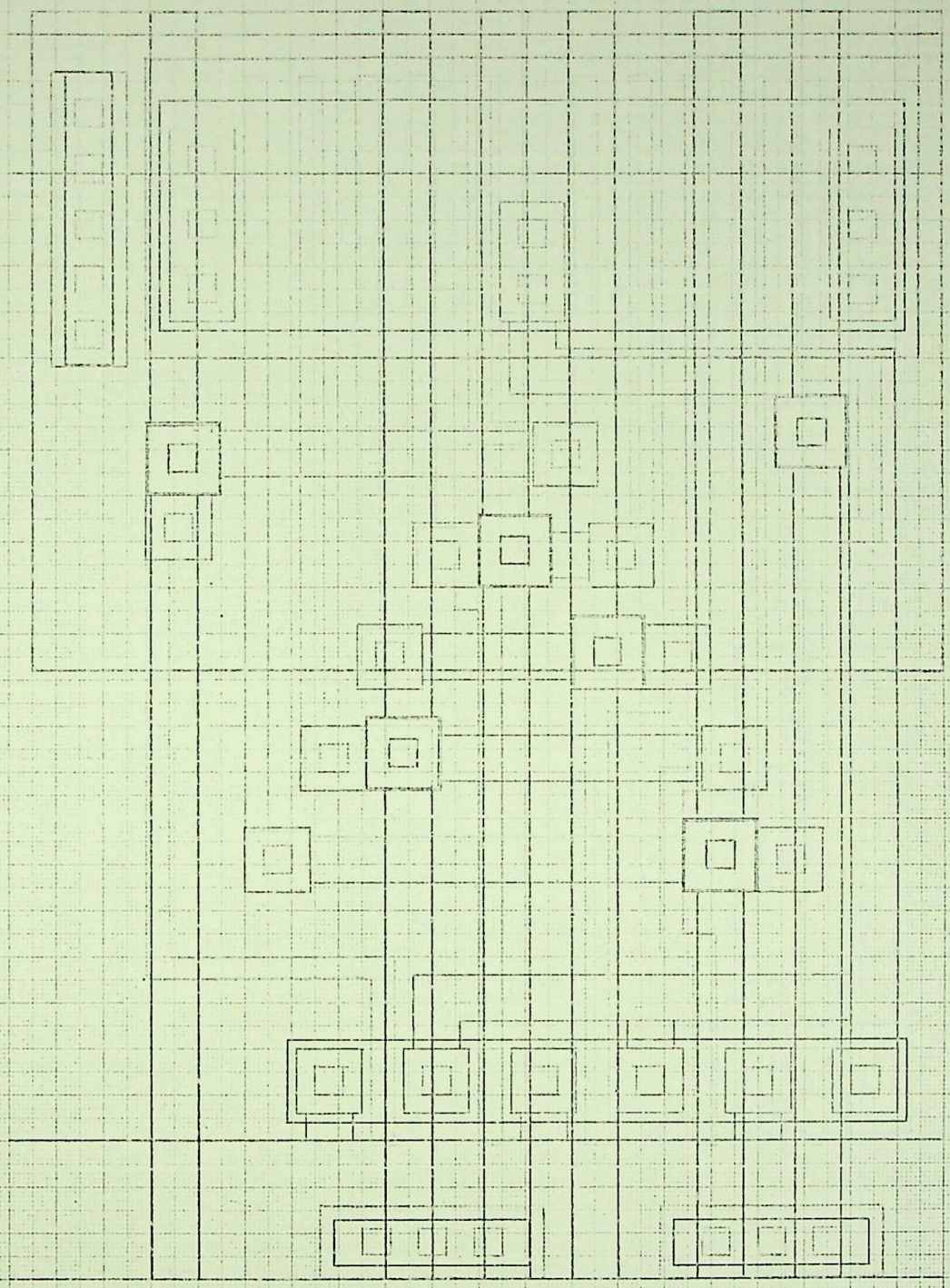
DF 128 C

FFD (SR) 128 - 3



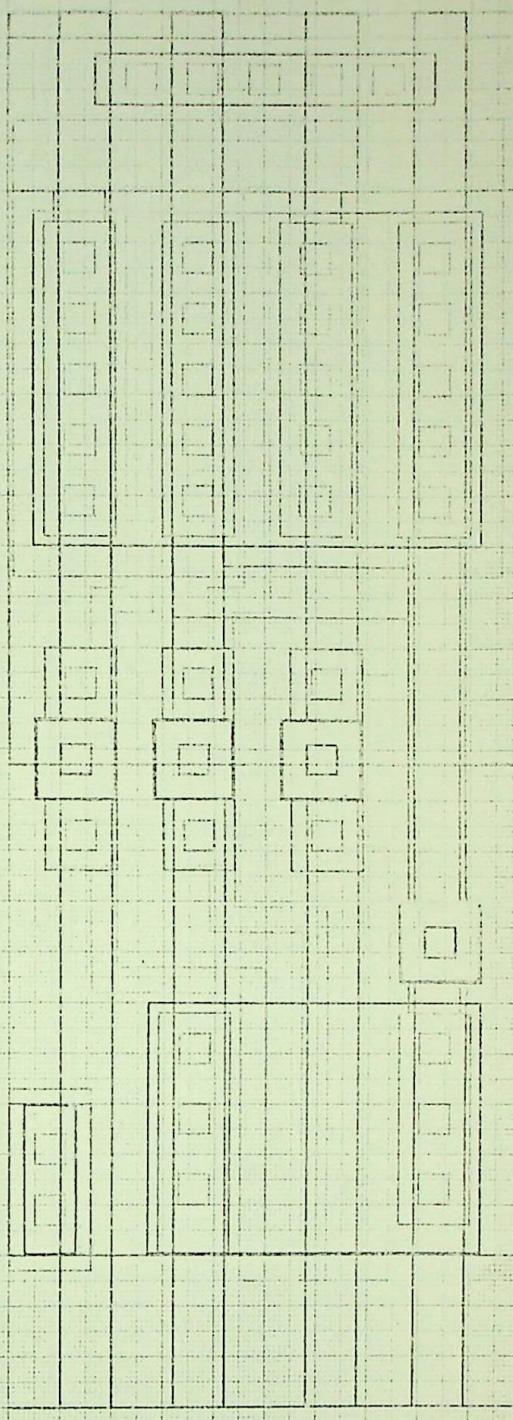
IN Ø12

1N (012)



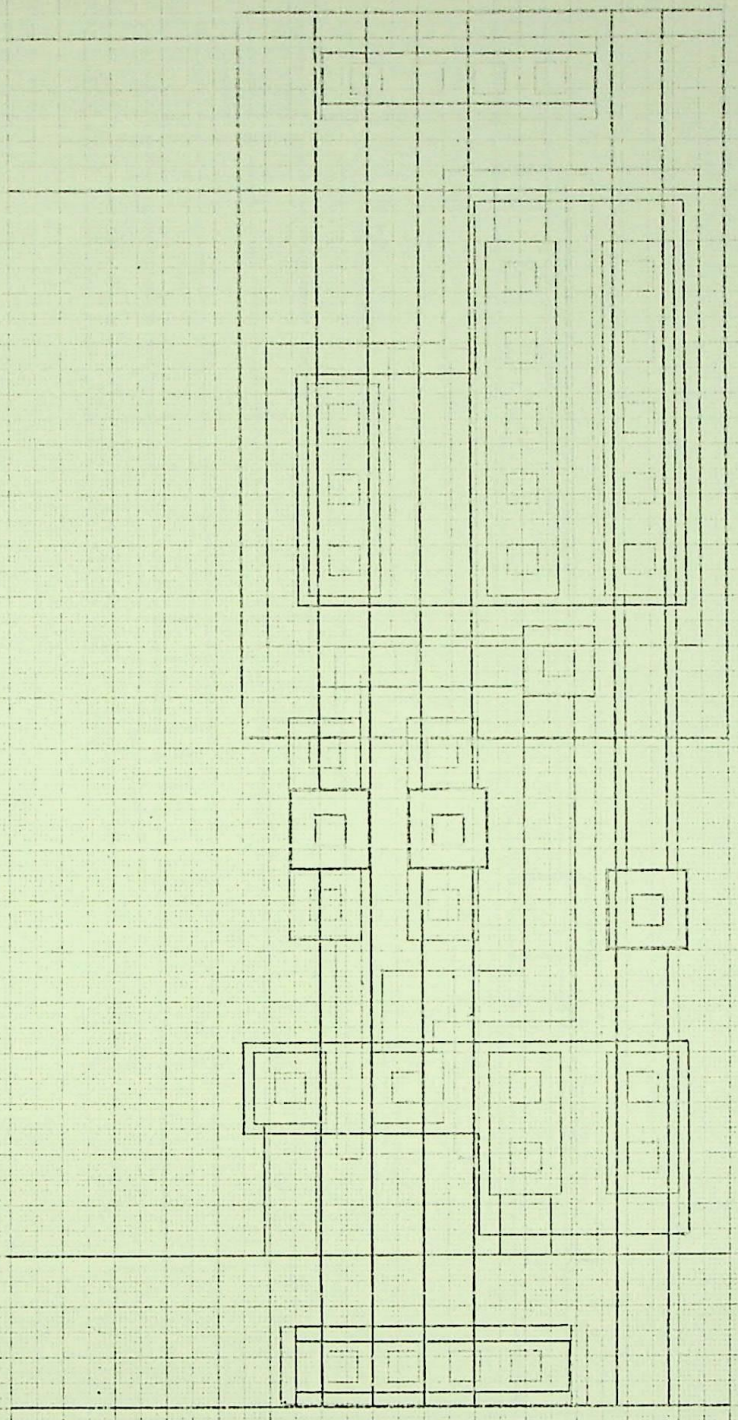
NO053

NO 5 (053)



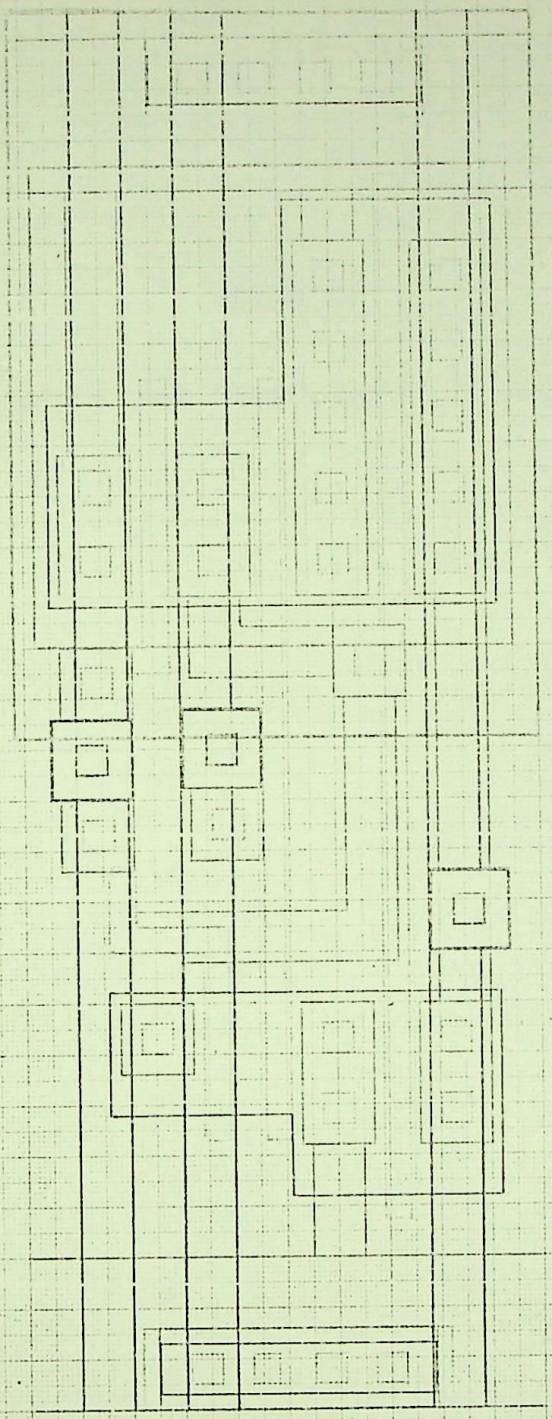
NACA 33

N3 033



OR Ø23

OR 2 (023)

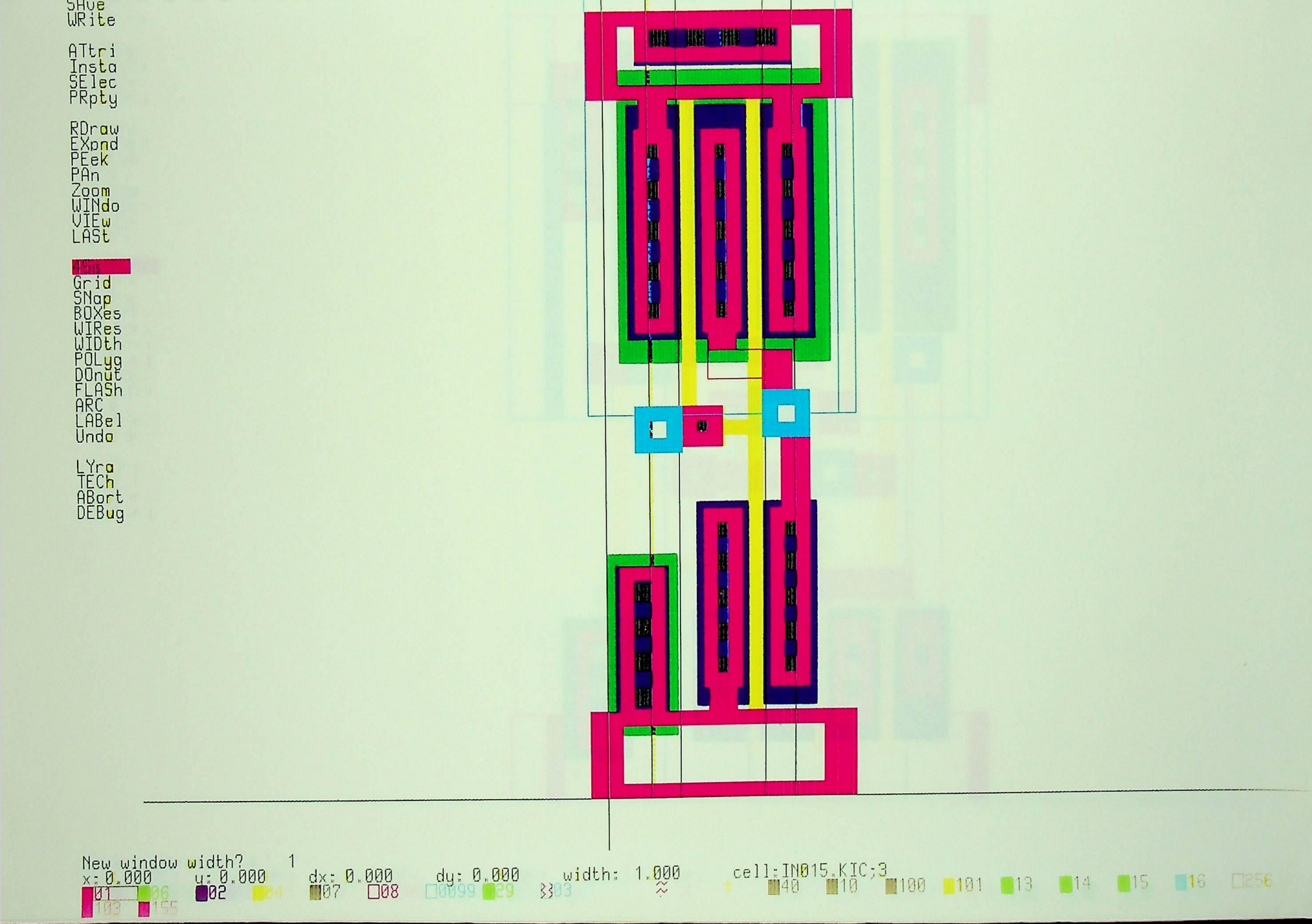


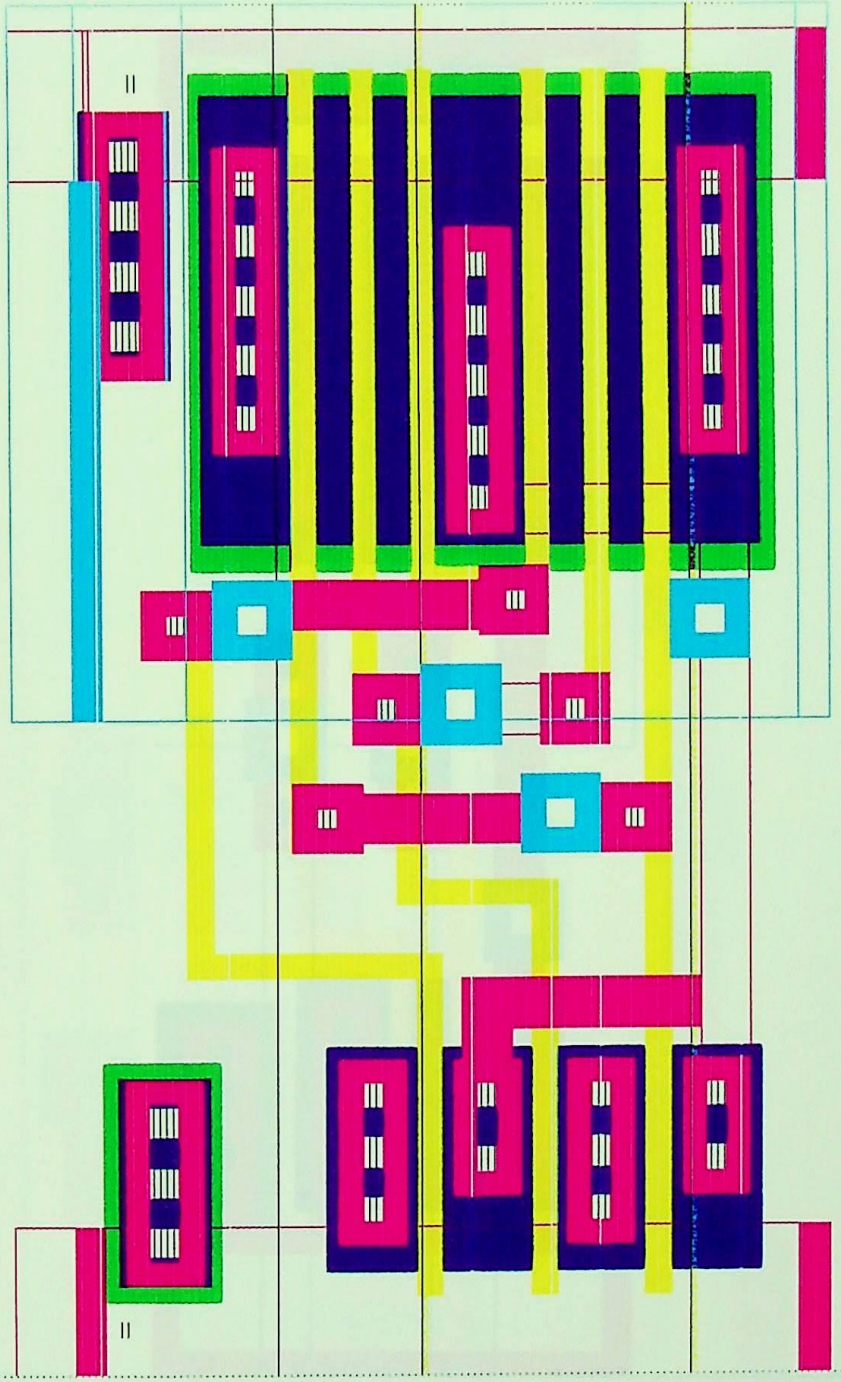
AN 023

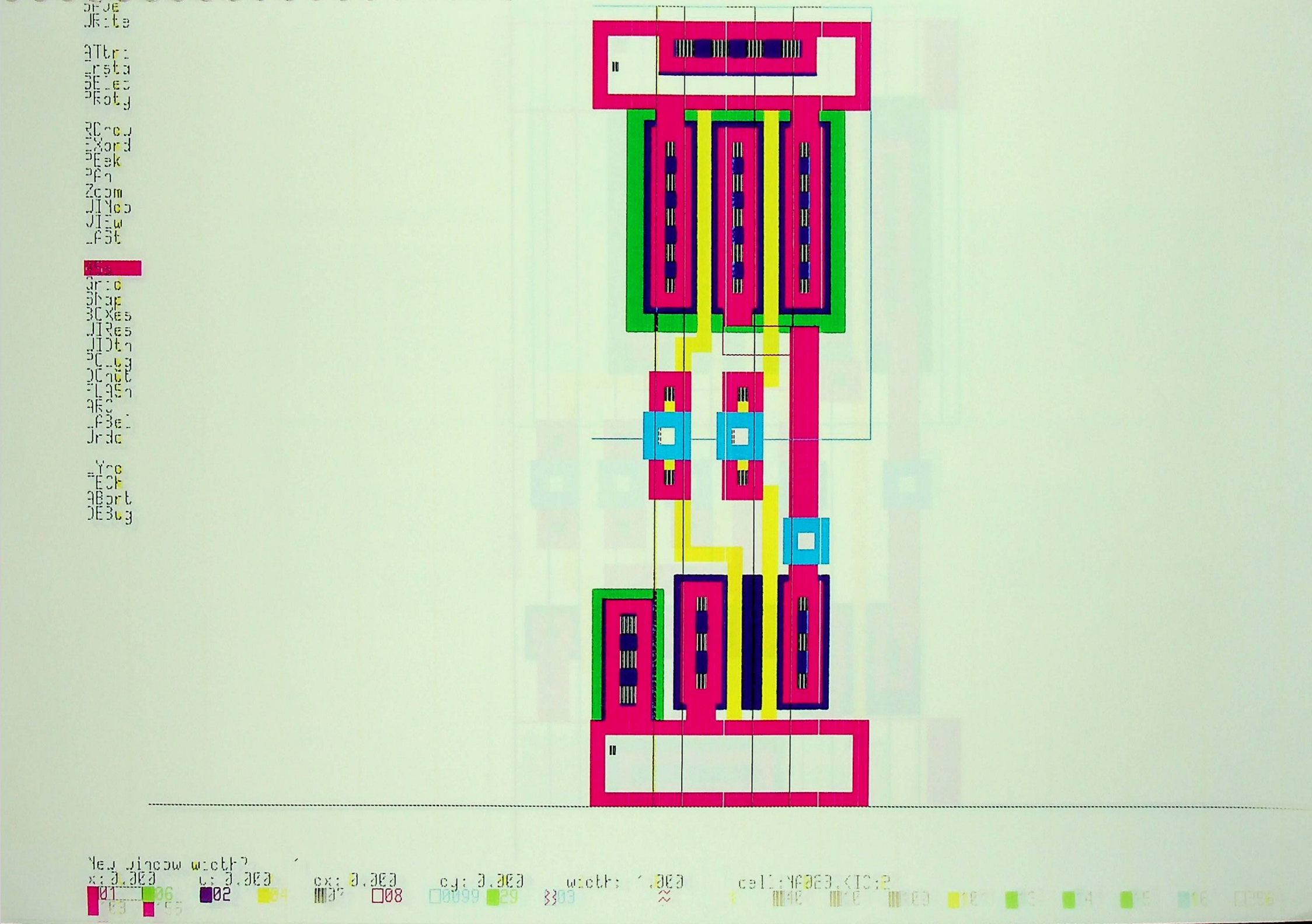
A2 (023)

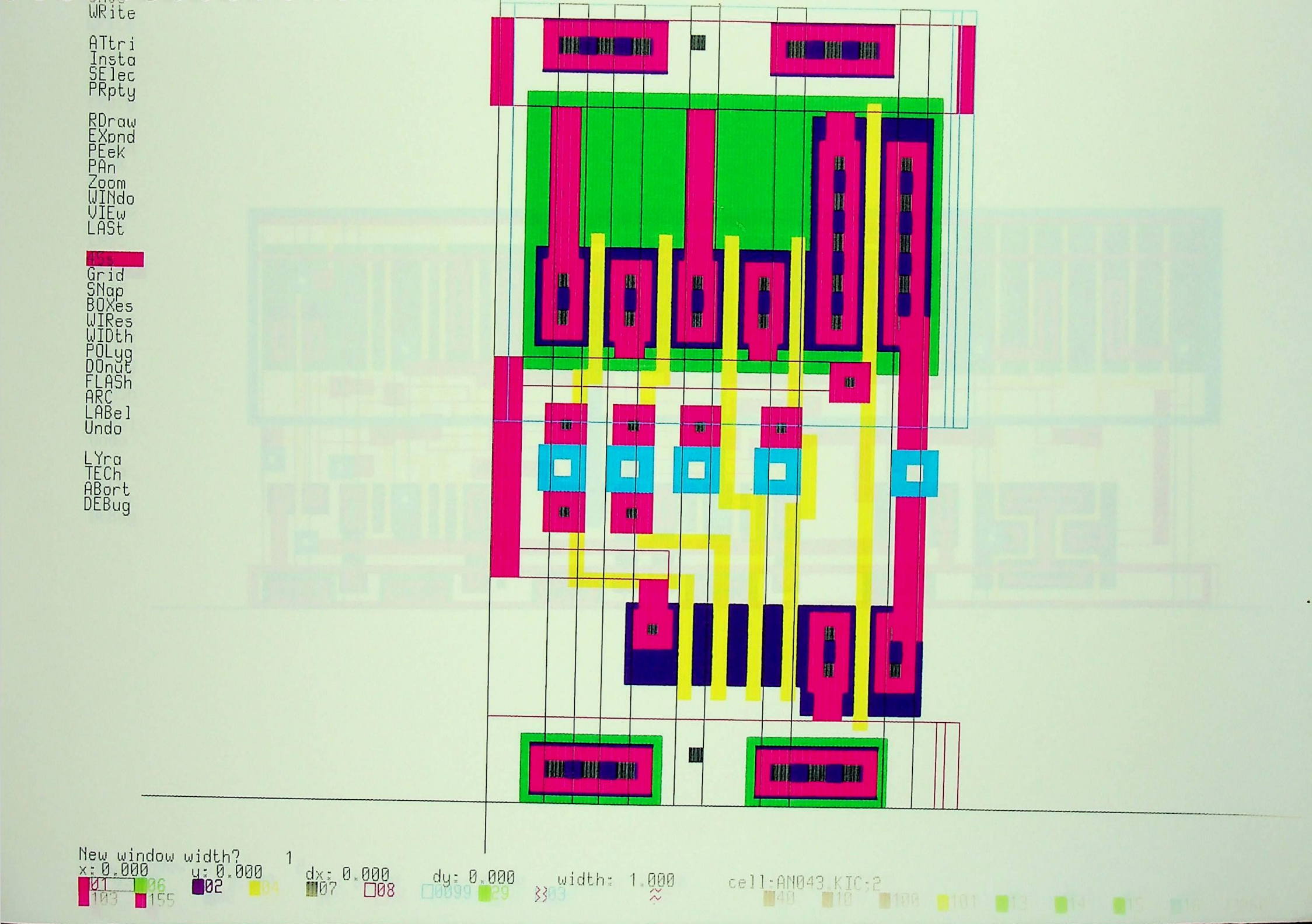
ANEXO B

LAYOUT POR "HARD COPY" (KIC)


SAve
WRite
ATtri
Insta
SElec
PRpty
RDraw
EXpnd
PEek
PAn
Zoom
WINdo
VIEw
LASt
45s
Grid
SNap
BOXes
WIRes
WIDth
POLyg
DOnut
FLASh
ARC
LABel
Undo
LYra
TECh
ABort
DEBug
New window width? 1
x: 0.000 y: 0.000 dx: 0.000 dy: 0.000 width: 1.000 cell:IN015.KIC;3






WRite
ATtri
Insta
SElec
PRpty
RDraw
EXpnd
PEek
PAn
Zoom
WINdo
VIEw
LASt
Grid
SNap
BOXes
WIRes
WIDth
POLyg
DOnut
FLASh
ARC
LABel
Undo
LYra
TECh
ABort
DEBug
New window width? 1
x: 0.000
y: 0.000
dx: 0.000
dy: 0.000
width: 1.000
cell:AN043_KIC:2

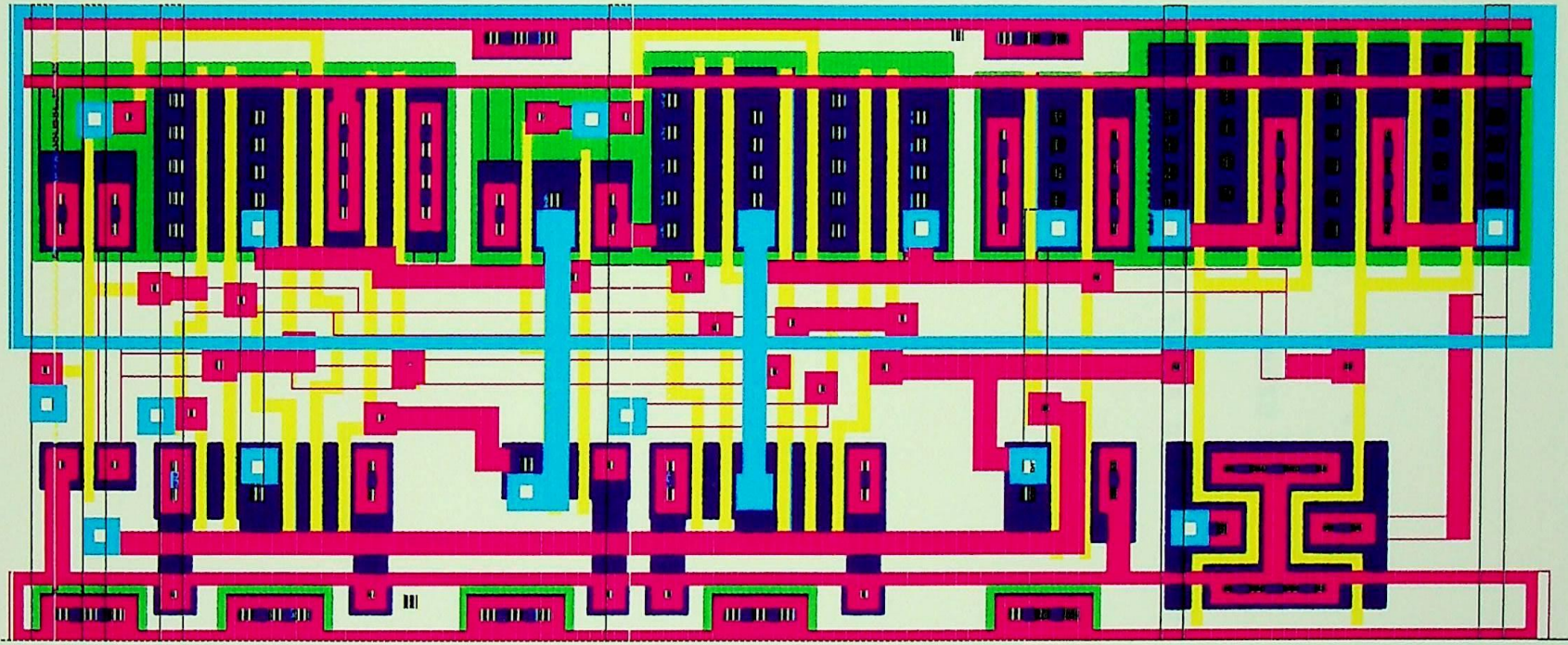
SHOve
WRite

ATtri
Insta
SElec
PRpty

RDraw
EXpnd
PEek
PAn
Zoom
WINdo
VIEw
LASt

Grid
SNap
BOXes
WIRes
WIDth
POLygg
DOnut
FLASh
ARC
LABel
Undo

LYrs
TECh
REport
DEBug



New window width? 2
x: 0.000 y: 0.000 dx: 0.000 dy: 0.000 width: 2.000 cell:DF128_KIC:2

ANEXO C

ARQUIVO DE SAÍDA DE DRC (.LOG)

Arquivo de regras do processo CAS 1.25 micro - AMI

Carga da estrutura de dados..

