

# Indice

<b>I</b>	<b>Teoria</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Premessa: definizioni preliminari</b>	<b>7</b>
1.1	Definizioni metrologiche di base . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Rappresentazione dell'incertezza di misura</b>	<b>19</b>
2.1	Classificazione dei metodi di misurazione . . . . .	19
2.1.1	Metodi di misurazione diretti . . . . .	20
2.1.2	Metodi di misurazione indiretti . . . . .	21
2.2	La stima dell'incertezza di misura: il modello deterministico	22
2.2.1	La propagazione dell'incertezza . . . . .	22
2.2.2	Modalità di dichiarazione di una misura . . . . .	23
2.3	La stima dell'incertezza di misura: il modello probabilistico	24
2.3.1	Valutazione di categoria A dell'incertezza . . . . .	26
2.3.2	Valutazione di categoria B dell'incertezza . . . . .	27
2.4	Legge di propagazione delle incertezze . . . . .	30
2.4.1	Lettura singola . . . . .	30
2.4.2	Letture ripetute . . . . .	30
2.4.3	Modalità di dichiarazione di una misura . . . . .	33
<b>3</b>	<b>Caratterizzazione metrologica dei sistemi di misura</b>	<b>35</b>
3.1	Definizioni preliminari . . . . .	35
3.2	Curva di risposta di uno strumento . . . . .	37
3.2.1	Taratura di uno strumento . . . . .	38
3.3	Sensibilità di uno strumento . . . . .	40
3.4	Risoluzione di uno strumento . . . . .	44
3.5	Caratteristiche metrologiche di uno strumento . . . . .	48
3.6	Interrogazione di uno strumento . . . . .	52
3.6.1	Generatore di tensione ideale e reale . . . . .	52
3.6.2	Generatore di corrente ideale e reale . . . . .	53
3.6.3	Errore di inserzione . . . . .	54
3.6.4	Ponte di Wheatstone. . . . .	57

3.6.5	Amplificatori operazionali . . . . .	59
3.6.6	Lettura attraverso amplificatore operazionale . . .	65
3.6.7	Alimentazione attraverso op-amp . . . . .	66
3.7	Effetti della ridondanza di strumenti . . . . .	68
<b>4</b>	<b>Elaborazione dei segnali</b>	<b>75</b>
4.1	Introduzione . . . . .	75
4.2	Segnali analogici e segnali numerici . . . . .	75
4.3	Caratteristiche spettrali di segnali tempo continui . . . .	79
4.3.1	Serie di Fourier . . . . .	80
4.3.2	Integrale e trasformata di Fourier . . . . .	84
4.3.3	Energia e potenza dei segnali . . . . .	87
4.3.4	Proprietà della trasformata di Fourier . . . . .	89
4.3.5	Trasformata di Fourier di un segnale periodico . .	90
4.4	Caratteristiche dei segnali tempo discreti . . . . .	94
4.4.1	Sistemi discreti . . . . .	96
4.5	Rappresentazione in frequenza di segnali nel discreto . . .	99
4.6	Campionamento di un segnale tempo continuo . . . . .	102
4.6.1	Campionamento periodico . . . . .	103
4.6.2	Ricostruzione di un segnale a banda limitata dai suoi campioni . . . . .	105
4.7	Trasformata di Fourier discreta . . . . .	106
4.7.1	Serie di Fourier discreta . . . . .	106
4.7.2	DFT . . . . .	107
<b>5</b>	<b>Evoluzione della trasformata di Fourier</b>	<b>111</b>
5.1	Trasformate tempo frequenza . . . . .	112
5.2	La trasformata Wavelet . . . . .	127
5.2.1	Trasformata wavelet continua e trasformata wavelet discreta . . . . .	131
5.2.2	Wavelet Thresholding . . . . .	134
<b>6</b>	<b>Filtri analogici</b>	<b>139</b>
6.1	Sistemi LTI per segnali tempo continui . . . . .	139
6.2	Tipi di filtri . . . . .	140
6.2.1	Filtri passa-basso . . . . .	140
6.2.2	Filtri passa-alto . . . . .	141
6.2.3	Filtri passa-banda . . . . .	142
6.3	Circuiti che realizzano filtri passa-basso . . . . .	142
6.3.1	Comportamento dell'induttore e del condensatore al variare di $\omega$ . . . . .	143

6.3.2	Circuito RC come filtro passa-basso . . . . .	145
6.3.3	Circuito LR come filtro passa-basso . . . . .	146
6.3.4	Filtri passa-alto attraverso circuiti CR e RL . . . . .	147
6.4	Circuiti risonanti . . . . .	149
6.4.1	Banda passante . . . . .	152
<b>7</b>	<b>Strumentazione per l'analisi di segnali</b>	<b>153</b>
7.1	Analisi nel dominio del tempo . . . . .	155
7.2	Analisi nel dominio della frequenza . . . . .	158
7.3	Analisi di un sistema . . . . .	163
<b>II</b>	<b>Esercizi</b>	<b>167</b>
<b>2</b>	<b>Rappresentazione dell'incertezza di misura</b>	<b>169</b>
2.1	Esercizi svolti . . . . .	169
2.2	Esercizi non svolti . . . . .	175
<b>3</b>	<b>Caratterizzazione metrologica dei sistemi di misura</b>	<b>179</b>
3.1	Esercizi svolti . . . . .	179
3.2	Esercizi non svolti . . . . .	187
3.3	Quesiti . . . . .	193
<b>4</b>	<b>Elaborazione dei segnali</b>	<b>195</b>
4.1	Esercizi svolti . . . . .	195
4.2	Esercizi non svolti . . . . .	206
<b>5</b>	<b>Evoluzione della trasformata di Fourier</b>	<b>217</b>
5.1	Esercizi non svolti . . . . .	217