

Introduzione	pag.	I
Capitolo 1 – Richiami di teoria dei circuiti	pag.	1.1
1.1 Introduzione	pag.	1.1
1.2 Bipoli	pag.	1.6
1.3 Elementi circuitali	pag.	1.9
1.3.1 <i>Generatori</i>	pag.	1.9
1.3.2 <i>Resistenze, Condensatori, Induttanze</i>	pag.	1.11
1.4 Teoremi di Thévenin e Norton	pag.	1.14
1.4.1 <i>Teorema di Thévenin</i>	pag.	1.14
1.4.2 <i>Teorema di Norton</i>	pag.	1.17
<i>Esempio 1.1</i>	pag.	1.21
1.4.3 <i>Trasferimento ottimale di potenza</i>	pag.	1.22
1.5 Leggi di Kirchhoff	pag.	1.24
<i>Esempio 1.2</i>	pag.	1.26
<i>Esempio 1.3</i>	pag.	1.29
1.6 Principio di sovrapposizione degli effetti	pag.	1.30
1.7 Il partitore di tensione e il partitore di corrente	pag.	1.32
1.7.1 <i>Il partitore di tensione</i>	pag.	1.32
1.7.2 <i>Il partitore di corrente</i>	pag.	1.33
1.8 Linearizzazione dei Bipoli	pag.	1.34
1.9 L'impedenza	pag.	1.37
1.10 Reti due porte	pag.	1.38
1.10.1 <i>Introduzione</i>	pag.	1.38
1.10.2 <i>Definizioni</i>	pag.	1.40
1.10.3 <i>Rete due porte – Relazione ingresso uscita</i>	pag.	1.42
1.10.4 <i>Rete due porte – Determinazione dei parametri h</i>	pag.	1.42
<i>Esempio 1.4</i>	pag.	1.46
1.11 Reti due porte: Determinazione dei parametri z , y , g , T e t	pag.	1.48
1.11.1 <i>Rappresentazione con parametri impedenza</i>	pag.	1.49
<i>Esempio 1.5</i>	pag.	1.51
1.11.2 <i>Rappresentazione con parametri ammettenza</i>	pag.	1.53
<i>Esempio 1.6</i>	pag.	1.55
1.11.3 <i>Rappresentazione con parametri ibridi inversi</i>	pag.	1.56
<i>Esempio 1.7</i>	pag.	1.58
1.11.4 <i>Rappresentazione con parametri di trasmissione</i>	pag.	1.60
1.12 Esempi di Riepilogo	pag.	1.64
<i>Esempio 1.8 – Ponte di Wheatstone</i>	pag.	1.64

<i>Esempio 1.9</i>	pag. 1.65
<i>Esempio 1.10</i>	pag. 1.67
<i>Esempio 1.11</i>	pag. 1.68
<i>Esempio 1.12</i>	pag. 1.71
<i>Esempio 1.13</i>	pag. 1.73
<i>Esempio 1.14</i>	pag. 1.75
1.13 Quesiti di verifica a risposta multipla	pag. 1.77
Capitolo 2 – Amplificazione	pag. 2.1
2.1 Introduzione	pag. 2.1
<i>Esempio d'implementazione di sensore di sforzo</i>	pag. 2.2
2.2 Tipi di amplificatori	pag. 2.5
2.2.1 <i>Amplificatore di tensione</i>	pag. 2.7
<i>Esempio 2.1</i>	pag. 2.9
2.2.2 <i>Amplificatore di corrente</i>	pag. 2.9
2.2.3 <i>Amplificatore di transammettenza</i>	pag. 2.12
2.2.4 <i>Amplificatore di transimpedenza</i>	pag. 2.16
2.2.5 <i>Conclusioni sui tipi di amplificatore</i>	pag. 2.18
2.3 Generalità sugli amplificatori	pag. 2.19
2.3.1 <i>Convenzione sulle notazioni</i>	pag. 2.19
2.3.2 <i>Amplificatore di “piccoli segnali”:</i> <i>Guadagno in tensione e corrente</i>	pag. 2.19
2.3.3 <i>Amplificatore di “piccoli segnali”:</i> <i>Guadagno in potenza</i>	pag. 2.22
2.3.4 <i>Il decibel (dB)</i>	pag. 2.22
2.3.5 <i>Amplificatori in cascata</i>	pag. 2.24
<i>Esempio 2.2</i>	pag. 2.25
