

Controllo del Traffico Aereo a.a. 2025-2026 - Diario delle Lezioni Svolte

Ora	Data	ore	Argomenti trattati	Materiale didattico
			Lezioni svolte	
NAVC #01-02	22/09/2025 Aula 9 PL	10:00- 12:00	- Introduzione al corso, sito web, materiale didattico, modalità di esame - La regolamentazione degli apparati di Comunicazione, Navigazione e Sorveglianza e dei servizi del traffico aereo. Le organizzazioni internazionali e nazionali: ICAO: Annessi - Lo sviluppo nelle tecnologie per l'ATC negli ultimi anni ed alcune sfide presenti	Slides: 1a_IntroATC Annessi ICAO Cap1_Introduzione CTA - T. Bucciarelli https://youtu.be/n2CP4QM3kM0
SURV #01-02	23/09/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Introduzione alla parte del corso relativa alla sorveglianza - Richiami caratterizzazione segnali tempo&frequenza	Slides: 0_CTA_SURV_Intro_Sorveglianza 1_CTA_SURV_Segnale_Rumore termico e filtraggio adattato
NAVC #03-04	24/09/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Lo sviluppo del traffico aereo nell'ultimo decennio e le proiezioni: incremento densità di traffico da gestire - Classificazione delle aree dello spazio aereo. - Quote di volo e livelli di volo - L'organizzazione territoriale dei servizi del traffico aereo. - Annesso 2, Annesso 11. Rotte ATS.	Slides: 1b_spazioaereo, Annesso 2, 11 https://youtu.be/ZlvWIo5S2e0
	25/09/2025 Aula 9	12:00- 14:00	Lezione rimandata	
SURV #03-04	29/09/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Richiami proprietà trasformata di Fourier - Rappresentazione numerica segnali analogici - Richiami modulazione - Introduzione al rumore termico	1_CTA_SURV_Segnale_Rumore termico e filtraggio adattato https://youtu.be/WS-TLyX71T4
SURV #05-06	30/09/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Rumore termico, densità di probabilità e spettro di densità di potenza - Cifra di rumore e temperatura equivalente di rumore	1_CTA_SURV_Segnale_Rumore termico e filtraggio adattato https://youtu.be/Szr4VMhP_2k
NAVC #05-06	01/10/2025 Aula 9 DP	12:00- 14:00	- Rotte ATS e procedure di partenza e arrivo. - La propagazione dei segnali, lo sfasamento ed il fenomeno del multipath - Il DME, principio di funzionamento - Segnali utilizzati	Slides: 1c_procedureATC 2a_DME; Annesso 10 https://youtu.be/WNJcVeEv6p4
GNSS #01-02	02/10/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Principles of operation of the global navigation satellite systems - Positioning in 1D, 2D, 3D and the required hypotheses - Pseudorange measurements, clock errors and synchronization problems. 4D solution and PVT estimation	Slides: GNSS_01_2025_principles_v7 https://youtu.be/XHIQnYfhnos
SURV #07-08	06/10/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Filtro adattato, derivazione funzione di trasferimento e risposta impulsiva - Esempi di applicazione - Intro al radar primario	Slides: 1_CTA_SURV_Segnale_Rumore termico e filtraggio adattato 2_CTA_SURV_Radar primario Radar primari – T. Bucciarelli

				https://youtu.be/7gWXyl7nk-k
SURV #09-10	07/10/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	Radar primario, principio di funzionamento Localizzazione: misura di distanza e risoluzione;	Slides: 2_CTA_SURV_Radar primario Radar primari – T. Bucciarelli https://youtu.be/gba6NJ_1tXQ
NAVC #07-08	08/10/2025 Aula 9	12:00- 14:00	Il DME: occupazione ed uso dei canali - Separazione delle risposte - Fase di ricerca e tracking; - Accuratezza - Interrogatore e trasponder DME: up/down-converter e antenne - Navigazione dual-DME	Slides: 1c_procedureATC 2a_DME; Annesso 10 https://youtu.be/Gxb00usettc