REGRA 1 P-well

verificacao das caracteristicas do pwell

r1.1
dimensao minima do npwell = 3.0um.

foram encontrados 0 erros na regra r1.1

r1.2
espacamento minimo entre npwell = 7.0um
Atencao: essa regra nao distingue se os 'pwells' estao
ou nao no mesmo potencial.

foram encontrados 0 erros na regra r1.2

REGRA 2 Difusao

verificacao das caracteristicas das difusoes n+ e boro de regiao ativa

r2.1
Dimensao minima das difusoes n+ e p+ = 2.0um

r2.1.1 difn

foram encontrados 0 erros na regra r2.1.1
r2.1.2 difp

foram encontrados 0 erros na regra r2.1.2

r2.2
espacamento entre as difusoes das regioes ativas = 1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r2.2

REGRA 4 POLI

verificacao das caracteristicas da mascara de Poli

r4.1a
verificacao da largura minima do poli = 1.25um
Atencao: Esse teste verifica a distancia entre um mesmo poli.

foram encontrados 0 erros na regra r4.1a

r4.1b
verificacao da largura minima do poli = 1.25um
Atencao: Esse teste nao verifica a distancia entre um mesmo poli.

foram encontrados 0 erros na regra r4.1b

r4.2.1
espacamento minimo entre poli e difusao = 0.5um

foram encontrados 0 erros na regra r4.2.1

r4.2.2
espacamento minimo entre regioes de poli = 1.75um

foram encontrados 0 erros na regra r4.2.2

r4.3
comprimento do gate = 1.25um
a largura, 2.0um, sera' testada com as regras 2.1

foram encontrados 0 erros na regra r4.3

r4.4
prolongamento minimo do poli alem do gate na direcao
do oxido de campo = 1.25um

foram encontrados 0 erros na regra r4.4

r4.5
espacamento entre um gate e a borda paralela'da difusao = 2.25m

foram encontrados 0 erros na regra r4.5

REGRA 7 Implantacao P+ (Boro)

verificacao das caracteristicas da mascara de implantacao boro

foram encontrados 0 Pwell sem cont. substratos
foram encontrados 0 poco N sem cont. substratos
negrito para aumentar

r5.1
minimo overlap de poco sobre n,p e poco N,n de
3.0um e 2.0um respectivamente.

foram encontrados 0 erros na regra r5.1.1.1a
foram encontrados 0 erros na regra r5.1.1.1b
foram encontrados 0 erros na regra r5.1.1.2a
foram encontrados 0 erros na regra r5.1.1.2b

r5.3 e 5.4
distancia P+ de difusao de gate= 2.25um

foram encontrados 0 erros na regra r5.3a.
foram encontrados 0 erros na regra r5.4a

r5.5
distancia minima entre implantacoes boro =1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r5.5

REGRA 7 Contato

verificacao das caracteristicas dos contatos

r7.0
verificacao da existencia de metal sobre todos os contatos

foram encontrados 0 erros na regra r7.0

r7.1

dimensao minima dos contatos = 1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r7.1'

r1.3.2
espacamento minimo entre o metal1 e
uma difusao n interna ao nwell = 3.5um

foram encontrados 0 erros a regra r1.3.2

r1.3.3
espacamento minimo entre a borda do nwell
e uma difusao p dentro do nwell = 3.5um

foram encontrados 0 erros na regra r1.3.3
dimensao obrigatoria do contato = 1.5
foram encontrados 0 contatos > 1.5 micra

r7.3
espacamento minimo entre contatos = 1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r7.3

r7.4.1 e 7.4.2
extensao minima do poli sobre o contato = 1.0um

** este check esta 'sujeito' dimensionado. Ver regra 7.4.2.

foram encontrados 0 erros na regra r7.4.1

r7.5
extensao minima da difusao sobre o contato = 1.5um
atencao: este registro so fica correto se nao houver a inibicao
*** de erros pela regra 'sem_erro'.

foram encontrados 0 erros na regra r7.5
r7.6 - opc branco ou preto
Verifica se todos os contatos tem poli ou difusao associado

foram encontrados 0 contatos sem poli

r7.8
minimo afastamento entre contato e a borda do poli = 1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r7.8

r7.7
espacamento entre o contato de poli e difusao = 1.25um

foram encontrados 0 erros na regra r7.7

REGRA 8 - Metal-1

verificacao das caracteristicas da regra de metal1

r8.1
espacamento entre metal = 1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r8.1

r8.2a
dimensao minima da regra de metal = 1.5um
Atencao: Esse teste verifica a distancia entre um mesmo metal.

foram encontrados 2 erros na regra r3.2a

r3.2b
dimensao minima da mascara de metal = 2.5um
 Atencao: esse teste nao verifica a distancia entre um mesmo metal.

foram encontrados 0 erros na regra r3.2b

r3.3
Overlap de metal sobre contato de 1.00um

foram encontrados 3 violacoes a' regra r3.3

r3.4
Overlap de metal sobre contato na boundary pad = 1.25um

foram encontradas 3 violacoes a' regra r3.4

r3.7
Minimo metal da bonding pad 12mil
!!!!! Regra complicada de 11.7 !!!!!

foram encontrados 0 erros na regra r11.2

REGRA 9 Via

verificacao das caracteristicas de mascara Via

r9.1
dimensao minima da mascara via = 1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r9.1

r9.2
espacamento entre via = 1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r9.2

r9.3
espacamento de via sera contato = 1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r9.3

r9.4
espacamento de via sera poly = 1.25um

foram encontrados 0 erros na regra r9.4a
foram encontrados 0 erros na regra r9.4b

r9.5
Overlap de metal-1 sobre 'Via' de 1.25um

foram encontrados 1 violacoes a' regra 9.5

r9.6
Overlap de metal-2 sobre 'Via' de 1.25um

foram encontrados 0 violacoes a' regra 9.6

REGRA 10 Metal-2

verificacao das caracteristicas de mascara de Metal2

r10.1
espacamento entre metal2 = 1.5um

foram encontrados 0 erros na regra r10.1

r10.2a
dimensao minima de mascara do metal2 = 2.5um
 Atencao: esse teste verifica a distancia entre um mesmo metal2.

foram encontrados 0 erros na regra r10.2a

r10.2b
dimensao minima de mascara do metal = 2.5um
 Atencao: esse teste nao verifica a distancia entre um mesmo metal.

foram encontrados 0 erros na regra r10.2b

[illegible]

verificacao da topologia dos pads

r11.1
dimensao minima de janela do pad = 100um

foram encontrados 0 erros na regra r11.1

r11.2
extensao minima do metal sobre a janela do pad = 10.0um

foram encontrados 0 erros na regra r11.2

r11.3.1
distancia entre [illegible] diferentes = 60.0um
!! esse teste [illegible] !!

foram encontrados 0 erros na regra r11.3.1

r11.3.2
distancia entre [illegible] = 20.0um

foram encontrados 0 erros na regra r11.3.2

r11.3.3
espacamento entre o boundary pad e contato = 20.0um

foram encontrados 0 erros na regra r11.3.3

r11.3.4
espacamento entre boundary pad e metal nao relacionado = 35.0um

foram encontrados 0 erros na regra r11.3.4 PAD
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.4 PADVDD
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.4 PADVSS

r11.3.5
espacamento entre boundary pad e metal2 nao relacionado = 35.0um

foram encontrados 0 erros na regra r11.3.5 PAD
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.5 PADVDD
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.5 PADVSS

r11.3.6
espacamento entre o boundary pad e via = 20.0um

foram encontrados 0 erros na regra r11.1.6

REGRA 12 - SOBRE LIM

r12.1.1 distancia serie difusao = 3u um
 exceto periferal bus.

foram encontrados 0 erros na regra r12.1.2
r12.1.3 distancia serie poli = 3um

foram encontrados 0 erros na regra r12.1.3
r12.1.4a distancia serie metal1, exceto perif. bus = 35um

foram encontrados 0 erros na regra r12.1.4
r12.1.5 distancia serie metal2, exceto perif. bus = 35um

foram encontrados 0 erros na regra r12.1.5
r12.1.6 distancia serie metal = 3um

foram encontrados 0 erros na regra r12.1.6
r12.2 minimo area de contato sobre periferico metal bus =15u

foram encontrados 0 erros na regra 12.3
r12.4.1 minima sobreposicao de metal1 ao p. bus sobre difusao =2u

foram encontrados 0 erros na regra 12.4.2
nao ha nenhum erro encontrado.

ANEXO D

ARQUIVO DE SAÍDA DE DRC (.CRP)

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca MAUÁ B.M

```
foram encontrados 0 erros na regra r1.1
foram encontrados 0 erros na regra r1.2
foram encontrados 0 erros na regra r2.1.1
foram encontrados 0 erros na regra r2.1.2
foram encontrados 0 erros na regra r3.2
foram encontrados 0 erros na regra r4.1a
foram encontrados 0 erros na regra r4.1b
foram encontrados 0 erros na regra r4.2.1
foram encontrados 0 erros na regra r4.2.2
foram encontrados 0 erros na regra r4.3
foram encontrados 0 erros na regra r4.4
foram encontrados 0 erros na regra r4.5
foram encontrados 0 Pwell sem cont. substratos
foram encontrados 0 poco N sem cont. substratos
foram encontrados 0 erros na regra 6.1.1.1s
foram encontrados 0 erros na regra 6.1.1.1n
foram encontrados 0 erros na regra 6.1.1.2n
foram encontrados 0 erros na regra 6.1.1.2s
foram encontrados 0 erros na regra r5.3n
foram encontrados 0 erros na regra r5.4p
foram encontrados 0 erros na regra r5.5
foram encontrados 0 erros na regra r7.0
foram encontrados 0 erros na regra r7.1
foram encontrados 0 erros a regra r1.3.2
foram encontrados 0 erros na regra r1.3.3
foram encontrados 0 contatos > 1.5 micra
foram encontrados 0 erros na regra r7.3
foram encontrados 0 erros na regra r7.4.1
foram encontrados 0 erros na regra r7.5
foram encontrados 0 contatos ilegais
foram encontrados 0 erros na regra r7.6
foram encontrados 0 erros na regra r7.7
foram encontrados 0 erros na regra r8.1
foram encontrados 0 erros na regra r8.2a
foram encontrados 0 erros na regra r8.2b
foram encontradas 0 violacoes a' regra 8.3
foram encontradas 0 violacoes a' regra 8.4
foram encontrados 0 erros na regra r11.2
foram encontrados 0 erros na regra r9.1
foram encontrados 0 erros na regra r9.2
foram encontrados 0 erros na regra r9.3
foram encontrados 0 erros na regra r9.4a
foram encontrados 0 erros na regra r9.4b
foram encontradas 0 violacoes a' regra 9.5
foram encontradas 0 violacoes a' regra 9.6
foram encontrados 0 erros na regra r10.1
foram encontrados 0 erros na regra r10.2a
foram encontrados 0 erros na regra r10.2b
foram encontrados 0 erros na regra r11.1
foram encontrados 0 erros na regra r11.2
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.1
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.2
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.3
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.4 PAD
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.4 PADVDD
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.4 PADVSS
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.5 PAD
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.5 PADVDD
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.5 PADVSS
foram encontrados 0 erros na regra r11.3.6
foram encontrados 0 erros na regra r12.1.2
foram encontrados 0 erros na regra r12.1.3
foram encontrados 0 erros na regra r12.1.4
foram encontrados 0 erros na regra r12.1.5
foram encontrados 0 erros na regra r12.1.6
foram encontrados 0 erros na regra 12.3
foram encontrados 0 erros na regra 12.4.3
%CIP-I-Nenhum erro encontrado.
```

ANEXO E

ARQUIVO DE SAÍDA DDE TIRADENTES (P.ELT)

```
CAP.3N          NPLUS=N3 NMINUS=GND FARADS=2.528F
CAP.3N4         NPLUS=N3 NMINUS=N4 FARADS=3.350E-16
CAP.4N          NPLUS=N4 NMINUS=GND FARADS=5.21F
MOS.Q1          ND=N3 NG=N4 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=20.0U AD=90.0P AS=90.0P PD=49.0U PS=49.0U
MOS.Q2          ND=N3 NG=N4 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=20.0U AD=0.0 AS=90.0P PD=0.0 PS=49.0U
MOS.Q3          ND=N3 NG=N4 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=17.5U AD=79.75P AS=78.925P PD=44.0U PS=44.02U
```

```
CAP.5N6         NPLUS=N5 NMINUS=N6 FARADS=4.280E-16
CAP.5N7         NPLUS=N5 NMINUS=N7 FARADS=4.280E-16
CAP.5N8         NPLUS=N5 NMINUS=N8 FARADS=3.350E-16
CAP.5N9         NPLUS=N5 NMINUS=N9 FARADS=1.708F
CAP.5N10        NPLUS=N5 NMINUS=N10 FARADS=3.713F
CAP.6N9         NPLUS=N6 NMINUS=N9 FARADS=8.190E-16
CAP.8N          NPLUS=N8 NMINUS=GND FARADS=8.424F
CAP.8N9         NPLUS=N8 NMINUS=N9 FARADS=3.350E-16
CAP.8N10        NPLUS=N8 NMINUS=N10 FARADS=2.31F
CAP.9N          NPLUS=N9 NMINUS=GND FARADS=7.572F
CAP.9N10        NPLUS=N9 NMINUS=N10 FARADS=2.847F
CAP.10N         NPLUS=N10 NMINUS=GND FARADS=7.233F
MOS.01          ND=N5 NG=N8 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=11.26U AD=50.67P AS=50.67P PD=31.52U PS=31.52U
MOS.02          ND=N5 NG=N8 NS=N4 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=101.25P AS=39.375P PD=54.0U PS=48.5U
MOS.03          ND=N6 NG=N8 NS=N5 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=39.375P AS=0.0 PD=48.5U PS=0.0
MOS.04          ND=N3 NG=N9 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=39.375P AS=101.475P PD=48.5U PS=54.02U
MOS.05          ND=N7 NG=N9 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=39.375P AS=101.025P PD=48.5U PS=53.98U
MOS.06          ND=N5 NG=N9 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=11.26U AD=50.557P AS=50.67P PD=31.5U PS=31.52U
MOS.07          ND=N4 NG=N10 NS=N3 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
MOS.08          ND=N5 NG=N10 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=11.26U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
MOS.09          ND=N7 NG=N10 NS=N6 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
```

```
CAP.3N          NPLUS=N3 NMINUS=GND FARADS=3.247F
CAP.3N6         NPLUS=N3 NMINUS=N6 FARADS=3.564F
CAP.4N6         NPLUS=N4 NMINUS=N6 FARADS=4.940E-16
CAP.5N          NPLUS=N5 NMINUS=GND FARADS=5.507F
CAP.5N6         NPLUS=N5 NMINUS=N6 FARADS=7.820E-16
CAP.6N          NPLUS=N6 NMINUS=GND FARADS=4.776F
MOS.01          ND=N4 NG=N5 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=11.5U AD=20.125P AS=51.865P PD=26.5U PS=32.02U
MOS.02          ND=N3 NG=N5 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=16.5U AD=74.25P AS=74.25P PD=42.0U PS=42.0U
MOS.03          ND=N4 NG=N6 NS=N3 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=11.5U AD=0.0 AS=51.75P PD=0.0 PS=32.0U
MOS.04          ND=N3 NG=N6 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=16.5U AD=0.0 AS=74.25P PD=0.0 PS=42.0U
```

```
CAP.3N          NPLUS=N3 NMINUS=GND FARADS=7.77F
CAP.3N8         NPLUS=N3 NMINUS=N8 FARADS=2.496F
CAP.3N9         NPLUS=N3 NMINUS=N9 FARADS=3.155F
CAP.3N10        NPLUS=N3 NMINUS=N10 FARADS=8.540E-16
CAP.3N11        NPLUS=N3 NMINUS=N11 FARADS=1.771F
CAP.4N          NPLUS=N4 NMINUS=GND FARADS=2.844F
CAP.5N10        NPLUS=N5 NMINUS=N10 FARADS=3.470E-16
CAP.7N11        NPLUS=N7 NMINUS=N11 FARADS=3.840E-16
CAP.8N          NPLUS=N8 NMINUS=GND FARADS=5.866F
CAP.8N9         NPLUS=N8 NMINUS=N9 FARADS=5.800E-17
CAP.8N10        NPLUS=N8 NMINUS=N10 FARADS=5.820E-16
CAP.9N          NPLUS=N9 NMINUS=GND FARADS=5.943F
CAP.9N10        NPLUS=N9 NMINUS=N10 FARADS=1.590E-16
CAP.10N         NPLUS=N10 NMINUS=GND FARADS=5.032F
CAP.11N         NPLUS=N11 NMINUS=GND FARADS=5.002F
MOS.01          ND=N4 NG=N3 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=20.0U AD=89.8P AS=94.25P PD=48.98U PS=50.0U
MOS.02          ND=N4 NG=N3 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=9.5U AD=42.655P AS=46.25P PD=27.98U PS=29.0U
MOS.03          ND=N5 NG=N8 NS=N3 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=7.0U AD=12.25P AS=31.57P PD=17.5U PS=23.02U
MOS.04          ND=N3 NG=N8 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=8.5U AD=38.25P AS=38.25P PD=26.0U PS=26.0U
MOS.05          ND=N6 NG=N9 NS=N5 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=7.0U AD=12.25P AS=0.0 PD=17.5U PS=0.0
MOS.06          ND=N3 NG=N9 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=8.5U AD=0.0 AS=38.25P PD=0.0 PS=26.0U
MOS.07          ND=N3 NG=N10 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=8.5U AD=38.25P AS=0.0 PD=26.0U PS=0.0
MOS.08          ND=N7 NG=N10 NS=N6 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=7.0U AD=12.25P AS=0.0 PD=17.5U PS=0.0
MOS.09          ND=N3 NG=N11 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=8.5U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
MOS.010         ND=N7 NG=N11 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=7.0U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
```

```
CAP.5N6         NPLUS=N5 NMINUS=N6 FARADS=4.280E-16
CAP.5N7         NPLUS=N5 NMINUS=N7 FARADS=4.280E-16
CAP.5N8         NPLUS=N5 NMINUS=N8 FARADS=3.350E-16
CAP.5N9         NPLUS=N5 NMINUS=N9 FARADS=1.708F
CAP.5N10        NPLUS=N5 NMINUS=N10 FARADS=3.713F
CAP.6N9         NPLUS=N6 NMINUS=N9 FARADS=8.190E-16
CAP.8N          NPLUS=N8 NMINUS=GND FARADS=8.424F
CAP.8N9         NPLUS=N8 NMINUS=N9 FARADS=3.350E-16
CAP.8N10        NPLUS=N8 NMINUS=N10 FARADS=2.31F
CAP.9N          NPLUS=N9 NMINUS=GND FARADS=7.572F
CAP.9N10        NPLUS=N9 NMINUS=N10 FARADS=2.847F
CAP.10N         NPLUS=N10 NMINUS=GND FARADS=7.233F
MOS.01          ND=N5 NG=N8 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=11.26U AD=50.67P AS=50.67P PD=31.52U PS=31.52U
MOS.02          ND=N5 NG=N8 NS=N4 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=101.25P AS=39.375P PD=54.0U PS=48.5U
MOS.03          ND=N6 NG=N8 NS=N5 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=39.375P AS=0.0 PD=48.5U PS=0.0
MOS.04          ND=N3 NG=N9 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=39.375P AS=101.475P PD=48.5U PS=54.02U
MOS.05          ND=N7 NG=N9 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=39.375P AS=101.025P PD=48.5U PS=53.98U
MOS.06          ND=N5 NG=N9 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=11.26U AD=50.557P AS=50.67P PD=31.5U PS=31.52U
MOS.07          ND=N4 NG=N10 NS=N3 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
MOS.08          ND=N5 NG=N10 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=11.26U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
MOS.09          ND=N7 NG=N10 NS=N6 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
```

```
CAP.3N          NPLUS=N3 NMINUS=GND FARADS=15.109F
CAP.3N5         NPLUS=N3 NMINUS=N5 FARADS=1.97F
CAP.3N8         NPLUS=N3 NMINUS=N8 FARADS=8.540E-16
CAP.3N10        NPLUS=N3 NMINUS=N10 FARADS=1.079F
CAP.3N24        NPLUS=N3 NMINUS=N24 FARADS=2.01F
CAP.3N25        NPLUS=N3 NMINUS=N25 FARADS=3.728F
CAP.3N26        NPLUS=N3 NMINUS=N26 FARADS=8.540E-16
CAP.3N27        NPLUS=N3 NMINUS=N27 FARADS=1.189F
CAP.5N          NPLUS=N5 NMINUS=GND FARADS=9.959F
CAP.5N6         NPLUS=N5 NMINUS=N6 FARADS=1.440E-16
CAP.5N7         NPLUS=N5 NMINUS=N7 FARADS=1.440E-16
CAP.5N8         NPLUS=N5 NMINUS=N8 FARADS=1.098F
CAP.5N24        NPLUS=N5 NMINUS=N24 FARADS=1.688F
CAP.5N25        NPLUS=N5 NMINUS=N25 FARADS=3.350E-16
CAP.5N27        NPLUS=N5 NMINUS=N27 FARADS=1.189F
CAP.8N          NPLUS=N8 NMINUS=GND FARADS=5.338F
CAP.8N19        NPLUS=N8 NMINUS=N19 FARADS=2.360E-16
CAP.8N24        NPLUS=N8 NMINUS=N24 FARADS=8.540E-16
CAP.8N25        NPLUS=N8 NMINUS=N25 FARADS=1.930E-16
CAP.8N27        NPLUS=N8 NMINUS=N27 FARADS=8.330E-16
CAP.10N         NPLUS=N10 NMINUS=GND FARADS=13.735F
CAP.10N13       NPLUS=N10 NMINUS=N13 FARADS=2.63F
CAP.10N14       NPLUS=N10 NMINUS=N14 FARADS=5.190E-16
CAP.10N15       NPLUS=N10 NMINUS=N15 FARADS=6.700E-16
CAP.10N24       NPLUS=N10 NMINUS=N24 FARADS=1.189F
CAP.10N25       NPLUS=N10 NMINUS=N25 FARADS=1.511F
CAP.10N27       NPLUS=N10 NMINUS=N27 FARADS=1.109F
CAP.13N         NPLUS=N13 NMINUS=GND FARADS=12.614F
CAP.13N14       NPLUS=N13 NMINUS=N14 FARADS=1.346F
CAP.13N24       NPLUS=N13 NMINUS=N24 FARADS=3.350E-16
CAP.13N25       NPLUS=N13 NMINUS=N25 FARADS=2.398F
CAP.14N         NPLUS=N14 NMINUS=GND FARADS=1.445F
CAP.15N         NPLUS=N15 NMINUS=GND FARADS=5.292F
CAP.23N25       NPLUS=N23 NMINUS=N25 FARADS=1.605F
CAP.24N         NPLUS=N24 NMINUS=GND FARADS=20.096F
CAP.24N25       NPLUS=N24 NMINUS=N25 FARADS=3.055F
CAP.24N26       NPLUS=N24 NMINUS=N26 FARADS=1.089F
CAP.24N27       NPLUS=N24 NMINUS=N27 FARADS=1.524F
CAP.25N         NPLUS=N25 NMINUS=GND FARADS=18.615F
CAP.25N26       NPLUS=N25 NMINUS=N26 FARADS=5.190E-16
CAP.25N27       NPLUS=N25 NMINUS=N27 FARADS=7.120E-16
CAP.26N         NPLUS=N26 NMINUS=GND FARADS=4.408F
CAP.27N         NPLUS=N27 NMINUS=GND FARADS=14.179F
MOS.01          ND=N16 NG=N3 NS=N5 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=8.0U AD=14.0P AS=46.765P PD=19.5U PS=29.0U
MOS.02          ND=N6 NG=N3 NS=N5 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=18.26U AD=31.955P AS=93.545P PD=40.02U PS=47.52U
MOS.03          ND=N7 NG=N3 NS=N5 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=18.26U AD=31.955P AS=81.987P PD=40.02U PS=45.5U
MOS.04          ND=N10 NG=N3 NS=N9 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=19.76U AD=98.17P AS=34.58P PD=49.52U PS=43.02U
MOS.05          ND=N21 NG=N3 NS=N10 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=9.5U AD=16.625P AS=46.75P PD=22.5U PS=29.0U
MOS.06          ND=N8 NG=N5 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=9.76U AD=48.8P AS=43.822P PD=29.52U PS=28.5U
MOS.07          ND=N19 NG=N5 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=6.0U AD=10.5P AS=75.19P PD=15.5U PS=47.98U
MOS.08          ND=N9 NG=N5 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=19.76U AD=0.0 AS=89.118P PD=0.0 PS=48.54U
MOS.09          ND=N20 NG=N5 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=8.0U AD=14.0P AS=77.33P PD=19.5U PS=48.02U
MOS.010         ND=N18 NG=N8 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=9.5U AD=16.625P AS=78.75P PD=22.5U PS=48.0U
MOS.011         ND=N7 NG=N8 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=18.26U AD=0.0 AS=82.17P PD=0.0 PS=45.52U
MOS.012         ND=N23 NG=N10 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=10.76U AD=18.83P AS=51.002P PD=25.02U PS=31.0U
MOS.013         ND=N13 NG=N10 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=17.5U AD=87.5P AS=78.75P PD=45.0U PS=44.0U
MOS.014         ND=N15 NG=N10 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=101.25P AS=101.25P PD=54.0U PS=54.0U
MOS.015         ND=N15 NG=N10 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=28.5U AD=80.75P AS=188.0P PD=54.0U PS=93.0U
MOS.016         ND=N15 NG=N10 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=0.0 AS=101.25P PD=0.0 PS=54.0U
MOS.017         ND=N15 NG=N10 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=112.5P AS=0.0 PD=55.0U PS=0.0
MOS.018         ND=N22 NG=N13 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=9.5U AD=16.625P AS=78.655P PD=22.5U PS=47.98U
MOS.019         ND=N12 NG=N13 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=18.5U AD=32.375P AS=83.25P PD=40.5U PS=46.0U
MOS.020         ND=N14 NG=N13 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=112.5P AS=101.25P PD=55.0U PS=54.0U
MOS.021         ND=N14 NG=N13 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=27.5U AD=82.68P AS=0.0 PD=53.52U PS=0.0
MOS.022         ND=N14 NG=N13 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=22.5U AD=101.25P AS=0.0 PD=54.0U PS=0.0
MOS.023         ND=N3 NG=N24 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=10.76U AD=48.42P AS=48.528P PD=30.52U PS=30.54U
MOS.024         ND=N3 NG=N24 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=5.0U AD=22.5P AS=22.55P PD=19.0U PS=19.02U
MOS.025         ND=N17 NG=N24 NS=N5 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=9.5U AD=16.625P AS=0.0 PD=22.5U PS=0.0
MOS.026         ND=N20 NG=N24 NS=N10 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=8.0U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
MOS.027         ND=N11 NG=N24 NS=N10 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=18.5U AD=32.375P AS=0.0 PD=40.5U PS=0.0
MOS.028         ND=N12 NG=N24 NS=N10 NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=18.5U AD=0.0 AS=96.94P PD=0.0 PS=47.48U
MOS.029         ND=N6 NG=N25 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=18.26U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
MOS.030         ND=N18 NG=N25 NS=N17 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=9.5U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
MOS.031         ND=N13 NG=N25 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=17.5U AD=0.0 AS=78.75P PD=0.0 PS=44.0U
MOS.032         ND=N23 NG=N25 NS=N13 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=10.76U AD=0.0 AS=53.908P PD=0.0 PS=31.54U
MOS.033         ND=N4 NG=N26 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=18.76U AD=0.0 AS=84.42P PD=0.0 PS=46.52U
MOS.034         ND=N16 NG=N26 NS=GND NB=GND MODEL=N L=1.25U W=8.0U AD=0.0 AS=77.25P PD=0.0 PS=48.0U
MOS.035         ND=N8 NG=N27 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=9.76U AD=0.0 AS=44.018P PD=0.0 PS=28.54U
MOS.036         ND=N19 NG=N27 NS=N8 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=6.0U AD=0.0 AS=30.0P PD=0.0 PS=22.0U
MOS.037         ND=N11 NG=N27 NS=NVDD NB=NVDD MODEL=P L=1.25U W=18.5U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
MOS.038         ND=N22 NG=N27 NS=N21 NB=GND MODEL=N L=1.25U W=9.5U AD=0.0 AS=0.0 PD=0.0 PS=0.0
```

ANEXO F

SIMULACÃO SPICE (SEM CARGA)

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca MAUÁ B.M.