2.3.6 <i>Saturazione dell'amplificatore</i>	pag. 2.26
2.4 La retroazione	pag. 2.27
2.4.1 <i>Introduzione</i>	pag. 2.27
2.4.2 <i>Qualche cenno sulla storia della controreazione</i>	pag. 2.30
2.4.3 <i>Controreazione nella strumentazione fisica</i>	pag. 2.32
2.4.4 <i>Retroazione nei sistemi sociali</i>	pag. 2.34
2.5 Amplificatori a retroazione negativa	pag. 2.35
2.5.1 <i>Effetti della retroazione sul guadagno</i>	pag. 2.36
2.5.2 <i>Effetti della retroazione sui disturbi</i>	pag. 2.38
2.5.3 <i>Linearizzazione della curva di trasferimento</i>	pag. 2.41
2.5.4 <i>Configurazione degli amplificatori retroazionati</i>	pag. 2.42

2.6	Esempi di Riepilogo	pag. 2.57
	<i>Esempio 2.3</i>	pag. 2.57
	<i>Esempio 2.4</i>	pag. 2.57
	<i>Esempio 2.5</i>	pag. 2.58
	<i>Esempio 2.6</i>	pag. 2.59
	<i>Esempio 2.7</i>	pag. 2.60
2.7	Quesiti di verifica a risposta multipla	pag. 2.63
Capitolo 3	–Amplificatori Operazionali	pag. 3.1
3.1	Amplificazione differenziale	pag. 3.1
	3.1.1 <i>Introduzione</i>	pag. 3.1
	3.1.2 <i>L'amplificatore differenziale</i>	pag. 3.6
3.2	L'amplificatore operazionale	pag. 3.10
3.3	Amplificatori operazionali ideali	pag. 3.12
	3.3.1 <i>Ipotesi utilizzate per l'analisi</i> <i>degli amplificatori operazionali ideali</i>	pag. 3.14
3.4	Circuiti con amplificatori operazionali ideali	pag. 3.16
	3.4.1 <i>Amplificatore invertente</i>	pag. 3.16
	<i>Esempio 3.1</i>	pag. 3.20
	3.4.2 <i>Amplificatore invertente: circuito sommatore</i>	pag. 3.21
	3.4.3 <i>Amplificatore non-invertente</i>	pag. 3.23
	<i>Esempio 3.2</i>	pag. 3.25
	3.4.4 <i>Buffer a guadagno unitario</i>	pag. 3.26
	<i>Esempio 3.3</i>	pag. 3.27
	3.4.5 <i>Amplificatore Operazionale:</i> <i>Confronto tra configurazione invertente e non-invertente</i>	pag. 3.28
	<i>Esempio 3.4</i>	pag. 3.30
	3.4.6 <i>Amplificatore operazionale utilizzato come</i> <i>amplificatore differenziale</i>	pag. 3.32
	3.4.7 <i>Amplificatore per strumentazione</i>	pag. 3.36
	3.4.8 <i>Amplificatore operazionale con feedback positivo</i>	pag. 3.38
	3.4.9 <i>Amplificatore operazionale come comparatore</i>	pag. 3.40
	3.4.10 <i>Circuito astabile: generatore di onda quadra</i>	pag. 3.44
3.5	L'alimentazione degli Amplificatori Operazionali	pag. 3.49
	3.5.1 <i>Tensione d'alimentazione degli amplificatori operazionali</i> ...	pag. 3.49
	3.5.2 <i>Corrente ai terminali degli amplificatori operazionali</i>	pag. 3.51
3.6	Semplici applicazioni degli amplificatori operazionali	pag. 3.52

3.6.1	<i>Convertitore corrente-tensione</i>	pag. 3.52
3.6.2	<i>Convertitore tensione-corrente</i>	pag. 3.53
	<i>Esempio 3.5</i>	pag. 3.54
3.6.3	<i>Amplificatore di corrente con carico flottante</i>	pag. 3.56
3.6.4	<i>Amplificatore di corrente con carico a massa</i>	pag. 3.59