GNSS #03-04	09/10/2025 Aula 9	12:00- 14:00	- Clock scheme and oscillator models - Clock errors: its behavior and its correction - Transferring the required data to the user receivers: predictions, fitting to parametric functions, upload and update every 2 hours. - Estimation of satellite positions and clock errors from the Earth: Reference/Monitor stations, Master Control Station and the inverse GNSS equations. - Global structure of the Ground Segment.	Slides: GNSS_01_2025_principles_v7 https://youtu.be/MSM2WBE5dPs
NAVC #09-10	13/10/2025 Aula 9 PL	10:00- 12:00	- Antenne per TLC isotrope e direzionali; direttività e guadagno - Dipolo elementare, - polarizzazione del campo - ampiezza del campo e caratteristiche - pattern di antenna e sue rotazioni - Antenna lineare: dipolo lungo	Slides: 3_antenne_TLC https://youtu.be/m3R-m5Q9s5Q
NAVC #11-12	14/10/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Antenna lineare: calcolo del pattern del dipolo lungo - antenna con corrente uniforme e fascio sinc - Larghezza del fascio di antenna e dimensioni - regola di λ/L	Slides: 3_antenne_TLC https://youtu.be/l6hsTx20OCc
NAVC #13-14	15/10/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- antenna con corrente sinusoidale - Antenne lineare a $\lambda/2$ - Antenna di bordo del DME - Antenna del transponder di terra del DME - Antenne ad apertura rettangolari - Antenna a riflettore parabolico	Slides: 3_antenne_TLC https://youtu.be/GzFGcJDDEOQ
GNSS #05-06	16/10/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Keplerian orbits and GNSS ephemeris - Satellite position reconstruction from Keplerian parameters (also with corrections) - The three Segments: Space, Ground and User - Initial idea of global positioning performance - Navigation message structure and timing	Slides: 31_GNSS_2024_principles_v7 https://youtu.be/BJUU-8eWWFQ
SURV #11-12	20/10/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Radar primario: localizzazione, massima distanza non ambigua, misura di angolo, cella di risoluzione spaziale, frequenza Doppler e misura di velocità, orizzonte radar	Slides: 2_CTA_SURV_Radar primario Radar primari – T. Bucciarelli https://youtu.be/BpUaiO5t7Qg
SURV #13-14	21/10/2025 Aula 9	10:00- 12:00	- Prestazioni radar primario: Equazione radar e portata	Slides: 3_CTA_SURV_Decisione_equazione radar e portata

	DP		- Introduzione alla teoria della decisione	Radar primari – T. Bucciarelli https://youtu.be/ftUixYRblxY
NAVC #15-16	22/10/2025 Aula 9 PL	12:00-14:00	- Antenne ad apertura: fascio e direttività - Antenne circolari - Antenna a telaio e suo pattern - Principio del ADF - Funzionamento dello ADF con telaio rotante	Slides: 4a_ADFNDB_06 https://youtu.be/_c-zB4K7BiY
GNSS #07-08	23/10/2025 Aula 9 PL	12:00-14:00	- Navigation Solution via Taylor series expansion - Selection of the initial guess - Derivation of matrix H - Iterative algorithm and stopping criterion -	Slides: 32_GNSS_atmosphere_and_sol utio https://youtu.be/dwpWOxLGoKs
NAVC #17-18	27/10/2025 Aula 9 PL	10:00-12:00	- Funzionamento dello ADF con telaio rotante e con telai incrociati - Stazioni NDB e loro caratteristiche - uso di NDB+ADF - la stima di angolo in assenza di rumore - cenni di effetto del rumore - Visibilità ottica e orizzonte radio	Slides: 4a_ADFNDB_06 4bc_stima di angolo con ADF_NEW https://youtu.be/2KmjL8IU0FM
SURV #15-16	28/10/2025 Aula 9 DP	10:00-12:00	Teoria della decisione; probabilità di falso allarme e di rivelazione; modello di segnale nelle due ipotesi e densità di probabilità gaussiana-Rice-Rayleigh	Slides: 3_CTA_SURV_Decisione_equazi one radar e portata Radar primari – T. Bucciarelli https://youtu.be/GuXYHeGV7h4
