

TEORIA E TECNICA RADAR

CAPITOLO 1

SCOPO, EVOLUZIONE E FUNZIONAMENTO DEL RADAR

§ 1.1	Tematiche affrontate: Rilevamento con sistemi attivi.....	1
§ 1.2	Generalità sul radar e principio di funzionamento.....	3
§ 1.3	Frequenze radar	5
§ 1.4	Cenni storici e sviluppo del radar.....	7
1.4.1	Scoperta dei principi base (fine del XIX secolo).....	7
1.4.2	Primi esperimenti (anni '20 e '30)	8
1.4.3	Gli anni '30 e il secondo conflitto mondiale	9
1.4.4	Il dopoguerra	14
1.4.5	Sviluppi del radar fino a nostri giorni.....	14
1.4.6	Radar avionici moderni.....	15
§ 1.5	Misure radar	16
1.5.1	Misura della distanza	17
1.5.2	Misure angolari; diagrammi d'antenna.....	23
1.5.3	Cella di risoluzione	29
1.5.4	Misura della velocità radiale mediante l'effetto Doppler	31
1.5.5	Numero di impulsi sul bersaglio e discriminazione in frequenza Doppler.....	41
1.5.6	Diverse scale temporali del segnale radar	43
1.5.7	Radar di avvistamento e di inseguimento.....	45
1.5.8	Cenni sulle procedure di scansione.....	47
§	Appendice 1 - L'effetto Doppler (*).....	49

CAPITOLO 2

L'EQUAZIONE FONDAMENTALE DEL RADAR

§ 2.1	Determinazione della portata radar.....	53
§ 2.2	Varie forme della equazione radar	58
2.2.1	Effetto della lunghezza d'onda	58
2.2.2	Angolo solido di copertura e Data Renewal Interval	59
2.2.3	Equazione del radar di sorveglianza (*)	60
§ 2.3	Significato statistico della portata radar	62

§ 2.4	Perdite di sistema; Propagazione (assorbimento, riflessioni, multipropagazione); Orizzonte radar	65
2.4.1	Fattori di perdita.....	66
2.4.2	Perdite dovute agli effetti atmosferici.....	70
2.4.3	Calcolo della temperatura di rumore T_s per una tipica catena ricevente radar.....	76
2.4.4	Il fattore di propagazione.....	78
2.4.5	Il coefficiente di riflessione.....	92
2.4.6	Il fattore di propagazione nel caso di più raggi riflessi (*).....	95
2.4.7	Possibili rimedi agli effetti del multipath.....	95
2.4.8	Riflessioni dal terreno o dal mare; copertura a bassi angoli di elevazione.....	97
2.4.9	L'orizzonte radar.....	102
§	Appendice 2A - Calcolo della cifra di rumore e della temperatura di sistema	109
-	Rumore termico.....	109
-	Cifra di rumore.....	110
-	Cifra di rumore e rapporto segnale/rumore.....	111
-	Temperatura equivalente di rumore.....	113
-	Potenza di rumore di sottosistemi posti in cascata.....	114
-	Caratterizzazione del processo di rumore prodotto da un attenuatore.....	116
-	Temperatura equivalente di rumore di un sistema Super-Eterodina.....	117
-	Temperatura equivalente di rumore di sistema.....	118
§	Appendice 2B - Metodo di Blake per il calcolo della portata radar	121

CAPITOLO 3

FONDAMENTI DI RIVELAZIONE RADAR

§ 3.1	Il caso di bersaglio non fluttuante	133
3.1.1	Introduzione.....	133
3.1.2	Calcolo del rapporto segnale/rumore su singolo impulso.....	134
§ 3.2	Bersagli fluttuanti e modelli di Swerling (singolo impulso)	142
3.2.1	Modelli della RCS per un sistema discreto di diffusori.....	142
3.2.2	Modelli di RCS per oggetti complessi.....	147
3.2.3	Elementi di polarimetria (*).....	149
3.2.4	Modelli di Swerling (1° e 2°).....	154
3.2.5	Probabilità di rivelazione per bersagli fluttuanti.....	155
3.2.6	Caratterizzazione statistica della RCS.....	160
3.2.7	La tecnologia Stealth e le relative contromisure.....	163
§ 3.3	Integrazione degli impulsi (Elaborazione Azimutale)	171
3.3.1	Processo di integrazione coerente.....	171
3.3.2	Processo di integrazione non coerente.....	172
3.3.3	Altri metodi di integrazione incoerente.....	175

