

## Guia docent

### 300512 - PDS-S - Processat de Senyal

Última modificació: 11/05/2026

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels

**Unitat que imparteix:** 739 - TSC - Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA DE SATÈL·LITS (Pla 2024). (Assignatura obligatòria).

**Curs:** 2026

**Crèdits ECTS:** 5.0

**Idiomes:** Català

#### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Definit a la infoweb de l'assignatura.

**Altres:** Definit a la infoweb de l'assignatura.

#### METODOLOGIES DOCENTS

---

Les sessions de pissarra (grup gran, 4 hores setmanals) estan basades en una combinació de explicacions de conceptes teòrics i metodològics (1) i de plantejament i resolució d'exercicis d'aplicació (2).

Els blocs d'explicació de conceptes teòrics i metodològics tindran una durada en general no superior a un hora. A continuació, s'obre un bloc de plantejament i resolució d'exercicis d'aplicació que té com objectiu ajudar a consolidar els conceptes teòrics exposats i a aplicar-los a problemes pràctics relacionats.

El bloc corresponents als exercicis d'aplicació constarà de quatre fases: (1) el professor planteja un problema-exemple, (2) el professor recorda els conceptes teòrics relacionats i dona indicacions sobre la metodologia a seguir, (3) els estudiants, en grup reduït o de forma individual, disposen d'un temps adequat per la resolució de l'exercici i (4) el professor obre un espai de discussió sobre la resolució correcta.

Les sessions de pràctiques (grup petit, 6 sessions de dues hores al llarg del curs) consisteixen en treballs d'experimentació pràctica a un laboratori o a un aula informàtica. La temporització d'aquestes activitats es programa en funció de la distribució temporal prevista dels continguts teòrics al llarg del curs. Les tasques a realitzar a cada pràctica són tres: (1) un exercici previ relacionat amb els conceptes que es treballen a l'activitat, que es realitza de forma individual i autònoma i que es lliura telemàticament abans de la sessió presencial, (2) la pròpia pràctica de laboratori o de simulació, que es realitza de forma presencial en grups de dos estudiants i (3) la presentació dels resultats, que s'introdueix en temps real a un full de respostes i que es lliura telemàticament en acabar la sessió.

El material de suport del que disposa l'estudiant per els continguts corresponents a les sessions de pissarra són, per una banda, el material elaborat pel professorat i disponible a la plataforma virtual Atenea (Transparències amb les lliçons de classe, llistat d'exercicis amb resultat, exemples d'exàmens de cursos anteriors, altres documents) i per un altra la bibliografia bàsica de l'assignatura.

Respecte a les pràctiques de laboratori / simulació, els estudiants disposen, per una banda dels enunciats dels exercicis previs i de l'activitat pràctica presencial proposada i per una altra del material de laboratori i/o software necessari per realitzar els experiments plantejats.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Resultats d'aprenentatge

Coneixements

K1. Identificar els elements dels sistemes de telecomunicació i els conceptes i les lleis fonamentals de la propagació electromagnètica, modulació, multiplexació i processament de senyals, control i sincronització en la comunicació amb satèl·lits.

Habilitats

S1. Aplicar les modulacions i les tècniques d'accés múltiple més adequades en les comunicacions amb satèl·lits.

S2. Avaluar un sistema de comunicacions via satèl·lit.

Competències

C1. Realitzar tasques i projectes de desenvolupament de xarxes per satèl·lit i les seves comunicacions, individualment o com a part d'un grup, d'acord amb un conjunt de requisits inicials.

Objectius de l'assignatura:

L'assignatura és bàsica i de caràcter instrumental, proporcionant eines analítiques d'aplicació a diferents tecnologies emprades en el sector espacial.

En superar l'assignatura de Processament Digital del Senyal, l'estudiant/a ha de ser capaç de:

