

Sistemi Radar a.a 2024-2025 - Diario delle Lezioni Svolte

Ora	data	ore	Argomenti trattati	Materiale didattico
1-4	28/02/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Introduzione al corso, sito web, materiale didattico, modalità di esame - Operazione con onde Radio: Frequenza portante nelle microonde: scelta della portante, attenuazione, larghezza del fascio e dimensioni delle antenne per le varie applicazioni - Il funzionamento base del RADAR: la rivelazione dell'eco tramite superamento di una soglia. La presenza del falso allarme ed il problema della scelta della soglia di rivelazione. - La misura RADAR di range: principio di misura a 2 vie: accuratezza e risoluzione in range. - Il funzionamento del radar ad impulsi e il duplexer - Impulsi corti vs. lunghi: risoluzione, energia totale e blind range. - Propagazione dei segnali in linea di vista a frequenze alte - Orizzonte radar e massima distanza raggiungibile in funzione della quota del target e del radar - Distanza massima per oggetti sulla superficie	Slide: 01_SIRA2023_intro_e_misure_radar https://youtu.be/Y5O7qAeC9jA https://youtu.be/uJIQc2WORyE
5-8	03/03/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Equazione radar - Richiami sul guadagno di antenna - Fascio di antenna fan-beam per radar 2D e pencil-beam per radar 3D. - Equazione radar monostatica e bistatica e suo uso per il dimensionamento - Le perdite di propagazione, trasmissione e ricezione - Valutazione dell'attenuazione al variare della distanza e conseguente SNT - Incremento SNR tramite l'uso di impulsi radar lunghi - Concetto di antenna a rotazione meccanica, scansione elettronica elevazione - incremento di SNR tramite l'uso di Sequenze di impulsi, Il Time-on-Target, il PRT ed il numero di impulsi.	Slide: 02_SIRA2025_equazione_radar https://youtu.be/TZihTnhVP3M https://youtu.be/9wtrwPdSx34
9-12	07/03/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Radar impulsato vs CW - accoppiamento TX-RX per circolatore - principio di funzionamento del circolatore e suoi parametri caratteristici - disaccoppiamento usando antenne separate o radar bistatico - Range massimo per assegnati dinamica del ricevitore ed accoppiamento TX-RX - filtro adattato e compressione di impulso - Filtro adattato (FA) al segnale nel tempo continuo - Uscita del filtro adattato e risoluzione - Scalatura del FA per avere potenza di rumore inalterata	Slide: 03_SIRA2025_CW_vs_pulsed 04_SIRA2025_FiltroAdattato-e-Compressione_di_Impulso https://youtu.be/DyyVEXRgR7E https://youtu.be/VwxlAtLIXDY
13-16	10/03/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Uso di impulsi radar lunghi modulati di fase	Slide: 04_SIRA2025_FiltroAdattato-e-Compressione di Impulso