3.6.5	<i>Integratore</i>	pag. 3.60
3.6.6	<i>Derivatore</i>	pag. 3.61
	<i>Esempio 3.6</i>	pag. 3.62
3.6.7	<i>Simulatore di resistenza negativa</i>	pag. 3.64
3.7	Cenni sugli amplificatori operazionali reali	pag. 3.65
3.7.1	<i>Limitazione della dinamica d'uscita: Saturazione</i>	pag. 3.66
3.7.2	<i>Risposta in frequenza</i>	pag. 3.66
3.7.3	<i>La velocità di risposta (Slew Rate)</i>	pag. 3.69
3.7.4	<i>Resistenza d'ingresso finita, resistenza d'uscita diversa da zero e guadagno ad anello aperto finito: Conseguenze</i>	pag. 3.71
3.8	Esempi di Riepilogo	pag. 3.80
	<i>Esempio 3.7</i>	pag. 3.80
	<i>Esempio 3.8</i>	pag. 3.82
	<i>Esempio 3.9</i>	pag. 3.83
	<i>Esempio 3.10</i>	pag. 3.84
	<i>Esempio 3.11</i>	pag. 3.85
	<i>Esempio 3.12</i>	pag. 3.86
	<i>Esempio 3.13</i>	pag. 3.89
	<i>Esempio 3.14</i>	pag. 3.91
3.9	Quesiti di Verifica a Risposta Multipla	pag. 3.93
 Capitolo 4 –Semiconduttori		pag. 4.1
4.1	Introduzione	pag. 4.1
4.2	Cenni di fisica dei materiali semiconduttori	pag. 4.3
4.2.1	<i>Dualismo onda particella: densità di probabilità</i>	pag. 4.4
4.2.2	<i>Modello a bande dei solidi</i>	pag. 4.9
4.2.3	<i>Cenni della conduzione elettrica nei solidi</i>	pag. 4.19
4.2.4	<i>Modello a legame covalente</i>	pag. 4.24
4.2.5	<i>I materiali semiconduttori</i>	pag. 4.26
4.2.6	<i>Donatori e accettori</i>	pag. 4.27
4.3	Conduzione nei semiconduttori	pag. 4.32
4.3.1	<i>Semiconduttori intrinseci</i>	pag. 4.36

4.3.1	<i>Semiconduttori estrinseci</i>	pag. 4.39
4.3.3	<i>Concentrazioni di elettroni e lacune nei semiconduttori estrinseci</i>	pag. 4.42
4.3.4	<i>Calcolo del livello di Fermi nei semiconduttori estrinseci</i>	pag. 4.45
4.3.5	<i>Corrente di diffusione</i>	pag. 4.46
4.3.7	<i>Relazione di Einstein</i>	pag. 4.48
4.3.8	<i>Corrente totale</i>	pag. 4.48
4.4	Quesiti di verifica a risposta multipla	pag. 4.49
Capitolo 5	–La giunzione <i>pn</i> (diodo a giunzione)	pag. 5.1
5.1	Introduzione	pag. 5.1
5.2	Corrente in un semiconduttore di tipo <i>p</i> o tipo <i>n</i>	pag. 5.2
5.3	Cenni sui fenomeni fisici presenti nella giunzione <i>pn</i>	pag. 5.5
5.4	Correnti nel diodo a giunzione	pag. 5.17
5.4.1	<i>Caratteristica <i>i-v</i> del diodo</i>	pag. 5.17
5.4.2	<i>L'equazione caratteristica del diodo</i>	pag. 5.19
	<i>Esempio 5.1</i>	pag. 5.20
	<i>Esempio 5.2</i>	pag. 5.21
5.5	Diodo: correnti in polarizzazione inversa, nulla e diretta	pag. 5.22
5.5.1	<i>Corrente in polarizzazione inversa</i>	pag. 5.22
5.5.2	<i>Corrente con polarizzazione nulla</i>	pag. 5.23
5.5.3	<i>Corrente in polarizzazione diretta</i>	pag. 5.23
5.6	Coefficiente di temperatura del diodo	pag. 5.24
5.7	Funzionamento del diodo in polarizzazione inversa	pag. 5.25
5.7.1	<i>Corrente di saturazione in diodi reali</i>	pag. 5.27
