CANSAT- CATALUNYA 2026

Equip: ***SatPi26***

Pàgina projecte:
https://ja.cat/SatPi26

DESCRIPCIÓ DE LA FEINA DESENVOLUPADA

Segment de Vol (CanSat)

Unitat de Processament i Intel·ligència Artificial

El nucli del sistema es basa en una **Raspberry Pi Zero 2W**, seleccionada per la seva relació potència-consum. S'ha implementat un sistema de **visió per computador** mitjançant la **Camera Module 3** de 12 MP (FullHD).

Ens connectem a la placa mitjançant Raspberry Pi Connect en mode gràfic a distància mitjançant WIFI 2.4GHz.

- **Algorisme:** Ús de la llibreria **OpenCV** per al reconeixement i segmentació del terreny.
- **Entrenament:** El model ha estat entrenat mitjançant datasets d'imatges satel·litàries de **Google Earth**, optimitzant la detecció d'objectius des de grans altures.

Instrumentació i Telemetria (Missió Primària i Secundària)

Es gestiona l'adquisició de dades mitjançant diversos protocols de comunicació:

- **BMP280:** Sensor de pressió baromètrica i temperatura connectat via bus **I2C** per al càlcul de l'altitud relativa i la temperatura.



BMP280 I2C

- **GPS:** Mòdul de posicionament global per a l'obtenció de coordenades (latitud, longitud), altitud geodèsica i velocitat, comunicat mitjançant **interfície sèrie (UART)**.


GPS Neo 7M

- **Gestió de dades:** Emmagatzematge redundant en format **CSV** a la targeta SD local de la Raspberry Pi Zero i transmissió en temps real en LORA.
- **Enregistrament de vídeo:** Enregistrament de vídeo a la tarja SD de la raspberry Pi, es decideix gravació a 720p per no saturar el processament.

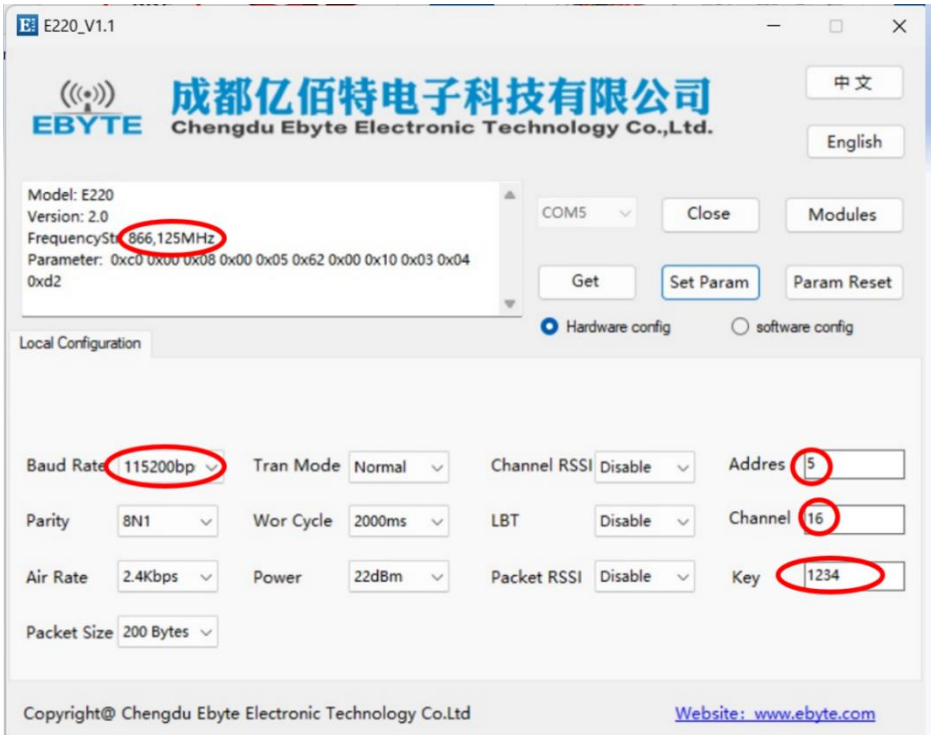
Sistema de Transmissió de Dades

S'han implementat dues vies de comunicació paral·leles:



LORA E220 a sèrie

Enllaç de ràdio Lora: Mitjançant el mòdul **E220**, configurat a una freqüència de **866.125 MHz** (Canal 16, Adreça 5). S'ha aplicat un protocol d'encriptació per garantir la integritat i privacitat de la telemetria.

