



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

**Técnicas Eficientes para Análise e Modelação de
Efeitos de Acoplamento Via Substrato em Circuitos
Integrados Mistos**

por

João Paulo dos Santos da Costa

(Licenciado)

Dissertação para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador: Prof. Luís Miguel Teixeira D'Ávila Pinto da Silveira

Júri: Prof. Victor Manuel da Fonte Dias
Prof. José Carlos Esteves Duarte Pedro
Prof. João Paulo Calado Cordeiro Vital
Prof. Luís Miguel Teixeira D'Ávila Pinto da Silveira

Lisboa, Janeiro de 1998



Índice

1	Introdução	1
2	Comportamento Electromagnético do Substrato	5
2.1	Equações de Maxwell	6
2.2	Condições Fronteira	8
2.3	Analogia Electroestática	8
2.4	Solução da Equação de Poisson para Cargas Pontuais - Função de Green	10
3	Modelação de Efeitos de Acoplamento	13
3.1	Métodos de Elementos de Fronteira	16
4	Resolução do Problema	19
4.1	Discretização	21
4.2	Cálculo da Matriz de Impedâncias entre Painéis	22
4.3	Determinação da Função de Green	23
4.3.1	Substratos com Contacto na Base	23
4.3.2	Substratos Flutuantes	24
4.4	Determinação dos Potenciais Médios	25
4.5	Resolução do Sistema	29
5	Decomposição em Funções Próprias	35
5.1	Formulação	36
5.1.1	Determinação dos Valores Próprios	39
5.1.2	Determinação dos Coeficientes	39
5.1.3	Determinação dos Potenciais	41

5.1.4	Solução da Equação para os Potenciais	41
5.2	Cálculo dos Potenciais com Precisão Arbitrária	42
5.3	Solução do Sistema	43
6	DCT Pré-Corrigida	47
6.1	DCT Pré-Corrigida	48
6.2	Projectão das Correntes	50
6.3	Cálculo dos Potenciais nas Células	51
6.4	Interpolação dos Potenciais	52
6.5	Correcção dos Potenciais	52
7	Comparação entre Métodos	57
8	Resultados Práticos	63
8.1	Efeitos do Acoplamento de Substrato num Circuito Misto	63
8.2	Resultados da Extração	66
8.3	Exemplo Industrial	70
9	Conclusões e Direcções Futuras	75
A	Derivação dos Valores Próprios	77
B	Utilização de Múltiplos Modos de Coseno por Painel	83
C	Manual do Xtract	87
C.1	Ficheiros de Entrada	87
C.1.1	Formato dos Ficheiros de Entrada	87
C.2	Argumentos da Linha de Comandos	89
C.3	Ficheiros de Saída	90