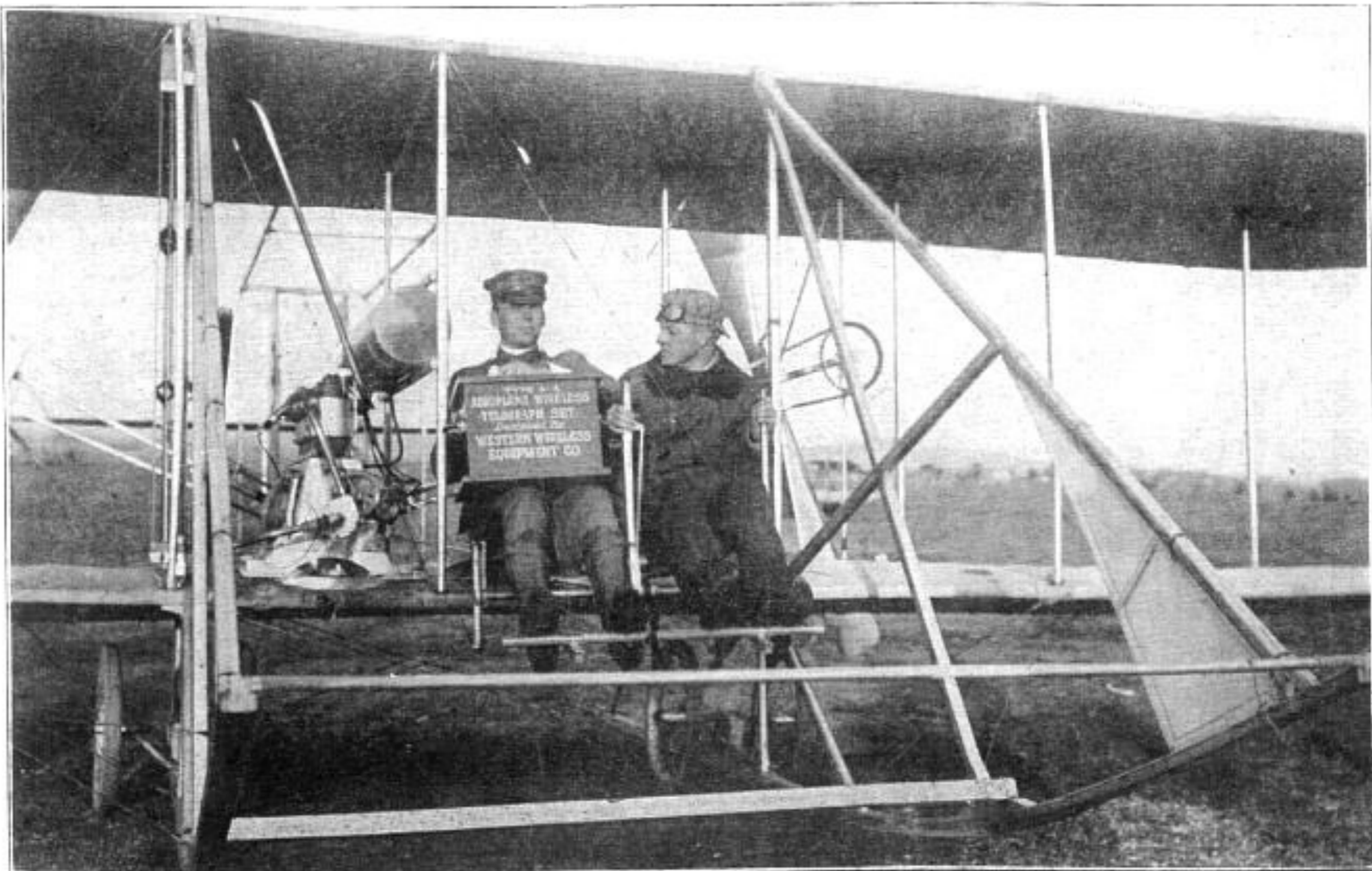


# Radio v civilním letectví (airliners + GA)

Brmlab 5.3.2015

# Historie

- první vysílání air/ground - 1910 (Horton, Culver, USA)
- první zaznamenané telegrafní vysílání - 1911, Lt. Paul W. Beck, USA (James McCurdy, Kanada, 1910)
  - anténa - 95 stop dlouhé lanko
  - 15 kg vysílač, klíč položený na koleni
- první spojení air/air - 1916
- první hlasové spojení - 1917
- ČSR
  - 29.11.1918 - vojenská radiostanice Praha-Petřín navázala první spojení s letadlem
  - 23.1.1919 - Petřín - vysílána první souborná meteorologická depeše od Povětrnostní stanice leteckého sboru v Praze (při hvězdárně)



Wright Aeroplane Equipped for Wireless Test.