NAVC #19-20	29/10/2025 Aula 9 PL	12:00-14:00	- Effetto del rumore sul segnale ADF e variazione dei punti di massimo/minimo - Azzeramento del rapporto incrementale - Linearizzazione del legame fra errore angolare e campioni di rumore termico - Calcolo di polarizzazione ed errore quadratico medio di stima di angolo - Dipendenza dell'errore di stima da SNR e derivata del fascio di antenna	Slides: 4bc_stima di angolo con ADF_NEW https://youtu.be/bQOvCc2yQNo
GNSS #09-10	30/10/2025 Aula 9 PL	12:00-14:00	- Usage of GNSS waveforms for ranging - Requirements for GNSS waveforms: maximum energy and bandwidth - FDMA, TDMA, CDMA - Orthogonality of the waveforms and their separation in the code-domain - MLS codes and their generation with shift registers	Slides: 33_GNSS_signal.pdf https://youtu.be/QZt6VIFLdao
SURV #17-18	03/11/2025 Aula 9 DP	10:00-12:00	- Criterio di Neyman Pearson - Valutazione della probabilità di falso allarme e di rivelazione - Curve di Marcum	Slides: 3_CTA_SURV_Decisione_equazi one radar e portata Radar primari – T. Bucciarelli Pt I: https://youtu.be/XHIKuipigAs

				Pt II: https://youtu.be/ObjSiaf84o8
SURV #19-20	04/11/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Concetto di integrazione e guadagno di integrazione per la valutazione della portata - Cenni tecniche coerenti, non coerenti, integratore binario a finestra mobile	Slides: 3_CTA_SURV_Decisione_equazi one radar e portata Radar primari – T. Bucciarelli https://youtu.be/XTZOG5KUf98
NAVC #21-22	05/11/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Errore di stima di angolo con ADF e radar - Dimensionamento potenza di radioaiuto NDB - Legame fra DEV STD errore di stima ed errore non superato con probabilità assegnata - Modulazioni analogiche: modulazione di ampiezza, fase e frequenza. - Modulazione di ampiezza doppia banda laterale con portante intera e soppressa	Slides: 4bc_stima di angolo con ADF_NEW 5a_modulazione_AM_PMF M https://youtu.be/fjFONu3tNEw
GNSS #11-12	06/11/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Properties of LMS and their cyclic autocorrelation - Difference between autocorrelation and cyclic autocorrelation - Exercise of the evaluation of the cyclic autocorrelation - Generation of the C/A codes and their properties - Basic principle of the correlation receiver and its ability in discriminating the signals from the different satellites	Slides: 33_GNSS_signal.pdf https://youtu.be/byTteHNtKxw
SURV #21-22	10/11/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Radar secondari: principio di funzionamento, interrogazioni e risposte, complementarità con primario - interrogazioni dai lobi laterali	Slides: 4_CTA_SURV_Radar secondario Radar secondari – T. Bucciarelli https://youtu.be/bVkOQYlg530
SURV #23-24	11/11/2025 Aula 9 PL	10:00- 12:00	Esercitazione - parte 1	https://uniroma1.zoom.us/rec/share/mOxtH6mkKqAtrpFTJQZBJHHQsLm9NYBGu0WDI34kOwfCvtnaLmFNxJkZ7Mw0tYND.AwRZLqY0TqoF6VB5 Passcode: 9z@@&B&m
NAVC #23-24	12/11/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Segnali modulati - demodulazione di ampiezza, fase e frequenza tramite demodulatore I&Q. - Modulazione di ampiezza doppia banda laterale con portante intera, ridotta e soppressa - demodulazione omodina, demodulazione di inviluppo con diodo e capacità, demodulazione I&Q con PLL - Modulazione e demodulazione AM SSB	Slides: 5a_modulazione_AM_PMF M https://youtu.be/Zu2gKibsSV4