			- Rapporto di compressione e riduzione della potenza di picco in trasmissione - Filtro adattato ed impulsi modulati: banda e forma all'uscita del filtro - SNR per il caso di segnale trasmesso con rapporto di compressione >1 - codici di fase di Barker - Segnale Chirp e la sua definizione - Spettro del segnale Chirp	05_SIRA2025_Chirp_P4 https://youtu.be/qu1atgCU91U https://youtu.be/0-vXrXghbal
17-20	14/03/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Spettro del segnale Chirp - Approssimazione del chirp per alto RC - Segnale Chirp e la sua compressione - uscita dal filtro adattato per alto RC - autocorrelazione per Chirp reale - Lobi laterali del Chirp compresso. - Reti di pesatura e controllo dei lobi - Dimensionamento del chirp su base Energia, risoluzione in distanza e dinamica lineare da garantire	Slide: 05_SIRA2025_Chirp_P4 https://youtu.be/ek3WoCszrEg https://youtu.be/S_v1cC1i96Y
21-22	17/03/2025 Aula 22	08:00-10:00	- Filtri di banda di tipo I,II,III,IV e presenza di ripple in banda - effetto delle distorsioni lineari di ampiezza cosinusoidali ed echi appaiati	Slide: 05_SIRA2025_Chirp_P4 https://youtu.be/45u4kfGmw5Q
23-26	21/03/2025 Aula 22	08:00-12:00	- distorsioni lineari non sinusoidali di ampiezza e di fase - Echi appaiati, e PSL conseguente. Specifiche sulla $H(f)$ di ampiezza e fase - Chirp Fresnel Sidelobes e loro caratterizzazione - Compensazione con filtro inverso e sua robustezza - definizione e segno della Doppler - demodulazione I&Q e Doppler residua - Doppler e variazione di fase da impulso ad impulso - Campionamento degli echi di ritorno Range massimo e risoluzione in range. - Matrice dei dati range-azimuth e sue dimensioni per tipico radar di ricerca. - Migrazione degli echi in distanza	Slide: 05_SIRA2025_Chirp_P4 06_SIRA2025_misura_Doppler https://youtu.be/iak-BOYTuyU https://youtu.be/9xJIHWhsusE
27-30	24/03/2025 Aula 22	08:00-12:00	- misure RADAR di frequenza Doppler e relativa Risoluzione - misura di Doppler da singolo impulso e da sequenza - Risoluzione di frequenza - Trasformata di sequenza di impulsi in assenza ed in presenza di frequenza Doppler - Ambiguità in Doppler con esempi - Ambiguità nel piano range-Doppler, area non ambigua	Slide: 06_SIRA2025_misura_Doppler f https://youtu.be/vToh0oK9W74 https://youtu.be/IYySTiStYS0
31-34	28/03/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Filtro adattato alla sequenza di impulsi - Uscita nel dominio del tempo con sequenza ad inviluppo triangolare	Slide: 07_SIRA2025_integrazione_coer ente.pdf

			- $H(f)$ del filtro adattato alla sequenza - Scelta dei filtri a frequenze k/NT e banco - Filtro adattato alla sequenza in presenza di Doppler e sua versione approssimata con filtro adattato a singolo impulso implementato a Doppler zero.	https://youtu.be/p_2aD2Cfroo https://youtu.be/cSFyVinsExE
35-38	31/03/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Implementazione a filtro adattato ed su matrice tempo-lento/tempo veloce - Interpretazione del filtro adattato alla sequenza nel piano I&Q come riallineamento dei vettori prima della somma - banco di filtri a frequenze k/NT e FFT - Lobi laterali dei filtri trasversali/FFT e problema di dinamica nella rivelazione - Uso delle reti di pesatura per il controllo dei lobi in Doppler - Effetto della rete di pesatura, parametri di selezione, perdita all'intersezione dei filtri nel caso peggiore - Campionamento degli echi di ritorno Range massimo e risoluzione in range. Matrice dei dati range-azimuth e sue dimensioni per tipico radar di ricerca.	Slide: 07_SIRA2025_integrazione_coerente.pdf 08_SIRA2025_rivelazione_singolo_impulso_v2 https://youtu.be/vnv7eJnUzwQ https://youtu.be/NRdezIjd1w
39-42	04/04/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Dimensione di matrice di dati per uno scan di antenna e necessità di mantenere basso il numero di falsi allarmi - Rivelazione radar, ipotesi binaria: probabilità di falso allarme e criterio di Neymann-Pearson - Decisore a soglia e sua ragionevolezza - Derivazione del decisore ML per il modulo dell'eco complesso con il Rapporto di Verosimiglianza Generalizzato e coincidenza con il decisore a soglia - Problema di rivelazione scritto per il caso di segnale trasmesso con rapporto di compressione >1 e soluzione con il Rapporto di Verosimiglianza Generalizzato: modulo di uscita del F.A. $>$ soglia	Slide: 08_SIRA2025_rivelazione_singolo_impulso_v2 https://youtu.be/P1hnDL6BXvY https://youtu.be/AC7kqe6-LaY
43-45	07/04/2025 Aula 22	08:00-11:00	- Derivazione dello rivelatore come la combinazione lineare dei campioni che fornisce il massimo SNR - Rivelazione radar, ipotesi binaria, prestazioni: probabilità di falso allarme e rivelazione - Criterio di Neymann-Pearson - Decisore a soglia e sua ragionevolezza - Calcolo della soglia in funzione della P_{fa} desiderata	Slide: 08_SIRA2025_rivelazione_singolo_impulso_v2 https://youtu.be/p2eBsltmvHI
46-49	11/04/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Calcolo della probabilità di rivelazione - Funzione di Marcum e suo calcolo - Formula di Albersheim - Schema di radar coerente, oscillatori COHO e STALO e loro fasi in up e down- conversion	Slide: 08_SIRA2025_rivelazione_singolo_impulso_v2 09_SIRA_2025_integrazione_ncoerente

