

ESEIAAT



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,  
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

# Radio Altímetre

## Sistema de comunicació en aeronaus

---

### Report

**Curs:** Màster en Enginyeria Aeronàutica

**Assignatura:** Sistemes de Radiofreqüència i Comunicació

**Data d'entrega:** 14-06-2018

**Estudiants:**

González García, Sílvia

Kaloyanov Naydenov, Boyan

**Professor:** Gil, Ignacio



## Llista de continguts

<b>Llista de figures</b>	<b>i</b>
<b>1 Introducció i Funcionalitat</b>	<b>1</b>
<b>2 Components i Característiques TX/RX</b>	<b>1</b>
2.1 Altimetre basat en modulació per freqüència FMCW . . . . .	1
2.2 Altimetre basat en emissió de polsos . . . . .	3
2.3 Antena . . . . .	3
2.4 Redundància . . . . .	3
2.5 Ample de Banda . . . . .	3
<b>3 Aplicacions</b>	<b>4</b>
<b>4 Models Comercials</b>	<b>5</b>
<b>5 Organismes Reguladors</b>	<b>5</b>
<b>6 Bibliografia</b>	<b>6</b>

## Llista de figures

2.1	Esquema del sistema. Extret de [3]. . . . .	2
2.2	Indicador del radio altímetre . . . . .	2
4.1	Radio Altimetre RA 4000/4500 [4] . . . . .	5

## 1 Introducció i Funcionalitat

El radio altímetre és un dispositiu electrònic essencial posicioant a bord d'una aeronau destinat a **proporcionar mesures acurades de l'altitud absoluta a la que es troba l'aeronau respecte el terreny**. Aquests, estàn dissenyats per a funcionar durant tota la vida útil de l'aeronau en la qual están instal·lats (uns 30 anys) i per tant per fer front un ampli rang d'operacions tenint en compte les possibles toleràncies produïdes per l'edat dels equips.

Els sistema de radio altímetre d'una aeronau esta format per tres tranceptors idèntics i l'equipament associat a cada un d'ells. Totes tres unitats operen de manera simultania i independent en la banda de 4.2 - 4.4 GHz (banda aeronautica destinada exclusivament per funcions de radionavegació) emetent un senyal i processant el senyal rebotat rebut en forma d'alçada.

Actualment, existeixen dos tipus d'altímetres que difereixen en el sistema de modulació del senyal emès:

- Ona continua modelada en freqüència (*FMCW*)
- Modulació de pols (*pulse modulation*)

## 2 Components i Característiques TX/RX

### 2.1 Altimetre basat en modulació per freqüència FMCW

Utilitza dues antenes, una per l'emissió (TX) i una per la recepció(RX). La senyal emesa rebotja al terra i retorna a l'aeronau. Durant tota l'estona, el sistema de transmissió va variant la freqüència dins d'un rang, típicament de 50MHz. Així, quan arriba la senyal rebotada, existeix una  $\Delta f$  entre aquesta i la senyal transmesa. Coneixent la velocitat de variació de la freqüència d'emissió  $\frac{df}{dt}$  es pot deduir l'alçada  $H$  de l'aeronau. Cal remarcar que el sistema omet els efectes Doppler degut a que són despreciables en comparació amb l'efecte de la variació de la freqüència de la modulació FMCW. Es pot observar un esquema del components del sistema a la figura 2.1.