# Komunikace

- radiotelefonie
- Airband - 108 - 137 MHz
  - 108 - 117,95 - navigace (VOR, ILS)
  - 118 - 136,975 - provoz, meteo (ATIS, VOLMET)
  - 121,5 MHz - nouzová frekvence (MAY DAY, PAN PAN)
  - spacing 25 kHz, Evropa 8,33 kHz
  - Amplitudová modulace
    - stanice se neruší (FM capture effect - pouze silnější signál je demodulován) -> kritická vlastnost
    - kompatibilita se starším zařízením
  - ČTÚ - omezený/všeobecný průkaz radiotelefonisty letecké pohyblivé služby (platí pouze v ČR)

# Komunikace - mluvené slovo

- Co lze v ČR slyšet
  - letadla - oboustranné radiové spojení je povinné v řízených prostorech, vzdušných prostorech C,D (a v blízkosti letišť (ne nutně))
    - PPL - OK JGT - zkracuje se (OGT)
      - vrtulníky totéž, ale LZS se hlásí “Kryštof XX”
    - ULL (A i H) - OK JUA04
    - Větroně - OK 2714
    - Balóny a vzducholodě
    - Airlinery - provozovatel a číslo letu -> BA 752
  - (A)FIS - hlásí se “INFO”
  - malá letiště - hlásí se “RADIO”
  - řízené oblasti
    - (M)CTR, CTA, TMA - Ruzyně tower, approach/radar, delivery, ground
    - Praha control

# Komunikace - mluvené slovo

- Meteorologické informace
  - ATIS
    - vysílané z letiště, podrobnosti o letišti (METAR, dráhy v užívání, ILS, NOTAM, transition level, FIR...)
    - ATIS Praha - 122,15 MHz nebo tel. 220 378 300
  - VOLMET
    - meteorologické informace pro několik letišť v oblasti
    - VOLMET ČR - 125,525 MHz nebo tel. 220 378 100

# Radiolokace

- 30. léta - RADAR (Radio Detection And Ranging)
- za války využíván mimo jiné k zaměřování bombardovaných oblastí
- aktivní, poloaktivní, pasivní
- impulsní, se spojitým vysíláním (dopplerovský, s frekvenčně modulovanou stálou vlnou)
- primární, sekundární
- v civilní letectví se na zemi používají většinou přehledové impulsní aktivní radary (traťové, okrskové, letištní), na palubách letadel bývají radary se spojitým vysíláním (meteoradar, radiovýškoměr)

# Radiolokace

- Primární radar:
- Oblastní přehledový radar
  - ŘLP ČR používá primární radar AVIA CM v lokalitě Písek
    - pracuje na kmitočtu 1300 MHz s opakovacím kmitočtem 525 Hz a impulsním výkonem 1 MW, dosah je asi 300 km
    - dále je využíván oblastní přehledový radar Auersberg
- Přehledový radar koncové řízené oblasti (CTR i TMA)
  - 100 - 150 km, stovky kW



# Radiolokace

- TMA Praha používá radar Thales TA 10MTD
  - dosah 100 km
  - pracovní kmitočet 2900 MHz
  - opakovací kmitočet 1 kHz
  - výkon 600 W
- Tesla TAR RL41