- Entendre els avantatges i inconvenients del processament digital del senyal en comparació amb les tècniques analògiques. Entendre les possibles aplicacions del processament digital del senyal.
- Treballar amb la notació i el llenguatge propi del processament digital del senyal, així com entendre els conceptes de senyals i sistemes discrets i la seva caracterització.
- Saber formular i interpretar els processos de mostreig i quantificació d'un senyal analògic, incloent la representació de l'espectre del senyal discret, el teorema de Nyquist, el concepte d'aliasing i la relació senyal a soroll de quantificació. Saber formular i interpretar el procés d'interpolació d'un senyal discret com el procés necessari per obtenir un senyal analògic. Entendre els casos d'interpolador ideal i el basat en ZOH.
- Treballar amb sistemes discrets, la seva representació matemàtica i saber classificar els sistemes atenent a diversos criteris. Saber treballar amb la resposta impulsional de sistemes lineals i invariants, conèixer les seves propietats i formular i calcular convolucions discretes. Saber treballar amb sistemes discrets definits mitjançant equacions en diferències i representats amb diagrames de programació.
- Entendre la transformada Z, calcular-la per senyals bàsics, conèixer les seves propietats i relacionar-la amb la transformada de Laplace. Saber calcular la transformada Z inversa per la tècnica de desenvolupament en fraccions simples.
- Entendre el concepte de funció de transferència d'un sistema discret lineal i invariant, calcular els seus zeros i pols. Relacionar els conceptes anteriors amb l'estabilitat del sistema. Saber caracteritzar la interconnexió de sistemes i calcular la funció de transferència equivalent.
- Entendre la transformada de Fourier, calcular-la per senyals bàsics, conèixer les seves propietats i relacionar-la amb la transformada Z. Saber calcular la transformada inversa de Fourier.
- Saber calcular la sortida d'un sistema discret lineal i invariant en règim permanent sinusoidal i relacionar-ho amb la transformada Z del sistema i la transformada de Fourier de la seva resposta impulsional. Saber calcular la resposta freqüencial d'un sistema lineal i entendre la seva relació amb el diagrama de pols i zeros. Entendre el concepte de filtre de fase lineal i filtre equalitzador. Conèixer les tècniques més comunes de disseny de filtres digitals.
- Entendre el concepte de transformada discreta de Fourier com a mostreig en freqüència de la transformada de Fourier. Conèixer i saber aplicar les propietats de la transformada discreta de Fourier, incloent el desplaçament i la convolució circulars.
- Conèixer la tècnica de la transformada ràpida de Fourier com a implementació algorítmica de baix cost computacional de la transformada discreta de Fourier. Conèixer els fonaments de l'estimació espectral i l'enfinestrament de seqüències.

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

| Tipus                      | Hores | Percentatge |
|----------------------------|-------|-------------|
| Hores grup petit           | 11,0  | 8.80        |
| Hores grup gran            | 44,0  | 35.20       |
| Hores aprenentatge autònom | 70,0  | 56.00       |

**Dedicació total:** 125 h

## CONTINGUTS

### Introducció al processament digital del senyal. Mostreig, quantificació i reconstrucció

#### Descripció:

Descripció / Objectius específics:

- Introducció al concepte de processament del senyal.
- Tipus de senyals. Processament analògic vs. Processament digital.
- Exemples d'aplicació del processament digital del senyal.
- Representació de senyals discrets.
- Senyals i sistemes discrets bàsics.
- Introducció a la problemàtica de les conversions A/D i D/A. Consideracions generals sobre la implementació tecnològica.
- Mostreig ideal. Espectre d'un senyal mostrejat idealment. Aliasing i teorema de Nyquist. Ús de filtres anti-aliasing. Mostreig real.
- Mostreig de sinusoides i de senyals pas banda.
- Reconstrucció/interpolació ideal.
- Reconstrucció/interpolació amb ZOH. Efectes distorsionadors: aliasing residual i distorsió d'apertura. Ús de filtres correctors.
- Quantificació de senyals. SNR de quantificació.

Activitats vinculades:

- Exercicis en relació amb els continguts de la descripció.
- Control de classe de mostreig, quantificació i reconstrucció.
- Examen de mig quadrimestre.

**Dedicació:** 22h

Grup gran/Teoria: 8h

Aprenentatge autònom: 14h

### Senyals i sistemes discrets en el domini temporal

#### Descripció:

Descripció / Objectius específics:

- Definició de sistema discret.
- Classificació de sistemes segons linealitat, invariància, caràcter dinàmic, causalitat, estabilitat, invertibilitat, FIR/IIR, AR/MA/ARMA. Exemples de sistemes bàsics.
- Sistemes lineals i invariants. Resposta impulsional.
- Equació de convolució i les seves propietats. Càlcul gràfic de la convolució.
- Propietats d'un sistema en termes de la seva resposta impulsional.
- Sistemes definits mitjançant equacions en diferències finites.
- Diagrames de programació.