Células simuladas pelo SPICE (Legenda)

CÉLULA	NÓ	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
IND15	N3	(0)	Q
	N4	(1)	A
NOD35	N8	(0)	A
	N9	(1)	B
	N10	(2)	C
	N5	(3)	Q
NAD23	N5	(0)	A
	N6	(1)	B
	N3	(2)	Q
ORD43	N8	(0)	A
	N9	(1)	B
	N10	(2)	C
	N11	(3)	D
	N7	(4)	Q
AND43	N8	(0)	A
	N9	(1)	B
	N10	(2)	C
	N11	(3)	D
	N4	(4)	Q
DF128	N24	(0)	CLK
	N26	(1)	D
	N25	(2)	CLR (R)
	N27	(3)	PRS (S)
	N14	(4)	Q
	N15	(5)	NQ

IN015TIP

***** INPUT LISTING TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

```
.WIDTH OUT=80
VVDD NVDD GND  5.0
VN4 N4 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 2.000E-09 1.500E-08
+3.000E-08)
C3N N3 GND 2.528E-15
C3N4 N3 N4 3.350E-16
C4N N4 GND 5.210E-15
MQ1 N3 N4 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.000E-05 AD=9.000E-11 AS=
+9.000E-11 PD=4.900E-05 PS=4.900E-05
MQ2 N3 N4 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.000E-05 AS=9.000E-11 PS=
+4.900E-05
MQ3 N3 N4 GND GND N L=1.250E-06 W=1.750E-05 AD=7.875E-11 AS=7.892E-11
+PD=4.400E-05 PS=4.402E-05
.IC V(N4)=0.0 V(N3)=5.0
.TRAN 2.000E-10 3.000E-08
.PLOT TRAN V(N3) V(N4) (0.0,5.0)

*
* CASE: CA_TYPICAL
* N= CANTT
* P= CAPTT
*

* SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
+-1.000E-01 DNB=1.500E+16 ECV=12.5 EXA=5.300E-01 EXP=2.000E-01 FRC=
+1.460E-01 FSB=3.700E-04 FSS=3.000E+11 LATD=3.000E-01 NWM=1.5 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=7.000E-01 PHP=4.300E-01 SCM=13.5 TCV=
+1.700E-03 TOX=225.0 UB=212.0 VST=2.600E+07 VT=-7.500E-01 XJ=
+4.300E-02)

* SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.8 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
+-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=3.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
+2.400E-02 FSB=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=8.000E-01 PHP=5.900E-01 SCM=12.0 TCV=
+1.300E-03 TOX=225.0 UB=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)
.END
```

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 10:48:59 *****

IN015TIP

***** MOSFET MODEL PARAMETERS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

	P	N
TYPE	PMOS	NMOS
VT	-7.500E-01	7.500E-01
UB	2.120E+02	6.300E+02
FRC	1.460E-01	2.400E-02
TOX	2.250E+02	2.250E+02
DNB	1.500E+16	3.400E+16
XJ	4.300E-02	1.200E-02
LATD	3.000E-01	1.500E-01
DXETCH	-9.000E-01	-9.000E-01
DEL	-1.000E-01	-5.000E-02
CJA	3.000E-04	5.500E-04
PHI	7.000E-01	8.000E-01
EXA	5.300E-01	4.000E-01
LEVEL	4.000E+00	4.000E+00
TCV	1.700E-03	1.500E-03
BEX	1.500E+00	1.500E+00
FSS	3.000E+11	3.000E+11
FSB	3.700E-04	7.500E-05
SCM	1.350E+01	1.200E+01
ECV	1.250E+01	3.500E+00
VST	2.600E+07	2.100E+07
EXP	2.000E-01	3.000E-01
CJP	2.500E-10	2.300E-10
PHA	8.500E-01	8.500E-01
PHP	4.300E-01	5.500E-01
NWM	1.500E+00	1.200E+00

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 10:48:59 *****

IN015TIP

***** INITIAL TRANSIENT SOLUTION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
NVDD	5.0000	N4	0.0000	N3	5.0000

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME	CURRENT
VVDD	-1.966D-14
VN4	0.000D+00

TOTAL POWER DISSIPATION 9.83D-14 WATTS

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 10:48:59 *****

IN015TIP

***** OPERATING POINT INFORMATION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

****************************** VERSION 1.02 ******************************

**** MOSFETS ****

	MQ1	MQ2	MQ3
MODEL	P	P	N
ID	-5.24D-15	-5.24D-15	0.00D+00
VGS	-5.000	-5.000	0.000
VDS	0.000	0.000	5.000
VBS	0.000	0.000	0.000

```
******  1-MAR-88 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ******  10:48:59 ******

 IN015TIP

*****      TRANSIENT ANALYSIS                    TEMPERATURE =   25.000 DEG C

******************************** VERSION 1.02 ********************************


LEGEND:

0: V(N3)
1: V(N4)

     TIME        V(N3)

(01)------------  0.0000D+00      1.2500D+00      2.5000D+00      3.7500D+00  5.0000D+00
                  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 0.0000D+00   5.0000D+00 1                                                              0
 2.0000D-10   5.0000D+00 1                                                              0
 4.0000D-10   5.0000D+00 1                                                              0
 6.0000D-10   5.0000D+00 1                                                              0
 8.0000D-10   5.0000D+00 1                                                              0
 1.0000D-09   5.0000D+00 1                                                              0
 1.2000D-09   5.0000D+00 1                                                              0
 1.4000D-09   5.0000D+00 1                                                              0
 1.6000D-09   5.0000D+00 1                                                              0
 1.8000D-09   5.0000D+00 1                                                              0
 2.0000D-09   5.0000D+00 1                                                              0
 2.2000D-09   5.0310D+00 .     1                                                        0
 2.4000D-09   5.0080D+00 .       1                                                      0
 2.6000D-09   4.9180D+00 .         1                                                   0
 2.8000D-09   4.7040D+00 .           1                                               0  .
 3.0000D-09   4.3480D+00 .             1                                         0      .
 3.2000D-09   3.8000D+00 .               0     1                                       .
 3.4000D-09   3.0190D-01 .           0                 1                             .
 3.6000D-09   1.4430D-01 . 0                                   1                       .
 3.8000D-09  -2.3720D-02 0                                          1                 .
 4.0000D-09   1.1540D-02 0                                                            1
 4.2000D-09   1.3510D-05 0                                                            1
 4.4000D-09   8.7010D-05 0                                                            1
 4.6000D-09  -3.1680D-05 0                                                            1
 4.8000D-09   4.3800D-06 0                                                            1
 5.0000D-09   4.0440D-05 0                                                            1
 5.2000D-09   1.7400D-05 0                                                            1
 5.4000D-09  -6.8860D-06 0                                                            1
 5.6000D-09  -3.5170D-05 0                                                            1
 5.8000D-09  -1.4370D-05 0                                                            1
 6.0000D-09   9.0230D-06 0                                                            1
 6.2000D-09   3.2410D-05 0                                                            1
 6.4000D-09   1.4590D-05 0                                                            1
 6.6000D-09  -5.4900D-06 0                                                            1
 6.8000D-09  -2.5570D-05 0                                                            1
 7.0000D-09  -9.5730D-06 0                                                            1
 7.2000D-09   8.4040D-06 0                                                            1
 7.4000D-09   2.6380D-05 0                                                            1
 7.6000D-09   1.2770D-05 0                                                            1
 7.8000D-09  -2.5740D-06 0                                                            1
 8.0000D-09  -1.7920D-05 0                                                            1
 8.2000D-09  -5.6060D-06 0                                                            1
```

```
8.4000D-09  8.2250-06 0                .                .                .                1
8.6000D-09  2.2060-05 0                .                .                .                1
8.8000D-09  1.1670-05 0                .                .                .                1
9.0000D-09 -4.4140-08 0                .                .                .                1
9.2000D-09 -1.1760-05 0                .                .                .                1
9.4000D-09 -2.2700-06 0                .                .                .                1
9.6000D-09  8.3820-06 0                .                .                .                1
9.8000D-09  1.9030-05 0                .                .                .                1
1.0000D-08  1.1120-05 0                .                .                .                1
1.0200D-08  2.1900-06 0                .                .                .                1
1.0400D-08 -6.7410-06 0                .                .                .                1
1.0600D-08  5.8220-07 0                .                .                .                1
1.0800D-08  8.7980-06 0                .                .                .                1
1.1000D-08  1.7010-05 0                .                .                .                1
1.1200D-08  1.1000-05 0                .                .                .                1
1.1400D-08  4.1980-06 0                .                .                .                1
1.1600D-08 -2.5990-06 0                .                .                .                1
1.1800D-08  3.0640-06 0                .                .                .                1
1.2000D-08  9.4110-06 0                .                .                .                1
1.2200D-08  1.5760-05 0                .                .                .                1
1.2400D-08  1.1200-05 0                .                .                .                1
1.2600D-08  6.0330-06 0                .                .                .                1
1.2800D-08  8.7060-07 0                .                .                .                1
1.3000D-08  5.2620-06 0                .                .                .                1
1.3200D-08  1.0180-05 0                .                .                .                1
1.3400D-08  1.3060-05 0                .                .                .                1
1.3600D-08  1.1640-05 0                .                .                .                1
1.3800D-08  7.7340-06 0                .                .                .                1
1.4000D-08  3.8260-06 0                .                .                .                1
1.4200D-08  7.2410-06 0                .                .                .                1
1.4400D-08  1.1060-05 0                .                .                .                1
1.4600D-08  1.4380-05 0                .                .                .                1
1.4800D-08  1.2260-05 0                .                .                .                1
1.5000D-08  9.3340-06 0                .                .                .                1
1.5200D-08  6.3870-06 0                .                .                .                1
1.5400D-08  9.0540-06 0                .                .                .                1
1.5600D-08  1.2030-05 0                .                .                .                1
1.5800D-08  1.5010-05 0                .                .                .                1
1.6000D-08  1.3070-05 0                .                .                .                1
1.6200D-08  1.0860-05 0                .                .                .                1
1.6400D-08  8.6450-06 0                .                .                .                1
1.6600D-08  1.0740-05 0                .                .                .                1
1.6800D-08  1.3070-05 0                .                .                .                1
1.7000D-08  1.5400-05 0                .                .                .                1
1.7200D-08  1.3960-05 0                .                .                .                1
1.7400D-08  1.2320-05 0                .                .                .                1
1.7600D-08  1.0670-05 0                .                .                .                1
1.7800D-08  1.2330-05 0                .                .                .                1
1.8000D-08  1.4160-05 0                .                .                .                1
1.8200D-08  1.6000-05 0                .                .                .                1
1.8400D-08  1.4940-05 0                .                .                .                1
1.8600D-08  1.3730-05 0                .                .                .                1
1.8800D-08  1.2520-05 0                .                .                .                1
1.9000D-08  4.2320-05 0                .                .                .                1
1.9200D-08 -1.7750-02 0                .                .                .          1     .
1.9400D-08  1.3200-02 0                .                .                .     1          .
1.9600D-09  1.2000-01 .0               .                .          1     .                .
1.9800D-08  4.4190-01 .     0          .                .     1    .                      .
2.0000D-08  1.1580+00 .          0.    .                1          .                      .
2.0200D-08  2.7360+00 .               .          1     .  0       .                      .
```

```
2.0400D-08  4.3160+00 .                .  1           .              .      0       .
2.0600D-08  4.3360+00 .             1  .              .              .              0.
2.0800D-08  5.0230+00 .      1         .              .              .              0
2.1000D-08  4.9630+00 1                .              .              .              0
2.1200D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.1400D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.1600D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.1800D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.2000D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.2200D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.2400D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.2600D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.2800D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.3000D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.3200D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.3400D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.3600D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.3800D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.4000D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.4200D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.4400D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.4600D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.4800D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.5000D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.5200D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.5400D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.5600D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.5800D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.6000D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.6200D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.6400D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.6600D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.6800D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.7000D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.7200D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.7400D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.7600D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.7800D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.8000D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.8200D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.8400D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.8600D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.8800D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.9000D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.9200D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.9400D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.9600D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
2.9800D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
3.0000D-08  5.0000+00 1                .              .              .              0
                      . . . . . .
```

**** JOB CONCLUDED ****

**** TOTAL JOB TIME 7.00 ****

N0035TIP

***** INPUT LISTING TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

```
.WIDTH OUT=80
VVDD NVDD GND  5.0
VIN0 N8 GND PULSE(0.0 5.0 8.000E-08 0.0 0.0 0.0 8.000E-08)
VIN1 N9 GND PULSE(0.0 5.0 1.000E-08 2.000E-09 2.000E-09 3.000E-08
+8.000E-08)
VIN2 N10 GND PULSE(0.0 5.0 8.000E-08 0.0 0.0 0.0 8.000E-08)
C5N6 N5 N6 4.280E-16
C5N7 N5 N7 4.280E-16
C5N8 N5 N8 3.350E-16
C5N9 N5 N9 1.708E-15
C5N10 N5 N10 3.713E-15
C6N9 N6 N9 3.190E-16
C8N N8 GND 8.424E-15
C8N9 N8 N9 3.350E-16
C8N10 N8 N10 2.210E-15
C9N N9 GND 7.572E-15
C9N10 N9 N10 2.847E-15
C10N N10 GND 7.233E-15
MQ1 N5 N8 GND GND N L=1.250E-06 W=1.126E-05 AD=5.067E-11 AS=5.067E-11
+PD=3.152E-05 PS=3.152E-05
MQ2 N5 N8 N4 NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.012E-10 AS=3.937E-11
+PD=5.400E-05 PS=4.850E-05
MQ3 N6 N8 N5 NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=3.937E-11 PD=4.850E-05
MQ4 N3 N9 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=3.937E-11 AS=
+1.014E-10 PD=4.850E-05 PS=5.402E-05
MQ5 N7 N9 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=3.937E-11 AS=
+1.010E-10 PD=4.850E-05 PS=5.395E-05
MQ6 N5 N9 GND GND N L=1.250E-06 W=1.126E-05 AD=5.059E-11 AS=5.067E-11
+PD=3.150E-05 PS=3.152E-05
MQ7 N4 N10 N3 NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05
MQ8 N5 N10 GND GND N L=1.250E-06 W=1.126E-05
MQ9 N7 N10 N6 NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05
.IC V(N8)=0.0 V(N9)=0.0 V(N10)=0.0 V(N5)=5.0
.TRAN 4.000E-10 8.000E-08
.PLOT TRAN V(N8) V(N9) V(N10) V(N5) (0.0,5.0)

*
* CASE: CA_TYPICAL
* N= CANTT
* P= CAPTT
*

* SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.8 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
+-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=3.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
+2.400E-02 FSB=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=6.500E-01 PHI=3.000E-01 PHP=5.500E-01 SCM=12.0 TCV=
+1.500E-03 TOX=225.0 UB=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)

* SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):
```

```
.MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
+-1.000E-01 DNB=1.500E+16 ECV=12.5 EXA=5.300E-01 EXP=2.000E-01 FRC=
+1.460E-01 FSB=3.700E-04 FSS=3.000E+11 LATD=3.000E-01 NWM=1.5 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=7.000E-01 PHP=4.300E-01 SCM=13.5 TCV=
+1.700E-03 TOX=225.0 UO=212.0 VST=2.600E+07 VT=-7.500E-01 XJ=
+4.300E-02)
.END
```

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 13:49:38 *****

NJ035TIP

***** MOSFET MODEL PARAMETERS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

	N	P
TYPE	NMOS	PMOS
VT	7.500E-01	-7.500E-01
UB	6.300E+02	2.120E+02
FRC	2.400E-02	1.460E-01
TOX	2.250E+02	2.250E+02
CNB	3.400E+16	1.500E+16
XJ	1.200E-02	4.300E-02
LATD	1.500E-01	3.000E-01
DXETCH	-9.000E-01	-9.000E-01
DEL	-5.000E-02	-1.000E-01
CJA	5.500E-04	3.000E-04
PHI	8.000E-01	7.000E-01
EXA	4.000E-01	5.300E-01
LEVEL	4.000E+00	4.000E+00
TCV	1.500E-03	1.700E-03
BEX	1.500E+00	1.600E+00
FSS	3.000E+11	3.000E+11
FSS	7.500E-05	3.700E-04
SCM	1.200E+01	1.350E+01
ECV	3.500E+00	1.250E+01
VST	2.100E+07	2.500E+07
EXP	3.000E-01	2.000E-01
CJP	2.500E-10	2.500E-10
PHA	8.500E-01	8.500E-01
PHP	5.500E-01	4.300E-01
NWM	1.200E+00	1.500E+00

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 13:49:38 *****

N0035TIP

***** INITIAL TRANSIENT SOLUTION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
NVDD	5.0000	N8	0.0000	N9	0.0000	N10	0.0000
N5	5.0000	N6	5.0000	N7	5.0000	N4	5.0000
N3	5.0000						

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME	CURRENT
VVDD	-2.229D-14
VIN0	0.000D+00
VIN1	0.000D+00
VIN2	0.000D+00

TOTAL POWER DISSIPATION 1.11D-13 WATTS

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 13:49:38 *****

NO035TIP

***** OPERATING POINT INFORMATION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

**** MOSFETS ****

	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4	MQ5	MQ6	MQ7
MODEL	N	P	P	P	P	N	P
ID	0.000+00	-1.12D-14	-6.69D-14	-1.12D-14	2.64D-13	0.000+00	-1.12D-14
VGS	0.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	0.000	-5.000
VDS	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.000	0.000
VBS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

	MQ8	MQ9
MODEL	N	P
ID	0.000+00	3.65D-13
VGS	0.000	-5.000
VDS	5.000	0.000
VBS	0.000	0.000

***** 1-MAR-85 ****** A N I - S P I C E ****** 13:49:38 *****

N3035TIP

***** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

****************************** VERSION 1.02 ******************************

LEGEND:

0: V(N8)
1: V(N9)
2: V(N10)
3: V(N5)

TIME	V(N8)	(0123)---------- 0.0000+00 1.2500+00 2.5000+00 3.7500+00 5.0000+00
0.0000D+00	0.0000D+00	X 3
4.0000D-10	0.0000D+00	X 3
8.0000D-10	0.0000D+00	X 3
1.2000D-09	0.0000D+00	X 3
1.6000D-09	0.0000D+00	X 3
2.0000D-09	0.0000D+00	X 3
2.4000D-09	0.0000D+00	X 3
2.8000D-09	0.0000D+00	X 3
3.2000D-09	0.0000D+00	X 3
3.6000D-09	0.0000D+00	X 3
4.0000D-09	0.0000D+00	X 3
4.4000D-09	0.0000D+00	X 3
4.8000D-09	0.0000D+00	X 3
5.2000D-09	0.0000D+00	X 3
5.6000D-09	0.0000D+00	X 3
6.0000D-09	0.0000D+00	X 3
6.4000D-09	0.0000D+00	X 3
6.8000D-09	0.0000D+00	X 3
7.2000D-09	0.0000D+00	X 3
7.6000D-09	0.0000D+00	X 3
8.0000D-09	0.0000D+00	X 3
8.4000D-09	0.0000D+00	X 3
8.8000D-09	0.0000D+00	X 3
9.2000D-09	0.0000D+00	X 3
9.6000D-09	0.0000D+00	X 3
1.0000D-08	0.0000D+00	X 3
1.0400D-08	0.0000D+00	X 1 3
1.0800D-08	0.0000D+00	X 1 3
1.1200D-08	0.0000D+00	X 1 3
1.1600D-08	0.0000D+00	X 3 1
1.2000D-08	0.0000D+00	X 3 1
1.2400D-08	0.0000D+00	X3 1
1.2800D-08	0.0000D+00	X 1
1.3200D-08	0.0000D+00	X 1
1.3600D-08	0.0000D+00	X 1
1.4000D-08	0.0000D+00	X 1
1.4400D-08	0.0000D+00	X 1
1.4800D-08	0.0000D+00	X 1
1.5200D-08	0.0000D+00	X 1
1.5600D-09	0.0000D+00	X 1

1.6000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
1.6400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
1.6800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
1.7200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
1.7600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
1.8000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
1.8400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
1.8800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
1.9200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
1.9600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.0000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.0400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.0800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.1200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.1600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.2000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.2400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.2800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.3200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.3600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.4000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.4400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.4800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.5200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.5600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.6000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.6400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.6800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.7200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.7600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.8000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.8400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.8800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.9200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
2.9600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.0000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.0400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.0800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.1200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.1600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.2000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.2400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.2800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.3200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.3600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.4000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.4400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.4800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.5200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.5600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.6000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.6400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.6800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.7200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.7600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.8000-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.8400-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.8800-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.9200-08	0.0000+00	X	.	.	.	1
3.9600-08	0.0000+00	X	.	.	.	1

```
4.0000-08  0.0000+00 X                                                
```

NA023TIP

***** INPUT LISTING TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

```
.WIDTH OUT=80
VVDD NVDD GND  5.0
VIN0 N5 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 2.000E-09 3.000E-08
+5.000E-08)
VIN1 N6 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 2.000E-09 5.400E-08
+5.000E-08)
C3N N3 GND 3.247E-15
C3N6 N3 N6 3.564E-15
C4N6 N4 N6 4.940E-16
C5N N5 GND 5.507E-15
C5N6 N5 N6 7.820E-16
C6N N6 GND 4.776E-15
MQ1 N4 N5 GND GND N L=1.250E-06 W=1.150E-05 AD=2.012E-11 AS=5.186E-11
+PD=2.650E-05 PS=3.202E-05
MQ2 N3 N5 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.650E-05 AD=7.425E-11 AS=
+7.425E-11 PD=4.200E-05 PS=4.200E-05
MQ3 N4 N6 N3 GND N L=1.250E-06 W=1.150E-05 AS=5.175E-11 PS=3.200E-05
MQ4 N3 N6 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.650E-05 AS=7.425E-11 PS=
+4.200E-05
.IC V(N5)=0.0 V(N6)=0.0 V(N3)=5.0
.TRAN 4.000E-10 6.000E-08
.PLOT TRAN V(N5) V(N6) V(N3) (0.0,5.0)

*
* CASE: CA_TYPICAL
* N= CANTT
* P= CAPTT
*

* SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.0 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
+-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=2.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
+2.400E-02 FSB=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=8.000E-01 PHP=5.500E-01 SCM=12.0 TCV=
+1.500E-03 TOX=225.0 UB=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)

* SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
+-1.000E-01 DNB=1.500E+16 ECV=12.5 EXA=5.300E-01 EXP=2.000E-01 FRC=
+1.460E-01 FSB=3.700E-04 FSS=3.000E+11 LATD=3.000E-01 NWM=1.5 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=7.000E-01 PHP=4.300E-01 SCM=13.5 TCV=
+1.700E-03 TOX=225.0 UB=212.0 VST=2.600E+07 VT=-7.500E-01 XJ=
+4.300E-02)
.END
```

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 12:41:16 *****

NA023TIP

***** MOSFET MODEL PARAMETERS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

	N	P
TYPE	NMOS	PMOS
VT	7.500E-01	-7.500E-01
UB	6.300E+02	2.120E+02
FRC	2.400E-02	1.460E-01
TOX	2.250E+02	2.250E+02
CNB	3.400E+16	1.500E+16
XJ	1.200E-02	4.300E-02
LATD	1.500E-01	3.000E-01
DXETCH	-9.000E-01	-9.000E-01
DEL	-5.000E-02	-1.000E-01
CJA	5.500E-04	3.000E-04
PHI	8.000E-01	7.000E-01
EXA	4.000E-01	5.300E-01
LEVEL	4.000E+00	4.000E+00
TCV	1.500E-03	1.700E-03
BEX	1.500E+00	1.500E+00
FSS	3.000E+11	3.000E+11
FSO	7.600E-05	3.700E-04
GCM	1.200E+01	1.350E+01
ECV	3.500E+00	1.250E+01
VST	2.100E+07	2.500E+07
EXP	3.000E-01	2.000E-01
CJP	2.500E-10	2.500E-10
PHA	8.200E-01	8.500E-01
PHP	5.500E-01	4.300E-01
NWM	1.200E+00	1.500E+00

***** 1-MAR-88 ****** A N I - S P I C E ****** 12:41:16 *****

NA023TIP

***** INITIAL TRANSIENT SOLUTION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

****************************** VERSION 1.02 ******************************

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
NVDD	5.0000	N5	0.0000	N6	0.0000	N3	5.0000
N4	0.0676						

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME	CURRENT
VVDD	-7.028D-12
VIN0	0.000D+00
VIN1	0.000D+00

TOTAL POWER DISSIPATION 3.51D-11 WATTS

***** 1-MAR-88 ****** A N I - S P I C E ****** 12:41:16 *****

N4023TIP

***** OPERATING POINT INFORMATION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

**** MOSFETS ****

	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4
MODEL	N	P	N	P
ID	0.000E+00	-3.51E-12	0.000E+00	-3.51E-12
VGS	0.000	-5.000	-5.000	-5.000
VDS	0.068	0.000	-4.932	0.000
VBS	0.000	0.000	-5.000	0.000

***** 1-MAR-85 ****** A M I - S P I C E ****** 12:41:16 *****

NA023TIP

***** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N5)
1: V(N6)
2: V(N3)

TIME	V(N5)	(012)---------- 0.0000+00 1.2500+00 2.5000+00 3.7500+00 5.0000+00
0.0000+00	0.0000+00	X . . . 2
4.0000-10	0.0000+00	X . . . 2
8.0000-10	0.0000+00	X . . . 2
1.2000-09	0.0000+00	X . . . 2
1.6000-09	0.0000+00	X . . . 2
2.0000-09	0.0000+00	X . . . 2
2.4000-09	1.0000+00	. X . . . 2
2.8000-09	2.0000+00	. . X . . 2.
3.2000-09	3.0000+00	. . . X . 2 .
3.6000-09	4.0000+00	. . 2 . . X .
4.0000-09	5.0000+00	.2 X
4.4000-09	5.0000+00	2 X
4.8000-09	5.0000+00	2 X
5.2000-09	5.0000+00	2 X
5.6000-09	5.0000+00	2 X
6.0000-09	5.0000+00	2 X
6.4000-09	5.0000+00	2 X
6.8000-09	5.0000+00	2 X
7.2000-09	5.0000+00	2 X
7.6000-09	5.0000+00	2 X
8.0000-09	5.0000+00	2 X
8.4000-09	5.0000+00	2 X
8.8000-09	5.0000+00	2 X
9.2000-09	5.0000+00	2 X
9.6000-09	5.0000+00	2 X
1.0000-08	5.0000+00	2 X
1.0400-08	5.0000+00	2 X
1.0800-08	5.0000+00	2 X
1.1200-08	5.0000+00	2 X
1.1600-08	5.0000+00	2 X
1.2000-08	5.0000+00	2 X
1.2400-08	5.0000+00	2 X
1.2800-08	5.0000+00	2 X
1.3200-08	5.0000+00	2 X
1.3600-08	5.0000+00	2 X
1.4000-08	5.0000+00	2 X
1.4400-08	5.0000+00	2 X
1.4800-08	5.0000+00	2 X
1.5200-08	5.0000+00	2 X
1.5600-08	5.0000+00	2 X
1.6000-08	5.0000+00	2 X

```
1.6400D-08  5.0000D+00 2                                                
```

```
*****  1-MAR-88 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ****** 14:11:25 *****

 CR043TIP

*****      INPUT LISTING                          TEMPERATURE =    25.000 DEG C

****************************** VERSION 1.02 ********************************


 .WIDTH OUT=80
 VVDD NVDD GND  5.0
 VIN0 N8 GND PULSE(0.0 5.0 3.000E-08 0.0 0.0 0.0 3.000E-08)
 VIN1 N9 GND PULSE(0.0 5.0 3.000E-08 0.0 0.0 0.0 3.000E-08)
 VIN2 N10 GND PULSE(0.0 5.0 3.000E-08 0.0 0.0 0.0 3.000E-08)
 VIN3 N11 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 2.000E-09 1.500E-08
 +3.000E-08)
 C3N N3 GND 6.094E-15
 C3N8 N3 N8 7.040E-16
 C3N9 N3 N9 4.437E-15
 C3N10 N3 N10 3.099E-15
 C3N11 N3 N11 9.470E-15
 C4N10 N4 N10 9.670E-15
 C7N N7 GND 2.712E-15
 C8N N8 GND 6.336E-15
 C8N9 N8 N9 7.700E-17
 C8N10 N8 N10 6.830E-15
 C9N N9 GND 5.502E-15
 C9N10 N9 N10 6.110E-15
 C10N N10 GND 5.030E-15
 C11N N11 GND 4.630E-15
 MQ1 N7 N3 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.000E-05 AD=9.980E-11 AS=
 +9.980E-11 PD=4.899E-05 PS=5.000E-05
 MQ2 N7 N3 GND GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=4.265E-11 AS=4.500E-11
 +PD=2.799E-05 PS=2.900E-05
 MQ3 N3 N8 GND GND N L=1.250E-06 W=4.500E-06 AD=2.025E-11 AS=2.025E-11
 +PD=1.800E-05 PS=1.800E-05
 MQ4 N4 N8 N3 NVDD P L=1.250E-06 W=1.700E-05 AD=2.975E-11 AS=7.667E-11
 +PD=3.750E-05 PS=4.302E-05
 MQ5 N3 N9 GND GND N L=1.250E-06 W=4.500E-06 AS=2.025E-11 PS=1.800E-05
 MQ6 N5 N9 N4 NVDD P L=1.250E-06 W=1.700E-05 AD=2.975E-11 PD=3.750E-05
 MQ7 N3 N10 GND GND N L=1.250E-06 W=4.500E-06 AD=2.025E-11 PD=
 +1.800E-05
 MQ8 N6 N10 N5 NVDD P L=1.250E-06 W=1.700E-05 AD=2.975E-11 PD=
 +3.750E-05
 MQ9 N3 N11 GND GND N L=1.250E-06 W=4.500E-06
 .IC V(N8)=0.0 V(N9)=0.0 V(N10)=0.0 V(N11)=0.0 V(N7)=0.0
 .TRAN 2.000E-10 3.000E-08
 .PLOT TRAN V(N8) V(N9) V(N10) V(N11) V(N7) (0.0,5.0)
 MQ10 N6 N11 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.700E-05

 *
 * CASE: CA_TYPICAL
 * N= CANTT
 * P= CAPTT
 *

 * SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):

 .MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 AEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
 +-1.000E-01 DNB=1.500E+16 ECV=12.5 EXA=5.300E-01 EXP=2.000E-01 FRC=
```

Escola Federal de Engenharia de Itajubá
Biblioteca
Marc
Itajubá

```
+1.460E-01 FSE=3.700E-04 FSS=3.000E+11 LATD=3.000E-01 NWM=1.5 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=7.000E-01 PHP=4.300E-01 SCM=13.5 TCV=
+1.700E-03 TOX=225.0 U0=212.0 VST=2.600E+07 VT=-7.500E-01 XJ=
+4.300E-02)

* SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.8 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
+-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=3.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
+2.400E-02 FSE=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=8.000E-01 PHP=5.500E-01 SCM=12.0 TCV=
+1.500E-03 TOX=225.0 U0=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)
.END
```

CR043TIP

***** MOSFET MODEL PARAMETERS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

	P	N
TYPE	PMOS	NMOS
VT	-7.500D-01	7.500D-01
UB	2.120D+02	6.300D+02
FRC	1.460D-01	2.400D-02
TOX	2.250D+02	2.250D+02
DNB	1.500D+16	3.400D+16
XJ	4.300D-02	1.200D-02
LATD	3.000D-01	1.600D-01
DXETCH	-9.000D-01	-9.000D-01
DEL	-1.000D-01	-5.000D-02
CJA	3.000D-04	5.500D-04
PHI	7.000D-01	6.000D-01
EXA	5.300D-01	4.000D-01
LEVEL	4.000D+00	4.000D+00
TCV	1.700D-03	1.500D-03
BEX	1.600D+00	1.300D+00
FSS	3.000D+11	3.000D+11
FSB	3.700D-04	7.500D-05
DCM	1.350D+01	1.200D+01
ECV	1.250D+01	3.500D+00
VST	2.600D+07	2.100D+07
EXP	2.000D-01	3.000D-01
CJP	2.500D-10	2.300D-10
PHA	6.500D-01	6.500D-01
PHP	4.300D-01	6.500D-01
NAM	1.600D+00	1.200D+00

***** 1-MAR-8o ****** A M I - S P I C E ****** 14:11:25 *****

CR043TIP

***** INITIAL TRANSIENT SOLUTION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
NVDD	5.0000	N8	0.0000	N9	0.0000	N10	0.0000
N11	0.0000	N3	5.0000	N4	5.0000	N7	0.0000
N5	5.0000	N6	5.0000				

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME	CURRENT
VVDD	-2.499D-11
VIN0	0.000D+00
VIN1	0.000D+00
VIN2	0.000D+00
VIN3	0.000D+00

TOTAL POWER DISSIPATION 1.25D-10 WATTS

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 14:11:25 *****

CR043TIP

***** OPERATING POINT INFORMATION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

****************************** VERSION 1.02 ******************************

**** MOSFETS ****

	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4	MQ5	MQ6	MQ7
MODEL	P	N	N	P	N	P	N
ID	0.000D+00	1.310-14	0.000D+00	2.000-11	0.000+00	2.000-11	0.000+00
VGS	0.000	5.000	0.000	-5.000	0.000	-5.000	0.000
VDS	-5.000	0.000	5.000	0.000	5.000	0.000	5.000
VBS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