5.7.2	<i>Tensione di breakdown</i>	pag. 5.27
5.8	Quesiti di verifica a risposta multipla	pag. 5.31
Capitolo 6	– Il transistor bipolare (BJT)	pag. 6.1
6.1	Introduzione	pag. 6.1
6.2	Il concetto di transistor	pag. 6.2
6.3	Il transistor bipolare a giunzione (BJT)	pag. 6.6
6.4	Funzionamento dal punto di vista fisico del BJT	pag. 6.8
6.5	Cenni sul modello di trasporto completo	pag. 6.13
6.6	Modello semplificato: regione d'interdizione	pag. 6.16
6.7	Modello semplificato: regione attiva diretta	pag. 6.17
6.8	Modello semplificato: regione di saturazione	pag. 6.21

7.2	Il generatore ideale di corrente controllato in tensione	pag. 7.2
7.3	Il transistor MOS	pag. 7.4
7.4	Il condensatore MOS	pag. 7.7
7.5	Vari tipi MOS	pag. 7.10
7.6	Tensione di soglia	pag. 7.12
7.6.1	<i>Effetto Body</i>	pag. 7.13
7.7	Le regioni di funzionamento dei transistor MOS	pag. 7.15
7.7.1	<i>Regione d'interdizione</i>	pag. 7.17
7.7.2	<i>Regione lineare</i>	pag. 7.18
7.7.3	<i>Regione di saturazione</i>	pag. 7.19
	Esempio 7.1	pag. 7.22
	Esempio 7.2	pag. 7.24
7.8	Il transistor MOS come amplificatore	pag. 7.25
7.8.1	<i>Introduzione</i>	pag. 7.25
7.8.2	<i>NMOS come amplificatore di transammettenza</i>	pag. 7.27
7.8.3	<i>Guadagno in tensione</i>	pag. 7.29
7.8.4	<i>Modulazione della lunghezza di canale</i>	pag. 7.29
	Esempio 7.3	pag. 7.31
7.9	Il Transistore MOS come interruttore (Pass Transistor)	pag. 7.33
7.10	Esempi di riepilogo.....	pag. 7.39
	Esempio 7.4	pag. 7.39
	Esempio 7.5	pag. 7.40
	Esempio 7.6	pag. 7.42
	Esempio 7.7	pag. 7.43
	Esempio 7.8	pag. 7.45
	Esempio 7.9	pag. 7.46
	Esempio 7.10	pag. 7.47
7.11	Quesiti di Verifica a Risposta Multipla	pag. 7.49
Capitolo 8 – Alimentatori e generatori di segnali di riferimento....		pag. 8.1
8.1	Introduzione	pag. 8.1
8.2	Modelli semplificati del diodo	pag. 8.6
8.2.1	<i>Approssimazione con modello a diodo ideale</i>	pag. 8.6
8.2.2	<i>Approssimazione con modello a caduta di tensione costante</i>	pag. 8.6
8.2.3	<i>Approssimazione con modello a batteria e resistenza</i>	pag. 8.7
8.2.4	<i>Approssimazione con modello "matematico"</i>	pag. 8.8
8.2.5	<i>Scelta dell'approssimazione nell'analisi del circuito</i>	pag. 8.9

8.3	Usò dei diodi nei circuiti di raddrizzamento	pag.	8.9
8.3.1	<i>Raddrizzatori a una via di conduzione</i>	pag.	8.10
8.3.2	<i>Diodo di ricircolo</i>	pag.	8.13
8.3.3	<i>Raddrizzatore con carico ohmico-induttivo</i>	pag.	8.14
8.3.4	<i>Raddrizzatori a una via di conduzione:</i>		
	<i>carico resistivo con filtro capacitivo</i>	pag.	8.18
	Esempio 8.1 – <i>Tempo di conduzione del diodo</i>	pag.	8.23
8.3.5	<i>Corrente di spunto (Surge Current)</i>	pag.	8.25
8.3.6	<i>Specifica relativa alla tensione inversa di picco</i>	pag.	8.26
	Esempio 8.2 - <i>Raddrizzatore a singola semionda</i>	pag.	8.27