§ Appendice 3 - Note sulle curve di Blake	181
---	-----

CAPITOLO 4

TEORIA DELLA DECISIONE E DELLA RIVELAZIONE

§ 4.1 Richiami di teoria della decisione.....	183
4.1.1 Criterio di Bayes.....	187
4.1.2 Metodo della Probabilità di Errore, detto anche della Massima Probabilità a Posteriori (MAP)	190
4.1.3 Criterio della Massima Verosimiglianza (ML) e Criterio di Neyman-Pearson	192
§ 4.2 Applicazione della teoria della decisione alla rivelazione radar.....	195
4.2.1 Rivelazione su singolo impulso - Bersaglio fisso.....	195
4.2.2 Rivelazione su singolo impulso - Bersaglio fluttuante modello Swerling 2.....	196
§ 4.3 Rivelazione su N impulsi - La multivariata gaussiana.....	198
§ 4.4 La rivelazione coerente e l'elaboratore tempo-discreto ottimo.....	205
4.4.1 Criterio di decisione basato sulla Massimizzazione del rapporto segnale/rumore	208
4.4.1.1 L'elaboratore lineare ottimo per segnale deterministico noto	208
4.4.1.2 Applicazioni del filtraggio ottimo: bersaglio non fluttuante in movimento.....	211
4.4.1.3 L'elaboratore lineare ottimo per segnale deterministico con fase iniziale incognita.....	216

CAPITOLO 5

RADAR DOPPLER, MTI (*Moving Target Indicator*) e MTD (*Moving Target Detector*)

§ 5.1 L'effetto Doppler e i ricetrasmittitori radar	221
Descrizione di una tipica catena di rice-trasmissione radar coerente.....	222
Master Oscillator Power Amplifier	222
Catena di trasmissione.....	224
Catena di ricezione	224
Fasi cieche	229
Velocità ambigue.....	230
Larghezza dello spettro Doppler	231
Ricetrasmittitori non coerenti	231
§ 5.2 Il Moving Target Indicator (MTI) e le velocità cieche	232
Calcolo del Fattore di Miglioramento (Improvement Factor)	236
Ottimizzazione dell'Improvement Factor	238
Strutture del filtro MTI.....	238

§ 5.3	Limitazioni nelle prestazioni del MTI	239
	Ancora sul problema delle velocità cieche - Metodo "Staggered PRF"	239
	Limitazioni dello stagger.....	242
	Problemi relativi alle fluttuazioni del clutter	244
	Limitazioni di un sistema MTI.....	248
§ 5.4	Il Moving Target Detector (MTD) e la DFT	252

CAPITOLO 6

IL FILTRO ADATTATO E LA COMPRESSIONE D'IMPULSO

§ 6.1	Introduzione; richiami su segnali e processi	259
§ 6.2	Teoria del filtro adattato	265
	6.2.1 Filtro adattato a segnali con spettro rettangolare	274
	6.2.2 Filtro adattato all'impulso rettangolare.....	274
§ 6.3	Radar a Pulse Compression; precisione, risoluzione in distanza e problemi di campionamento	278
	6.3.1 Precisione in distanza.....	278
	6.3.2 Perdite di campionamento.....	281
	6.3.3 Risoluzione (discriminazione) in distanza.....	284
§ 6.4	Il segnale chirp e la compressione d'impulso	285
	6.4.1 Generalità sul segnale chirp.....	285
	6.4.2 Uscita del filtro adattato al chirp (*).....	287
	6.4.3 Il problema dei lobi laterali dell'impulso compresso	289
	6.4.4 La rappresentazione complessa del chirp (*)	291
	6.4.5 Il segnale chirp e il principio della fase stazionaria (*).....	292
	6.4.6 Lo spettro del chirp: calcolo esatto (*)	295
	6.4.7 Riduzione dei lobi laterali e pesaggio in frequenza.....	298
	6.4.8 La distribuzione di Taylor (*).....	301
	6.4.9 Il pesaggio di Hamming (*).....	303
	6.4.10 La funzione di pesaggio "potenza del coseno più piedistallo" (*).....	305
	6.4.11 Predistorsione della funzione frequenza istantanea (*).....	306
§ 6.5	Analisi e Sintesi di forme d'onda	309
	6.5.1 Segnali radar con codifica a traslazione di fase (Phase Shift Keying).....	310
	6.5.2 Codici di Frank (*).....	315
	6.5.3 Codici P_1 e P_2 (*).....	317
	6.5.4 Codici P_3 e P_4 (*).....	320
	6.5.5 Codici $P(n, k)$ (*).....	321
	6.5.6 Disadattamento per effetto Doppler	325
	6.5.7 Funzione di Ambiguità	328

§ 6.6 Considerazioni di sistema sulla pulse compression.....	331
§ 6.7 Il radar FMCW (*).....	333
Esercizi	339
Riferimenti bibliografici	355
Curve di rivelazione per integrazione non coerente degli impulsi	357
Grafici	363
Tabelle di conversione da dBm (dB riferiti a 1mW) a W ed a V efficaci su impedenza di 50, 75, 150, 600 Ω	367
Appendice A - Convoluzione e Correlazione	371
Appendice B - Rappresentazione complessa delle forme d'onda radar	373