	MQ8	MQ9	MQ10
MODEL	P	N	P
ID	2.000-11	0.000+00	-2.000-11
VGS	-5.000	0.000	-5.000
VDS	0.000	5.000	0.000
VBS	0.000	0.000	0.000

```
*****  1-MAR-88 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ****** 14:11:25 *****

 CR043TIP

*****      TRANSIENT ANALYSIS                    TEMPERATURE =   25.000 DEG C

******************************** VERSION 1.02 ********************************


LEGEND:

0: V(N8)
1: V(N9)
2: V(N10)
3: V(N11)
4: V(N7)

     TIME        V(N8)

(01234)---------  0.0000+00      1.2500+00      2.5000+00      3.7500+00   5.0000+00
                  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 0.0000-00   0.0000+00 X
 2.0000-10   0.0000+00 X
 4.0000-10   0.0000+00 X
 6.0000-10   0.0000+00 X
 8.0000-10   0.0000+00 X
 1.0000-09   0.0000+00 X
 1.2000-09   0.0000+00 X
 1.4000-09   0.0000+00 X
 1.6000-09   0.0000+00 X
 1.8000-09   0.0000+00 X
 2.0000-09   0.0000+00 X
 2.2000-09   0.0000+00 X      3
 2.4000-09   0.0000+00 X         2
 2.6000-09   0.0000+00 X            3
 2.8000-09   0.0000+00 X               3
 3.0000-09   0.0000+00 X                  3
 3.2000-09   0.0000+00 X                     2
 3.4000-09   0.0000+00 X                        3
 3.6000-09   0.0000+00 X      4                    3
 3.8000-09   0.0000+00 X         4.                    3
 4.0000-09   0.0000+00 X               4                  3
 4.2000-09   0.0000+00 X                                    4   3
 4.4000-09   0.0000+00 X                                        43
 4.6000-09   0.0000+00 X                                         X
 4.8000-09   0.0000+00 X                                         X
 5.0000-09   0.0000+00 X                                         X
 5.2000-09   0.0000+00 X                                         X
 5.4000-09   0.0000+00 X                                         X
 5.6000-09   0.0000+00 X                                         X
 5.8000-09   0.0000+00 X                                         X
 6.0000-09   0.0000+00 X                                         X
 6.2000-09   0.0000+00 X                                         X
 6.4000-09   0.0000+00 X                                         X
 6.6000-09   0.0000+00 X                                         X
 6.8000-09   0.0000+00 X                                         X
 7.0000-09   0.0000+00 X                                         X
 7.2000-09   0.0000+00 X                                         X
 7.4000-09   0.0000+00 X                                         X
 7.6000-09   0.0000+00 X                                         X
```

```
7.8000D-09   0.0000+00 X                                                  X
8.0000D-09   0.0000+00 X                                                  X
8.2000D-09   0.0000+00 X                                                  X
8.4000D-09   0.0000+00 X                                                  X
8.6000D-09   0.0000+00 X                                                  X
8.8000D-09   0.0000+00 X                                                  X
9.0000D-09   0.0000+00 X                                                  X
9.2000D-09   0.0000+00 X                                                  X
9.4000D-09   0.0000+00 X                                                  X
9.6000D-09   0.0000+00 X                                                  X
9.8000D-09   0.0000+00 X                                                  X
1.0000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.0200D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.0400D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.0600D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.0800D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.1000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.1200D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.1400D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.1600D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.1800D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.2000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.2200D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.2400D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.2600D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.2800D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.3000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.3200D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.3400D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.3600D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.3800D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.4000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.4200D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.4400D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.4600D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.4800D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.5000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.5200D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.5400D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.5600D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.5800D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.6000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.6200D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.6400D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.6600D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.6800D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.7000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.7200D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.7400D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.7600D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.7800D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.8000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.8200D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.8400D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.8600D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.8800D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.9000D-08   0.0000+00 X                                                  X
1.9200D-08   0.0000+00 X                                          3       4
1.9400D-08   0.0000+00 X                                      3           4
1.9600D-08   0.0000+00 X                                  3               4
```

```
1.9800D-08  0.0000D+00 X                .          .     3    .          4
2.0000D-08  0.0000D+00 X                .          .     3    .          4
2.0200D-08  0.0000D+00 X                .       3  .          .          4
2.0400D-08  0.0000D+00 X                .    3     .          .          4.
2.0600D-08  0.0000D+00 X             3  .          .          .          4 .
2.0800D-08  0.0000D+00 X   3            .          .          .4         .
2.1000D-08  0.0000D+00 X                .          4          .          .
2.1200D-08  0.0000D+00 X 4              .          .          .          .
2.1400D-08  0.0000D+00 X4               .          .          .          .
2.1600D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.1800D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.2000D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.2200D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.2400D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.2600D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.2800D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.3000D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.3200D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.3400D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.3600D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.3800D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.4000D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.4200D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.4400D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.4600D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.4800D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.5000D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.5200D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.5400D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.5600D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.5800D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.6000D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.6200D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.6400D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.6600D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.6800D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.7000D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.7200D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.7400D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.7600D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.7800D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.8000D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.8200D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.8400D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.8600D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.8800D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.9000D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.9200D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.9400D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.9600D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
2.9800D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
3.0000D-08  0.0000D+00 X                .          .          .          .
                       .....................................................
```

**** JOB CONCLUDED ****

**** TOTAL JOB TIME 16.75 ****

```
*****  1-MAR-88 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ******  14:43:57  *****

 AN043TIP

*****     INPUT LISTING                    TEMPERATURE =   25.000 DEG C

****************************** VERSION 1.02 ******************************


 .WIDTH OUT=80
 VVDD NVDD GND  5.0
 VIN0 N8 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 0.0 3.000E-08 3.400E-08)
 VIN1 N9 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 0.0 3.000E-08 3.400E-08)
 VIN2 N10 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 0.0 3.000E-08
 +3.400E-08)
 VIN3 N11 GND PULSE(0.0 5.0 1.500E-08 2.000E-09 2.000E-09 1.000E-08
 +3.000E-08)
 C3N N3 GND 7.770E-15
 C3N8 N3 N8 2.496E-15
 C3N9 N3 N9 3.155E-15
 C3N10 N3 N10 8.540E-16
 C3N11 N3 N11 1.771E-15
 C4N N4 GND 2.844E-15
 C5N10 N5 N10 3.470E-16
 C7N11 N7 N11 3.840E-16
 C8N N8 GND 5.866E-15
 C8N9 N8 N9 5.800E-17
 C8N10 N8 N10 5.820E-16
 C9N N9 GND 5.943E-15
 C9N10 N9 N10 1.590E-16
 C10N N10 GND 5.032E-15
 C11N N11 GND 5.002E-15
 MQ1 N4 N3 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.000E-05 AD=8.980E-11 AS=
 +9.425E-11 PD=4.898E-05 PS=5.000E-05
 MQ2 N4 N3 GND GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=4.265E-11 AS=4.625E-11
 +PD=2.798E-05 PS=2.900E-05
 MQ3 N5 N8 N3 GND N L=1.250E-06 W=7.000E-06 AD=1.225E-11 AS=3.157E-11
 +PD=1.750E-05 PS=2.302E-05
 MQ4 N3 N8 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=8.500E-06 AD=3.825E-11 AS=
 +3.825E-11 PD=2.600E-05 PS=2.600E-05
 MQ5 N6 N9 N5 GND N L=1.250E-06 W=7.000E-06 AD=1.225E-11 PD=1.750E-05
 MQ6 N3 N9 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=8.500E-06 AS=3.825E-11 PS=
 +2.600E-05
 MQ7 N3 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=8.500E-06 AD=3.825E-11 PD=
 +2.600E-05
 MQ8 N7 N10 N6 GND N L=1.250E-06 W=7.000E-06 AD=1.225E-11 PD=1.750E-05
 MQ9 N3 N11 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=8.500E-06
 MQ10 N7 N11 GND GND N L=1.250E-06 W=7.000E-06
 .IC V(N8)=0.0 V(N9)=0.0 V(N10)=0.0 V(N11)=0.0 V(N4)=0.0
 .TRAN 2.000E-10 3.400E-08
 .PLOT TRAN V(N8) V(N9) V(N10) V(N11) V(N4) (0.0,5.0)

 *
 * CASE: CA_TYPICAL
 * N= CANTT
 * P= CAPTT
 *

 * SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):
```

```
.MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
+-1.000E-01 DNB=1.500E+16 ECV=12.5 EXA=5.300E-01 EXP=2.000E-01 FRC=
+1.460E-01 FSB=3.700E-04 FSS=3.000E+11 LATD=3.000E-01 NWM=1.5 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=7.000E-01 PHP=4.300E-01 SCM=13.5 TCV=
+1.700E-03 TOX=225.0 UB=212.0 VST=2.600E+07 VT=-7.500E-01 XJ=
+4.300E-02)

* SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.8 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
+-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=3.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
+2.400E-02 FSB=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=9.500E-01 PHI=8.000E-01 PHP=5.500E-01 SCM=12.0 TCV=
+1.500E-03 TOX=225.0 UB=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)
.END
```

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 14:43:57 *****

AN043TIP

***** MOSFET MODEL PARAMETERS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

	P	N
TYPE	PMOS	NMOS
VT	-7.500D-01	7.500D-01
UB	2.120D+02	6.300D+02
FRC	1.460D-01	2.400D-02
TOX	2.250D+02	2.250D+02
DNB	1.500D+16	3.400D+16
XJ	4.300D-02	1.200D-02
LATD	3.000D-01	1.500D-01
DXETCH	-9.000D-01	-9.000D-01
DEL	-1.000D-01	-5.000D-02
CJA	3.000D-04	5.500D-04
PHI	7.000D-01	8.000D-01
EXA	5.300D-01	4.000D-01
LEVEL	4.000D+00	4.000D+00
TCV	1.700D-03	1.500D-03
BEX	1.600D+00	1.800D+00
FSS	3.000D+11	3.000D+11
FSB	3.700D-04	7.500D-05
SCM	1.350D+01	1.200D+01
ECV	1.250D+01	3.500D+00
VST	2.600D+07	2.100D+07
EXP	2.000D-01	3.000D-01
CJP	2.500D-10	2.800D-10
PHA	8.500D-01	8.500D-01
PHP	4.300D-01	5.500D-01
NWM	1.500D+00	1.200D+00

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 14:43:57 *****

AN043TIP

***** INITIAL TRANSIENT SOLUTION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
NVDD	5.0000	N8	0.0000	N9	0.0000	N10	0.0000
N11	0.0000	N3	5.0000	N4	0.0000	N5	0.0146
N7	0.0079	N6	-0.0226				

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME	CURRENT
VVDD	-1.001D-11
VIN0	0.000D+00
VIN1	0.000D+00
VIN2	0.000D+00
VIN3	0.000D+00

TOTAL POWER DISSIPATION 5.00D-11 WATTS

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 14:43:57 *****

AN043TIP

***** OPERATING POINT INFORMATION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

**** MOSFETS ****

	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4	MQ5	MQ6	MQ7
MODEL	P	N	N	P	N	P	P
ID	0.00D+00	5.00D-12	0.00D+00	-2.03D-12	0.00D+00	-2.03D-12	-2.03D-12
VGS	0.000	5.000	-5.000	-5.000	-0.015	-5.000	-5.000
VDS	-5.000	0.000	-4.985	0.000	-0.037	0.000	0.000
VBS	0.000	0.000	-5.000	0.000	-0.015	0.000	0.000

	MQ8	MQ9	MQ10
MODEL	N	P	N
ID	0.00D+00	-2.03D-12	0.00D+00
VGS	0.023	-5.000	0.000
VDS	0.030	0.000	0.008
VBS	0.023	0.000	0.000

Escola Federal de En

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 14:43:57 *****

AN043TIP

***** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

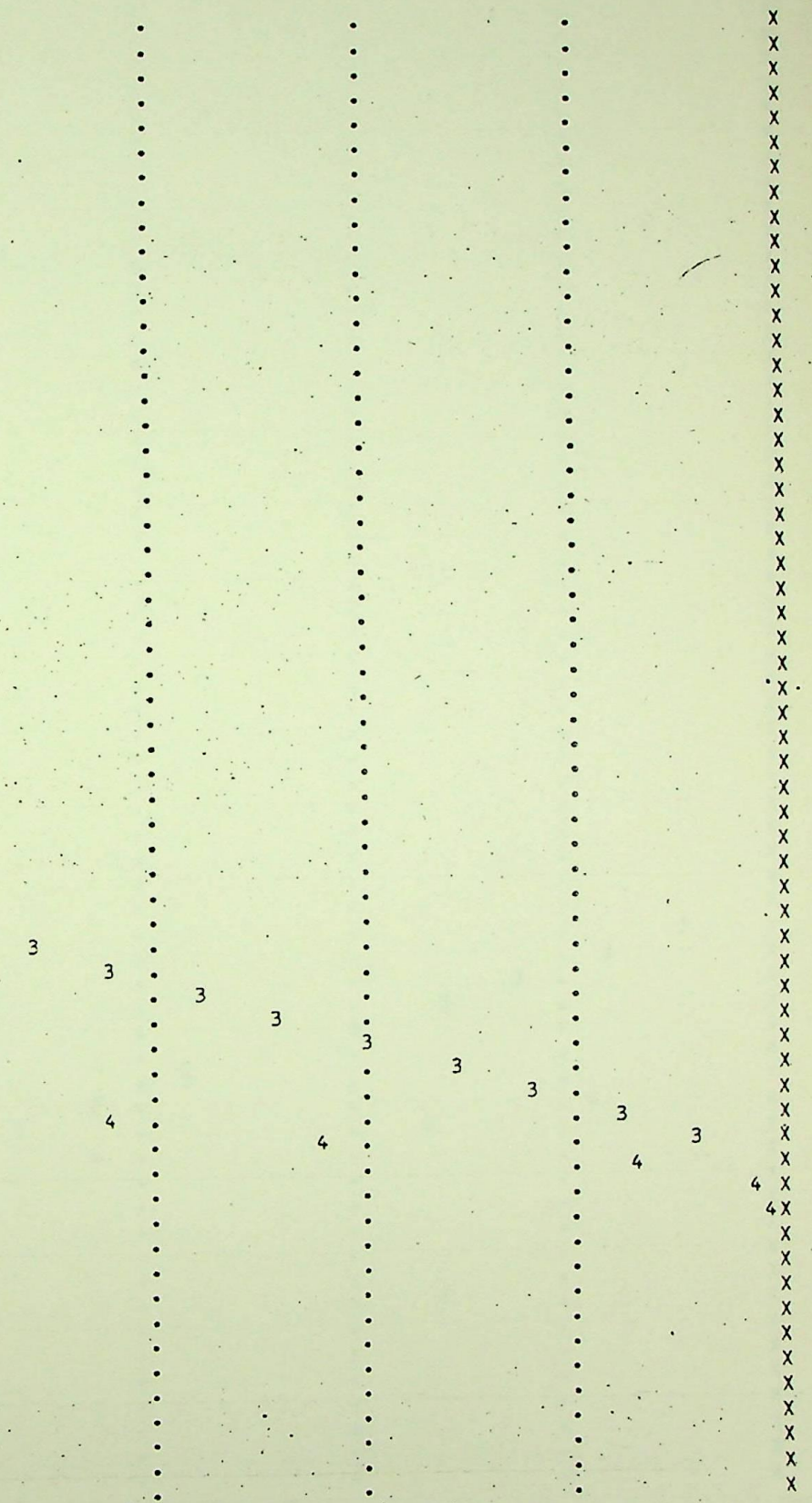
********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N8)
1: V(N9)
2: V(N10)
3: V(N11)
4: V(N4)

TIME	V(N8)	(01234) 0.000D+00 ... 1.250D+00 ... 2.500D+00 ... 3.750D+00 ... 5.000D+00
0.000D+00	0.000D+00	X
2.000D-10	0.000D+00	X
4.000D-10	0.000D+00	X
6.000D-10	0.000D+00	X
8.000D-10	0.000D+00	X
1.000D-09	0.000D+00	X
1.200D-09	0.000D+00	X
1.400D-09	0.000D+00	X
1.600D-09	0.000D+00	X
1.800D-09	0.000D+00	X
2.000D-09	0.000D+00	X
2.200D-09	5.000D-01	X
2.400D-09	1.000D+00	X
2.600D-09	1.500D+00	X
2.800D-09	2.000D+00	X
3.000D-09	2.500D+00	X
3.200D-09	3.000D+00	X
3.400D-09	3.500D+00	X
3.600D-09	4.000D+00	X
3.800D-09	4.500D+00	X
4.000D-09	5.000D+00	X
4.200D-09	5.000D+00	X
4.400D-09	5.000D+00	X
4.600D-09	5.000D+00	X
4.800D-09	5.000D+00	X
5.000D-09	5.000D+00	X
5.200D-09	5.000D+00	X
5.400D-09	5.000D+00	X
5.600D-09	5.000D+00	X
5.800D-09	5.000D+00	X
6.000D-09	5.000D+00	X
6.200D-09	5.000D+00	X
6.400D-09	5.000D+00	X
6.600D-09	5.000D+00	X
6.800D-09	5.000D+00	X
7.000D-09	5.000D+00	X
7.200D-09	5.000D+00	X
7.400D-09	5.000D+00	X
7.600D-09	5.000D+00	X

```
7.8000-09  5.0000+00 X
8.0000-09  5.0000+00 X
8.2000-09  5.0000+00 X
8.4000-09  5.0000+00 X
8.6000-09  5.0000+00 X
8.8000-09  5.0000+00 X
9.0000-09  5.0000+00 X
9.2000-09  5.0000+00 X
9.4000-09  5.0000+00 X
9.6000-09  5.0000+00 X
9.8000-09  5.0000+00 X
1.0000-08  5.0000+00 X
1.0200-08  5.0000+00 X
1.0400-08  5.0000+00 X
1.0600-08  5.0000+00 X
1.0800-08  5.0000+00 X
1.1000-08  5.0000+00 X
1.1200-08  5.0000+00 X
1.1400-08  5.0000+00 X
1.1600-08  5.0000+00 X
1.1800-08  5.0000+00 X
1.2000-08  5.0000+00 X
1.2200-08  5.0000+00 X
1.2400-08  5.0000+00 X
1.2600-08  5.0000+00 X
1.2800-08  5.0000+00 X
1.3000-08  5.0000+00 X
1.3200-08  5.0000+00 X
1.3400-08  5.0000+00 X
1.3600-08  5.0000+00 X
1.3800-08  5.0000+00 X
1.4000-08  5.0000+00 X
1.4200-08  5.0000+00 X
1.4400-08  5.0000+00 X
1.4600-08  5.0000+00 X
1.4800-08  5.0000+00 X
1.5000-08  5.0000+00 X
1.5200-08  5.0000+00 4
1.5400-08  5.0000+00 4
1.5600-08  5.0000+00 4
1.5800-08  5.0000+00 4
1.6000-08  5.0000+00 4
1.6200-08  5.0000+00 4
1.6400-08  5.0000+00 .4
1.6600-08  5.0000+00 .
1.6800-08  5.0000+00 .
1.7000-08  5.0000+00 .
1.7200-08  5.0000+00 .
1.7400-08  5.0000+00 .
1.7600-08  5.0000+00 .
1.7800-08  5.0000+00 .
1.8000-08  5.0000+00 .
1.8200-08  5.0000+00 .
1.8400-08  5.0000+00 .
1.8600-08  5.0000+00 .
1.8800-08  5.0000+00 .
1.9000-08  5.0000+00 .
1.9200-08  5.0000+00 .
1.9400-08  5.0000+00 .
1.9600-08  5.0000+00 .
```



```
1.980D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.000D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.020D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.040D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.060D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.080D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.100D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.120D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.140D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.160D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.180D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.200D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.220D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.240D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.260D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.280D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.300D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.320D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.340D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.360D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.380D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.400D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.420D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.440D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.460D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.480D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.500D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.520D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.540D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.560D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.580D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.600D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.620D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.640D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.660D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.680D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.700D-08  5.000D+00 .                .                .                .                X
2.720D-08  5.000D+00 .                .                .                .             3  X
2.740D-08  5.000D+00 .                .                .                .          3     X
2.760D-08  5.000D+00 .                .                .             3  .             X
2.780D-08  5.000D+00 .                .                .          3     .             X
2.800D-08  5.000D+00 .                .                3                .             X
2.820D-08  5.000D+00 .                .             3  .                .             X
2.840D-08  5.000D+00 .                .          3     .                .             X
2.860D-08  5.000D+00 .             3  .                .                .          4  X
2.880D-08  5.000D+00 .          3     .                .          4     .             X
2.900D-08  5.000D+00 3          4     .                .                .             X
2.920D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
2.940D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
2.960D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
2.980D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
3.000D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
3.020D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
3.040D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
3.060D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
3.080D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
3.100D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
3.120D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
3.140D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
3.160D-08  5.000D+00 X                .                .                .             X
```

DF128TIP

***** INPUT LISTING TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

```
.WIDTH OUT=80
VVDD NVDD GND  5.0
VCLK N24 GND PWL( 0.0 0.0 2.000E-09 0.0 4.000E-09 5.0 9.000E-09
+5.0 1.100E-08 0.0 1.700E-08 0.0 1.900E-08 5.0 2.400E-08 5.0
+2.600E-08 0.0 5.400E-08 0.0)
VD N26 GND PULSE(0.0 5.0 1.300E-08 2.000E-09 2.000E-09 1.300E-08
+5.400E-08)
VSN N27 GND PULSE(5.0 0.0 4.300E-08 2.000E-09 2.000E-09 3.000E-09
+5.400E-08)
VRN N25 GND PULSE(5.0 0.0 3.300E-08 2.000E-09 2.000E-09 3.000E-09
+5.400E-08)
C3N N3 GND 1.510E-14
C3N5 N3 N5 1.970E-15
C3N8 N3 N8 8.540E-16
C3N10 N3 N10 1.079E-15
C3N24 N3 N24 2.010E-15
C3N25 N3 N25 3.728E-15
C3N26 N3 N26 8.540E-16
C3N27 N3 N27 1.189E-15
C5N N5 GND 9.959E-15
C5N6 N5 N6 1.440E-16
C5N7 N5 N7 1.440E-16
C5N8 N5 N8 1.098E-15
C5N24 N5 N24 1.688E-15
C5N25 N5 N25 3.350E-16
C5N27 N5 N27 1.189E-15
C8N N8 GND 5.338E-15
C8N19 N8 N19 2.360E-16
C8N24 N8 N24 8.540E-16
C8N25 N8 N25 1.930E-16
C8N27 N8 N27 8.330E-16
C10N N10 GND 1.373E-14
C10N13 N10 N13 2.630E-15
C10N14 N10 N14 5.190E-16
C10N15 N10 N15 6.700E-16
C10N24 N10 N24 1.139E-15
C10N25 N10 N25 1.511E-15
C10N27 N10 N27 1.109E-15
C13N N13 GND 1.261E-14
C13N14 N13 N14 1.346E-15
C13N24 N13 N24 3.350E-16
C13N25 N13 N25 2.398E-15
C14N N14 GND 1.445E-15
C15N N15 GND 5.292E-15
C23N25 N23 N25 1.605E-15
C24N N24 GND 2.009E-14
C24N25 N24 N25 3.055E-15
C24N26 N24 N26 1.089E-15
C24N27 N24 N27 1.524E-15
C25N N25 GND 1.861E-14
C25N26 N25 N26 5.190E-16
```

```
C25N27 N25 N27 7.120E-16
C26N N26 GND 4.405E-15
C27N N27 GND 1.417E-14
MQ1 N16 N3 N5 GND N L=1.250E-06 W=9.000E-06 AD=1.400E-11 AS=4.676E-11
+PD=1.950E-05 PS=2.900E-05
MQ2 N6 N3 N5 NVDD P L=1.250E-06 W=1.826E-05 AD=3.195E-11 AS=9.354E-11
+PD=4.002E-05 PS=4.752E-05
MQ3 N7 N3 N5 NVDD P L=1.250E-06 W=1.826E-05 AD=3.195E-11 AS=8.198E-11
+PD=4.002E-05 PS=4.550E-05
MQ4 N10 N3 N9 NVDD P L=1.250E-06 W=1.976E-05 AD=9.817E-11 AS=
+3.458E-11 PD=4.952E-05 PS=4.302E-05
MQ5 N21 N3 N10 GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=1.662E-11 AS=
+4.675E-11 PD=2.250E-05 PS=2.900E-05
MQ6 N8 N5 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=9.760E-06 AD=4.880E-11 AS=
+4.382E-11 PD=2.952E-05 PS=2.850E-05
MQ7 N19 N5 GND GND N L=1.250E-06 W=6.000E-06 AD=1.050E-11 AS=
+7.519E-11 PD=1.550E-05 PS=4.798E-05
MQ8 N9 N5 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.976E-05 AS=8.911E-11 PS=
+4.854E-05
MQ9 N20 N5 GND GND N L=1.250E-06 W=9.000E-06 AD=1.400E-11 AS=
+7.733E-11 PD=1.950E-05 PS=4.802E-05
MQ10 N18 N8 GND GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=1.662E-11 AS=
+7.875E-11 PD=2.250E-05 PS=4.800E-05
MQ11 N7 N8 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.826E-05 AS=8.217E-11 PS=
+4.552E-05
MQ12 N23 N10 GND GND N L=1.250E-06 W=1.075E-05 AD=1.883E-11 AS=
+5.100E-11 PD=2.502E-05 PS=3.100E-05
MQ13 N13 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.750E-05 AD=8.750E-11 AS=
+7.875E-11 PD=4.500E-05 PS=4.400E-05
MQ14 N15 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.012E-10 AS=
+1.012E-10 PD=5.400E-05 PS=5.400E-05
MQ15 N15 N10 GND GND N L=1.250E-06 W=2.850E-05 AD=8.075E-11 AS=
+1.880E-10 PD=5.400E-05 PS=9.300E-05
MQ16 N15 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AS=1.012E-10 PS=
+5.400E-05
MQ17 N15 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.125E-10 PD=
+5.500E-05
MQ18 N22 N13 GND GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=1.662E-11 AS=
+7.865E-11 PD=2.250E-05 PS=4.798E-05
MQ19 N12 N13 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.850E-05 AD=3.237E-11 AS=
+8.325E-11 PD=4.050E-05 PS=4.600E-05
MQ20 N14 N13 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.125E-10 AS=
+1.012E-10 PD=5.500E-05 PS=5.400E-05
MQ21 N14 N13 GND GND N L=1.250E-06 W=2.750E-05 AD=8.268E-11 PD=
+5.352E-05
MQ22 N14 N13 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.012E-10 PD=
+5.400E-05
MQ23 N14 N13 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05
MQ24 N3 N24 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.076E-05 AD=4.842E-11 AS=
+4.852E-11 PD=3.052E-05 PS=3.054E-05
MQ25 N3 N24 GND GND N L=1.250E-06 W=5.000E-06 AD=2.250E-11 AS=
+2.255E-11 PD=1.900E-05 PS=1.902E-05
MQ26 N5 N24 N4 NVDD P L=1.250E-06 W=1.876E-05 AS=3.283E-11 PS=
+4.102E-05
MQ27 N17 N24 N5 GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=1.662E-11 PD=
+2.250E-05
MQ28 N20 N24 N10 GND N L=1.250E-06 W=9.000E-06
MQ29 N11 N24 N10 NVDD P L=1.250E-06 W=1.850E-05 AD=3.237E-11 PD=
+4.050E-05
MQ30 N12 N24 N10 NVDD P L=1.250E-06 W=1.850E-05 AS=9.694E-11 PS=
```

```
+4.748E-05
MQ31 N6 N25 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.826E-05
MQ32 N18 N25 N17 GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06
MQ33 N13 N25 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.750E-05 AS=7.875E-11 PS=
+4.400E-05
MQ34 N23 N25 N13 GND N L=1.250E-06 W=1.076E-05 AS=5.390E-11 PS=
+3.154E-05
MQ35 N4 N26 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.876E-05 AS=8.442E-11 PS=
+4.652E-05
MQ36 N16 N26 GND GND N L=1.250E-06 W=8.000E-06 AS=7.725E-11 PS=
+4.800E-05
MQ37 N8 N27 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=9.760E-06 AS=4.401E-11 PS=
+2.854E-05
MQ38 N19 N27 N8 GND N L=1.250E-06 W=6.000E-06 AS=3.000E-11 PS=
+2.200E-05
MQ39 N11 N27 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.850E-05
.IC V(N24)=0.0 V(N26)=0.0 V(N25)=5.0 V(N27)=5.0 V(N3)=5.0 V(N5)=
+5.0 V(N8)=0.0 V(N10)=5.0 V(N6)=5.0 V(N7)=5.0 V(N19)=0.0 V(N13)=
+0.0 V(N14)=5.0
.IC V(N15)=0.0 V(N23)=0.0 V(N16)=5.0 V(N9)=5.0 V(N21)=5.0 V(N20)=
+0.0 V(N18)=0.0 V(N22)=5.0 V(N12)=5.0 V(N4)=5.0 V(N17)=0.0 V(N11)=
+5.0
.TRAN 2.000E-10 5.400E-08
.PLOT TRAN V(N24) V(N26) V(N25) V(N27) V(N14) V(N15) (0.0,5.0)
MQ40 N22 N27 N21 GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06
.OPTIONS LIMPTS=350.0 ABSTOL=1.000E-09 VNTOL=1.000E-04 ITL5=1.000E+04
+RELTOL=1.000E-02

*
* CASE: CA_TYPICAL
* N= CANTT
* P= CAPTT
*

* SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.8 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
+-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=3.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
+2.400E-02 FSB=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=8.000E-01 PHP=5.500E-01 SCM=12.0 TCV=
+1.500E-03 TOX=225.0 UB=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)

* SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
+-1.000E-01 DNB=1.500E+16 ECV=12.5 EXA=5.300E-01 EXP=2.000E-01 FRC=
+1.460E-01 FSB=3.700E-04 FSS=3.000E+11 LATD=3.000E-01 NWM=1.5 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=7.000E-01 PHP=4.300E-01 SCM=13.5 TCV=
+1.700E-03 TOX=225.0 UB=212.0 VST=2.600E+07 VT=-7.500E-01 XJ=
+4.300E-02)
.END
```

***** 2-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 12:40:33 *****

DF128TIP

***** MOSFET MODEL PARAMETERS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

	N	P
TYPE	NMOS	PMOS
VT	7.500D-01	-7.500D-01
UB	6.300D+02	2.120D+02
FRC	2.400D-02	1.460D-01
TOX	2.250D+02	2.250D+02
CNB	3.400D+16	1.500D+16
XJ	1.200D-02	4.300D-02
LATD	1.500D-01	3.000D-01
CXETCH	-9.000D-01	-9.000D-01
DEL	-5.000D-02	-1.000D-01
CJA	5.500D-04	3.000D-04
PHI	8.000D-01	7.000D-01
EXA	4.000D-01	5.300D-01
LEVEL	4.000D+00	4.000D+00
TCV	1.500D-03	1.700D-03
BEX	1.800D+00	1.600D+00
FSS	3.000D+11	3.000D+11
FSB	7.500D-05	3.700D-04
SCM	1.200D+01	1.350D+01
ECV	3.500D+00	1.250D+01
VST	2.100D+07	2.600D+07
EXP	3.000D-01	2.000D-01
CJP	2.800D-10	2.500D-10
PHA	8.500D-01	8.500D-01
PHP	5.500D-01	4.300D-01
NWM	1.200D+00	1.500D+00

***** 2-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 12:40:33 *****

DP128TIP

***** INITIAL TRANSIENT SOLUTION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
NVDD	5.0000	N24	0.0000	N26	0.0000	N27	5.0000
N25	5.0000	N3	5.0000	N5	5.0000	N8	0.0000
N10	5.0000	N6	5.0000	N7	5.0000	N19	0.0000
N13	0.0000	N14	5.0000	N15	0.0000	N23	0.0000
N16	5.0000	N9	5.0000	N21	5.0000	N20	0.0000
N18	0.0000	N22	5.0000	N12	5.0000	N4	5.0000
N17	0.0000	N11	5.0000				

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME	CURRENT
VVDD	-3.504D-11
VCLK	0.000D+00
VD	0.000D+00
VSN	0.000D+00
VRN	0.000D+00

TOTAL POWER DISSIPATION 1.75D-10 WATTS

DF128TIP

***** OPERATING POINT INFORMATION TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

**** MOSFETS ****

	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4	MQ5	MQ6	MQ7
MODEL	N	P	P	P	N	P	N
ID	0.000D+00	0.000+00	0.000D+00	0.000+00	0.000D+00	0.000D+00	-1.130-14
VGS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.000
VDS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.000	0.000
VBS	-5.000	0.000	0.000	0.000	-5.000	0.000	0.000

	MQ8	MQ9	MQ10	MQ11	MQ12	MQ13	MQ14
MODEL	P	N	N	P	N	P	P
ID	0.000+00	4.620-15	0.000+00	-5.520-17	-1.580-13	0.000+00	0.000+00
VGS	0.000	5.000	0.000	-5.000	5.000	0.000	0.000
VDS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.000	-5.000
VBS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