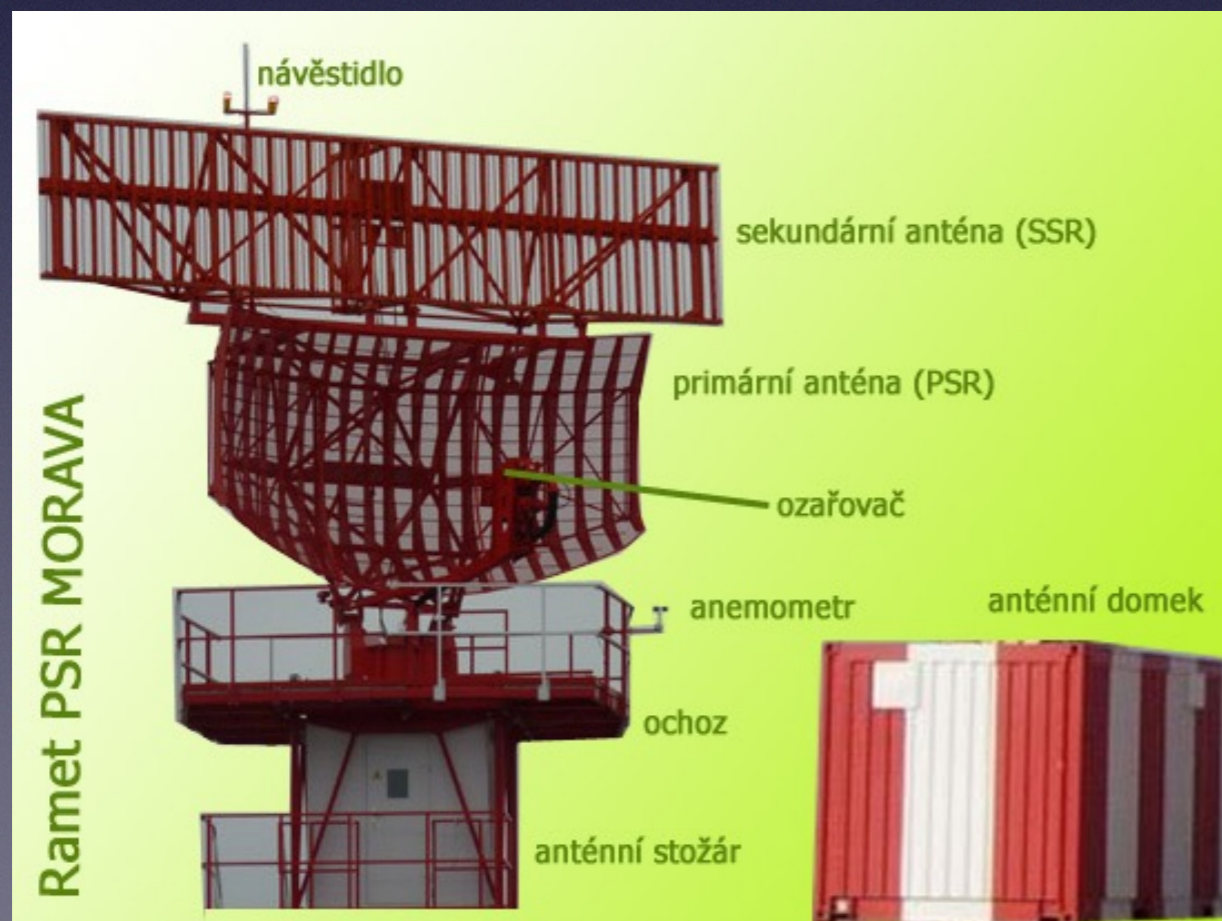


# Radiolokace

- Okrskový přehledový radar
  - pohyby letadel při startu a přiblížení k prahu dráhy
  - pracují na vlnové délce 3 cm nebo méně často 10 cm
  - výkon do 100 kW
- Letištní pojezdový radar
  - určen ke sledování pohybu na letištních provozních plochách
    - radar TERMA
      - výkon 25 kW
      - kmitočet 9410 MHz
      - opakovací kmitočet 8128 Hz

# Radiolokace

- Sekundární radar
  - sekundární přehledový radar (SSR), ICAO standard
  - neměří odraz, ale přijímá odpověď od vysílače na palubě letadla, tzv. odpovídače (1030 MHz up, 1090 MHz down)