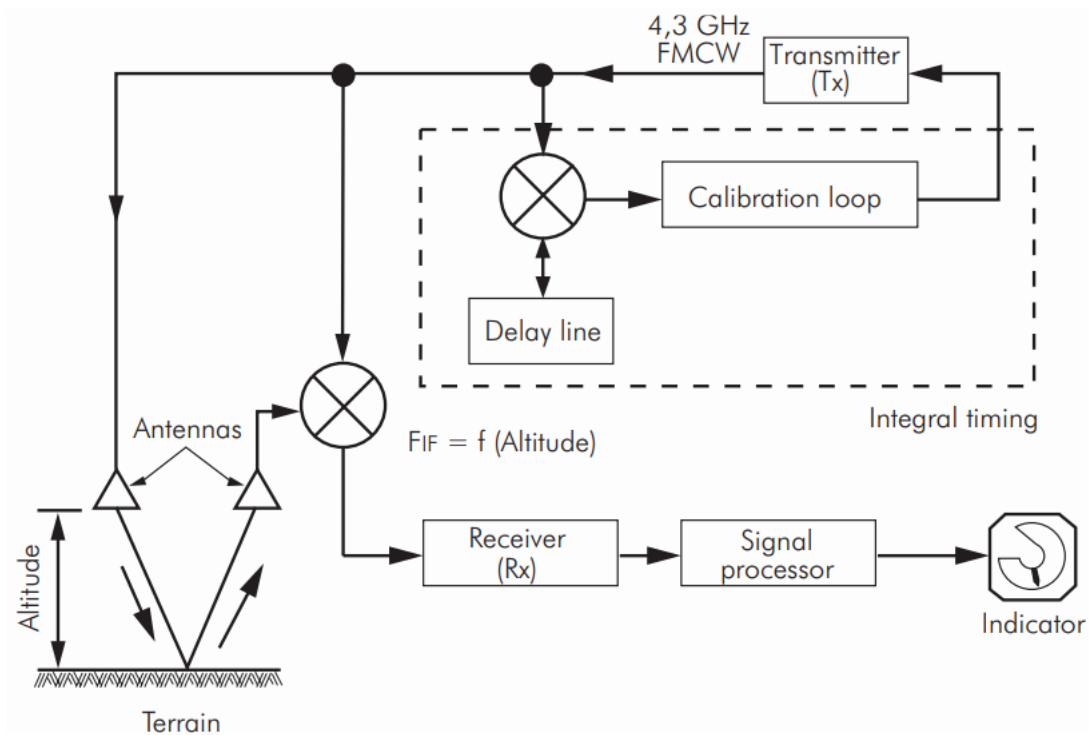


Figura 2.1: Esquema del sistema. Extret de [3].

En aquest tipus de sistemes, típicament la modulació en freqüència es produeix per un oscil·lador controlat per voltatge (VCO) que opera a una freqüència central d'aproximadament 4300 MHz amb una estabilitat típica de  $\pm 25$  MHz en un rang entre -55 i 70 graus Celsius. Es tracta d'un sistema homodí i la mateixa freqüència de transmissió s'empra com a base de l'oscil·lador local que directament passa la senyal rebuda a banda base després del mixer.

La informació està continguda en la freqüència del senyal que arriba, sent aquesta funció de l'alçada. Així, s'amplifica i es descodifica per un bloc de processat de senyal. Aquest ha de realitzar una simple operació i traduir el resultat en nivells de voltatge que proporcionarà directament a l'indicador d'alçada de l'aeronau.

$$H = \frac{c\Delta t}{2} = \frac{c\Delta f}{2\frac{df}{dt}} \quad (2.1)$$



Figura 2.2: Indicador del radio altímetre

## 2.2 Altimetre basat en emissió de polsos

Generalment, aquesta versió solament necessita una antena doncs funciona com un radar primari, i per tant, treballa a la mateixa freqüència. Probablement empli un circulador per separar les comunicacions de sortida i d'entrada.

Es diferencia amb l'anterior cas en el fet que utilitza el  $\Delta t$  produït entre el moment d'enviar el pols i el moment de la seva rebuda, per determinar l'alçada a la que es troba l'avió. Senzillament, caldria aplicar la primera part de la fórmula de l'eq. 2.1.

## 2.3 Antena

S'ha de tenir en compte que l'avió rota amb angles de guinyada, capcineig i balanceig. Així doncs, l'antena no ha de ser gaire direccional si no es vol veure afectada per aquestes rotacions. Típicament s'utilitzen antenes que donen entre 8 i 13 dBi de guany i entre 35 i 60 graus del feix d'amplada amb una polarització lineal horitzontal i amb un diagrama de radiació cònic.

## 2.4 Redundància

La banda 4200 - 4400 MHz està reservada per aplicacions de radionavegació aeronàutica. Tot i així, s'ha de vigilar força perquè l'antena apunta cap al terra i això fa el sistema més vulnerable a interferències. En cas de captar una interferència inesperada el radio altímetre podria mesurar una alçada incorrecta. A més, aquest sistema es emprat per altres de forma indirecta, com el TCAS o inclús els *Flight Controls* i per això pot resultar crític.

Per evitar aquest tipus de problemes, com ja s'havia introduït prèviament, moltes aeronaus instal·len fins a tres sistemes de radio altímetres. En aquests cassos, per evitar que es distorsionin mútuament, cada emissor treballa amb un *offset*. Concretament, si hi ha dos sistemes l'*offset* de la freqüència central serà de 5MHz i de 10MHz si es treballa amb tres sistemes.

## 2.5 Ample de Banda

L'ample de Banda disponible és de 200MHz. Alguns sistemes l'utilitzen al complet doncs apliquen tècniques especials per aconseguir valors de precisió molt bons. Quant menys BW utilitzi un sistema, en general serà menys precís. Certament, per un sistema tan rellevant com aquest, què es emprat per altres sistemes com pel sistema de control de vol en períodes d'aproximació i aterratge, la precisió és crucial.

A continuació es presenten els valors de rendiment desitjats d'un sistema d'aquest tipus. Com es pot intuir, a més baixa alçada, més precisió es requereix pel risc que això comporta.