Activitats vinculades:

- Exercicis en relació amb els continguts de la descripció.
- Control de classe de senyals i sistemes discret en el domini temporal.
- Examen de mig quadrimestre.

**Dedicació:** 18h 30m

Grup gran/Teoria: 9h 30m

Aprenentatge autònom: 9h

## Transformada Z

### Descripció:

Descripció / Objectius específics:

- Definició de transformada Z.
- Relació amb la transformada de Laplace (relació entre les variables  $z$  i  $s$ ). Definició del pla Z i la seva relació amb el pla S.
- Propietats de la transformada Z.
- Funció de transferència d'un sistema. Aplicació a sistemes FIR i IIR definits mitjançant equacions en diferències.
- Pols i zeros d'un sistema. Estabilitat d'un sistema.
- Transformada Z de seqüències bàsiques. Relació entre el pols i la forma temporal.
- Transformada Z inversa mitjançant la tècnica de desenvolupament en fraccions simples.
- Interconnexió de sistemes i àlgebra de blocs.
- Sistema invers equalitzador.

Activitats vinculades:

- Exercicis en relació amb els continguts de la descripció.
- Pràctica 1: Introducció al Matlab i Simulink
- Pràctica 2: Cancel·lador d'ecos i equalitzador.
- Examen de Fi de Quadrimestre

**Dedicació:** 23h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 13h

## Transformada de Fourier i filtratge

### Descripció:

Descripció / Objectius específics:

- Definició de transformada Fourier i la seva relació amb la transformada Z. Periodicitat de la transformada de Fourier.
- Transformada inversa de Fourier.
- Propietats de la transformada de Fourier.
- Transformada de Fourier de seqüències bàsiques.
- Resposta d'un sistema en règim permanent sinusoidal.
- Resposta freqüencial d'un sistema i la seva relació amb el diagrama de pols i zeros.
- Disseny de filtres digitals FIR i IIR.
- Filtres de fase lineal
- Interpoladors i delmadors.
- Filtres equalitzadors.

Activitats vinculades:

- Exercicis en relació amb els continguts de la descripció.
- Control de classe de Filtratge i Transformada de Fourier.
- Examen de Fi de Quadrimestre

**Dedicació:** 29h

Grup gran/Teoria: 10h

Aprenentatge autònom: 19h

### La transformada discreta de Fourier (DFT)

#### Descripció:

Descripció / Objectius específics:

- Definició de transformada discreta de Fourier (DFT). Interpretació com a mostreig en freqüència de la transformada de Fourier. Propietats de la DFT.
  - Cost computacional i implementació mitjançant la FFT.
  - Millora de la resolució freqüencial mitjançant "zero padding".
  - Desplaçament i convolució circular.
  - Enfinestrament de seqüències. Tipus de finestres i compromís entre la resolució freqüencial i el nivell de lòbuls secundaris.
- Conceptes bàsics d'estimació espectral.

Activitats vinculades:

- Exercicis en relació amb els continguts de la descripció.
- Pràctica 3: Disseny de filtres digitals i filtratge d'un senyal d'àudio (2 sessions)
- Pràctica 4: Generació i anàlisi de senyals digitals i de RF (2 sessions)
- Examen de Fi de Quadrimestre

**Dedicació:** 32h 30m

Grup gran/Teoria: 8h 30m

Grup petit/Laboratori: 9h

Aprenentatge autònom: 15h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

## BIBLIOGRAFIA

#### Bàsica:

- Bertran Albertí, Eduard. Señales y sistemas de tiempo discreto [en línia]. Barcelona: Edicions UPC, 2003 [Consulta: 30/06/2025]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36446>. ISBN 9788483016886.
- Vallverdú Bayés, Sisco; Mariño Acebal, José B; Rodríguez Fonollosa, José A; Moreno, A. Tratamiento digital de la señal : una introducción experimental [en línia]. 3a ed. Barcelona: Ediciones UPC, 1999 [Consulta: 30/06/2025]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36344>. ISBN 8483012928.

#### Complementària:

- Oppenheim, Alan V; Schafer, Ronald W. Tratamiento de señales en tiempo discreto [en línia]. Tercera edición. Madrid: Pearson, 2011 [Consulta: 30/06/2025]. Disponible a: [https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=3044](https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=3044). ISBN 9788483228043.

## RECURSOS

#### Altres recursos:

Material audiovisual:

- Transparències de classe disponibles a Atenea

Material informàtic:

- Matlab/Simulink