	MQ15	MQ16	MQ17	MQ18	MQ19	MQ20	MQ21
MODEL	N	P	P	N	P	P	N
ID	-6.960-13	0.000+00	0.000+00	0.000+00	2.370-15	-6.830-15	0.000+00
VGS	5.000	0.000	0.000	0.000	-5.000	-5.000	0.000
VDS	0.000	-5.000	-5.000	5.000	0.000	0.000	5.000
VBS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

	MQ22	MQ23	MQ24	MQ25	MQ26	MQ27	MQ28
MODEL	P	P	P	N	P	N	N
ID	-6.830-15	-6.830-15	-5.050-15	0.000+00	-2.940-14	0.000+00	0.000+00
VGS	-5.000	-5.000	-5.000	0.000	-5.000	-5.000	-5.000
VDS	0.000	0.000	0.000	5.000	0.000	-5.000	-5.000
VBS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.000	-5.000

	MQ29	MQ30	MQ31	MQ32	MQ33	MQ34	MQ35
MODEL	P	P	P	N	P	N	P
ID	3.430-14	3.560-14	0.000+00	-5.920-14	0.000+00	-3.030-13	3.550-10
VGS	-5.000	-5.000	0.000	5.000	0.000	5.000	-5.000

VDS	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.000	0.000	0.000
VBS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

	MQ36	MQ37	MQ38	MQ39	MQ40
MODEL	N	P	N	P	N
ID	0.00D+00	0.00D+00	-3.65D-14	0.00D+00	0.00D+00
VGS	0.000	0.000	5.000	0.000	0.000
VDS	5.000	-5.000	0.000	0.000	0.000
VBS	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.000

```
******  2-MAR-88 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ******  12:40:33 *****

 OF128TIP

*****      TRANSIENT ANALYSIS                    TEMPERATURE =   25.000 DEG C

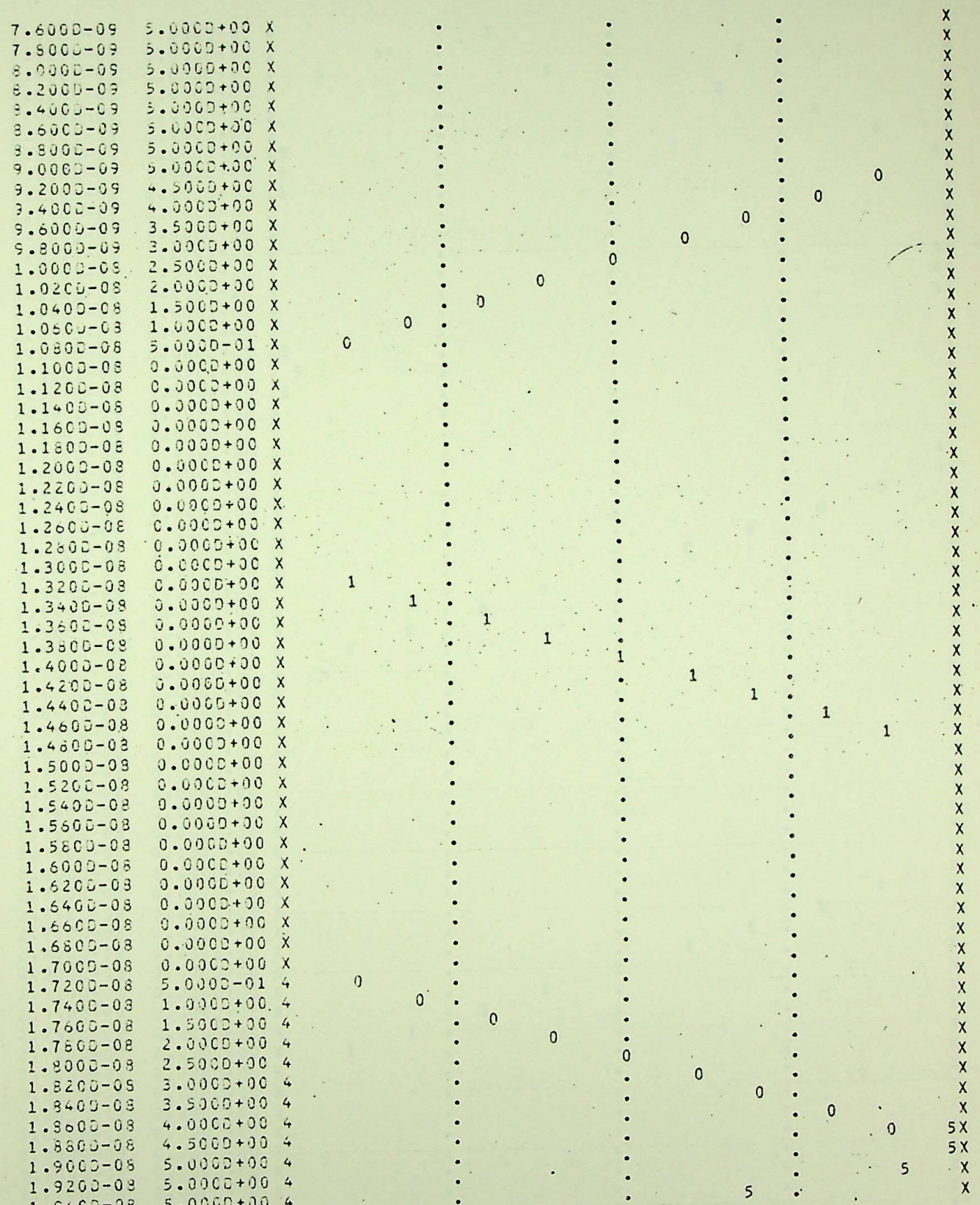
******************************** VERSION 1.02 ********************************

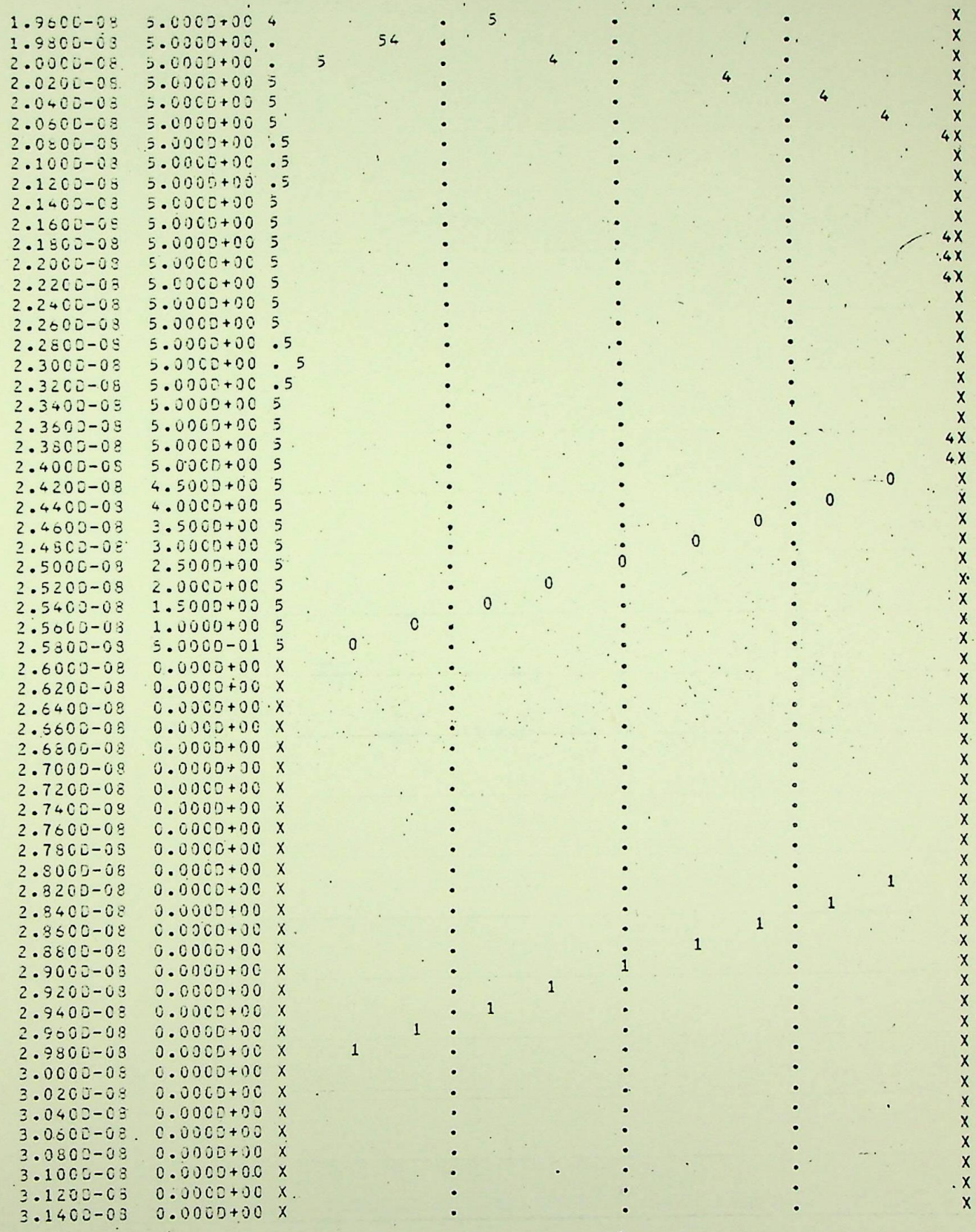

LEGEND:

0: V(N24)
1: V(N26)
2: V(N25)
3: V(N27)
4: V(N14)
5: V(N15)

     TIME        V(N24)

(012345)--------  0.000D+00      1.250D+00      2.500D+00      3.750D+00   5.000D+00
                  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 0.000D+00   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 2.000D-10   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 4.000D-10   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 6.000D-10   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 8.000D-10   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 1.000D-09   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 1.200D-09   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 1.400D-09   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 1.600D-09   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 1.800D-09   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 2.000D-09   0.000D+00 X                    .              .              .          X
 2.200D-09   5.000D-01 X      0             .              .              .          X
 2.400D-09   1.000D+00 X           0        .              .              .          X
 2.600D-09   1.500D+00 X              0     .              .              .          X
 2.800D-09   2.000D+00 X                 0  .              .              .          X
 3.000D-09   2.500D+00 X                    .              0              .          X
 3.200D-09   3.000D+00 X                    .                 0           .          X
 3.400D-09   3.500D+00 X                    .                    0        .          X
 3.600D-09   4.000D+00 15                   .                       0     .          X
 3.800D-09   4.500D+00 1  5                 .                          0  .          X
 4.000D-09   5.000D+00 1    5               .                             .          X
 4.200D-09   5.000D+00 1                    .        5                    .          X
 4.400D-09   5.000D+00 1                    .                    5       .          X
 4.600D-09   5.000D+00 1                    .                          5  .          4X
 4.800D-09   5.000D+00 1                    .                             .       4  X
 5.000D-09   5.000D+00 1                    .                 4           .          X
 5.200D-09   5.000D+00 1                    .           4                 .          5X
 5.400D-09   5.000D+00 1      4             .                             .          5X
 5.600D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
 5.800D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
 6.000D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
 6.200D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
 6.400D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
 6.600D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
 6.800D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
 7.000D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
 7.200D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
 7.400D-09   5.000D+00 X                    .                             .          X
```




1.9600-08 5.0000+00 4
1.9800-08 5.0000+00 .
2.0000-08 5.0000+00 .
2.0200-08 5.0000+00 5
2.0400-08 5.0000+00 5
2.0600-08 5.0000+00 5
2.0800-08 5.0000+00 .5
2.1000-08 5.0000+00 .5
2.1200-08 5.0000+00 .5
2.1400-08 5.0000+00 5
2.1600-08 5.0000+00 5
2.1800-08 5.0000+00 5
2.2000-08 5.0000+00 5
2.2200-08 5.0000+00 5
2.2400-08 5.0000+00 5
2.2600-08 5.0000+00 5
2.2800-08 5.0000+00 .5
2.3000-08 5.0000+00 . 5
2.3200-08 5.0000+00 .5
2.3400-08 5.0000+00 5
2.3600-08 5.0000+00 5
2.3800-08 5.0000+00 5
2.4000-08 5.0000+00 5
2.4200-08 4.5000+00 5
2.4400-08 4.0000+00 5
2.4600-08 3.5000+00 5
2.4800-08 3.0000+00 5
2.5000-08 2.5000+00 5
2.5200-08 2.0000+00 5
2.5400-08 1.5000+00 5
2.5600-08 1.0000+00 5
2.5800-08 5.0000-01 5
2.6000-08 0.0000+00 X
2.6200-08 0.0000+00 X
2.6400-08 0.0000+00 X
2.6600-08 0.0000+00 X
2.6800-08 0.0000+00 X
2.7000-08 0.0000+00 X
2.7200-08 0.0000+00 X
2.7400-08 0.0000+00 X
2.7600-08 0.0000+00 X
2.7800-08 0.0000+00 X
2.8000-08 0.0000+00 X
2.8200-08 0.0000+00 X
2.8400-08 0.0000+00 X
2.8600-08 0.0000+00 X
2.8800-08 0.0000+00 X
2.9000-08 0.0000+00 X
2.9200-08 0.0000+00 X
2.9400-08 0.0000+00 X
2.9600-08 0.0000+00 X
2.9800-08 0.0000+00 X
3.0000-08 0.0000+00 X
3.0200-08 0.0000+00 X
3.0400-08 0.0000+00 X
3.0600-08 0.0000+00 X
3.0800-08 0.0000+00 X
3.1000-08 0.0000+00 X
3.1200-08 0.0000+00 X
3.1400-08 0.0000+00 X

```
1.9600-08  5.0000+00 4                .    5         .                .                X
1.9800-08  5.0000+00 .          54    .              .                .                X
2.0000-08  5.0000+00 .    5           .         4    .                .                X
2.0200-08  5.0000+00 5                .              .          4     .                X
2.0400-08  5.0000+00 5                .              .                .     4          X
2.0600-08  5.0000+00 5                .              .                .          4     X
2.0800-08  5.0000+00 .5               .              .                .               4X
2.1000-08  5.0000+00 .5               .              .                .                X
2.1200-08  5.0000+00 .5               .              .                .                X
2.1400-08  5.0000+00 5                .              .                .                X
2.1600-08  5.0000+00 5                .              .                .                X
2.1800-08  5.0000+00 5                .              .                .               4X
2.2000-08  5.0000+00 5                .              .                .               4X
2.2200-08  5.0000+00 5                .              .                .               4X
2.2400-08  5.0000+00 5                .              .                .                X
2.2600-08  5.0000+00 5                .              .                .                X
2.2800-08  5.0000+00 .5               .              .                .                X
2.3000-08  5.0000+00 . 5              .              .                .                X
2.3200-08  5.0000+00 .5               .              .                .                X
2.3400-08  5.0000+00 5                .              .                .                X
2.3600-08  5.0000+00 5                .              .                .                X
2.3800-08  5.0000+00 5                .              .                .               4X
2.4000-08  5.0000+00 5                .              .                .               4X
2.4200-08  4.5000+00 5                .              .                .          0     X
2.4400-08  4.0000+00 5                .              .                .     0          X
2.4600-08  3.5000+00 5                .              .          0     .                X
2.4800-08  3.0000+00 5                .              .    0           .                X
2.5000-08  2.5000+00 5                .              0                .                X
2.5200-08  2.0000+00 5                .         0    .                .                X
2.5400-08  1.5000+00 5                .    0         .                .                X
2.5600-08  1.0000+00 5                .              .                .                X
2.5800-08  5.0000-01 5          0     .              .                .                X
2.6000-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.6200-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.6400-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.6600-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.6800-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.7000-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.7200-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.7400-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.7600-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.7800-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.8000-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
2.8200-08  0.0000+00 X                .              .                .          1     X
2.8400-08  0.0000+00 X                .              .                .     1          X
2.8600-08  0.0000+00 X                .              .          1     .                X
2.8800-08  0.0000+00 X                .              .    1           .                X
2.9000-08  0.0000+00 X                .              1                .                X
2.9200-08  0.0000+00 X                .         1    .                .                X
2.9400-08  0.0000+00 X                .    1         .                .                X
2.9600-08  0.0000+00 X                1              .                .                X
2.9800-08  0.0000+00 X          1     .              .                .                X
3.0000-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
3.0200-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
3.0400-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
3.0600-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
3.0800-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
3.1000-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
3.1200-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
3.1400-08  0.0000+00 X                .              .                .                X
```

Escola Federal de Engenharia
Biblioteca
MAUÁ

```
1.9600D-08  5.0000D+00 4                .    5          .                .                X
1.9800D-08  5.0000D+00 .          54    4               .                .                X
2.0000D-08  5.0000D+00 .    5           .         4     .                .                X
2.0200D-08  5.0000D+00 5                .               .          4     .                X
2.0400D-08  5.0000D+00 5                .               .                .    4           X
2.0600D-08  5.0000D+00 5                .               .                .         4      X
2.0800D-08  5.0000D+00 .5               .               .                .                4X
2.1000D-08  5.0000D+00 .5               .               .                .                X
2.1200D-08  5.0000D+00 .5               .               .                .                X
2.1400D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                X
2.1600D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                X
2.1800D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                4X
2.2000D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                4X
2.2200D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                4X
2.2400D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                X
2.2600D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                X
2.2800D-08  5.0000D+00 .5               .               .                .                X
2.3000D-08  5.0000D+00 . 5              .               .                .                X
2.3200D-08  5.0000D+00 .5               .               .                .                X
2.3400D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                X
2.3600D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                X
2.3800D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                4X
2.4000D-08  5.0000D+00 5                .               .                .                4X
2.4200D-08  4.5000D+00 5                .               .                .         0      X
2.4400D-08  4.0000D+00 5                .               .                .    0           X
2.4600D-08  3.5000D+00 5                .               .           0    .                X
2.4800D-08  3.0000D+00 5                .               .      0         .                X
2.5000D-08  2.5000D+00 5                .               0                .                X
2.5200D-08  2.0000D+00 5                .          0    .                .                X
2.5400D-08  1.5000D+00 5                .     0         .                .                X
2.5600D-08  1.0000D+00 5           0    .               .                .                X
2.5800D-08  5.0000D-01 5      0         .               .                .                X
2.6000D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.6200D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.6400D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.6600D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.6800D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.7000D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.7200D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.7400D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.7600D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.7800D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.8000D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
2.8200D-08  0.0000D+00 X                .               .                .         1      X
2.8400D-08  0.0000D+00 X                .               .                .    1           X
2.8600D-08  0.0000D+00 X                .               .           1    .                X
2.8800D-08  0.0000D+00 X                .               .      1         .                X
2.9000D-08  0.0000D+00 X                .               1                .                X
2.9200D-08  0.0000D+00 X                .          1    .                .                X
2.9400D-08  0.0000D+00 X                .     1         .                .                X
2.9600D-08  0.0000D+00 X           1    .               .                .                X
2.9800D-08  0.0000D+00 X      1         .               .                .                X
3.0000D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
3.0200D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
3.0400D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
3.0600D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
3.0800D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
3.1000D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
3.1200D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
3.1400D-08  0.0000D+00 X                .               .                .                X
```

```
1.9600-08  5.0000+00 4                .          5          .          .          X
1.9800-08  5.0000+00 .             54 .          .          .          .          X
2.0000-08  5.0000+00 .    5         .          4          .          .          X
2.0200-08  5.0000+00 5               .          .          .     4    .          X
2.0400-08  5.0000+00 5               .          .          .          .    4     X
2.0600-08  5.0000+00 5               .          .          .          .         4X
2.0800-08  5.0000+00 .5              .          .          .          .          X
2.1000-08  5.0000+00 .5              .          .          .          .          X
2.1200-08  5.0000+00 .5              .          .          .          .          X
2.1400-08  5.0000+00 5               .          .          .          .          X
2.1600-08  5.0000+00 5               .          .          .          .         4X
2.1800-08  5.0000+00 5               .          .          .          .         4X
2.2000-08  5.0000+00 5               .          .          .          .         4X
2.2200-08  5.0000+00 5               .          .          .          .          X
2.2400-08  5.0000+00 5               .          .          .          .          X
2.2600-08  5.0000+00 5               .          .          .          .          X
2.2800-08  5.0000+00 .5              .          .          .          .          X
2.3000-08  5.0000+00 . 5             .          .          .          .          X
2.3200-08  5.0000+00 .5              .          .          .          .          X
2.3400-08  5.0000+00 5               .          .          .          .          X
2.3600-08  5.0000+00 5               .          .          .          .         4X
2.3800-08  5.0000+00 5               .          .          .          .         4X
2.4000-08  5.0000+00 5               .          .          .          .    0    X
2.4200-08  4.5000+00 5               .          .          .          .    0    X
2.4400-08  4.0000+00 5               .          .          .     0    .         X
2.4600-08  3.5000+00 5               .          .          .          .         X
2.4800-08  3.0000+00 5               .          .          0          .         X
2.5000-08  2.5000+00 5               .          .          .          .         X
2.5200-08  2.0000+00 5               .          0          .          .         X
2.5400-08  1.5000+00 5               .          .          .          .         X
2.5600-08  1.0000+00 5               0          .          .          .         X
2.5800-08  5.0000-01 5          0    .          .          .          .         X
2.6000-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.6200-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.6400-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.6600-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.6800-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.7000-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.7200-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.7400-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.7600-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.7800-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.8000-08  0.0000+00 X               .          .          .          .    1    X
2.8200-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.8400-08  0.0000+00 X               .          .          .     1    .         X
2.8600-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.8800-08  0.0000+00 X               .          .          1          .         X
2.9000-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.9200-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
2.9400-08  0.0000+00 X               .          1          .          .         X
2.9600-08  0.0000+00 X               1          .          .          .         X
2.9800-08  0.0000+00 X          1    .          .          .          .         X
3.0000-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
3.0200-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
3.0400-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
3.0600-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
3.0800-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
3.1000-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
3.1200-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
3.1400-08  0.0000+00 X               .          .          .          .         X
```

```
3.1600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
3.1800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
3.2000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
3.2200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
3.2400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
3.2600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
3.2800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
3.3000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
3.3200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .           2    X
3.3400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .      2         X
3.3600D-08  0.0000D+00 X                .                .           2    .              X
3.3800D-08  0.0000D+00 X                .                .      2         .              X
3.4000D-08  0.0000D+00 X                .                2                .              X
3.4200D-08  0.0000D+00 X                .           2    .                .              X
3.4400D-08  0.0000D+00 X                .      2         .                .              X
3.4600D-08  0.0000D+00 X           2    .                .                .         4    3
3.4800D-08  0.0000D+00 X      2         .                .           4    .              3
3.5000D-08  0.0000D+00 X    4           .                .                .              3
3.5200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              3
3.5400D-08  0.0000D+00 X5               .                .                .              3
3.5600D-08  0.0000D+00 X  5             .                .                .              3
3.5800D-08  0.0000D+00 X           5    .                .                .              3
3.6000D-08  0.0000D+00 X                .           5    .                .              3
3.6200D-08  0.0000D+00 X                .                .           5    .              3
3.6400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .      5       3
3.6600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .           5  3
3.6800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
3.7000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              3
3.7200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
3.7400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
3.7600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              53
3.7800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
3.8000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
3.8200D-08  0.0000D+00 X      2         .                .                .              X
3.8400D-08  0.0000D+00 X           2    .                .                .              X
3.8600D-08  0.0000D+00 X                .      2         .                .              X
3.8800D-08  0.0000D+00 X                .                2                .              X
3.9000D-08  0.0000D+00 X                .                .           2    .              X
3.9200D-08  0.0000D+00 X                .                .      2         .              X
3.9400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
3.9600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
3.9800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.0000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.0200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.0400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.0600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.0800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.1000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.1200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.1400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.1600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.1800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.2000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.2200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.2400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.2600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.2800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.3000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .           3  X
4.3200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
4.3400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .              X
```

```
4.3600D-08  0.0000D+00 X                .                .                3  .                X
4.3800D-08  0.0000D+00 X                .                .             3     .                X
4.4000D-08  0.0000D+00 X                .                3                   .                X
4.4200D-08  0.0000D+00 X                .             3                      .                X
4.4400D-08  0.0000D+00 X                .          3                         .                X
4.4600D-08  0.0000D+00 X             3  .                                    .               52
4.4800D-08  0.0000D+00 X          3     .                                    .             5  2
4.5000D-08  0.0000D+00 X                .                                    .          5     2
4.5200D-08  0.0000D+00 X                .                5.                  .                2
4.5400D-08  0.0000D+00 X4            5  .                                    .                2
4.5600D-08  0.0000D+00 X5               4.                                   .                2
4.5800D-08  0.0000D+00 X5               .                4                   .                2
4.6000D-08  0.0000D+00 X                .                                 4  .                2
4.6200D-08  0.0000D+00 X                .                                    .             4  2
4.6400D-08  0.0000D+00 X                .                                    .                X
4.6600D-08  0.0000D+00 X                .                                    .                X
4.6800D-08  0.0000D+00 X                .                                    .                X
4.7000D-08  0.0000D+00 X                .                                    .                X
4.7200D-08  0.0000D+00 X                .                                    .                X
4.7400D-08  0.0000D+00 X                .                                    .                X
4.7600D-08  0.0000D+00 X                .                                    .                X
4.7800D-08  0.0000D+00 X                .                                    .                X
4.8000D-08  0.0000D+00 X                .                                    .                X
4.8200D-08  0.0000D+00 X             3  .                                    .                X
4.8400D-08  0.0000D+00 X             3  .                                    .                X
4.8600D-08  0.0000D+00 X                .             3                      .                X
4.8800D-08  0.0000D+00 X                .                3                   .                X
4.9000D-08  0.0000D+00 X                .                3                   .                X
4.9200D-08  0.0000D+00 X                .                .             3     .                X
4.9400D-08  0.0000D+00 X                .                .                3  .                X
4.9600D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .          3     X
4.9800D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .             3  X
5.0000D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.0200D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.0400D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.0600D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.0800D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.1000D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.1200D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.1400D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.1600D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.1800D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.2000D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.2200D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.2400D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.2600D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.2800D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.3000D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.3200D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.3400D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.3600D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.3800D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
5.4000D-08  0.0000D+00 X                .                .                   .                X
                       . . . . . .      . . . . . .      . . . . . .         . . . . . .      .
```

**** JOB CONCLUDED ****

ANEXO G

SIMULACÃO SPICE (COM CARGA CI = 0.5 pF)

```
*****  1-MAR-88 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ****** 10:46:20 *****

 IN015TIP

*****     INPUT LISTING                    TEMPERATURE =   25.000 DEG C

****************************** VERSION 1.02 ********************************


 .WIDTH OUT=80
 VVDD NVDD GND  5.0
 VN4 N4 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 2.000E-09 1.500E-08
 +3.000E-08)
 C3N N3 GND 2.528E-15
 C3N4 N3 N4 3.350E-16
 C4N N4 GND 5.210E-15
 CSAIDA N3 GND 5.000E-13
 MQ1 N3 N4 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.000E-05 AD=9.000E-11 AS=
 +9.000E-11 PD=4.900E-05 PS=4.900E-05
 MQ2 N3 N4 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.000E-05 AS=9.000E-11 PS=
 +4.900E-05
 MQ3 N3 N4 GND GND N L=1.250E-06 W=1.750E-05 AD=7.875E-11 AS=7.892E-11
 +PD=4.400E-05 PS=4.402E-05
 .IC V(N4)=0.0 V(N3)=5.0
 .TRAN 2.000E-10 3.000E-08
 .PLOT TRAN V(N3) V(N4) (0.0,5.0)

 *
 * CASE: CA_TYPICAL
 * N= CANTT
 * P= CAPTT
 *

 * SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):

 .MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
 +-1.000E-01 DNB=1.500E+16 ECV=12.5 EXA=6.300E-01 EXP=2.000E-01 FRC=
 +1.460E-01 FSB=3.700E-04 FSS=3.000E+11 LATD=3.000E-01 NWM=1.5 OXETCH=
 +-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=7.000E-01 PHP=4.300E-01 SCM=13.5 TCV=
 +1.700E-03 TOX=225.0 UB=212.0 VST=2.600E+07 VT=-7.500E-01 XJ=
 +4.300E-02)

 * SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

 .MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.8 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
 +-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=3.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
 +2.400E-02 FSB=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
 +-9.000E-01 PHA=6.500E-01 PHI=8.000E-01 PHP=5.500E-01 SCM=12.0 TCV=
 +1.500E-03 TOX=225.0 UB=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)
 .END
```

```
*****  1-MAR-88 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ******  10:46:20 *****

 ING15TIP

*****      TRANSIENT ANALYSIS                    TEMPERATURE =   25.000 DEG C

****************************** VERSION 1.02 ********************************


LEGEND:

0: V(N3)
1: V(N4)

     TIME        V(N3)

(01)------------  0.000D+00      1.250D+00      2.500D+00      3.750D+00   5.000D+00
                  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 0.000D+00   5.000D+00 1                                                            0
 2.000D-10   5.000D+00 1                                                            0
 4.000D-10   5.000D+00 1                                                            0
 6.000D-10   5.000D+00 1                                                            0
 8.000D-10   5.000D+00 1                                                            0
 1.000D-09   5.000D+00 1                                                            0
 1.200D-09   5.000D+00 1                                                            0
 1.400D-09   5.000D+00 1                                                            0
 1.600D-09   5.000D+00 1                                                            0
 1.800D-09   5.000D+00 1                                                            0
 2.000D-09   5.000D+00 1                                                            0
 2.200D-09   5.021D+00 .     1                                                      0
 2.400D-09   5.014D+00 .        1                                                   0
 2.600D-09   4.969D+00 .           1                                                0
 2.800D-09   4.860D+00 .              1                                          0  .
 3.000D-09   4.638D+00 .                 1                                    0  .  .
 3.200D-09   4.101D+00 .                    1                    0              .  .
 3.400D-09   3.514D+00 .                       X                 1              .  .
 3.600D-09   2.711D+00 .                          0                    1        .  .
 3.800D-09   1.725D+00 .                             0                    1     .  .
 4.000D-09   7.402D-01 .           0                                         1  .  .
 4.200D-09   1.851D-01 . 0                                                   1  .  .
 4.400D-09   3.179D-02 0                                                      1  .  .
 4.600D-09   5.663D-03 0                                                      1  .  .
 4.800D-09   9.126D-04 0                                                      1  .  .
 5.000D-09   9.409D-05 0                                                      1  .  .
 5.200D-09   7.602D-05 0                                                      1  .  .
 5.400D-09   3.713D-05 0                                                      1  .  .
 5.600D-09  -9.865D-06 0                                                      1  .  .
 5.800D-09  -8.186D-06 0                                                      1  .  .
 6.000D-09  -1.346D-06 0                                                      1  .  .
 6.200D-09   5.494D-06 0                                                      1  .  .
 6.400D-09   3.104D-06 0                                                      1  .  .
 6.600D-09  -2.650D-07 0                                                      1  .  .
 6.800D-09  -3.634D-06 0                                                      1  .  .
 7.000D-09  -2.980D-06 0                                                      1  .  .
 7.200D-09  -1.900D-06 0                                                      1  .  .
 7.400D-09  -8.194D-07 0                                                      1  .  .
 7.600D-09  -1.492D-06 0                                                      1  .  .
 7.800D-09  -2.350D-06 0                                                      1  .  .
 8.000D-09  -3.209D-06 0                                                      1  .  .
 8.200D-09  -3.303D-06 0                                                      1  .  .
```

```
8.4000D-09 -3.3170D-06 0                                                  1
8.6000D-09 -3.3300D-06 0                                                  1
8.8000D-09 -3.6950D-06 0                                                  1
9.0000D-09 -4.0970D-06 0                                                  1
9.2000D-09 -4.4990D-06 0                                                  1
9.4000D-09 -4.7110D-06 0                                                  1
9.6000D-09 -4.9030D-06 0                                                  1
9.8000D-09 -5.0950D-06 0                                                  1
1.0000D-08 -5.3740D-06 0                                                  1
1.0200D-08 -5.6630D-06 0                                                  1
1.0400D-08 -5.9510D-06 0                                                  1
1.0600D-08 -6.2290D-06 0                                                  1
1.0800D-08 -6.5070D-06 0                                                  1
1.1000D-08 -6.7840D-06 0                                                  1
1.1200D-08 -7.0660D-06 0                                                  1
1.1400D-08 -7.3500D-06 0                                                  1
1.1600D-08 -7.6330D-06 0                                                  1
1.1800D-08 -7.8850D-06 0                                                  1
1.2000D-08 -8.1340D-06 0                                                  1
1.2200D-08 -8.3830D-06 0                                                  1
1.2400D-08 -8.6440D-06 0                                                  1
1.2600D-08 -8.9070D-06 0                                                  1
1.2800D-08 -9.1710D-06 0                                                  1
1.3000D-08 -9.4540D-06 0                                                  1
1.3200D-08 -9.7400D-06 0                                                  1
1.3400D-08 -1.0030D-05 0                                                  1
1.3600D-08 -1.0310D-05 0                                                  1
1.3800D-08 -1.0580D-05 0                                                  1
1.4000D-08 -1.0860D-05 0                                                  1
1.4200D-08 -1.1150D-05 0                                                  1
1.4400D-08 -1.1430D-05 0                                                  1
1.4600D-08 -1.1710D-05 0                                                  1
1.4800D-08 -1.1990D-05 0                                                  1
1.5000D-08 -1.2180D-05 0                                                  1
1.5200D-08 -1.2420D-05 0                                                  1
1.5400D-08 -1.2670D-05 0                                                  1
1.5600D-08 -1.2930D-05 0                                                  1
1.5800D-08 -1.3190D-05 0                                                  1
1.6000D-08 -1.3490D-05 0                                                  1
1.6200D-08 -1.3790D-05 0                                                  1
1.6400D-08 -1.4090D-05 0                                                  1
1.6600D-08 -1.4380D-05 0                                                  1
1.6800D-08 -1.4660D-05 0                                                  1
1.7000D-08 -1.4940D-05 0                                                  1
1.7200D-08 -1.5180D-05 0                                                  1
1.7400D-08 -1.5420D-05 0                                                  1
1.7600D-08 -1.5660D-05 0                                                  1
1.7800D-08 -1.5920D-05 0                                                  1
1.8000D-08 -1.6170D-05 0                                                  1
1.8200D-08 -1.6430D-05 0                                                  1
1.8400D-08 -1.6730D-05 0                                                  1
1.8600D-08 -1.7030D-05 0                                                  1
1.8800D-08 -1.7330D-05 0                                                  1
1.9000D-08 -3.5710D-05 0                                                  1
1.9200D-08 -1.4150D-02 0                                                  1
1.9400D-08 -2.8260D-04 0                                              1   .
1.9600D-08  5.5920D-02 .0                                         1       .
1.9800D-08  2.0610D-01 . 0                                    1           .
2.0000D-08  4.7840D-01 .    0                             1               .
2.0200D-08  1.0860D+00 .          0 .       1 .                           .
```

```
2.040D-08  1.895D+00 .                .  1  0      .                .                .
2.060D-08  2.802D+00 .             1  .            .  0             .                .
2.080D-08  3.798D+00 .          1     .            .                .0               .
2.100D-08  4.586D+00 1                .            .                .                0
2.120D-08  4.882D+00 1                .            .                .                .0
2.140D-08  4.968D+00 1                .            .                .                0
2.160D-08  4.990D+00 1                .            .                .                0
2.180D-08  4.999D+00 1                .            .                .                0
2.200D-08  5.003D+00 1                .            .                .                0
2.220D-08  5.001D+00 1                .            .                .                0
2.240D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.260D-08  4.999D+00 1                .            .                .                0
2.280D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.300D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.320D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.340D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.360D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.380D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.400D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.420D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.440D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.460D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.480D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.500D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.520D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.540D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.560D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.580D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.600D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.620D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.640D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.660D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.680D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.700D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.720D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.740D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.760D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.780D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.800D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.820D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.840D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.860D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.880D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.900D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.920D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.940D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.960D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
2.980D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
3.000D-08  5.000D+00 1                .            .                .                0
                      .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

**** JOB CONCLUDED ****

**** TOTAL JOB TIME 9.37 ****

NOOBSTIP

***** INPUT LISTING TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