# Radiolokace

- více informací o letadle
- obsah a struktura odpovědi určuje tzv. mód odpovídače:
  - Mode A - odesílán čtyřmístný kód (tzv. squawk nebo alfa), identifikující letadlo na obrazovce ATC (přiděleno ATC, jinak typicky 7000) případně oznamující problém:
    - 7500 - nezákonný zásah (únos)
    - 7600 - ztráta spojení
    - 7700 - stav nouze
  - Mode C - Mode A plus údaje ze snímače statického tlaku (barometrická výška)

# Radiolokace

- Mode S - Mode C plus další rozšíření
  - 24bit unikátní adresa letadla
  - díky tomu je možno dotazovat cíleně konkrétní letadlo
  - odpovídač může přijímat/odesílat další data (např. TCAS Resolution Advisory, pokud je letadlo vybaveno TCAS)
  - mode S vyžadován v prostorech třídy C (nad FL95, TMA Praha) a CTR Praha

# Radiolokace

- Protisrážkové systémy
  - ACAS/TCAS/PCAS/FLARM
    - všechny tyto systémy mají za úkol zabránit srážce letadel nezávisle na pozemních stanicích
  - TCAS (FAA)/ACAS (ICAO) - od roku 1994 sjednoceno
    - povinnost pro každé letadlo s MTOW přes 5700 kg nebo autorizované k přepravě 20 a více pasažérů
    - založeno na informacích z Mode S nebo C odpovídače
    - letadlo s TCAS několikrát za vteřinu vysílá stejný signál jako SSR a ze vzdálenosti (RTT), výšky (kterou odpovídač napraská) a směru (směrová anténa) si sestavuje 3D model prostoru kolem sebe
    - v případě kolizního kurzu si přes Mode S datalink vyjedná úhybný manévr (nahoru, dolů)

# Radiolokace

- TCAS poskytuje tyto informace:
  - traffic advisory - rozhlédni se kolem sebe, najdi letadlo a vyhni se mu
  - resolution advisory - stoupej/klesej, pomaleji/rychleji
  - clear of conflict - vyměň si spodky :]



# Radiolokace

- PCAS - pasivní verze TCAS pro GA (malá letadla)
- FLARM - využíváno hlavně ve větroních pro zabránění srážce ve stoupavém proudu
  - získává informaci o poloze z GPS a senzoru statického tlaku a vysílá ji dál
  - dosah 3-5 km





# Radiolokace

- ADS-B - Automatic dependent surveillance - broadcast
  - v USA povinné u některých letadel od 2020, v Evropě od 2017 (pouze ADS-B Out, In je drahé (krom letadel s TCAS))
  - letadlo vysílá svou polohu na základě údajů z GPS
  - sestává ze dvou jednotek
    - ADS-B Out
      - periodicky vysílá informaci o letadle (identifikace, souřadnice, výška, rychlost, ...)
    - ADS-B In
      - možnost přijímat informace od ostatních letadel (z odpovídačů, resp. ADS-B Out)
      - možnost přijímat ze země další informace v rámci TIS-B (informace o provozu, získané z radaru a odpovídačů) a FIS-B (počasí, ATIS, NOTAMy, atd.- týká se pouze UAT datalinku, viz dále).

# Radiolokace

- letadlo musí být vybaveno dvěma komponentami
  - GPS
  - ADS-B datalink
    - mezinárodním standardem (ICAO) je implementace ADS-B Out do zprávy Mode S odpovídače jako tzv. “Extended Squitter”, označuje se jako 1090 ES
    - v USA je prosazován tzv. UAT datalink, určený pouze pro GA - je to dražší řešení, nekompatibilní s 1090 ES (zjednodušeně řečeno :), nutná instalace samostatného transceiveru (978 MHz), ale vyhrazený uplink se širším pásmem, umožňující posílat více informací

# Navigace

- NDB - Non Directional Beacon
  - nejstarší řešení, nosná na frekvenci 200 - 1700 kHz, přerušovaná pomocí frekvenční změny pouze telegrafickou značkou stanice
  - pomocí několika měření a triangulace určena poloha letadla