			- Radar non-coerente, esempio di trasmettitore a Magnetron - Integrazione non-coerente lineare come soluzione max verosimiglianza generalizzata per il caso di fasi incognite da impulso ad impulso - prestazioni attese con interpretazione nel piano I&Q	https://youtu.be/85QHIGRkSKs https://youtu.be/yZ1pOvODU5Y
50-53	14/04/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Integrazione non-coerente quadratico come soluzione max verosimiglianza generalizzata per il caso di ampiezze e fasi incognite da impulso ad impulso - calcolo della Pfa e sua espressione finale da invertire per scegliere la soglia - calcolo della Pd come funzione di Marcum generalizzata - Spiegazione delle prestazioni nel piano I&Q. Comportamento del rivelatore nonlineare per alti e bassi SNR. Curve di guadagno di integrazione e di perdita rispetto all'integratore ideale	Slide: 09_SIRA_2025_integrazione_no ncoerente 10_SIRA2025_misura_angolo https://youtu.be/J1r-76DIRk8 https://youtu.be/kAn2sJ6VvBk
	18/04/2025		- Sospensione per la Pasqua	
	21/04/2025		- Sospensione per la Pasqua	
	25/04/2025		- Festa della Liberazione	
54-57	28/04/2025 Aula 22	08:00-12:00	- RCS del target, dipendenza dai parametri e meccanismi di scattering - bersagli stealth - I bersagli con ampiezza fluttuante: introduzione - Modelli di Swerling I-IV: densità di probabilità della RCS - esempio di comportamento con coppia di scatteratori sferici - legame di fluttuazione con la rotazione del target - legame con Teorema del limite centrale - Pd per rivelazione singolo impulso con target SW I-V - derivazione semplificata della Pd per il caso di target SW1-II	Slide: 11_SIRA2025_Swerling https://youtu.be/wAesueD1rHE https://youtu.be/Qdyer5WTncE
58-61	02/05/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Modelli di Swerling I-IV: densità di probabilità della RCS e velocità di fluttuazione - prestazioni Pfa e Pd del rivelatore noncoerente quadratico per bersagli fluttuanti - prestazioni con Shnidman per bersagli fluttuanti - possibile vantaggio dell'uso di agilità di frequenza per target multiscatteratore. - Dimensionamento radar con agilità di frequenza e integrazione non coerente quadratica - integrazione mista coerente- noncoerente - Schemi di integrazione mista coerente-noncoerente	Slide: 12_SIRA2025_integrazione_non coerente_fluttuanti 13_SIRA2025_integrazione_non coerente_binaria https://youtu.be/VeWIFkrOhZ8 https://youtu.be/xJwRSypq6X8

			- prestazioni integrazione a batch - ottimizzazione schema di integrazione per specifiche assegnate su target fluttuanti e non fluttuanti.	
	05/05/2025 Aula 22	08:00-12:00	- lezione rimandata	- Int. RadarConf
62-64	09/05/2025 Aula 22	09:00-12:00	- Integrazione binaria (M/N) a finestra mobile - Pfa dell'integrazione M/N e dimensionamento soglie - Pd per bersagli non fluttuanti e fluttuanti veloci e lenti - perdite e vantaggi dello schema di integrazione Il clutter: clutter di superficie e di volume; potenza media; diverse tipologie di superficie e relativa riflettività. Dipendenza da polarizzazione, frequenza, umidità ed angolo di grazing Considerazioni sullo SCR al variare del range Densità di probabilità degli echi di clutter Correlazione degli echi di clutter - La gestione della soglia contro clutter - stima della potenza di disturbo e impatto sulla Pfa - lo schema dell'autogate	Slide: 13_SIRA2025_integrazione_non coerente_binaria 14_SIRA2025_clutter 15_SIRA2025_gestione_soglia_CFAR https://youtu.be/GIMUUZugpPA https://youtu.be/72T2FxW_KkU
65-68	12/05/2025 Aula 22	08:00-12:00	Il CA-CFAR - Pfa per il CA-CFAR - Pd per il CA-CFAR - Comportamento del CA-CFAR contro gradino di clutter - Comportamento del CA-CFAR contro target interferenti - Gli schemi GO-CFAR, SO-CFAR, CAGO-CFAR e CASO-CFAR ed il loro comportamento - lo schema OS-CFAR e le sue caratteristiche - Pfa e Pd dello OS-CFAR - Pd per CFAR CA ed OS con target fluttuanti - Mappe di clutter - aggiornamento ricorsivo della mappa di clutter	Slide: 15_SIRA2025_gestione_soglia_CFAR https://youtu.be/JuA2EmfFp_g https://youtu.be/BYCjhh6Q3p4

