

Indice

1	Sistemi Logici	1
1.1	Sistemi di numerazione	1
1.1.1	Il sistema binario	1
1.1.2	Il sistema ottale	3
1.1.3	Il sistema esadecimale	3
1.1.4	Conversioni tra sistemi diversi	4
1.1.5	Numeri binari frazionari	5
1.1.6	Codifica di numeri binari in un computer	6
1.1.7	Il codice Gray	7
1.2	Porte logiche	8
1.3	Algebra di Boole	12
1.3.1	Identità Booleane	12
1.4	Leggi di De Morgan	15
1.5	Forme standard di funzioni logiche	17
1.6	Operazioni aritmetiche	19
1.7	Sottrazione binaria	21
1.8	Rappresentazione dei numeri negativi	24
1.9	Comparatori digitali	26
1.10	Parità di un numero binario	27
1.11	Codificatori/Decodificatori	28
1.12	Multiplexer/Demultiplexer	32
1.13	Registri e memorie: i Flip-Flop	34
1.13.1	Flip-Flop di tipo RS	35
1.13.2	Flip-Flop di tipo D	38
1.13.3	Flip-Flop di tipo JK	40
1.14	Shift-Registers	44
1.14.1	Universal Shift-Register	46
1.14.2	First-In, First-Out SR	49
1.15	Applicazioni degli Shift-Registers e dei Flip-Flop	51
1.15.1	Applicazioni degli shift-registers	51
1.15.2	Applicazioni dei FF	53
1.16	Contatori sincroni	55
1.17	Generazione di sequenze pseudocasuali	59
1.17.1	Generatori di sequenze casuali come sorgenti di rumore	62
1.18	Alcune applicazioni pratiche di registri e contatori in esperimenti di fisica	63
1.19	Decodificatori e Display	67
1.20	Moltiplicazione e divisione in binario	68
1.21	La divisione in binario	73

2	Sistemi Logici Complessi: Memorie e Matrici Logiche Programmabili	77
2.1	Memorie	77
2.1.1	Introduzione	77
2.1.2	Struttura di una ROM	78
2.1.3	ROM programmabili	80
2.2	Memorie ad accesso casuale	82
2.3	Matrici logiche programmabili	83
2.4	Gli integrati FPGA	90
2.4.1	Gli FPGA della Xilinx	91
2.4.2	L'FPGA della ALTERA	94
3	Linee di trasmissione	99
3.1	Introduzione	99
3.2	Cavi coassiali: principi generali	99
3.3	Riflessioni alle estremità di una linea di trasmissione	103
3.4	Riflessioni multiple	105
3.5	Effetti resistivi nelle linee di trasmissione	106
3.6	Adattamento d'impedenza per una linea di trasmissione	108
3.7	Linee di trasmissione commerciali	109
4	Uso delle trasformate di Fourier e di Laplace nella soluzione di problemi relativi a sistemi elettronici	113
4.1	Introduzione	113
4.2	La trasformata di Fourier	113
4.3	Trasformata di Laplace	117
4.4	Esempi di calcolo di antitrasformate di Laplace	122
4.5	Risposta di un circuito ad un'eccitazione di forma generica	126
4.6	Calcolo dell'antitrasformata di Laplace per una funzione esprimibile come rapporto di polinomi	128
4.7	Circuito LCR eccitato da un gradino unitario di tensione	132
4.8	Risposta di un circuito CR ad un segnale sinusoidale	136
4.9	Riflessione di un impulso rettangolare all'estremità di una linea di ritardo chiusa su di un condensatore	139
5	Rappresentazione grafica di funzioni di trasferimento in elettronica	143
5.1	Introduzione	143
5.2	Diagrammi di Bode	143
5.3	Quadrupoli del secondo ordine	148
5.4	Funzioni di trasferimento con due poli complessi coniugati	155
5.5	Diagrammi di Nyquist	160
6	Semiconduttori. Diodi al Silicio e Transistor Bipolari	163
6.1	Introduzione	163
6.2	Conduzione elettrica nei semiconduttori	166
6.3	Conduzione elettrica nei semiconduttori in presenza di impurezze	166
6.4	Diffusione dei portatori di carica in presenza di un gradiente di concentrazione	170