GNSS #13-14	13/11/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Gold codes - GPS carrier generation and frequency allocation - Spectrum of GPS signal - Block diagram of the GPS receiver	Slides: 33_GNSS_signal.pdf https://youtu.be/glY9Fax-YkU

			- Satellite signal search procedure in delay and Doppler frequency - Time To First Fix and number of receiving channels - Assisted GPS	
<i>SURV</i> #25-26	17/11/2025 Aula 9 DP	10:00-12:00	- Esercitazione - parte 2 - Radar secondario: frutti, defruiter, prestazioni	Slides: 4_CTA_SURV_Radar secondario Radar secondari – T. Bucciarelli https://youtu.be/suG9qSEs82M
<i>NAVC</i> #25-26	18/11/2025 Aula 9 PL	10:00-12:00	- Modulatore SSB con filtro di Hilbert - Uso della modulazione di ampiezza in radio HF e VHF - Radio SSB in banda HF - Modulazione di fase - modulatore di fase tramite modulatore I&Q - Demodulazione I&Q di ampiezza e di fase - modulazione di frequenza - modulatore di frequenza con Mod I&Q - demodulatore di frequenza con I&Q - Segnali modulati FM: occupazione spettrale - Guadagno in S/N in funzione dell'indice di modulazione - effetto soglia per SNR	Slides: 5a_modulazione_AM_PMF https://youtu.be/GiBPXmmMulY
<i>NAVC</i> #27-28	19/11/2025 Aula 9 PL	12:00-14:00	- Principio di funzionamento del VOR Convenzionale - I segnali CVOR in modulazione AM ed FM - La ricezione dei segnali CVOR e la stima di angolo - Il ricevitore VOR - Il ricevitore CVOR e la separazione dei segnali AM e FM	Slides: 6a_VOR https://youtu.be/_kk9Wp36cb8
<i>GNSS</i> #15-16	20/11/2025 Aula 9 PL	12:00-14:00	- Closed loop receiver operation for the accurate estimation of the pseudoranges (discriminator, waveform generator with NCO and loop filter) - Propagation errors and their correction - Effect of the atmosphere on the pseudorange measurements - Analytical expression of the error as a function of the refraction index - Tropospheric effects and compensation - mask angle - Effect of ionosphere on phase propagation	Slides: GNSS_04_receiver GNSS_02_atmosphere_and_solution https://youtu.be/H_fEjRtpzgA
<i>SURV</i> #27-28	24/11/2025 Aula 9 DP	10:00-12:00	Radar secondario: compatibilità con primario, equazione radar. Monopulse	Slides: Radar_secondario_stima_azimuth&monopulse Radar Secondari -Monopulse - T. Bucciarelli https://youtu.be/9QQGtY3OpCU
<i>NAVC</i> #29-30	25/11/2025 Aula 9 PL	10:00-12:00	- Il sistema di antenna del VOR convenzionale - Multipath e uso del counterpoise - la generazione del segnale a fase variabile in FM con antenna in rotazione - Il DVOR con array circolare di antenne	Slides: 6a_VOR https://youtu.be/nDG_A2ePGQI

NAVC #31-32	26/11/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Il DVOR con array circolare di antenne - Il principio dello ADS-B - Vantaggi e modalità operative abilitate dallo ADS-B, con particolare riferimento a Free-Flight - L'uso dello Extended Squitter a 1090 MHz per ADSB	Slides: 12a_ADSB https://youtu.be/VTmLMpJy0wk
GNSS #17-18	27/11/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- correction with navigation message coefficient and exploiting dual-frequency measurements - dispersivity of ionosphere and relationship between phase and group propagation speed and delay. - Error budget for the pseudorange errors - Positioning error vs pseudorange error and the Dilution of Precision (DOP)	Slides: GNSS_02_atmosphere_and_solution GNSS_05_accuracy https://youtu.be/reSFYuHGb4g