69-72	16/05/2025 Aula 22	08:00-12:00	Modello ideale dello spettro di clutter ed effetto del banco di filtri non pesato e pesato Considerazioni sulla decorrelazione del Clutter e suo effetto di allargamento dello spettro di clutter Conseguente riduzione della cancellazione del clutter per i banchi di filtri Cancellatore singolo, doppio e binomiali con rispettive risposte impulsive ed in frequenza Schema MTD e suo efficacia contro il clutter - Improvement factor per disturbo clutter + noise - IF per singolo e doppio cancellatore - Spettro di densità di potenza di clutter - Spettri Gaussiano, Fishbein Power Law e Exponential -	Slide: 16_SIRA2025_clutter_spectra https://youtu.be/Wbl7J8j-MEQ https://youtu.be/aXAR1Ygrejk
73-76	19/05/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Calcolo del coefficiente di correlazione e della matrice di covarianza del clutter - Spettri per clutter di mare Improvement factor per filtro trasversale in forma vettoriale filtraggio ottimo del clutter interpretazione del filtro ottimo “whitening matched” Improvement factor per disturbo clutter + noise Funzione di trasferimento per filtro ottimo operante contro clutter + noise Banco di filtri ottimizzati per spettro di clutter noto Implementazione totalmente adattiva ed implementazione con alcuni banchi di filtri pre-definiti su spettri di clutter di diversa larghezza. Cancellatori singolo, doppio e binomiali Esercizio sul radar di ricerca d corto raggio	Slide: 17_SIRA2025_Integrazione_coerente_e_filtraggio_ottimo 18_SIRA2025_MTI_convenzionale 19_SIRA2025_Esempio_esercizio_ricerca_short https://youtu.be/XgV8wOTQs-s https://youtu.be/6t4hoynd6dPo
77-80	23/05/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Distribuzione spettrale del clutter per radar in movimento e problematiche di cancellazione - PRF minima per radar in movimento per evitare aliasing del clutter, - Vincoli sulla PRF per ambiguità in range e limitazione fondamentale del SAR: area di antenna minima - Risoluzione in frequenza Doppler e capacità di risoluzione in angolo per l’imaging	Slide: 20_SIRA2024_airborne_MTI 21_SIRA2025_SAR https://youtu.be/N_1ooSN_pgx https://youtu.be/Vjn_REeNwwU

			- RAR e SAR	
81-84	26/05/2025 Aula 22	08:00-12:00	-Banda Doppler del SAR e risoluzione massima in stripmap - Il concetto di apertura sintetica Elaborazione range Doppler per la formazione dell'immagine SAR SAR Non Focalizzato e suo limite Chirp in azimuth e sua compressione Modalità di acquisizione SAR e cenni su RCM	Slide: 21_SIRA2025_SAR https://youtu.be/XmwZPYQL0-w https://youtu.be/c9S-t2GmBQ0
85-88	30/05/2025 Aula 22	08:00-12:00	- Funzione di ambiguità e sue proprietà - Funzione di ambiguità del segnale Chirp e sue caratteristiche - Funzione di ambiguità dei codici di fare e loro caratteristiche - Ambiguità tempo-frequenza - Funzione di ambiguità per la sequenza di impulsi - uso di AESA di nuova generazione con forme d'onda appropriate ed evoluzioni delle relative tecniche di elaborazione Radar con phased array e multifascio per 3D, rimozione interferenti e sistemi multifunzionali Alcune attività innovative in corso nei sistemi radar	Slide: 22_SIRA2025_Funzione_di_Ambiguità 23_SIRA2025_RMM https://youtu.be/6aSQIjSNOC4 https://youtu.be/d-sp9HtAKv4
	Add		-	
	01/04/2025	14:00/15	Spiegazioni/esercitazioni	
	26/05/2025	12:00-13	Spiegazioni/esercitazioni	