```
.WIDTH OUT=80
VVDD NVDD GND 5.0
VIN0 N8 GND PULSE(0.0 5.0 8.000E-08 0.0 0.0 0.0 8.000E-08)
VIN1 N9 GND PULSE(0.0 5.0 1.000E-08 2.000E-09 2.000E-09 3.000E-08
+8.000E-08)
VIN2 N10 GND PULSE(0.0 5.0 8.000E-08 0.0 0.0 0.0 8.000E-08)
C5N6 N5 N6 4.280E-16
C5N7 N5 N7 4.280E-16
C5N8 N5 N8 3.350E-16
C5N9 N5 N9 1.708E-15
C5N10 N5 N10 3.713E-15
C6N9 N6 N9 8.190E-16
C8N N8 GND 8.424E-15
C8N9 N8 N9 3.350E-16
C8N10 N8 N10 2.310E-15
C9N N9 GND 7.572E-15
C9N10 N9 N10 2.847E-15
C10N N10 GND 7.233E-15
CSAIDA N5 GND 5.000E-13
MQ1 N5 N8 GND GND N L=1.250E-06 W=1.126E-05 AD=5.067E-11 AS=5.067E-11
+PD=3.152E-05 PS=3.152E-05
MQ2 N5 N8 N4 NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.012E-10 AS=3.937E-11
+PD=5.400E-05 PS=4.850E-05
MQ3 N6 N8 N5 NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=3.937E-11 PD=4.850E-05
MQ4 N3 N9 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=3.937E-11 AS=
+1.014E-10 PD=4.850E-05 PS=5.402E-05
MQ5 N7 N9 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=3.937E-11 AS=
+1.010E-10 PD=4.850E-05 PS=5.398E-05
MQ6 N5 N9 GND GND N L=1.250E-06 W=1.126E-05 AD=5.055E-11 AS=5.067E-11
+PD=3.150E-05 PS=3.152E-05
MQ7 N4 N10 N3 NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05
MQ8 N5 N10 GND GND N L=1.250E-06 W=1.126E-05
MQ9 N7 N10 N6 NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05
.IC V(N8)=0.0 V(N9)=0.0 V(N10)=0.0 V(N5)=5.0
.TRAN 4.000E-10 8.000E-08
.PLOT TRAN V(N8) V(N9) V(N10) V(N5) (0.0,5.0)

*
* CASE: CA_TYPICAL
* N= CANTT
* P= CAPTT
*

* SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.8 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
+-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=3.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
+2.400E-02 FSS=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=8.000E-01 PHP=5.500E-01 SCM=12.0 TCV=
+1.500E-03 TOX=225.0 UB=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)
```

```
******  1-MAR-88 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ******  13:23:21 *****

 N0035TIP

*****      TRANSIENT ANALYSIS                    TEMPERATURE =   25.000 DEG C

******************************** VERSION 1.02 ********************************


LEGEND:

0: V(N8)
1: V(N9)
2: V(N10)
3: V(N5)

     TIME        V(N8)

(0123)----------  0.000D+00      1.250D+00      2.500D+00      3.750D+00  5.000D+00
                  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 0.000D+00   0.000D+00 X                                                        3
 4.000D-10   0.000D+00 X                                                        3
 8.000D-10   0.000D+00 X                                                        3
 1.200D-09   0.000D+00 X                                                        3
 1.600D-09   0.000D+00 X                                                        3
 2.000D-09   0.000D+00 X                                                        3
 2.400D-09   0.000D+00 X                                                        3
 2.800D-09   0.000D+00 X                                                        3
 3.200D-09   0.000D+00 X                                                        3
 3.600D-09   0.000D+00 X                                                        3
 4.000D-09   0.000D+00 X                                                        3
 4.400D-09   0.000D+00 X                                                        3
 4.800D-09   0.000D+00 X                                                        3
 5.200D-09   0.000D+00 X                                                        3
 5.600D-09   0.000D+00 X                                                        3
 6.000D-09   0.000D+00 X                                                        3
 6.400D-09   0.000D+00 X                                                        3
 6.800D-09   0.000D+00 X                                                        3
 7.200D-09   0.000D+00 X                                                        3
 7.600D-09   0.000D+00 X                                                        3
 8.000D-09   0.000D+00 X                                                        3
 8.400D-09   0.000D+00 X                                                        3
 8.800D-09   0.000D+00 X                                                        3
 9.200D-09   0.000D+00 X                                                        3
 9.600D-09   0.000D+00 X                                                        3
 1.000D-08   0.000D+00 X                                                        3
 1.040D-08   0.000D+00 X         1                                             3.
 1.080D-08   0.000D+00 X                        1                      3       .
 1.120D-08   0.000D+00 X                                  1                     .
 1.160D-08   0.000D+00 X                                     3 1                1
 1.200D-08   0.000D+00 X                              3                         1
 1.240D-08   0.000D+00 X            3                                           1
 1.280D-08   0.000D+00 X    3                                                   1
 1.320D-08   0.000D+00 X3                                                       1
 1.360D-08   0.000D+00 X                                                        1
 1.400D-08   0.000D+00 X                                                        1
 1.440D-08   0.000D+00 X                                                        1
 1.480D-08   0.000D+00 X                                                        1
 1.520D-08   0.000D+00 X                                                        1
 1.560D-08   0.000D+00 X                                                        1
```

1.600D-08	0.000D+00	X	.	.	1
1.640D-08	0.000D+00	X	.	.	1
1.680D-08	0.000D+00	X	.	.	1
1.720D-08	0.000D+00	X	.	.	1
1.760D-08	0.000D+00	X	.	.	1
1.800D-08	0.000D+00	X	.	.	1
1.840D-08	0.000D+00	X	.	.	1
1.880D-08	0.000D+00	X	.	.	1
1.920D-08	0.000D+00	X	.	.	1
1.960D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.000D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.040D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.080D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.120D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.160D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.200D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.240D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.280D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.320D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.360D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.400D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.440D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.480D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.520D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.560D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.600D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.640D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.680D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.720D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.760D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.800D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.840D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.880D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.920D-08	0.000D+00	X	.	.	1
2.960D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.000D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.040D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.080D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.120D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.160D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.200D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.240D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.280D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.320D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.360D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.400D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.440D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.480D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.520D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.560D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.600D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.640D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.680D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.720D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.760D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.800D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.840D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.880D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.920D-08	0.000D+00	X	.	.	1
3.960D-08	0.000D+00	X	.	.	1

```
4.0000D-08  0.0000D+00 X                                                
```

```
*****  1-MAR-88 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ******* 12:34:41 *****

 NA023TIP

*****      INPUT LISTING                        TEMPERATURE =   25.000 DEG C

****************************** VERSION 1.02 ********************************


 .WIDTH OUT=80
 VVDD NVDD GND  5.0
 VIN0 N5 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 2.000E-09 3.000E-08
 +6.000E-08)
 VIN1 N6 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 2.000E-09 5.400E-08
 +6.000E-08)
 C3N N3 GND 3.247E-15
 C3N6 N3 N6 3.564E-15
 C4N6 N4 N6 4.940E-16
 C5N N5 GND 5.507E-15
 C5N6 N5 N6 7.820E-16
 C6N N6 GND 4.776E-15
 CSAIDA N3 GND 5.000E-13
 MQ1 N4 N5 GND GND N L=1.250E-06 W=1.150E-05 AD=2.012E-11 AS=5.186E-11
 +PD=2.650E-05 PS=3.202E-05
 MQ2 N3 N5 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.650E-05 AD=7.425E-11 AS=
 +7.425E-11 PD=4.200E-05 PS=4.200E-05
 MQ3 N4 N6 N3 GND N L=1.250E-06 W=1.150E-05 AS=5.175E-11 PS=3.200E-05
 MQ4 N3 N6 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.650E-05 AS=7.425E-11 PS=
 +4.200E-05
 .IC V(N5)=0.0 V(N6)=0.0 V(N3)=5.0
 .TRAN 4.000E-10 6.000E-08
 .PLOT TRAN V(N5) V(N6) V(N3) (0.0,5.0)

 *
 * CASE: CA_TYPICAL
 * N= CANTT
 * P= CAPTT
 *

 * SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

 .MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.8 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
 +-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=3.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
 +2.400E-02 FSB=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
 +-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=8.000E-01 PHP=5.500E-01 SCM=12.0 TCV=
 +1.500E-03 TOX=225.0 UB=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)

 * SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):

 .MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
 +-1.000E-01 DNB=1.500E+16 ECV=12.5 EXA=5.300E-01 EXP=2.000E-01 FRC=
 +1.460E-01 FSB=3.700E-04 FSS=3.000E+11 LATD=3.000E-01 NWM=1.5 OXETCH=
 +-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=7.000E-01 PHP=4.300E-01 SCM=13.5 TCV=
 +1.700E-03 TOX=225.0 UB=212.0 VST=2.600E+07 VT=-7.500E-01 XJ=
 +4.300E-02)
 .END
```

***** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 12:34:41 *****

NA023TIP

***** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N5)
1: V(N6)
2: V(N3)

TIME	V(N5)	(012)---------- 0.000D+00 1.250D+00 2.500D+00 3.750D+00 5.000D+00
0.000D+00	0.000D+00	X 2
4.000D-10	0.000D+00	X 2
8.000D-10	0.000D+00	X 2
1.200D-09	0.000D+00	X 2
1.600D-09	0.000D+00	X 2
2.000D-09	0.000D+00	X 2
2.400D-09	1.000D+00	. X . . . 2
2.800D-09	2.000D+00	. . X . . 2
3.200D-09	3.000D+00	. . . X . 2 .
3.600D-09	4.000D+00	. . . . X 2 .
4.000D-09	5.000D+00	. . . 2 . X
4.400D-09	5.000D+00	. . 2 . . X
4.800D-09	5.000D+00	. 2 . . . X
5.200D-09	5.000D+00	. 2 . . . X
5.600D-09	5.000D+00	.2 . . . X
6.000D-09	5.000D+00	2 . . . X
6.400D-09	5.000D+00	2 . . . X
6.800D-09	5.000D+00	2 . . . X
7.200D-09	5.000D+00	2 . . . X
7.600D-09	5.000D+00	2 . . . X
8.000D-09	5.000D+00	2 . . . X
8.400D-09	5.000D+00	2 . . . X
8.800D-09	5.000D+00	2 . . . X
9.200D-09	5.000D+00	2 . . . X
9.600D-09	5.000D+00	2 . . . X
1.000D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.040D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.080D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.120D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.160D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.200D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.240D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.280D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.320D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.360D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.400D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.440D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.480D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.520D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.560D-08	5.000D+00	2 . . . X
1.600D-08	5.000D+00	2 . . . X

Escola Federal de Engenharia
Biblioteca
M. A.
B.N.

```
1.6400D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
1.6800D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
1.7200D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
1.7600D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
1.8000D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
1.8400D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
1.8800D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
1.9200D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
1.9600D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.0000D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.0400D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.0800D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.1200D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.1600D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.2000D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.2400D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.2800D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.3200D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.3600D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.4000D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.4400D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.4800D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.5200D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.5600D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.6000D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.6400D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.6800D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.7200D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.7600D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.8000D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.8400D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.8800D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.9200D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
2.9600D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.0000D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.0400D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.0800D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.1200D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.1600D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.2000D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.2400D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.2800D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.3200D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.3600D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.4000D-08  5.0000D+00 2                .                .                .                X
3.4400D-08  4.0000D+00 2                .                .                .  0             1
3.4800D-08  3.0000D+00 .2               .                .  0             .                1
3.5200D-08  2.0000D+00 .      2         .        0       .                .                1
3.5600D-08  1.0000D+00 .         0      .2               .                .                1
3.6000D-08  4.1360D-15 0                .                .  2             .                1
3.6400D-08  0.0000D+00 0                .                .                .  2             1
3.6800D-08  0.0000D+00 0                .                .                .        2       1
3.7200D-08  0.0000D+00 0                .                .                .           2 1
3.7600D-08  0.0000D+00 0                .                .                .           21
3.8000D-08  0.0000D+00 0                .                .                .           X
3.8400D-08  0.0000D+00 0                .                .                .           X
3.8800D-08  0.0000D+00 0                .                .                .           X
3.9200D-08  0.0000D+00 0                .                .                .           X
3.9600D-08  0.0000D+00 0                .                .                .           X
4.0000D-08  0.0000D+00 0                .                .                .           X
```

CR043TIP

***** INPUT LISTING TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

```
.WIDTH OUT=80
VVDD NVDD GND  5.0
VIN0 N8 GND PULSE(0.0 5.0 3.000E-08 0.0 0.0 0.0 3.000E-08)
VIN1 N9 GND PULSE(0.0 5.0 3.000E-08 0.0 0.0 0.0 3.000E-08)
VIN2 N10 GND PULSE(0.0 5.0 3.000E-08 0.0 0.0 0.0 3.000E-08)
VIN3 N11 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 2.000E-09 1.500E-08
+3.000E-08)
C3N N3 GND 6.094E-15
C3N8 N3 N8 7.040E-16
C3N9 N3 N9 4.437E-15
C3N10 N3 N10 3.095E-15
C3N11 N3 N11 9.470E-16
C4N10 N4 N10 9.670E-16
C7N N7 GND 2.712E-15
C8N N8 GND 6.386E-15
C8N9 N8 N9 7.700E-17
C8N10 N8 N10 6.830E-16
C9N N9 GND 5.602E-15
C9N10 N9 N10 8.110E-16
C10N N10 GND 5.030E-15
C11N N11 GND 4.830E-15
CSAIDA N7 GND 5.000E-13
MQ1 N7 N3 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.000E-05 AD=8.980E-11 AS=
+9.850E-11 PD=4.898E-05 PS=5.000E-05
MQ2 N7 N3 GND GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=4.265E-11 AS=4.500E-11
+PD=2.798E-05 PS=2.900E-05
MQ3 N3 N8 GND GND N L=1.250E-06 W=4.500E-06 AD=2.025E-11 AS=2.025E-11
+PD=1.800E-05 PS=1.800E-05
MQ4 N4 N8 N8 NVDD P L=1.250E-06 W=1.700E-05 AD=2.975E-11 AS=7.667E-11
+PD=3.750E-05 PS=4.302E-05
MQ5 N3 N9 GND GND N L=1.250E-06 W=4.500E-06 AS=2.025E-11 PS=1.800E-05
MQ6 N5 N9 N4 NVDD P L=1.250E-06 W=1.700E-05 AD=2.975E-11 PD=3.750E-05
MQ7 N3 N10 GND GND N L=1.250E-06 W=4.500E-06 AD=2.025E-11 PD=
+1.800E-05
MQ8 N6 N10 N5 NVDD P L=1.250E-06 W=1.700E-05 AD=2.975E-11 PD=
+3.750E-05
MQ9 N3 N11 GND GND N L=1.250E-06 W=4.500E-06
.IC V(N8)=0.0 V(N9)=0.0 V(N10)=0.0 V(N11)=0.0 V(N7)=0.0
.TRAN 2.000E-10 3.000E-08
.PLOT TRAN V(N8) V(N9) V(N10) V(N11) V(N7) (0.0,5.0)
MQ10 N6 N11 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.700E-05

*
* CASE: CA_TYPICAL
* N= CANTT
* P= CAPTT
*

* SYSTEM model CAPTT (created:20-OCT-87/altered:):

.MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
```

```
****** 1-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 14:07:39 ******

 CR043TIP

*****      TRANSIENT ANALYSIS                    TEMPERATURE =   25.000 DEG C

******************************** VERSION 1.02 ********************************


LEGEND:

0: V(N8)
1: V(N9)
2: V(N10)
3: V(N11)
4: V(N7)

     TIME        V(N8)

(01234)---------  0.0000+00      1.2500+00      2.5000+00      3.7500+00  5.0000+00
                  . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 0.0000+00   0.0000+00 X                .              .              .           .
 2.0000-10   0.0000+00 X                .              .              .           .
 4.0000-10   0.0000+00 X                .              .              .           .
 6.0000-10   0.0000+00 X                .              .              .           .
 8.0000-10   0.0000+00 X                .              .              .           .
 1.0000-09   0.0000+00 X                .              .              .           .
 1.2000-09   0.0000+00 X                .              .              .           .
 1.4000-09   0.0000+00 X                .              .              .           .
 1.6000-09   0.0000+00 X                .              .              .           .
 1.8000-09   0.0000+00 X                .              .              .           .
 2.0000-09   0.0000+00 X                .              .              .           .
 2.2000-09   0.0000+00 X      3         .              .              .           .
 2.4000-09   0.0000+00 X         3      .              .              .           .
 2.6000-09   0.0000+00 X            3   .              .              .           .
 2.8000-09   0.0000+00 X               3.              .              .           .
 3.0000-09   0.0000+00 X                .3             .              .           .
 3.2000-09   0.0000+00 X                .  3           .              .           .
 3.4000-09   0.0000+00 X                .     3        .              .           .
 3.6000-09   0.0000+00 X                .        3     .              .           .
 3.8000-09   0.0000+00 X 4              .           3  .              .           .
 4.0000-09   0.0000+00 X   4            .              .              .           3
 4.2000-09   0.0000+00 X      4         .              .              .           3
 4.4000-09   0.0000+00 X         4      .              .              .           3
 4.6000-09   0.0000+00 X            4   .              .              .           3
 4.8000-09   0.0000+00 X               4.              .              .           3
 5.0000-09   0.0000+00 X                .4             .              .           3
 5.2000-09   0.0000+00 X                .  4           .              .           3
 5.4000-09   0.0000+00 X                .     4        .              .           3
 5.6000-09   0.0000+00 X                .        4     .              .           3
 5.8000-09   0.0000+00 X                .           4  .              .           3
 6.0000-09   0.0000+00 X                .              .              .           X
 6.2000-09   0.0000+00 X                .              .              .           X
 6.4000-09   0.0000+00 X                .              .              .           X
 6.6000-09   0.0000+00 X                .              .              .           X
 6.8000-09   0.0000+00 X                .              .              .           X
 7.0000-09   0.0000+00 X                .              .              .           X
 7.2000-09   0.0000+00 X                .              .              .           X
 7.4000-09   0.0000+00 X                .              .              .           X
 7.6000-09   0.0000+00 X                .              .              .           X
```

```
7.8000-09  0.0000+00 X
7.9000-09  0.0000+00 X
8.0000-09  0.0000+00 X
8.2000-09  0.0000+00 X
8.4000-09  0.0000+00 X
8.6000-09  0.0000+00 X
8.8000-09  0.0000+00 X
9.0000-09  0.0000+00 X
9.2000-09  0.0000+00 X
9.4000-09  0.0000+00 X
9.6000-09  0.0000+00 X
9.8000-09  0.0000+00 X
1.0000-08  0.0000+00 X
1.0200-08  0.0000+00 X
1.0400-08  0.0000+00 X
1.0600-08  0.0000+00 X
1.0800-08  0.0000+00 X
1.1000-08  0.0000+00 X
1.1200-08  0.0000+00 X
1.1400-08  0.0000+00 X
1.1600-08  0.0000+00 X
1.1800-08  0.0000+00 X
1.2000-08  0.0000+00 X
1.2200-08  0.0000+00 X
1.2400-08  0.0000+00 X
1.2600-08  0.0000+00 X
1.2800-08  0.0000+00 X
1.3000-08  0.0000+00 X
1.3200-08  0.0000+00 X
1.3400-08  0.0000+00 X
1.3600-08  0.0000+00 X
1.3800-08  0.0000+00 X
1.4000-08  0.0000+00 X
1.4200-08  0.0000+00 X
1.4400-08  0.0000+00 X
1.4600-08  0.0000+00 X
1.4800-08  0.0000+00 X
1.5000-08  0.0000+00 X
1.5200-08  0.0000+00 X
1.5400-08  0.0000+00 X
1.5600-08  0.0000+00 X
1.5800-08  0.0000+00 X
1.6000-08  0.0000+00 X
1.6200-08  0.0000+00 X
1.6400-08  0.0000+00 X
1.6600-08  0.0000+00 X
1.6800-08  0.0000+00 X
1.7000-08  0.0000+00 X
1.7200-08  0.0000+00 X
1.7400-08  0.0000+00 X
1.7600-08  0.0000+00 X
1.7800-08  0.0000+00 X
1.8000-08  0.0000+00 X
1.8200-08  0.0000+00 X
1.8400-08  0.0000+00 X
1.8600-08  0.0000+00 X
1.8800-08  0.0000+00 X
1.9000-08  0.0000+00 X
1.9200-08  0.0000+00 X
1.9400-08  0.0000+00 X
1.9600-08  0.0000+00 X
```

```
1.9800D-08   0.0000D+00 X                                                  3                  4
2.0000D-08   0.0000D+00 X                                              3                      4
2.0200D-08   0.0000D+00 X                                        3                            4
2.0400D-08   0.0000D+00 X                                  3                                  4
2.0600D-08   0.0000D+00 X                            3                                        4
2.0800D-08   0.0000D+00 X                      3                                              4
2.1000D-08   0.0000D+00 X                                                              4
2.1200D-08   0.0000D+00 X                                                        4
2.1400D-08   0.0000D+00 X                                                  4
2.1600D-08   0.0000D+00 X                                              4
2.1800D-08   0.0000D+00 X                                        4
2.2000D-08   0.0000D+00 X                                  4
2.2200D-08   0.0000D+00 X                            4
2.2400D-08   0.0000D+00 X  4
2.2600D-08   0.0000D+00 X  4
2.2800D-08   0.0000D+00 X
2.3000D-08   0.0000D+00 X
2.3200D-08   0.0000D+00 X
2.3400D-08   0.0000D+00 X
2.3600D-08   0.0000D+00 X
2.3800D-08   0.0000D+00 X
2.4000D-08   0.0000D+00 X
2.4200D-08   0.0000D+00 X
2.4400D-08   0.0000D+00 X
2.4600D-08   0.0000D+00 X
2.4800D-08   0.0000D+00 X
2.5000D-08   0.0000D+00 X
2.5200D-08   0.0000D+00 X
2.5400D-08   0.0000D+00 X
2.5600D-08   0.0000D+00 X
2.5800D-08   0.0000D+00 X
2.6000D-08   0.0000D+00 X
2.6200D-08   0.0000D+00 X
2.6400D-08   0.0000D+00 X
2.6600D-08   0.0000D+00 X
2.6800D-08   0.0000D+00 X
2.7000D-08   0.0000D+00 X
2.7200D-08   0.0000D+00 X
2.7400D-08   0.0000D+00 X
2.7600D-08   0.0000D+00 X
2.7800D-08   0.0000D+00 X
2.8000D-08   0.0000D+00 X
2.8200D-08   0.0000D+00 X
2.8400D-08   0.0000D+00 X
2.8600D-08   0.0000D+00 X
2.8800D-08   0.0000D+00 X
2.9000D-08   0.0000D+00 X
2.9200D-08   0.0000D+00 X
2.9400D-08   0.0000D+00 X
2.9600D-08   0.0000D+00 X
2.9800D-08   0.0000D+00 X
3.0000D-08   0.0000D+00 X
```

**** JOB CONCLUDED ****

**** TOTAL JOB TIME 5.11 ****

AN043TIP

***** INPUT LISTING TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

```
.WIDTH OUT=80
VVDD NVDD GND  5.0
VIN0 N8 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 0.0 3.000E-08 3.400E-08)
VIN1 N9 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 0.0 3.000E-08 3.400E-08)
VIN2 N10 GND PULSE(0.0 5.0 2.000E-09 2.000E-09 0.0 3.000E-08
+3.400E-08)
VIN3 N11 GND PULSE(0.0 5.0 1.500E-08 2.000E-09 2.000E-09 1.000E-08
+3.000E-08)
C3N N3 GND 7.770E-15
C3N8 N3 N8 2.496E-15
C3N9 N3 N9 3.155E-15
C3N10 N3 N10 8.540E-16
C3N11 N3 N11 1.771E-15
C4N N4 GND 2.644E-15
C5N10 N5 N10 3.470E-16
C7N11 N7 N11 3.840E-16
C8N N8 GND 5.666E-15
C8N9 N8 N9 5.800E-17
C8N10 N8 N10 5.820E-16
C9N N9 GND 5.943E-15
C9N10 N9 N10 1.590E-16
C10N N10 GND 5.032E-15
C11N N11 GND 5.002E-15
CSAIDA N4 GND 5.000E-13
MQ1 N4 N3 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.000E-05 AD=8.980E-11 AS=
+9.425E-11 PD=4.898E-05 PS=5.000E-05
MQ2 N4 N3 GND GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=4.265E-11 AS=4.625E-11
+PD=2.798E-05 PS=2.900E-05
MQ3 N5 N8 N3 GND N L=1.250E-06 W=7.000E-06 AD=1.225E-11 AS=3.157E-11
+PD=1.750E-05 PS=2.302E-05
MQ4 N3 N8 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=8.500E-06 AD=3.825E-11 AS=
+3.825E-11 PD=2.600E-05 PS=2.600E-05
MQ5 N6 N9 N5 GND N L=1.250E-06 W=7.000E-06 AD=1.225E-11 PD=1.750E-05
MQ6 N3 N9 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=8.500E-06 AS=3.825E-11 PS=
+2.600E-05
MQ7 N3 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=8.500E-06 AD=3.825E-11 PD=
+2.600E-05
MQ8 N7 N10 N6 GND N L=1.250E-06 W=7.000E-06 AD=1.225E-11 PD=1.750E-05
MQ9 N3 N11 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=8.500E-06
MQ10 N7 N11 GND GND N L=1.250E-06 W=7.000E-06
.IC V(N8)=0.0 V(N9)=0.0 V(N10)=0.0 V(N11)=0.0 V(N4)=0.0
.TRAN 2.000E-10 3.400E-08
.PLOT TRAN V(N8) V(N9) V(N10) V(N11) V(N4) (0.0,5.0)

*
* CASE: CA_TYPICAL
* N= CANTT
* P= CAPTT
*

* SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):
```

AN043TIP

***** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N8)
1: V(N9)
2: V(N10)
3: V(N11)
4: V(N4)

TIME	V(N8)	(01234)--------- 0.000D+00 1.250D+00 2.500D+00 3.750D+00 5.000D+00
0.000D+00	0.000D+00	X
2.000D-10	0.000D+00	X
4.000D-10	0.000D+00	X
6.000D-10	0.000D+00	X
8.000D-10	0.000D+00	X
1.000D-09	0.000D+00	X
1.200D-09	0.000D+00	X
1.400D-09	0.000D+00	X
1.600D-09	0.000D+00	X
1.800D-09	0.000D+00	X
2.000D-09	0.000D+00	X
2.200D-09	5.000D-01	X
2.400D-09	1.000D+00	X
2.600D-09	1.500D+00	X
2.800D-09	2.000D+00	X
3.000D-09	2.500D+00	X
3.200D-09	3.000D+00	X
3.400D-09	3.500D+00	X
3.600D-09	4.000D+00	X
3.800D-09	4.500D+00	X
4.000D-09	5.000D+00	X
4.200D-09	5.000D+00	X
4.400D-09	5.000D+00	X
4.600D-09	5.000D+00	X
4.800D-09	5.000D+00	X
5.000D-09	5.000D+00	X
5.200D-09	5.000D+00	X
5.400D-09	5.000D+00	X
5.600D-09	5.000D+00	X
5.800D-09	5.000D+00	X
6.000D-09	5.000D+00	X
6.200D-09	5.000D+00	X
6.400D-09	5.000D+00	X
6.600D-09	5.000D+00	X
6.800D-09	5.000D+00	X
7.000D-09	5.000D+00	X
7.200D-09	5.000D+00	X
7.400D-09	5.000D+00	X
7.600D-09	5.000D+00	X