# Navigace

- VOR (VHF Omnidirectional Range) - zhruba od druhé poloviny 40. let
  - 108 - 117,95 MHz
  - k určení směru není nutná směrová anténa
  - vysílána dvojice signálů
    - první je vysílán rotující směrovou anténou (v praxi řešeno dvěma na sebe kolmými pevnými anténami, rotace je simulována složením jejich fázově posunutých signálů), čímž vzniká VF pole s amplitudovou modulací 30 Hz
    - druhý signál je vysílán o 10 kHz výše
      - nosná modulovaná frekvenčně na 30 Hz

# Navigace

- z fázového posunu obou signálů je určen azimut letadla od vysílače, tzv. radiál
- VOR dále vysílá svou identifikaci pomocí morseovky
- D-VOR - Doppler VOR
  - více odolný proti rušení, resp. zkreslení signálu objekty v blízkosti majáku
  - využívá Dopplerova principu
    - pomocí soustav antén, umístěných do kruhu, simuluje rotaci pohyblivé antény kolem všesměrové, opět rychlostí 30 rotací/s

# Navigace

- DME - Distance Measuring Equipment
  - doplněk VOR, určený k přesnějšímu určení vzdálenosti
  - 962 - 1213 MHz
  - pracuje na principu dotaz - odpověď, používá vždy dvě frekvence
  - letadlo vyšle sérii impulsů a DME jí 50 usec po přijetí pošle zpět
  - posílá telegrafickou identifikaci VOR, ke kterému je vázáno
- TACAN (VORTAC) - vojenská obdoba VOR/DME, využívaná dříve mimo jiné i raketoplány (3 přijímače v každém)

# Navigace



# Navigace

- ILS - instrument landing system
  - systém pro navigaci při přistání
  - soustava několika radiomajáků, hlídajících trajektorii a polohu letadla vůči VPD
  - hlídá se vzdálenost k prahu dráhy, pozice letadla vůči ose dráhy a sestupová rovina
    - MARKERY - tři vysílače, umístěné 7 km (outer marker), 1 km (middle marker) a 300 m (inner marker) od prahu dráhy
      - vysílají na frekvenci 75 MHz do směrové antény, směřující kolmo vzhůru
      - po jejich přeletění pilot dostane akustickou (pípnutí) a optickou signalizaci (semafor)



# Navigace

- LOCALIZER
  - soustava dvou anténních systémů, umístěných v ose dráhy za VPD. Úzce směrový horizontální paprsek 10 stupňů od osy je vysílán na vzdálenost cca 45 km v pásmu 108 - 112 MHz
  - jeden anténní systém je vychýlen lehce doleva od osy dráhy, druhý lehce doprava, do jednoho je vysílána nosná, modulovaná frekvencí 90 Hz, do druhého 150 Hz. V ose dráhy je úroveň obou signálů stejná



# Navigace

- GLIDE SLOPE
  - sestupový maják
  - umístěn vedle dráhy v bodu dosednutí letadla
  - stejný princip fungování jako LOCALIZER, jen je soustava otočena o 90 stupňů a udává odchylku od sestupové roviny
  - vysílá v pásmu 328 - 336 MHz
- třídy ILS
  - I, II, IIIa, IIIb, IIIc
  - různé úrovně ILS vybavení, podporující přistání za podmínek stejné kategorie (liší se dohledností)
  - pro přistání za podmínek ILS II je nutný radiovýškoměr, pro ILS III je nutný autopilot a přistání probíhá výhradně automaticky (lze přistát za nulové vertikální dohlednosti)

# Navigace

- GPS
  - postupně nahrazuje dosavadní radionavigační a radiolokační systémy
  - zatím stále funguje jen jako doplněk jiných způsobů navigace (srovnávací, inerciální, radiomajáky)

# Další systémy

- ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System)
  - systém pro přenos digitálních dat mezi letadlem a pozemní stanicí
  - využívá airband nebo satelitní linku
  - používá se hlavně ke komunikaci letadla s provozovatelem (aerolinkami)
  - stav letadla (telemetrie), stav senzorů na dveřích, podvozku, atd. -> průběh letu
  - ze země jsou posílány organizační informace (navazující lety, provozní informace aerolinek), meteorologické informace, atd.
- ELT (Emergency Locator Transmitter)
  - aktivuje se nárazem nebo manuálně
  - digitální (406 MHz - země, GPS, ID) nebo analogový (121,5) (airlinery stále monitorují)