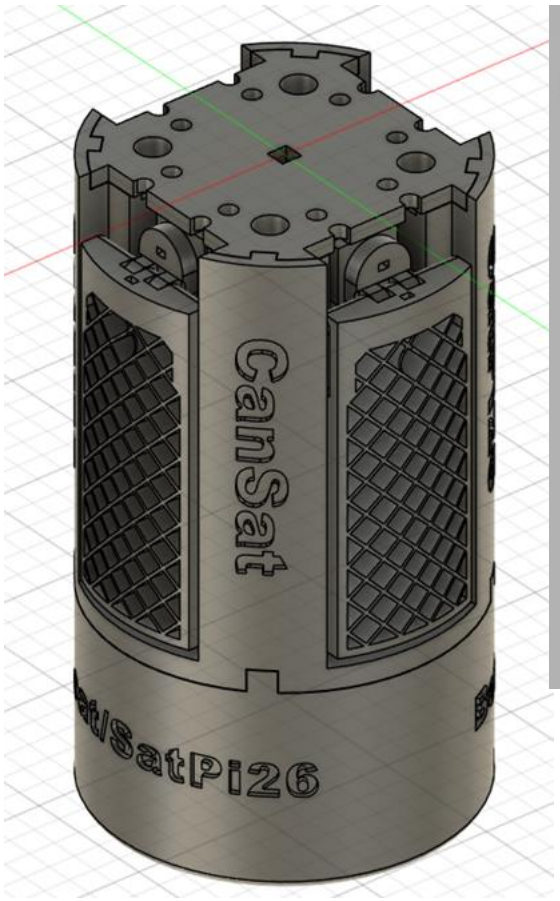


Aplicació configuració targeta E220

Enllaç Wi-Fi d'alt abast: Connexió de dades d'alta velocitat per a la gestió remota amb antena TP-Link CPE210 - CPE de Exterior de 9dBi en 2.4GHz a 300Mbps en mode Expander.

Disseny Mecànic i Aerodinàmica

- **Estructura:** Dissenyada amb **Autodesk Fusion 360**. El xassís incorpora quatre aletes de geometria complexa per al control d'orientació.





- **Actuadors:** Dos servomotors de 9g controlen els eixos X (azimut) i Y (elevació) de les superfícies de control.
- **Sistema de Recuperació:** Després de diverses iteracions, s'ha seleccionat un **paracaigudes en creu** de color d'alta visibilitat. Aquest disseny minimitza les oscil·lacions i permet alinear el flux d'aire amb les aletes per millorar l'estabilitat del descens. El desplegament de les aletes es realitza mecànicament de forma sincronitzada amb l'obertura del paracaigudes.





Segment de Terra (Ground Station)

Programari de Control i Monitoratge

L'estació de terra s'ha desenvolupat també en **Python**, permetent la visualització de telemetria en temps real **FUNCIONAMENT**:

- **Paràmetres monitorats:** Coordenades GPS, dades ambientals (P, T), telemetria d'altitud, timestamp del sistema i estat dels servomotors.
- **Sincronització:** Les dades es repliquen en temps real en un repositori **GitHub** per al seguiment remot i anàlisi post-vol.

Infraestructura de Comunicacions

- **Sistema d'Antenes:** Trípode d'alta estabilitat per a l'antena Lora.
- **Extensor de Rang:** S'utilitza un punt d'accés exterior **TP-Link CPE210** (9dBi, 2.4GHz) en mode *expander* per assegurar l'enllaç de banda ampla amb la Raspberry Pi Zero 2W del CanSat.