```
7.8000D-09   5.0000D+00. X                                                
```

```
1.9800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.0000-08  5.0000+00 .                                                  X
2.0200-08  5.0000+00 .                                                  X
2.0400-08  5.0000+00 .                                                  X
2.0600-08  5.0000+00 .                                                  X
2.0800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.1000-08  5.0000+00 .                                                  X
2.1200-08  5.0000+00 .                                                  X
2.1400-08  5.0000+00 .                                                  X
2.1600-08  5.0000+00 .                                                  X
2.1800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.2000-08  5.0000+00 .                                                  X
2.2200-08  5.0000+00 .                                                  X
2.2400-08  5.0000+00 .                                                  X
2.2600-08  5.0000+00 .                                                  X
2.2800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.3000-08  5.0000+00 .                                                  X
2.3200-08  5.0000+00 .                                                  X
2.3400-08  5.0000+00 .                                                  X
2.3600-08  5.0000+00 .                                                  X
2.3800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.4000-08  5.0000+00 .                                                  X
2.4200-08  5.0000+00 .                                                  X
2.4400-08  5.0000+00 .                                                  X
2.4600-08  5.0000+00 .                                                  X
2.4800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.5000-08  5.0000+00 .                                                  X
2.5200-08  5.0000+00 .                                                  X
2.5400-08  5.0000+00 .                                                  X
2.5600-08  5.0000+00 .                                                  X
2.5800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.6000-08  5.0000+00 .                                                  X
2.6200-08  5.0000+00 .                                                  X
2.6400-08  5.0000+00 .                                                  X
2.6600-08  5.0000+00 .                                                  X
2.6800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.7000-08  5.0000+00 .                                                  X
2.7200-08  5.0000+00 .                                                  X
2.7400-08  5.0000+00 .                                                  X
2.7600-08  5.0000+00 .                                                  X
2.7800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.8000-08  5.0000+00 .                                                  X
2.8200-08  5.0000+00 .                                                  X
2.8400-08  5.0000+00 .                                                  X
2.8600-08  5.0000+00 .                                                  X
2.8800-08  5.0000+00 .                                                  X
2.9000-08  5.0000+00 3                                                  X
2.9200-08  5.0000+00 3                                                  X
2.9400-08  5.0000+00 3                                                  X
2.9600-08  5.0000+00 3                                                  X
2.9800-08  5.0000+00 3                                                  X
3.0000-08  5.0000+00 3                                                  X
3.0200-08  5.0000+00 3                                                  X
3.0400-08  5.0000+00 34                                                 X
3.0600-08  5.0000+00 X                                                  X
3.0800-08  5.0000+00 X                                                  X
3.1000-08  5.0000+00 X                                                  X
3.1200-08  5.0000+00 X                                                  X
3.1400-08  5.0000+00 X                                                  X
3.1600-08  5.0000+00 X                                                  X
```

DF128TIP

***** INPUT LISTING TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

```
.WIDTH OUT=80
VVDD NVDD GND  5.0
VCLK N24 GND PWL( 0.0 0.0 2.000E-09 0.0 4.000E-09 5.0 9.000E-09
+5.0 1.100E-08 0.0 1.700E-08 0.0 1.900E-08 5.0 2.400E-08 5.0
+2.600E-08 0.0 5.400E-08 0.0)
VD N26 GND PULSE(0.0 5.0 1.300E-08 2.000E-09 2.000E-09 1.300E-08
+5.400E-08)
VSN N27 GND PULSE(5.0 0.0 4.300E-08 2.000E-09 2.000E-09 3.000E-09
+5.400E-08)
VRN N25 GND PULSE(5.0 0.0 3.300E-08 2.000E-09 2.000E-09 3.000E-09
+5.400E-08)
C3N N3 GND 1.510E-14
C3N5 N3 N5 1.970E-15
C3N8 N3 N8 8.540E-16
C3N10 N3 N10 1.079E-15
C3N24 N3 N24 2.010E-15
C3N25 N3 N25 3.728E-15
C3N26 N3 N26 8.540E-16
C3N27 N3 N27 1.189E-15
C5N N5 GND 9.959E-15
C5N6 N5 N6 1.440E-16
C5N7 N5 N7 1.440E-16
C5N8 N5 N8 1.098E-15
C5N24 N5 N24 1.688E-15
C5N25 N5 N25 3.350E-16
C5N27 N5 N27 1.189E-15
C8N N8 GND 8.338E-15
C8N19 N8 N19 2.360E-16
C8N24 N8 N24 8.540E-16
C8N25 N8 N25 1.630E-16
C8N27 N8 N27 8.330E-16
C10N N10 GND 1.373E-14
C10N13 N10 N13 2.630E-15
C10N14 N10 N14 5.190E-16
C10N15 N10 N15 6.700E-16
C10N24 N10 N24 1.189E-15
C10N25 N10 N25 1.511E-15
C10N27 N10 N27 1.109E-15
C13N N13 GND 1.261E-14
C13N14 N13 N14 1.346E-15
C13N24 N13 N24 3.350E-16
C13N25 N13 N25 2.398E-15
C14N N14 GND 1.445E-15
C15N N15 GND 5.292E-15
C23N25 N23 N25 1.603E-15
C24N N24 GND 2.009E-14
C24N25 N24 N25 3.056E-15
C24N26 N24 N26 1.009E-15
C24N27 N24 N27 1.524E-15
C25N N25 GND 1.861E-14
C25N26 N25 N26 5.190E-16
```

```
C25N27 N25 N27 7.120E-16
C26N N26 GND 4.406E-15
C27N N27 GND 1.417E-14
COUTQ N14 GND 5.000E-13
COUTQN N15 GND 5.000E-13
MQ1 N16 N3 N5 GND N L=1.250E-06 W=8.000E-06 AD=1.400E-11 AS=4.676E-11
+PD=1.950E-05 PS=2.900E-05
MQ2 N6 N3 N5 NVDD P L=1.250E-06 W=1.826E-05 AD=3.195E-11 AS=9.354E-11
+PD=4.002E-05 PS=4.752E-05
MQ3 N7 N3 N5 NVDD P L=1.250E-06 W=1.826E-05 AD=3.195E-11 AS=8.198E-11
+PD=4.002E-05 PS=4.550E-05
MQ4 N10 N3 N9 NVDD P L=1.250E-06 W=1.976E-05 AD=9.817E-11 AS=
+3.458E-11 PD=4.952E-05 PS=4.302E-05
MQ5 N21 N3 N10 GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=1.662E-11 AS=
+4.675E-11 PD=2.250E-05 PS=2.900E-05
MQ6 N8 N5 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=9.760E-06 AD=4.880E-11 AS=
+4.382E-11 PD=2.952E-05 PS=2.850E-05
MQ7 N19 N5 GND GND N L=1.250E-06 W=6.000E-06 AD=1.050E-11 AS=
+7.519E-11 PD=1.550E-05 PS=4.798E-05
MQ8 N9 N5 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.976E-05 AS=8.911E-11 PS=
+4.854E-05
MQ9 N20 N5 GND GND N L=1.250E-06 W=8.000E-06 AD=1.400E-11 AS=
+7.733E-11 PD=1.950E-05 PS=4.802E-05
MQ10 N18 N8 GND GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=1.662E-11 AS=
+7.875E-11 PD=2.250E-05 PS=4.800E-05
MQ11 N7 N8 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.826E-05 AS=8.217E-11 PS=
+4.552E-05
MQ12 N23 N10 GND GND N L=1.250E-06 W=1.076E-05 AD=1.883E-11 AS=
+5.100E-11 PD=2.502E-05 PS=3.100E-05
MQ13 N13 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.750E-05 AD=8.750E-11 AS=
+7.875E-11 PD=4.500E-05 PS=4.400E-05
MQ14 N15 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.012E-10 AS=
+1.012E-10 PD=5.400E-05 PS=5.400E-05
MQ15 N15 N10 GND GND N L=1.250E-06 W=2.850E-05 AD=8.075E-11 AS=
+1.880E-10 PD=5.400E-05 PS=9.300E-05
MQ16 N15 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AS=1.012E-10 PS=
+5.400E-05
MQ17 N15 N10 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.125E-10 PD=
+5.500E-05
MQ18 N22 N13 GND GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=1.662E-11 AS=
+7.865E-11 PD=2.250E-05 PS=4.798E-05
MQ19 N12 N13 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.850E-05 AD=3.237E-11 AS=
+8.325E-11 PD=4.050E-05 PS=4.600E-05
MQ20 N14 N13 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.125E-10 AS=
+1.012E-10 PD=5.500E-05 PS=5.400E-05
MQ21 N14 N13 GND GND N L=1.250E-06 W=2.750E-05 AD=8.268E-11 PD=
+5.352E-05
MQ22 N14 N13 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05 AD=1.012E-10 PD=
+5.400E-05
MQ23 N14 N13 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=2.250E-05
MQ24 N3 N24 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.076E-05 AD=4.842E-11 AS=
+4.852E-11 PD=3.052E-05 PS=3.054E-05
MQ25 N3 N24 GND GND N L=1.250E-06 W=5.000E-06 AD=2.250E-11 AS=
+2.255E-11 PD=1.900E-05 PS=1.902E-05
MQ26 N3 N24 N4 NVDD P L=1.250E-06 W=1.876E-05 AS=3.283E-11 PS=
+4.102E-05
MQ27 N17 N24 N5 GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06 AD=1.662E-11 PD=
+2.250E-05
MQ28 N20 N24 N10 GND N L=1.250E-06 W=8.000E-06
MQ29 N11 N24 N10 NVDD P L=1.250E-06 W=1.850E-05 AD=3.237E-11 PD=
```

```
+4.050E-05
MQ30 N12 N24 N10 NVDD P L=1.250E-06 W=1.850E-05 AS=9.694E-11 PS=
+4.748E-05
MQ31 N6 N25 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.826E-05
MQ32 N18 N25 N17 GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06
MQ33 N13 N25 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.750E-05 AS=7.875E-11 PS=
+4.400E-05
MQ34 N23 N25 N13 GND N L=1.250E-06 W=1.076E-05 AS=5.390E-11 PS=
+3.154E-05
MQ35 N4 N26 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.876E-05 AS=8.442E-11 PS=
+4.652E-05
MQ36 N16 N26 GND GND N L=1.250E-06 W=8.000E-06 AS=7.725E-11 PS=
+4.800E-05
MQ37 N8 N27 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=9.760E-06 AS=4.401E-11 PS=
+2.854E-05
MQ38 N19 N27 N8 GND N L=1.250E-06 W=6.000E-06 AS=3.000E-11 PS=
+2.200E-05
MQ39 N11 N27 NVDD NVDD P L=1.250E-06 W=1.850E-05
.IC V(N24)=0.0 V(N26)=0.0 V(N25)=5.0 V(N27)=5.0 V(N3)=5.0 V(N5)=
+5.0 V(N8)=0.0 V(N10)=5.0 V(N6)=5.0 V(N7)=5.0 V(N19)=0.0 V(N13)=
+0.0 V(N14)=5.0
.IC V(N15)=0.0 V(N23)=0.0 V(N16)=5.0 V(N9)=5.0 V(N21)=5.0 V(N20)=
+0.0 V(N18)=0.0 V(N22)=5.0 V(N12)=5.0 V(N4)=5.0 V(N17)=0.0 V(N11)=
+5.0
.TRAN 2.000E-10 5.400E-08
.PLOT TRAN V(N24) V(N26) V(N25) V(N27) V(N14) V(N15) (0.0,5.0)
MQ40 N22 N27 N21 GND N L=1.250E-06 W=9.500E-06
.OPTIONS LIMPTS=350.0 ABSTOL=1.000E-09 VNTOL=1.000E-04 ITL5=1.000E+04
+RELTOL=1.000E-02

*
* CASE: CA_TYPICAL
* N= CANTT
* P= CAPTT
*

* SYSTEM model CANTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL N NMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.8 CJA=5.500E-04 CJP=2.800E-10 DEL=
+-5.000E-02 DNB=3.400E+16 ECV=3.5 EXA=4.000E-01 EXP=3.000E-01 FRC=
+2.400E-02 FSB=7.500E-05 FSS=3.000E+11 LATD=1.500E-01 NWM=1.2 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=8.000E-01 PHP=5.500E-01 SCM=12.0 TCV=
+1.800E-03 TOX=225.0 UB=630.0 VST=2.100E+07 VT=7.500E-01 XJ=1.200E-02)

* SYSTEM model CAPTT (criated:20-OCT-87/altered:):

.MODEL P PMOS(LEVEL=4.0 BEX=1.6 CJA=3.000E-04 CJP=2.500E-10 DEL=
+-1.000E-01 DNB=1.500E+16 ECV=12.5 EXA=5.300E-01 EXP=2.000E-01 FRC=
+1.460E-01 FSB=3.700E-04 FSS=3.000E+11 LATD=3.000E-01 NWM=1.5 OXETCH=
+-9.000E-01 PHA=8.500E-01 PHI=7.000E-01 PHP=4.300E-01 SCM=13.5 TCV=
+1.700E-03 TOX=225.0 UB=212.0 VST=2.600E+07 VT=-7.500E-01 XJ=
+4.300E-02)
.END
```

***** 2-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 12:34:16 *****

DF128TIP

***** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N24)
1: V(N26)
2: V(N25)
3: V(N27)
4: V(N14)
5: V(N15)

TIME	V(N24)	(012345)-------- 0.0000D+00 1.250D+00 2.500D+00 3.750D+00 5.000D+00
0.0000D+00	0.0000D+00	X
2.0000D-10	0.0000D+00	X
4.0000D-10	0.0000D+00	X
6.0000D-10	0.0000D+00	X
8.0000D-10	0.0000D+00	X
1.0000D-09	0.0000D+00	X
1.2000D-09	0.0000D+00	X
1.4000D-09	0.0000D+00	X
1.6000D-09	0.0000D+00	X
1.8000D-09	0.0000D+00	X
2.0000D-09	0.0000D+00	X
2.2000D-09	5.0000D-01	X 0
2.4000D-09	1.0000D+00	X 0
2.6000D-09	1.5000D+00	X 0
2.8000D-09	2.0000D+00	X 0
3.0000D-09	2.5000D+00	X 0
3.2000D-09	3.0000D+00	X 0
3.4000D-09	3.5000D+00	X 0
3.6000D-09	4.0000D+00	15 X 0
3.8000D-09	4.5000D+00	1 5 X 0
4.0000D-09	5.0000D+00	1 5 X
4.2000D-09	5.0000D+00	1 5 X
4.4000D-09	5.0000D+00	1 5 X
4.6000D-09	5.0000D+00	1 5 X 4
4.8000D-09	5.0000D+00	1 5 X 4
5.0000D-09	5.0000D+00	1 4 X 5
5.2000D-09	5.0000D+00	1 4 X 5
5.4000D-09	5.0000D+00	1 4 X
5.6000D-09	5.0000D+00	1 4 X
5.8000D-09	5.0000D+00	14 X
6.0000D-09	5.0000D+00	X
6.2000D-09	5.0000D+00	X
6.4000D-09	5.0000D+00	X
6.6000D-09	5.0000D+00	X
6.8000D-09	5.0000D+00	X
7.0000D-09	5.0000D+00	X
7.2000D-09	5.0000D+00	X
7.4000D-09	5.0000D+00	X

```
7.6000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
7.8000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.0000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.2000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.4000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.6000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.8000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
9.0000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
9.2000D-09  4.5000D+00 X                .                 .                 .        0        X
9.4000D-09  4.0000D+00 X                .                 .                 .  0              X
9.6000D-09  3.5000D+00 X                .                 .              0  .              X
9.8000D-09  3.0000D+00 X                .                 .           0     .              X
1.0000D-08  2.5000D+00 X                .                 0             .                 X
1.0200D-08  2.0000D+00 X                .              0                .                 X
1.0400D-08  1.5000D+00 X                .           0                   .                 X
1.0600D-08  1.0000D+00 X                .  0                            .                 X
1.0800D-08  5.0000D-01 X  0             .                               .                 X
1.1000D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.1200D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.1400D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.1600D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.1800D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.2000D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.2200D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.2400D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.2600D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.2800D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.3000D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.3200D-08  0.0000D+00 X  1             .                               .                 X
1.3400D-08  0.0000D+00 X     1          .                               .                 X
1.3600D-08  0.0000D+00 X        1       .                               .                 X
1.3800D-08  0.0000D+00 X           1    .                               .                 X
1.4000D-08  0.0000D+00 X              1 .                               .                 X
1.4200D-08  0.0000D+00 X                .                 1             .                 X
1.4400D-08  0.0000D+00 X                .                    1          .                 X
1.4600D-08  0.0000D+00 X                .                       1       .                 X
1.4800D-08  0.0000D+00 X                .                          1    .                 X
1.5000D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.5200D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.5400D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.5600D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.5800D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.6000D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.6200D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.6400D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.6600D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.6800D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.7000D-08  0.0000D+00 X                .                               .                 X
1.7200D-08  5.0000D-01 4  0             .                               .                 X
1.7400D-08  1.0000D+00 4     0          .                               .                 X
1.7600D-08  1.5000D+00 4        0       .                               .                 X
1.7800D-08  2.0000D+00 4           0    .                               .                 X
1.8000D-08  2.5000D+00 4              0 .                               .                 X
1.8200D-08  3.0000D+00 4                .                 0             .                 X
1.8400D-08  3.5000D+00 4                .                    0          .                 X
1.8600D-08  4.0000D+00 4                .                       0       .                 X
1.8800D-08  4.5000D+00 4                .                          0    .                 SX
1.9000D-08  5.0000D+00 4                .                               .                 SX
1.9200D-08  5.0000D+00 4                .                               .              S  X
1.9400D-08  5.0000D+00 4                .                               .           S     X
```

```
1.9600D-08  5.0000D+00 4                    .                   .                   5   .                   X
1.9800D-08  5.0000D+00 .        4           .                   .5                  .                   X
2.0000D-08  5.0000D+00 .                    .45                 .                   .                   X
2.0200D-08  5.0000D+00 .     5              .                   4   .               .                   X
2.0400D-08  5.0000D+00 . 5                  .                   .       4           .                   X
2.0600D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .   4               X
2.0800D-08  5.0000D+00 .                    .                   .                   .               4   X
2.1000D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .               4   X
2.1200D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .               4X
2.1400D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   X
2.1600D-08  5.0000D+00 .5                   .                   .                   .                   X
2.1800D-08  5.0000D+00 .5                   .                   .                   .                   X
2.2000D-08  5.0000D+00 .5                   .                   .                   .                   X
2.2200D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   X
2.2400D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   X
2.2600D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   4X
2.2800D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   4X
2.3000D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   X
2.3200D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   X
2.3400D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   X
2.3600D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   X
2.3800D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   X
2.4000D-08  5.0000D+00 5                    .                   .                   .                   X
2.4200D-08  4.5000D+00 5                    .                   .                   .           0       X
2.4400D-08  4.0000D+00 5                    .                   .                   .   0               X
2.4600D-08  3.5000D+00 5                    .                   .                   0   .               X
2.4800D-08  3.0000D+00 5                    .                   .       0           .                   X
2.5000D-08  2.5000D+00 5                    .                   0                   .                   X
2.5200D-08  2.0000D+00 5                    .           0       .                   .                   X
2.5400D-08  1.5000D+00 5                    .   0               .                   .                   X
2.5600D-08  1.0000D+00 5            0       .                   .                   .                   X
2.5800D-08  5.0000D-01 5        0           .                   .                   .                   X
2.6000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.6200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.6400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.6600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.6800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.7000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.7200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.7400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.7600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.7800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
2.8000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .               1   X
2.8200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .   1               X
2.8400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   1   .               X
2.8600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .       1           .                   X
2.8800D-08  0.0000D+00 X                    .                   1                   .                   X
2.9000D-08  0.0000D+00 X                    .                   1                   .                   X
2.9200D-08  0.0000D+00 X                    .           1       .                   .                   X
2.9400D-08  0.0000D+00 X                    .   1               .                   .                   X
2.9600D-08  0.0000D+00 X            1       .                   .                   .                   X
2.9800D-08  0.0000D+00 X        1           .                   .                   .                   X
3.0000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.0200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.0400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.0600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.0800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.1000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.1200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.1400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
```

```
3.1600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.1800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.2000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.2200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.2400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.2600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.2800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.3000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .                   X
3.3200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .          2        X
3.3400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                   .     2             X
3.3600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                2  .                   X
3.3800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .          2        .                   X
3.4000D-08  0.0000D+00 X                    .                   2                .                   X
3.4200D-08  0.0000D+00 X                    .              2                     .                   X
3.4400D-08  0.0000D+00 X                    .           2                        .                   X
3.4600D-08  0.0000D+00 X                 2  .                                    .                4  3
3.4800D-08  0.0000D+00 X              2     .                                    .             4     3
3.5000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .          4     .                   3
3.5200D-08  0.0000D+00 X                    .        4          .                .                   3
3.5400D-08  0.0000D+00 X5 4                 .                   .                .                   3
3.5600D-08  0.0000D+00 X 5                  .                   .                .                   3
3.5800D-08  0.0000D+00 X              5     .                   .                .                   3
3.6000D-08  0.0000D+00 X                 5  .                   .                .                   3
3.6200D-08  0.0000D+00 X                    .              5    .                .                   3
3.6400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .          5     .                   3
3.6600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .     5             3
3.6800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .           5       3
3.7000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .              5    3
3.7200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                 5  3
3.7400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
3.7600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   3
3.7800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   3
3.8000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
3.8200D-08  0.0000D+00 X              2     .                   .                .                   X
3.8400D-08  0.0000D+00 X                 2  .                   .                .                   X
3.8600D-08  0.0000D+00 X                    .        2          .                .                   X
3.8800D-08  0.0000D+00 X                    .              2    .                .                   X
3.9000D-08  0.0000D+00 X                    .                   2                .                   X
3.9200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .          2     .                   X
3.9400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .     2             X
3.9600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .           2       X
3.9800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.0000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.0200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.0400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.0600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.0800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.1000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.1200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.1400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.1600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.1800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.2000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.2200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.2400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.2600D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.2800D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.3000D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .                   X
4.3200D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .           3       X
4.3400D-08  0.0000D+00 X                    .                   .                .     3             X
```

```
4.3600D-08   0.0000+00 X                .                .                3  .                X
4.3800D-08   0.0000+00 X                .                .             3  .                X
4.4000D-08   0.0000+00 X                .                3                .                X
4.4200D-08   0.0000+00 X                .             3  .                .                52
4.4400D-08   0.0000+00 X                .          3     .                .                52
4.4600D-08   0.0000+00 X             3  .                .                .                52
4.4800D-08   0.0000+00 X       3        .                .                .             5  2
4.5000D-08   0.0000+00 X                .                .                .          5     2
4.5200D-09   0.0000+00 X                .                .                5             2
4.5400D-08   0.0000+00 X 4              .                .             5  .             2
4.5600D-08   0.0000+00 X          4     .          5     .                .             2
4.5800D-08   0.0000+00 X          5     4                .                .             2
4.6000D-08   0.0000+00 X        5       .                4                .             2
4.6200D-09   0.0000+00 X   5            .                .             4  .             2
4.6400D-08   0.0000+00 X                .                .                4.            2
4.6600D-08   0.0000+00 X                .                .                .          4  2
4.6800D-08   0.0000+00 X                .                .                .             4  2
4.7000D-08   0.0000+00 X                .                .                .                4  2
4.7200D-08   0.0000+00 X                .                .                .                42
4.7400D-08   0.0000+00 X5               .                .                .                2
4.7600D-08   0.0000+00 X 5              .                .                .                2
4.7800D-08   0.0000+00 X5              .                .                .                2
4.8000D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
4.8200D-08   0.0000+00 X       3        .                .                .                X
4.8400D-08   0.0000+00 X             3  .                .                .                X
4.8600D-08   0.0000+00 X          3     .                .                .                X
4.8800D-08   0.0000+00 X             3  .                .                .                X
4.9000D-08   0.0000+00 X                .                3                .                X
4.9200D-08   0.0000+00 X                .                .             3  .                X
4.9400D-08   0.0000+00 X                .                .                3  .             X
4.9600D-08   0.0000+00 X                .                .                .  3             X
4.9800D-08   0.0000+00 X                .                .                .          3     X
5.0000D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.0200D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.0400D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.0600D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.0800D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.1000D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.1200D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.1400D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.1600D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.1800D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.2000D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.2200D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.2400D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.2600D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.2800D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.3000D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.3200D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.3400D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.3600D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.3800D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
5.4000D-08   0.0000+00 X                .                .                .                X
                       . . . . . .  . . . . . .  . . . . . .  . . . . . .  . . . . . .  .
```

**** JOB CONCLUDED ****

ANEXO H

CARACTERIZAÇÃO DO FLIP-FLOP

***** 2-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 13:52:06 *****

DF128TIP

***** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N24)
1: V(N26)
2: V(N25)
3: V(N27)
4: V(N14)
5: V(N15)

TIME	V(N24)	(012345)-------- 0.000D+00 1.250D+00 2.500D+00 3.750D+00 5.000D+00
0.000D+00	0.000D+00	X
2.000D-10	0.000D+00	X
4.000D-10	0.000D+00	X
6.000D-10	0.000D+00	X
8.000D-10	0.000D+00	X
1.000D-09	0.000D+00	X
1.200D-09	0.000D+00	X
1.400D-09	0.000D+00	X
1.600D-09	0.000D+00	X
1.800D-09	0.000D+00	X
2.000D-09	0.000D+00	X
2.200D-09	1.000D+00	X 0
2.400D-09	2.000D+00	X 0
2.600D-09	3.000D+00	X 0
2.800D-09	4.000D+00	X 0
3.000D-09	5.000D+00	X
3.200D-09	5.000D+00	15
3.400D-09	5.000D+00	1 5
3.600D-09	5.000D+00	1 5
3.800D-09	5.000D+00	1 5
4.000D-09	5.000D+00	1 5 4X
4.200D-09	4.000D+00	1 5 0 4 X
4.400D-09	3.000D+00	1 0 45 X
4.600D-09	2.000D+00	1 0 4 5 X
4.800D-09	1.000D+00	1 0 4 5 X
5.000D-09	5.690D-15	X 4
5.200D-09	0.000D+00	X 4
5.400D-09	0.000D+00	X 4
5.600D-09	0.000D+00	X4
5.800D-09	0.000D+00	X
6.000D-09	0.000D+00	X
6.200D-09	0.000D+00	X
6.400D-09	0.000D+00	X
6.600D-09	0.000D+00	X
6.800D-09	0.000D+00	X
7.000D-09	0.000D+00	X
7.200D-09	0.000D+00	X
7.400D-09	0.000D+00	X

```
7.6000D-09  0.0000D+00 X                                                
```

***** 2-MAR-88 ****** A N I - S P I C E ****** 14:47:19 *****

DF128TIP

***** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N24)
1: V(N26)
2: V(N25)
3: V(N27)
4: V(N14)
5: V(N15)

```
     TIME        V(N24)

(012345)--------  0.000D+00      1.250D+00      2.500D+00      3.750D+00  5.000D+00
                  .              .              .              .              .
 0.000D+00   0.000D+00 X                                                     X
 2.000D-10   0.000D+00 X                                                     X
 4.000D-10   0.000D+00 X                                                     X
 6.000D-10   0.000D+00 X                                                     X
 8.000D-10   0.000D+00 X                                                     X
 1.000D-09   0.000D+00 X                                                     X
 1.200D-09   0.000D+00 X                                                     X
 1.400D-09   0.000D+00 X                                                     X
 1.600D-09   0.000D+00 X                                                     X
 1.800D-09   0.000D+00 X                                                     X
 2.000D-09   0.000D+00 X                                                     X
 2.200D-09   1.000D+00 X          0                                          X
 2.400D-09   2.000D+00 X                         0                          X
 2.600D-09   3.000D+00 X                                    0               X
 2.800D-09   4.000D+00 X                                              0      X
 3.000D-09   5.000D+00 X                                                     X
 3.200D-09   5.000D+00 15                                                    X
 3.400D-09   5.000D+00 1    5                                               X
 3.600D-09   5.000D+00 1         5                                          X
 3.800D-09   5.000D+00 1              5                                     X
 4.000D-09   4.000D+00 1                                   5          0     4X
 4.200D-09   3.000D+00 1                                        0    5      4 X
 4.400D-09   2.000D+00 1                         0                    45    X
 4.600D-09   1.000D+00 1          0                              4          5 X
 4.800D-09   5.163D-15 X                                  4                 5X
 5.000D-09   0.000D+00 X              4                                      5X
 5.200D-09   0.000D+00 X       4                                            X
 5.400D-09   0.000D+00 X  4                                                 X
 5.600D-09   0.000D+00 X                                                     X
 5.800D-09   0.000D+00 X                                                     X
 6.000D-09   0.000D+00 X                                                     X
 6.200D-09   0.000D+00 X                                                     X
 6.400D-09   0.000D+00 X                                                     X
 6.600D-09   0.000D+00 X                                                     X
 6.800D-09   0.000D+00 X                                                     X
 7.000D-09   0.000D+00 X                                                     X
 7.200D-09   0.000D+00 X                                                     X
 7.400D-09   0.000D+00 X                                                     X
```

```
7.6000D-09  0.0000D+00 X                                                
```

***** 2-MAR-88 ****** A M I - S P I C E ****** 14:34:19 *****

DF128TIP

***** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N24)
1: V(N26)
2: V(N25)
3: V(N27)
4: V(N14)
5: V(N15)

TIME V(N24)

(012345)-------- 0.0000+00 1.2500+00 2.5000+00 3.7500+00 5.0000+00

```
 0.0000D+00  0.0000D+00 X                                                  X
 2.0000D-10  0.0000D+00 X                                                  X
 4.0000D-10  0.0000D+00 X                                                  X
 6.0000D-10  0.0000D+00 X                                                  X
 8.0000D-10  0.0000D+00 X                                                  X
 1.0000D-09  0.0000D+00 X                                                  X
 1.2000D-09  0.0000D+00 X                                                  X
 1.4000D-09  0.0000D+00 X                                                  X
 1.6000D-09  0.0000D+00 X                                                  X
 1.8000D-09  0.0000D+00 X                                                  X
 2.0000D-09  0.0000D+00 X                                                  X
 2.2000D-09  1.0000D+00 X          0                                       X
 2.4000D-09  2.0000D+00 X                    0                             X
 2.6000D-09  3.0000D+00 X                              0                   X
 2.8000D-09  4.0000D+00 X                                        0         X
 3.0000D-09  5.0000D+00 X                                                  X
 3.2000D-09  5.0000D+00 15                                                 X
 3.4000D-09  5.0000D+00 1    5                                             X
 3.6000D-09  5.0000D+00 1          3                                       X
 3.8000D-09  5.0000D+00 1                5                                 X
 4.0000D-09  5.0000D+00 1                          5.                      4 X
 4.2000D-09  5.0000D+00 1                                    5         4   X
 4.4000D-09  5.0000D+00 1                                              X   X
 4.6000D-09  5.0000D+00 1                                    4           5 X
 4.8000D-09  5.0000D+00 1                          4.                    5 X
 5.0000D-09  5.0000D+00 1                4                                 X
 5.2000D-09  5.0000D+00 1          4                                       X
 5.4000D-09  5.0000D+00 1      4                                           X
 5.6000D-09  5.0000D+00 1  4                                               X
 5.8000D-09  5.0000D+00 1                                                  X
 6.0000D-09  5.0000D+00 1                                                  X
 6.2000D-09  5.0000D+00 X                                                  X
 6.4000D-09  5.0000D+00 X                                                  X
 6.6000D-09  5.0000D+00 14                                                 X
 6.8000D-09  5.0000D+00 14                                                 X
 7.0000D-09  5.0000D+00 14                                                 X
 7.2000D-09  5.0000D+00 X                                                  X
 7.4000D-09  5.0000D+00 X                                                  X
```