Alçada	Precisió
0-150m	$\pm 2\%$ de l'alçada
>150m	5 % de l'alçada

Taula 2.1: Rendiment esperat [2].

### 3 Aplicacions

Els radio altímetres són uns components essencials per l'aeronavegació doncs proporcionen informació útil per l'execució de diverses operacions que garanteixen la seguretat de les aeronaus. Aquestes operacions són les següents:

#### Sistemes automàtics de control de vol

Els sistemes de control de vol de les aeronaus depenen de la informació d'alçada proporcionada pels radio altímetres a bord per tal de conèixer en tot moment la distància absoluta de les aeronaus respecte el terreny i així poder garantir la seguretat amb la seva correcta actuació.

#### Aproximació i aterratge d'aeronaus

Durant la fase d'aproximació d'una aeronau el radio altímetre, juntament amb altres sistemes mesuradors de distància i sistemes d'aterratge, proporciona informació d'altitud respecte a terra de l'aeronau que els sistemes de control de vol d'abord utilitzen per ajustar l'aeronau als paràmetres establerts d'aterratge. Arribats a una certa alçada, al iniciar-se la fase d'aterratge els radio altímetres són els únics components proporcionant mesures d'alçada vertical que son utilitzades pel sistema d'autopilot per efectuar l'aterratge.

Si el sistema de radio altímetres d'una aeronau no funciona o proporciona dades errònies les conseqüències van des de la necessitat de realitzar un aterratge manual en visual (sense autopilot) si l'aeroport ho permet i la visibilitat és bona, a la necessitat de desviar-se a una aeroport proper que ho permeti que sí ho permeti.

#### Sistema d'alerta de proximitat al sòl

El sistema d'alerta de proximitat al sòl a bord de les aeronaus està dissenyat per evitar col·lisions així com evitar l'excessiu apropament de l'aeronau a obstacles situats sota aquesta garantint la seva seguretat. Per fer-ho proporciona de manera automàtica avisos de proximitat de terreny sota l'aeronau a la tripulació.

Els diferents tipus o modes d'avisos proporcionats per aquest sistema són el següents:

- Rati de descens elevat
- Rati d'aproximació a terra excessiu
- Pèrdua d'altitud durant enlairament
- Espai no segur per proximitat a terra
- Desviació excessiva respecte la senda de planeo

Com es pot apreciar, tots aquest avisos estan basats en l'altitud de l'aeronau respecte el sòl a sota d'aquesta i per tant depenen de la informació proporcionada pels radio altímetres.

## 4 Models Comercials

En aquesta secció és presenta un model comercial típic de radio altímetre juntament amb les seves especificacions.

### Radio Altimetre RA 4000/4500



(a)

#### RA-4000 and RA-4500

##### SPECIFICATIONS

Altitude Range:	-20 to 2000 ft.
Power Requirements:	20 - 36 VDC; 400 mA MAX @ 28 VDC
Environmental:	-67°F to +158°F (-55°C to 70°C) Alt: 50,000 ft. (15,200 m)
Size (HxWxL):	3.06 x 3.15 x 6.78 in. (7.8 x 8.0 x 17.2 cm)
Weight:	Unit: 1.9 lbs. (0.86 kg) Ant. (2): 0.37 lbs. (0.17 kg)
Antenna(s):	Dual; response angles up to $\pm 20^\circ$ pitch, $\pm 30^\circ$ roll
Transmitter Power:	100 mW minimum out of transmitter
Frequency:	Frequency modulated continuous wave 4.3-GHz center frequency sweep, 4.25 to 4.35 GHz
Update Rate:	25 times/sec.
Altitude Accuracy:	0 to 100 ft. $\pm 3$ ft. 100 to 500 ft. $\pm 3\%$ 500 to 2000 ft. $\pm 5\%$
Display Disable:	Strut switch inputs
Self-test:	Power-on self test and recurring built-in test

##### INTERFACE (INPUT/OUTPUT SUMMARY)

	RA-4000	RA-4500
Inputs	Strut Switch	Strut Switch
Outputs	RS-485/422 RS-232C	ARINC 429 RS-485/422 RS-232C Optional ARINC 522 Analog

(b)

Figura 4.1: Radio Altimetre RA 4000/4500 [4]

## 5 Organismes Reguladors

- ICAO Anex 6
- BOE Orden FOM/2086/2011
- ITU Recommendation M.2059-0
- EUROCAE ED30 [1]



## 6 Bibliografia

- [1] ITU. Recommendation ITU-R M.2059-0. 0, 2014.
- [2] K I Kellermann and J M Moran. Radio Altimeter. pages 457–509, 2001.
- [3] National Telecommunications and Information Administration. 4200 - 4400MHz NTIA. (87):1–9, 2014.
- [4] FreeFlight Systems. RA-4000 AND RA-4500 RADAR ALTIMETERS. pages 4–5.