Maquinari de Suport

- **Estructura:** Suport xassís per a l'ordinador de control fet mitjançant **tall làser**. El disseny inclou una visera de protecció solar per garantir la llegibilitat de la pantalla en condicions d'alta lluminositat exterior (talladora làser Aula FAIG).

Gestió Energètica

S'ha realitzat un **balanç de potències** detallat de tots els components (SBC, sensors, ràdio i servos). El sistema està dimensionat per oferir una autonomia operativa d'aproximadament **4 hores**, garantint la integritat de la missió des de la preparació fins a la recuperació.

Amb multímetre en sèrie a l'alimentació del sistema ens surt un consum màxim amb tot funcionant de no arriba a 400mA això a 5V són menys de 2W

La bateria escollida és del tipus recarregable de 9V, 13500 mWh, 9 V, alta capacitat, amb cable de carrega ràpida USB-C

13500 mWh /9 V = 1500 mAh
1500mAh / 2000 mW = 0,75 h
2 X 0,75h = 1,5 h = 1h 30min en el pitjor dels casos.

Al ser recarregables d'ions de liti, acompleix con las especificacions de no LiPo.



2x 13500mWh 9V paral·lel

Com a pla B disposem de 2 bateries 6LR61 Alcalines en paral·lel.



2x 6LR61 9V paral·lel

EINES QUE HEM FET SERVIR

Eines i Programari Utilitzats

Per al desenvolupament del projecte, s'ha emprat un ecosistema d'eines especialitzades que han permès cobrir des del disseny mecànic fins a la gestió de dades en temps real:

Disseny i Fabricació Mecànica

- **Fusion 360 (Autodesk):** Utilitzat com a eina principal de **disseny assistit per ordinador (CAD)** per a la modelització en 3D de l'estructura del CanSat, garantint l'ajust precís dels components interns.
- **Beam Studio:** Programari de control i gestió de **tall làser** per a la fabricació de les peces estructurals en 2D, optimitzant el reaprofitament de material i la precisió de tall.

Desenvolupament de Programari (Stack Tecnològic)

- **Python:** Llenguatge vehicular del projecte, implementat en tres eixos principals:
    1. **Programari de vol:** Gestió de la intel·ligència artificial a bord, telemetria de sensors i transmissió de paquets de dades.
    2. **Estació de Terra (Ground Station):** Processament de la recepció de dades en remot.

3. **Visualització en temps real:** Implementació de dashboards per a la monitorització de dades en viu (integrat amb repositoris de **GitHub** per al control de versions i desplegament).

Electrònica i Control

- **Fritzing:** Emprat per al disseny dels **esquemes elèctrics** i la planificació de les connexions del PCB i la protoboard, facilitant la documentació del hardware.

Gestió i Planificació

- **Google Workspace (Eines Cloud):** S'han utilitzat aplicacions en el núvol per a la creació de **diagrames de Gantt** (planificació temporal) i **diagrames de flux** (lògica de programació), permetent el treball col·laboratiu i síncron de l'equip (al CDR).

ACCIONS DE DIFUSIÓ

Suport extern

El projecte SatPi-2026 compta amb el suport de diverses iniciatives i canals de difusió que contribueixen a augmentar la seva visibilitat i el seu valor educatiu. Aquestes col·laboracions no només ajuden a donar a conèixer el projecte, sinó que també aporten recursos, experiència i noves perspectives als participants.

D'una banda, destaca especialment la col·laboració amb el programa EduCaixa, que ha facilitat una estada d'un mes (20 hores) d'una alumna del programa MISTI del MIT,Jay Mancera. Aquesta experiència ha suposat una gran oportunitat per als alumnes del projecte, ja que han pogut treballar amb una estudiant amb formació internacional i accés a metodologies de treball avançades. La seva participació ha contribuït a millorar aspectes tècnics del projecte, així com a introduir noves idees i enfocaments en el desenvolupament de la Ground Station. A més, aquesta col·laboració ha fomentat un entorn d'aprenentatge més enriquidor, basat en l'intercanvi de coneixements i en el treball en equip en un context global. El contacte amb el programa MISTI del MIT també aporta prestigi al projecte, reforçant la seva qualitat i el seu caràcter innovador dins de l'àmbit educatiu i tecnològic.