```
7.6000D-09  5.0000D+00 X                .                .                .                X
7.8000D-09  5.0000D+00 X                .                .                .                X
8.0000D-09  5.0000D+00 X                .                .                .                X
8.2000D-09  5.0000D+00 X                .                .                .                X
8.4000D-09  5.0000D+00 X                .                .                .                X
8.6000D-09  5.0000D+00 X                .                .                .                X
8.8000D-09  5.0000D+00 X                .                .                .                X
9.0000D-09  5.0000D+00 X                .                .                .                X
9.2000D-09  4.0000D+00 X                .                .                .  0             X
9.4000D-09  3.0000D+00 X                .                .  0             .                X
9.6000D-09  2.0000D+00 X                .  0             .                .                X
9.8000D-09  1.0000D+00 X             0  .                .                .                X
1.0000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.0200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.0400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.0600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.0800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.1000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.1200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.1400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.1600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.1800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.2000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.2200D-08  0.0000D+00 X             1  .                .                .                X
1.2400D-08  0.0000D+00 X                .  1             .                .                X
1.2600D-08  0.0000D+00 X                .                .  1             .                X
1.2800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .  1             X
1.3000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.3200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.3400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.3600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.3800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.4000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.4200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.4400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.4600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.4800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.5000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.5200D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.5400D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.5600D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.5800D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.6000D-08  0.0000D+00 X                .                .                .                X
1.6200D-08  1.0000D+00 4             0  .                .                .                X
1.6400D-08  2.0000D+00 4                .  0             .                .                X
1.6600D-08  3.0000D+00 4                .                .  0             .                X
1.6800D-08  4.0000D+00 4                .                .                .  0             X
1.7000D-08  5.0000D+00 4                .                .                .                X
1.7200D-08  5.0000D+00 4                .                .                .                X
1.7400D-08  5.0000D+00 4                .                .                .                X  5
1.7600D-08  5.0000D+00 4                .                .                .             5  X
1.7800D-08  5.0000D+00 4                .                .                .  5             X
1.8000D-08  5.0000D+00 4                .                .             5  .                X
1.8200D-08  5.0000D+00 .4               .                .                .                X
1.8400D-08  5.0000D+00 .    4           .                .  5             .                X
1.8600D-08  5.0000D+00 .       4        .  5             .                .                X
1.8800D-08  5.0000D+00 .       5        .     4          .                .                X
1.9000D-08  5.0000D+00 .          5     .                .  4             .                X
1.9200D-08  5.0000D+00 .       5        .                .     4          .                X
1.9400D-08  5.0000D+00 .    5           .                .                .4               X
```

```
1.9600D-08  5.0000D+00 5                                                
```

```
3.1600D-08   0.0000D+00 X4              .5              .              .              X
3.1800D-08   0.0000D+00 X4              .         5    .              .              X
3.2000D-08   0.0000D+00 X               .              .    5         .              X
3.2200D-08   0.0000D+00 X               .              .         5    .              X
3.2400D-08   0.0000D+00 X               .              .              .    5         X
3.2600D-08   0.0000D+00 X               .              .              .         5    X
3.2800D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              5X
3.3000D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.3200D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.3400D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.3600D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.3800D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.4000D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.4200D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.4400D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.4600D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.4800D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.5000D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.5200D-08   0.0000D+00 X               .              .              .    3         X
3.5400D-08   0.0000D+00 X               .              .         3    .              X
3.5600D-08   0.0000D+00 X               .         3    .              .              X
3.5800D-08   0.0000D+00 X          3    .              .              .              X
3.6000D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
3.6200D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              52
3.6400D-08   0.0000D+00 X          3    .              .              .         5    2
3.6600D-08   0.0000D+00 X               .         3    .              .    5         2
3.6800D-08   0.0000D+00 X               .              .         3    .  5         2
3.7000D-08   0.0000D+00 X4              .              .              5. 3         2
3.7200D-08   0.0000D+00 X  4            .              .                   5       X
3.7400D-08   0.0000D+00 X     4         .              .                   5       X
3.7600D-08   0.0000D+00 X        4      .              .                   5       X
3.7800D-08   0.0000D+00 X           4   .              .                   5       X
3.8000D-08   0.0000D+00 X               .4             .              5    .       X
3.8200D-08   0.0000D+00 X               .         4    .         5    .       X
3.8400D-08   0.0000D+00 X               .              .45            .       X
3.8600D-08   0.0000D+00 X               .         5    .              4    .       X
3.8800D-08   0.0000D+00 X               .    5         .              .    4  .    X
3.9000D-08   0.0000D+00 X          5    .              .              .       4    X
3.9200D-08   0.0000D+00 X        5      .              .              .            4 X
3.9400D-08   0.0000D+00 X     5         .              .              .              4X
3.9600D-08   0.0000D+00 X  5.           .              .              .              X
3.9800D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.0000D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.0200D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.0400D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.0600D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.0800D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.1000D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.1200D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.1400D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.1600D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.1800D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
4.2000D-08   0.0000D+00 X               .              .              .              X
                        .....................................................
```

**** JOB CONCLUDED ****

```
****** 2-MAR-89 ******  A  M  I  -  S  P  I  C  E  ******* 15:18:51 *****

 DF128TIP

******      TRANSIENT ANALYSIS                    TEMPERATURE =   25.000 DEG C

********************************* VERSION 1.02 ********************************


LEGEND:

0: V(N24)
1: V(N26)
2: V(N25)
3: V(N27)
4: V(N14)
5: V(N15)

     TIME        V(N24)

(012345)--------  0.0000D+00      1.2500D+00      2.5000D+00      3.7500D+00   5.0000D+00
                  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
  0.0000D+00   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  2.0000D-10   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  4.0000D-10   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  6.0000D-10   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  8.0000D-10   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  1.0000D-09   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  1.2000D-09   0.0000D+00 X                 .               .               .            X.
  1.4000D-09   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  1.6000D-09   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  1.8000D-09   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  2.0000D-09   0.0000D+00 X                 .               .               .            X
  2.2000D-09   1.0000D+00 X           0     .               .               .            X
  2.4000D-09   2.0000D+00 X                 .         0     .               .            X
  2.6000D-09   3.0000D+00 X                 .               .         0     .            X
  2.8000D-09   4.0000D+00 X                 .               .               .      0     X
  3.0000D-09   5.0000D+00 X                 .               .               .            X
  3.2000D-09   5.0000D+00 15                .               .               .            X
  3.4000D-09   5.0000D+00 1    5            .               .               .            X
  3.6000D-09   5.0000D+00 1          5      .               .               .            X
  3.8000D-09   5.0000D+00 1               5 .               .               .            X
  4.0000D-09   5.0000D+00 1                 .               5.              .          4 X
  4.2000D-09   5.0000D+00 1                 .               .         5     .        4   X
  4.4000D-09   5.0000D+00 1                 .               .               .    X       X
  4.6000D-09   5.0000D+00 1                 .               .         4     .      5     X
  4.8000D-09   5.0000D+00 1                 .               4.              .        5   X
  5.0000D-09   5.0000D+00 1                 .          4    .               .            X
  5.2000D-09   5.0000D+00 1           4     .               .               .            X
  5.4000D-09   5.0000D+00 1      4          .               .               .            X
  5.6000D-09   5.0000D+00 1   4             .               .               .            X
  5.8000D-09   5.0000D+00 1                 .               .               .            X
  6.0000D-09   5.0000D+00 1                 .               .               .            X
  6.2000D-09   5.0000D+00 X                 .               .               .            X
  6.4000D-09   5.0000D+00 X                 .               .               .            X
  6.6000D-09   5.0000D+00 14                .               .               .            X
  6.8000D-09   5.0000D+00 14                .               .               .            X
  7.0000D-09   5.0000D+00 14                .               .               .            X
  7.2000D-09   5.0000D+00 X                 .               .               .            X
  7.4000D-09   5.0000D+00 X                 .               .               .            X
```

```
7.5000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
7.6000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
7.8000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.0000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.2000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.4000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.6000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
8.8000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
9.0000D-09  5.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
9.2000D-09  4.0000D+00 X                .                 .                 .  0              X
9.4000D-09  3.0000D+00 X                .                 .        0        .                 X
9.6000D-09  2.0000D+00 X                .        0        .                 .                 X
9.8000D-09  1.0000D+00 X          0     .                 .                 .                 X
1.0000D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.0200D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.0400D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.0600D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.0800D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.1000D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.1200D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.1400D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.1600D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.1800D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.2000D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.2200D-08  0.0000D+00 X          1     .                 .                 .                 X
1.2400D-08  0.0000D+00 X                .        1        .                 .                 X
1.2600D-08  0.0000D+00 X                .                 .        1        .                 X
1.2800D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .  1              X
1.3000D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.3200D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.3400D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.3600D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.3800D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.4000D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.4200D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.4400D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.4600D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.4800D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.5000D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.5200D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.5400D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.5600D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.5800D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.6000D-08  0.0000D+00 X                .                 .                 .                 X
1.6200D-08  1.0000D+00 4          0     .                 .                 .                 X
1.6400D-08  2.0000D+00 4                .        0        .                 .                 X
1.6600D-08  3.0000D+00 4                .                 .        0        .                 X
1.6800D-08  4.0000D+00 4                .                 .                 .  0              X
1.7000D-08  5.0000D+00 4                .                 .                 .                 X
1.7200D-08  5.0000D+00 4                .                 .                 .                 X
1.7400D-08  5.0000D+00 4                .                 .                 .                 X
1.7600D-08  5.0000D+00 4                .                 .                 .           1     5X
1.7800D-08  5.0000D+00 4                .                 .        1        .              5  X
1.8000D-08  5.0000D+00 4                .                 1                 .     5           X
1.8200D-08  5.0000D+00 . 4              .        1        .        5        .                 X
1.8400D-08  5.0000D+00 .    41          .                 5                 .                 X
1.8600D-08  5.0000D+00 1          4     .        5        .                 .                 X
1.8800D-08  5.0000D+00 1       5        .                 4                 .                 X
1.9000D-08  5.0000D+00 1  5             .                 .        4        .                 X
1.9200D-08  5.0000D+00 15               .                 .                 .  4              X
1.9400D-08  5.0000D+00 X                .                 .                 .           4     X
```

****** 2-MAR-88 ****** A V I - S P I C E ****** 16:01:40 *****

CF12PTIP

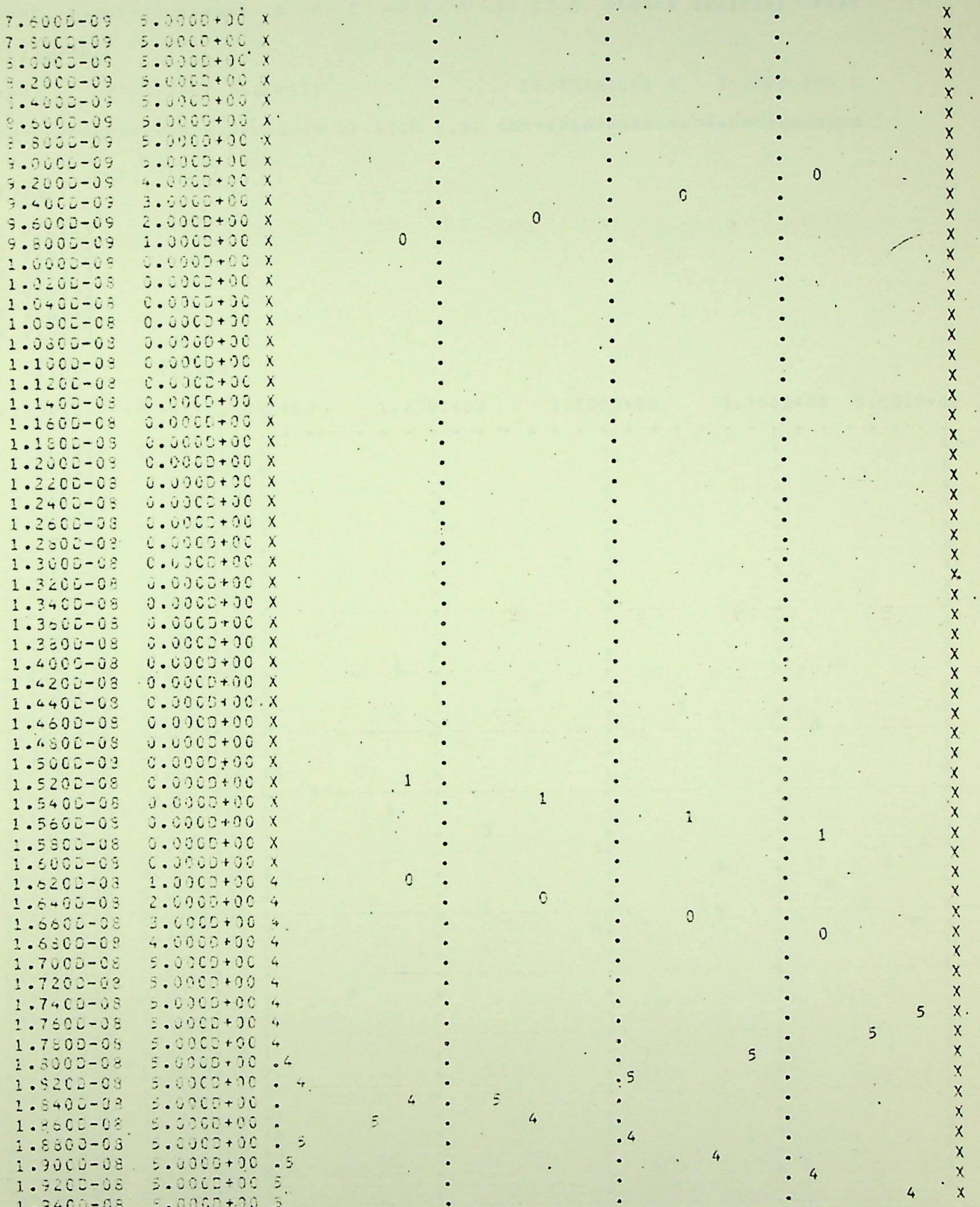
****** TRANSIENT ANALYSIS . TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N24)
1: V(N26)
2: V(N25)
3: V(N27)
4: V(N14)
5: V(N15)

TIME	V(N24)	(012345)-------- 0.000D+00 1.250D+00 2.500D+00 3.750D+00 5.000D+00
0.0000D+00	0.0000D+00	X
2.0000D-10	0.0000D+00	X
4.0000D-10	0.0000D+00	X
6.0000D-10	0.0000D+00	X
8.0000D-10	0.0000D+00	X
1.0000D-09	0.0000D+00	X
1.2000D-09	0.0000D+00	X
1.4000D-09	0.0000D+00	X
1.6000D-09	0.0000D+00	X
1.8000D-09	0.0000D+00	X
2.0000D-09	0.0000D+00	X
2.2000D-09	1.0000D+00	X 0
2.4000D-09	2.0000D+00	X 0
2.6000D-09	3.0000D+00	X 0
2.8000D-09	4.0000D+00	X 0
3.0000D-09	5.0000D+00	X
3.2000D-09	5.0000D+00	15 X
3.4000D-09	5.0000D+00	1 5 X
3.6000D-09	5.0000D+00	1 5 X
3.8000D-09	5.0000D+00	1 5 X 4
4.0000D-09	5.0000D+00	1 5 4 X
4.2000D-09	5.0000D+00	1 4 5X
4.4000D-09	5.0000D+00	1 4 X
4.6000D-09	5.0000D+00	1 X
4.8000D-09	5.0000D+00	1 4 X
5.0000D-09	5.0000D+00	1 4 X
5.2000D-09	5.0000D+00	14 X
5.4000D-09	5.0000D+00	X
5.6000D-09	5.0000D+00	X
5.8000D-09	5.0000D+00	X
6.0000D-09	5.0000D+00	X
6.2000D-09	5.0000D+00	X
6.4000D-09	5.0000D+00	X
6.6000D-09	5.0000D+00	X
6.8000D-09	5.0000D+00	X
7.0000D-09	5.0000D+00	X
7.2000D-09	5.0000D+00	X
7.4000D-09	5.0000D+00	X


7.6000D-09 5.0000+00
7.8000D-09 5.0000+00
8.0000D-09 5.0000+00
8.2000D-09 5.0000+00
8.4000D-09 5.0000+00
8.6000D-09 5.0000+00
8.8000D-09 5.0000+00
9.0000D-09 5.0000+00
9.2000D-09 4.0000+00
9.4000D-09 3.0000+00
9.6000D-09 2.0000+00
9.8000D-09 1.0000+00
1.0000D-08 0.0000+00
1.0200D-08 0.0000+00
1.0400D-08 0.0000+00
1.0600D-08 0.0000+00
1.0800D-08 0.0000+00
1.1000D-08 0.0000+00
1.1200D-08 0.0000+00
1.1400D-08 0.0000+00
1.1600D-08 0.0000+00
1.1800D-08 0.0000+00
1.2000D-08 0.0000+00
1.2200D-08 0.0000+00
1.2400D-08 0.0000+00
1.2600D-08 0.0000+00
1.2800D-08 0.0000+00
1.3000D-08 0.0000+00
1.3200D-08 0.0000+00
1.3400D-08 0.0000+00
1.3600D-08 0.0000+00
1.3800D-08 0.0000+00
1.4000D-08 0.0000+00
1.4200D-08 0.0000+00
1.4400D-08 0.0000+00
1.4600D-08 0.0000+00
1.4800D-08 0.0000+00
1.5000D-08 0.0000+00
1.5200D-08 0.0000+00
1.5400D-08 0.0000+00
1.5600D-08 0.0000+00
1.5800D-08 0.0000+00
1.6000D-08 0.0000+00
1.6200D-08 1.0000+00 4
1.6400D-08 2.0000+00 4
1.6600D-08 3.0000+00 4
1.6800D-08 4.0000+00 4
1.7000D-08 5.0000+00 4
1.7200D-08 5.0000+00 4
1.7400D-08 5.0000+00 4
1.7600D-08 5.0000+00 4
1.7800D-08 5.0000+00 4
1.8000D-08 5.0000+00 .4
1.8200D-08 5.0000+00 . 4
1.8400D-08 5.0000+00 .
1.8600D-08 5.0000+00 .
1.8800D-08 5.0000+00 . 5
1.9000D-08 5.0000+00 .5
1.9200D-08 5.0000+00 5
1.9400D-08 5.0000+00 5

DF128TIP

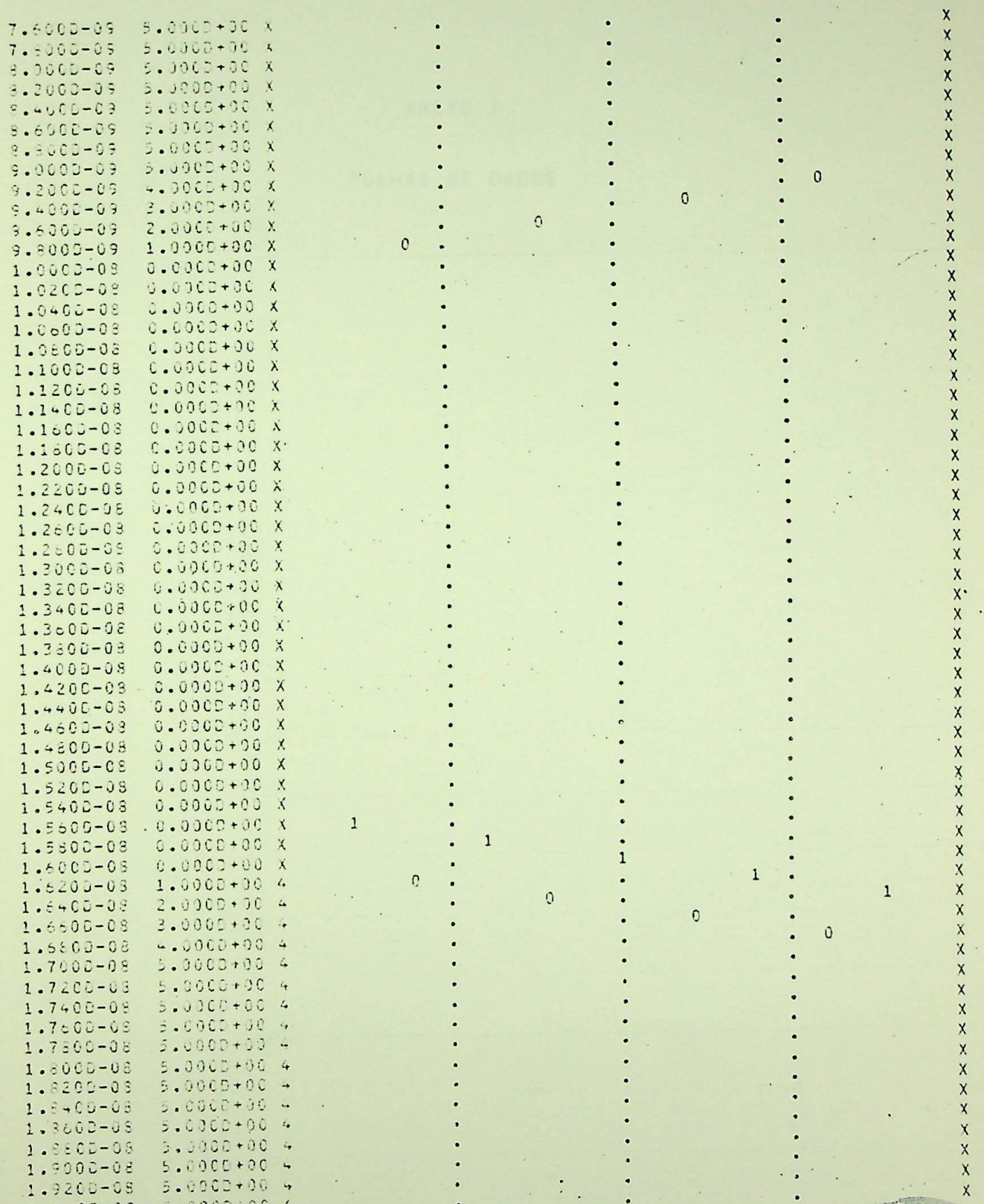
****** TRANSIENT ANALYSIS TEMPERATURE = 25.000 DEG C

********** VERSION 1.02 **********

LEGEND:

0: V(N24)
1: V(N26)
2: V(N25)
3: V(N27)
4: V(N14)
5: V(N15)

TIME	V(N24)	(012345)-------- 0.000D+00 1.250D+00 2.500D+00 3.750D+00 5.000D+00
0.000D+00	0.000D+00	X
2.000D-10	0.000D+00	X
4.000D-10	0.000D+00	X
6.000D-10	0.000D+00	X
8.000D-10	0.000D+00	X
1.000D-09	0.000D+00	X
1.200D-09	0.000D+00	X
1.400D-09	0.000D+00	X
1.600D-09	0.000D+00	X
1.800D-09	0.000D+00	X
2.000D-09	0.000D+00	X
2.200D-09	1.000D+00	X 0
2.400D-09	2.000D+00	X 0
2.600D-09	3.000D+00	X 0
2.800D-09	4.000D+00	X 0
3.000D-09	5.000D+00	X
3.200D-09	5.000D+00	15
3.400D-09	5.000D+00	1 5
3.600D-09	5.000D+00	1 5
3.800D-09	5.000D+00	1 5
4.000D-09	5.000D+00	1 5 4 X
4.200D-09	5.000D+00	1 5 4 X
4.400D-09	5.000D+00	1 X X
4.600D-09	5.000D+00	1 4 5 X
4.800D-09	5.000D+00	1 4 5 X
5.000D-09	5.000D+00	1 4 X
5.200D-09	5.000D+00	1 4 X
5.400D-09	5.000D+00	1 4 X
5.600D-09	5.000D+00	1 4 X
5.800D-09	5.000D+00	1 X
6.000D-09	5.000D+00	1 X
6.200D-09	5.000D+00	X
6.400D-09	5.000D+00	X
6.600D-09	5.000D+00	14 X
6.800D-09	5.000D+00	14 X
7.000D-09	5.000D+00	14 X
7.200D-09	5.000D+00	X X
7.400D-09	5.000D+00	X



Escola Federal de Engenharia de Itajubá
Biblioteca
MAT
BIM

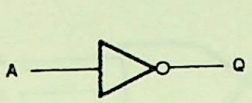
ANEXO I

FOLHAS DE DADOS

IND15

Gate inversor

Símbolo Lógico



INØ15

Tabela Verdade

A	Q
L	H
H	L

Capacitância de Entrada

	fF
A	5,210

Características AC: Tj = 25 C

Vdd = 5 V

Caso típico

ATRASO	tdr (ns)	tdf (ns)	Ktdr (ns/pF)	Ktdf (ns/pF)
ENTRADA-SAÍDA	0,2	0,2	0,7	0,9

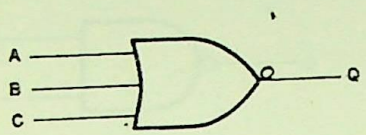
tplh = tdr + Ktdr*Cl

tphl = tdf + Ktdf*Cl

NOØ35

Gate não OU de 3 entradas

Símbolo Lógico



NOØ35

Tabela Verdade

A	B	C	Q
L	L	L	H
H	X	X	L
X	H	X	L
X	X	H	L

Capacitância de entrada

	fF
A	8,424
B	7,572
C	7,233

Cm = 7,743 fF

Características AC:

Tj = 25 C

VDD = 5 V

Caso típico

ATRASO	tdr (ns)	tdf (ns)	Ktdr (ns/pF)	Ktdf (ns/pF)
ENTRADA-SAÍDA	0,4	0,6	0,8	1,0

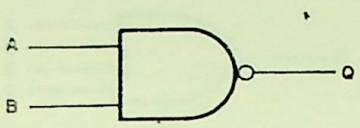
tplh = tdr + Ktdr*Cl

tphl = tdf + Ktdf*Cl

NA023

Gate não E de 2 entradas

Símbolo Lógico



NA023

Tabela Verdade

A	B	Q
L	L	H
H	L	H
H	H	L

Capacitância de entrada

	fF
A	5,507
B	4,776

Cm = 5,142 fF

Características AC:

Tj = 25 C

VDD = 5 V

Caso típico

ATRASO	tdr (ns)	tdf (ns)	Ktdr (ns/pF)	Ktdf (ns/pF)
ENTRADA-SAÍDA	0,3	0,5	1,4	1,4

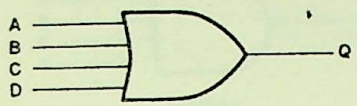
tplh = tdr + Ktdr*Cl

tphl = tdf + Ktdf*Cl

OR043

Gate OU de 4 entradas

Símbolo Lógico



OR043

Tabela Verdade

A	B	C	D	Q
L	L	L	L	L
H	X	X	X	H
X	H	X	X	H
X	X	H	X	H
X	X	X	H	H

Capacitância de entrada

	fF
A	6,336
B	5,602
C	5,030
D	4,630

Cm = 5,400 fF

Características AC: Tj = 25 C

VDD = 5 V

Caso típico

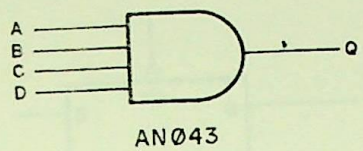
ATRASO	tdr (ns)	tdf (ns)	Ktdr (ns/pF)	Ktdf (ns/pF)
ENTRADA-SAÍDA	1,05	0,95	1,1	1,3

tplh = tdr + Ktdr*Cl

tphl = tdf + Ktdf*Cl

Gate E de 4 entradas

Símbolo Lógico



AN043

Tabela Verdade

A	B	C	D	Q
L	X	X	X	L
X	L	X	X	L
X	X	L	X	L
X	X	X	L	L
H	H	H	H	H

Capacitância de entrada

	fF
A	5,866
B	5,943
C	5,032
D	5,002

Cm = 5,460 fF

Características AC:

Tj = 25 C

VDD = 5 V

Caso típico

ATRASO	tdr (ns)	tdf (ns)	Ktdr (ns/pF)	Ktdf (ns/pF)
ENTRADA-SAÍDA	0,85	0,85	1,1	1,3

tplh = tdr + Ktdr*Cl

tphl = tdf + Ktdf*Cl

DF128

Flip flop D estático, entrada set e reset assíncronas, ativas por nível baixo.

Símbolo Lógico

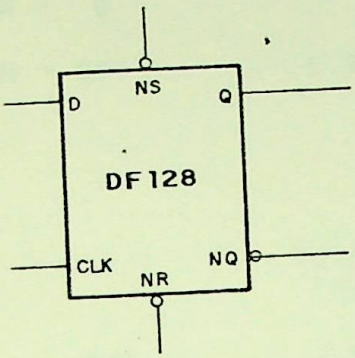


Tabela Verdade

SR	RN	D	C	Q	QN
H	H	H	!	H	L
H	H	L	!	L	H
H	H	X	!	NC	NC
H	L	X	X	L	H
L	H	X	X	H	L
L	L	X	X	-	-

Capacitância de entrada

	fF
C	20,09
D	4,408
SN	14,17
RN	18,61

Características AC: Tj = 25 C

VDD = 5 V

Caso típico

ATRASOS	tdr (ns)	tdf (ns)	Ktdr (ns/pF)	Ktdf (ns/pF)
C - Q	2,1	2,1	0,4	0,3
C - QN	1,3	1,5	0,4	0,6
SN - Q	1,8	-	0,6	-
SN - QN	-	1,2	-	0,6
RN - Q	-	0,85	-	0,5
RN - QN	2,0	-	0,6	-

	TEMPO (ns)
twc	1,6
twsn	1,2
twrn	1,2
tsv	1,0
th	1,5

tplh = tdr + Ktdr*Cl

tphl = tdf + Ktdf*Cl

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] West, N.H.E. & Eshraghian, K. "Principles of CMOS VLSI Design: a System Perspective" - Addison-Wesley Publishing Co., USA (1985).

[2] Costa, E.M. "Introducão ao Projeto de Circuitos Integrados" - Kapelusz, Buenos Ayres (1987).

[3] Glasser, L.A. & Dobberpuhl, D.W. "The Design and Analysis of VLSI Circuits" - Addison Wesley Publishing Co., USA (1985).

[4] Muroga, S., "VLSI System Design" - A Wiley-Interscience Publication, USA (1982)

[5] Billingsley, G. & Keller, L. "Kic: a Grafhic Editor for Integrated Circuits" - University of California at Berkeley, USA (1981).

[6] Mead, C. & Conway, L. "Introduction to VLSI Systems" - Addison - Wesley Publishing Co., USA (1980).

[7] Aoki, O.L. "Extratores e extracão de circuitos" -Anais do II Congresso SBMicro, São Paulo, pp 274-283 (1987).

[8] Aoki, O.L. & Januário, C.A. "Tiradentes - Extrator de Circuitos MOS" - Doc Interno CPqD - Telebrás - GCM/CACI, Campinas.

[9] Dolenc, A. "A verificacão de Layouts no CPqD - Telebrás", Anais do I Congresso SBMicro, Campinas, pp 462 (1986).

[10] Caldeira, L. & Mouallen, J., Seminário Interno EFEI Itajubá (1988).

[11] "AMI 2 um Design Rules" - proprietary information of Gould Semiconductor Division, Santa Clara, USA (1986).

[12] "AMI 1,25 um Design Rules" - proprietary information of Gould Semiconductor Division, Santa Clara, USA (1987).

[13] Dimov, R. "Mascote System - Version B.0." - Doc. Interno CPqD - Telebrás - PAC/CACI/GCM - Campinas - SP.

[14] "Standard Cell Design Manual - CBB Process", Gould Inc, - Semiconductor Division, Santa Clara, USA (1986).