8.3.7	<i>Raddrizzatore a semionda con uscita negativa</i>	pag.	8.28
8.3.8	<i>Raddrizzatore a doppia semionda</i>	pag.	8.29
8.3.9	<i>Raddrizzatore monofase a ponte</i>	pag.	8.31
8.3.10	<i>Raddrizzatore trifase a ponte</i>	pag.	8.33
8.4	Simulazione di diodo ideale.....	pag.	8.35
	Esempio 8.3 - <i>Raddrizzatore di precisione a doppia semionda</i>	pag.	8.37
8.5	Alimentatori e regolatori di tensione lineari	pag.	8.41
8.5.1	<i>Introduzione</i>	pag.	8.41
8.5.2	<i>Regolatore di tensione a diodo Zener</i>	pag.	8.42
	Esempio 8.4	pag.	8.44
	Esempio 8.5	pag.	8.45
8.5.3	<i>Generatore di tensione di riferimento</i>	pag.	8.46
8.5.4	<i>Generatore di corrente di riferimento</i>	pag.	8.49
	Esempio 8.6	pag.	8.52
8.5.5	<i>Cenni sugli stabilizzatori lineari di tensione</i>	pag.	8.53
8.6	Cenni sui convertitori dc-dc (alimentatori switching)	pag.	8.57
8.6.1	<i>Introduzione</i>	pag.	8.57
8.6.2	<i>Convertitore boost (elevatore di tensione)</i>	pag.	8.60
8.6.3	<i>Convertitore buck (abbassatore di tensione)</i>	pag.	8.66
8.6.4	<i>Convertitore buck-boost</i>	pag.	8.70
8.6.5	<i>Convertitore flyback</i>	pag.	8.77
8.6.6	<i>Convertitori dc-dc: considerazioni conclusive</i>	pag.	8.79
8.7	Quesiti di Verifica a Risposta Multipla	pag.	8.81
Appendice A – Teoria Cinetica Molecolare		pag.	A.1
A.1	Introduzione	pag.	A.1
A.2	Teoria cinetica di un gas ideale - Ipotesi	pag.	A.2

A.3	Calcolo della pressione di un gas perfetto	pag.	A.3
A.4	Interpretazione cinetica della temperatura assoluta	pag.	A.7
A.5	Funzione di distribuzione delle velocità molecolari di un gas	pag.	A.8
A.6	Equipartizione dell'energia	pag.	A.15
A.7	Collisioni e fenomeni di trasporto	pag.	A.23
A.7.1	<i>Introduzione</i>	pag.	A.23
A.7.2	<i>Cammino libero medio</i>	pag.	A.25
Esempio A.1	pag.	A.29
A.7.3	<i>Fenomeni di trasporto: Introduzione</i>	pag.	A.30
A.7.4	<i>Fenomeni di trasporto nei gas</i>	pag.	A.31
A.7.5	<i>Diffusione molecolare: legge di Fick</i>	pag.	A.32
A.7.6	<i>Cenni sul flusso di un campo vettoriale</i>	pag.	A.33
A.7.7	<i>Cenni sul gradiente di una funzione scalare</i>	pag.	A.34
A.7.8	<i>Autodiffusione</i>	pag.	A.35
A.7.9	<i>Equazione della diffusione</i>	pag.	A.36
A.7.10	<i>Cenni sulla divergenza di un campo vettoriale</i>	pag.	A.39
A.7.11	<i>Equazione di diffusione: caso tridimensionale</i>	pag.	A.40
A.7.12	<i>Coefficiente di autodiffusione di un gas rarefatto</i>	pag.	A.44
A.7.13	<i>Diffusione vista come un problema di cammino casuale</i>	pag.	A.45
Appendice B – Quesiti a Risposta Multipla	pag.	B.1	
Premessa	pag.	B.1	
Test A	pag.	B.3	
Test B	pag.	B.11	
Test C	pag.	B.19	
Test D	pag.	B.27	
Test E	pag.	B.35	
Test F	pag.	B.45	
Test G	pag.	B.53	
Test H	pag.	B.61	
Test I	pag.	B.69	
Test J	pag.	B.77	
Test K	pag.	B.87	