SURV #29-30	01/12/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Monopulse di ampiezza e di fase - Errore nella stima di angolo - Intro al modo S	Slides: Radar_secondario_stima_azimuth&monopulse Radar Secondari -Monopulse - T. Bucciarelli https://youtu.be/qFLeTrfbtYQ
NAVC #33-34	02/12/2025 Aula 9 PL	10:00- 12:00	- Il CPDLC e la necessità di radio digitali - VHL Data link - VHF Data Link modo 2,3,4 - Richiamo sulle modulazioni digitali BPSK, QPSK, MQAM - La modulazione 8 PSK, costellazione, modulazione e decisione - Le Modulazioni PSK differenziali - le modulazioni FSK - VDL – modulazione MSK e GMSK vs. D8PSK	12b_VHF_data_link https://youtu.be/60NN8yQBGYU
GNSS #19-20	03/12/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- VDL – tecniche di accesso multiplo: CSMA, TDMA, STDMA - Il principio della Multilaterazione (MLAT per la sorveglianza - Approccio alla stima delle TDOA - Tecniche di sincronizzazione dei ricevitori - DOP e accuratezza di MLAT	Slides: GNSS_ATC8b_Multilaterazione https://youtu.be/UFUKgGQSxMs
GNSS #21-22	04/12/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Positioning error covariance matrix derivation - Positioning accuracy improvement by reducing the DOP: Geo, pseudolites, doubling constellation, joint use of multiple constellations - Fixed and variable Geometry - Positioning accuracy in 1D	Slides: GNSS_05_accuracy https://youtu.be/fN8dAUxgvrs
			- Immacolata	
SURV #31-32	09/12/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Radar secondario di modo S: principio di funzionamento. Formati di interrogazioni/risposte - Intro al tracciamento	Slides: Radar_secondario_modoS; 7_CTA_SURV_Track Cap_3 Modo S_new – T. Bucciarelli https://youtu.be/TYUi11ldLpU

NAVC #35-36	10/12/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- Regolamentazione per il traffico di veicoli unmanned e necessità tecnologiche - Sensori per il monitoraggio degli UAV - Radar per la rivelazione ed il riconoscimento degli UAV	Slides: 13_advanced_ATC 14_Advanced_Technology4ATC https://youtu.be/Cq1t6Tr-49o
GNSS #23-24	11/12/2025 Aula 9 PL	12:00- 14:00	- 2D and 3D Gaussian PDF characteristics - 2D and 3D regions with High PDF values - GNSS Positioning accuracy in 2D & CEP - Probability ellipse and its derivation - Performance parameters: Accuracy, Availability, Integrity and Continuity	Slides: GNSS_05_accuracy GNSS_06_performance and Diff https://youtu.be/YgNRnT-uoE
SURV #33-34	15/12/2025 Aula 9 DP	10:00- 12:00	- Tracciamento: misure, modello di moto e approccio ricorsivo e filtro alpha-beta; introduzione al tracciamento multiradar (approccio distribuito e centralizzato, combinazione ML di misure) - Principi di funzionamento del TCAS - Tipologie di radar per il traffico aereo (cenni)	Slides: 7_CTA_SURV_Track 8_CTA_SURV_TCAS 9_CTA_SURV_Radar_surveillanc e_systems_for_ATC Vol2Cap5_ACAS-TCAS https://youtu.be/FOmW84aB2sM (registrazione incompleta per problemi di rete)
GNSS #25-26	16/12/2025 Aula 9 PL	10:00- 12:00	- Pseudorange error removal using Local Area Differential approach: SV clock, ionospheric and tropospheric errors - Correction of equivalent error in the ephemeris prediction and its effectiveness - Ground Based Augmentation System (GBAS) scheme - Need for wide area correction for route navigation and problems to extend corrections to a Wide Area	Slides: GNSS_06_performance https://youtu.be/yzdHFln1pLs
	17/12/2025		LIBERA	
GNSS #27-28	18/12/2025 Room 9 PL	12:00- 14:00	- Galileo signals and interoperability with GPS - Galileo offered services - Performance of the offered services - Galileo system architecture for integrity	GNSS_07_Galileo https://youtu.be/F5ldr3B_Yso