6.5	Giunzioni p-n	172
6.6	Caratteristica I-V del diodo	176
6.7	Resistenza differenziale del diodo e capacità associate alla giunzione .	180
6.7.1	Capacità associate alla giunzione	182
6.8	Esempi di uso di diodi	184
6.8.1	Circuiti raddrizzatori	184
6.8.2	Rettificatore ad onda intera	188
6.8.3	Rivelatore di picco	188
6.8.4	Circuito fissatore (Clamping)	190
6.8.5	Duplicatore di tensione	191
6.8.6	Misura analogica di una frequenza d'impulsi	192
6.8.7	Circuito limitatore con diodi Zener	195
6.8.8	Interruttore a ponte di diodi	197
6.9	Il transistor bipolare: Introduzione	199
6.9.1	Transistor bipolare: struttura interna e funzionamento in zona attiva	200
6.10	Caratteristiche del transistor	205
6.11	Nomenclatura adoperata per diodi e transistor	207
7	Amplificatori a transistor: circuiti base	209
7.1	Funzionamento del transistor: circuiti base	209
7.2	Il transistor in zona attiva	212
7.2.1	L'effetto Early	214
7.3	Il modello a π -ibrido (Giacoletto)	217
7.3.1	conduttanza d'ingresso	217
7.3.2	conduttanza di feedback	218
7.3.3	base-spreading resistance	218
7.3.4	conduttanza d'uscita	218
7.4	La transconduttanza	219
7.5	Le configurazioni base-comune e collettore comune	220
7.6	Circuiti di polarizzazione del transistor	223
7.6.1	Polarizzazione per mezzo di una sorgente di corrente costante	228
7.7	Transistor Darlington	230
7.8	Specchi di corrente	233
8	Il modello di Ebers-Moll per i transistor bipolari	241
8.1	Basi del modello	241
8.2	Il transistor in interdizione	244
8.3	Il transistor in saturazione	245
9	Amplificatori a transistor bipolari	251
9.1	Introduzione	251
9.2	Inseguitore di emettitore	252
9.2.1	Guadagno in tensione	252
9.2.2	Resistenza d'ingresso	254
9.2.3	Impedenza d'uscita	254
9.2.4	Guadagno in corrente	255
9.2.5	Calcolo approssimato dei parametri	255
9.2.6	Emitter follower ad alta impedenza d'ingresso	257

9.3	Amplificatore ad emettitore comune (CE)	257
9.4	Amplificatore CE con una resistenza sull'emettitore	259
9.4.1	Esempio	260
9.5	Amplificatori in cascata	265
9.6	Amplificatore in base comune	268
9.6.1	Guadagno in corrente	269
9.6.2	Impedenza d'ingresso	269
9.6.3	Guadagno in tensione	270
9.6.4	Impedenza d'uscita	270
9.7	Relazione tra guadagno in corrente ed in tensione per un amplificatore	271
10	Caratteristiche dei FET ed amplificatori a FET	273
10.1	Introduzione	273
10.2	Caratteristiche dei FET	273
10.3	Circuito equivalente del FET	275
10.4	Schemi di polarizzazione per il FET	276
10.5	Amplificatori a FET	280
10.6	Inseguitore di source	283
10.7	Amplificatore a FET: struttura generale	285
10.8	Risposta in frequenza di un amplificatore a FET	288
10.8.1	Risposta alle alte frequenze	289
10.8.2	Risposta alle basse frequenze	294
10.8.3	Risposta sull'intero spettro di frequenze	295
10.9	Verifica delle approssimazioni fatte	296
10.10	Risposta dell'amplificatore ad un gradino di tensione	298
10.11	Funzione di trasferimento dell'amplificatore a FET	300
11	Amplificatori differenziali	305
11.1	Concetti generali	305
11.2	Amplificatore differenziale: schema base	307
11.3	Analisi della risposta a piccoli segnali dell'amplificatore differenziale	311
11.4	Impedenza d'ingresso dell'amplificatore differenziale	316
11.5	Generatore di corrente sull'emettitore	317
11.6	Amplificatore differenziale che fa uso di transistor Darlington	319
12	Caratteristiche e principi di funzionamento delle principali famiglie logiche	321
12.1	Introduzione	321
12.2	Livelli logici	321
12.3	Il <i>Fan-Out</i>	323
12.4	Circuiti in logica Diodo-Transistore (DTL)	324
12.5	Circuiti in logica TTL	329
13	Amplificatori operazionali	337
13.1	Introduzione	337
13.2	Proprietà degli amplificatori operazionali	337
13.3	Ingresso differenziale	338
13.4	Amplificatori Operazionali: alcune applicazioni	340
13.5	Amplificatori invertenti e non-invertenti realizzati con operazionali	340

13.6	Impedenza d'ingresso dell'amplificatore invertente	343
13.7	Impedenza d'uscita dell'amplificatore invertente	344
13.8	Amplificatore non-invertente	345
13.9	Impedenza d'ingresso dell'amplificatore non-invertente	346
13.10	Impedenza d'uscita dell'amplificatore non-invertente	347
13.11	Amplificatore della differenza di due segnali	347
13.12	Amplificatore della somma di due o più segnali	348
13.13	Integratore realizzato tramite un operazionale	349
13.14	Derivatore realizzato tramite un operazionale	353
13.15	Amplificatore di carica	356
13.16	Tensione di riferimento	358
13.17	Convertitori corrente-tensione e tensione-corrente	359
13.18	Applicazioni non-lineari degli operazionali	363
13.19	Comparatore con isteresi	363
13.20	Multivibratore astabile (generatore di onde rettangolari)	365
13.21	Multivibratore monostabile	368
13.22	Generatore di onde triangolari	370
13.23	Limitatori e rettificatori	373
13.24	Rivelatori di picco	376
13.25	Limiti degli amplificatori operazionali	378
14	Il timer 555	387
14.1	Introduzione	387
14.1.1	Multivibratore astabile	388
14.2	Multivibratore monostabile	390
14.3	Trigger di Schmitt	391
14.4	Convertitore tensione-frequenza	393
15	Filtri attivi	395
15.1	Introduzione	395
15.1.1	Caratteristiche di risposta dei filtri	395
15.2	Generalità sui filtri attivi	398
15.3	Funzione biquadratica di trasferimento	400
15.4	Filtri di Butterworth	403
15.5	Filtro di Butterworth del secondo ordine	407
15.6	Alcune considerazioni sulla conversione di impedenze tramite operazionali	410
15.7	Corrispondenze tra tipi diversi di filtri	412
15.8	Il "ripple" nei filtri	412
15.9	Filtri di Bessel e di Chebyshev. Confronto tra diversi tipi di filtro . . .	413
15.10	Filtri attivi a retroazione multipla	415
15.11	Filtri notch	416
15.12	Filtri a condensatori commutati	420
16	Il feedback negli amplificatori	425
16.1	Introduzione	425
16.2	Classificazione degli amplificatori	425
16.3	Il concetto di feedback	428
16.4	Tipi di feedback	428

16.5	Feedback: considerazioni generali	431
16.5.1	Proprietà della retroazione negativa	432
16.5.2	Funzione di sensibilità di un amplificatore con feedback	432
16.6	Effetto del feedback negativo sull'impedenza d'ingresso e su quella d'uscita degli amplificatori	433
16.6.1	Impedenze d'ingresso	433
16.6.2	Considerazioni generali	437
16.6.3	Impedenze d'uscita	438
16.6.4	Effetto del feedback sulle impedenze d'ingresso e d'uscita: som- mario	439
16.7	Individuazione del tipo di reazione	439
16.8	Analisi dettagliata dei circuiti con feedback	441
16.9	Risposta in frequenza di un amplificatore con feedback	449
17	Oscillatori sinusoidali	453
17.1	Introduzione	453
17.2	Realizzazione di un oscillatore sinusoidale	454
17.3	L'oscillatore a sfasamento	455
17.4	Oscillatore a sfasamento a transistor bipolare	460
17.5	L'oscillatore sinusoidale in quadratura	463
17.6	Circuiti limitatori negli oscillatori sinusoidali	464
17.7	Oscillatore a mezzo ponte di Wien	465
17.8	L'oscillatore a ponte di Wien	466
18	Convertitori Digitale-Analogico ed Analogico-Digitale	471
18.1	Introduzione	471
18.2	Circuiti di Sample-and-Hold	472
18.3	Convertitori Digitale-Analogico	476
18.4	Convertitori Digitale-Analogico pilotati in corrente	482
18.5	Convertitori Analogico-Digitale (ADC)	484
18.5.1	ADC a contatore (Counting ADC)	484
18.5.2	ADC ad approssimazioni successive	485
18.5.3	Convertitore ADC a rampa singola	488
18.5.4	L'ADC a doppia rampa	489
18.5.5	Flash ADC	491
18.6	Caratteristiche dei DAC ed ADC commerciali	492
19	Il rumore nei circuiti elettronici	495
19.1	Introduzione	495
19.2	Processi stocastici stazionari	496
19.2.1	Descrizione nel dominio del tempo	496
19.2.2	Analisi nel dominio della frequenza	501
19.2.3	Determinazione sperimentale della densità spettrale	505
19.3	Rumore termico	506
19.3.1	Metodo di Nyquist	508
19.4	Il rumore di tipo <i>shot</i>	509
19.5	Rumore $1/f$	512
19.6	Circuiti equivalenti per il rumore	512
19.7	Rumore in un quadripolo	514

19.8	Dipendenza del rapporto segnale/rumore in un quadripolo dalla resistenza della sorgente	515
19.9	Cifra di rumore	517
19.10	Rumore nel caso di una catena di più amplificatori in cascata	518
19.11	Espressione analitica della cifra di rumore	519
19.12	Temperatura di rumore	521
19.13	Esempio: Transistor bipolare	522
19.14	Il rumore nei componenti elettronici	527
19.14.1	Introduzione	527
19.14.2	Il rumore nel transistor bipolare	527
19.14.3	Il rumore nei FET	530
19.15	Appendice A	532
19.16	Appendice B	534
19.17	Appendice C	536
20	Preamplificatori ad amplificatori per rivelatori di particelle	539
20.1	Introduzione	539
20.2	Rivelatori a scintillazione	540
20.3	Fotomoltiplicatori	541
20.4	Forma dell'impulso all'uscita del fotomoltiplicatore	543
20.5	Rivelatori a gas	546
20.6	Rivelatori a semiconduttore	547
20.7	Il concetto di equivalent-noise-charge	555
20.8	Struttura della catena di rivelazione ed amplificazione	557
20.9	"Formazione" dei segnali prodotti da rivelatori di particelle	558
20.10	Altri metodi di "shaping" dei segnali	563
20.10.1	Shaping $CR - (RC)^n$	563
20.10.2	Shaping triangolare	563
20.11	Spostamento della linea di zero	563
20.12	Deficit balistico e scelta delle costanti di tempo	566
20.13	Shaping e rumore	568