Programa de Difusió i Patrocini

Pel que fa a la difusió, el projecte disposa de diverses plataformes digitals que permeten compartir-ne el desenvolupament i els resultats amb el públic. La pàgina web oficial (https://ja.cat/SatPi26) actua com a espai central d'informació, mentre que el perfil d'Instagram (https://www.instagram.com/satpi.bernat) facilita la comunicació de novetats, avenços i continguts visuals de manera dinàmica i accessible.

APRENENTATGES ASSOLITS

Enginyeria de Sistemes i Computació Avançada

- **Integració de Single Board Computers (SBC):** Heu après a gestionar una **Raspberry Pi Zero 2W**, un salt important respecte als microcontroladors tipus Arduino o ESP32, ja que implica gestionar un sistema operatiu Linux en un entorn crític.
- **Intel·ligència Artificial Aplicada:** L'ús de **OpenCV** per a la segmentació del terreny i l'entrenament de models amb imatges satel·litàries de Google Earth representa un aprenentatge d'alt nivell en visió per computador i *machine learning*.
- **Gestió de Protocols de Comunicació:** Heu dominat la coexistència de múltiples busos de dades: **I2C** (BMP280), **UART/Sèrie** (GPS), i la comunicació de llarg abast **LoRa** (E220) amb encriptació de dades.

Telecomunicacions i Xarxes

- **Xarxes d'Alt Abast:** Configuració de sistemes **Wi-Fi 2.4GHz** en condicions extremes mitjançant antenes direccionals (**TP-Link CPE210**) i mode *Expander*.
- **Telemetria en Temps Real:** Desenvolupament de programari (Python) tant per al segment de vol com per a la **Ground Station**, aprenent a sincronitzar dades locals (CSV en SD) amb el núvol (**GitHub**) de forma síncrona.

Disseny Mecànic i Aerodinàmica

- **Disseny CAD i Fabricació Digital:** Ús professional d'**Autodesk Fusion 360** per a estructures 3D i **Beam Studio** per a tall làser. Heu après la importància de la precisió mecànica per encabir tota l'electrònica en un espai tan reduït.
- **Control de Vol Actiu:** L'ús de servos per controlar l'azimut i l'elevació de les aletes és un aprenentatge d'aerodinàmica avançada, passant d'un descens passiu a un **aterratge controlat**.
- **Sistemes de Recuperació:** Estudi d'estabilitat mitjançant el disseny de paracaigudes en creu per minimitzar oscil·lacions.

Gestió Energètica i Física Aplicada

- **Balanç de Potències:** Heu après a calcular el consum real ($P = V \cdot I$) amb multímetre per dimensionar bateries de Liti de 9V (13500 mWh).
- **Càlcul d'Autonomia:** Estimació de temps de vida de la missió (aprox. 1,5 h en el pitjor dels casos) i planificació de sistemes redundants (Pla B amb alcalines 6LR61).

Aprenentatges Transversals i Soft Skills

- **Col·laboració Internacional:** El treball amb l'alumna del **MIT (MISTI)** us ha donat una perspectiva global i metodologies de treball d'alt rendiment.
- **Gestió de Projectes (Filosofia FAIG):** Ús d'eines de planificació com **diagrames de Gantt** i fluxogrames a Google Workspace.
- **Ètica i Comunitat:** La decisió de compartir codis i esquemes en obert (Open Source) fomenta la col·laboració científica i el retorn a la comunitat educativa.

CONCLUSIONS OBTINGUDES

Cronologia de l'Operativa de Vol

La jornada del llançament es va iniciar amb la verificació del **Segment de Vol** en configuració oberta, confirmant l'estabilitat dels enllaços de telemetria i el

correcte funcionament dels sensors. A les **10:28:03**, es va procedir a l'encapsulament del CanSat amb l'alimentació interna (bateries de Li-ion de 9V), amb una autonomia teòrica calculada per a un marge superior a les 2 hores. En el moment del segellat, la temperatura interna del xassís ja registrava **34,74 °C**.

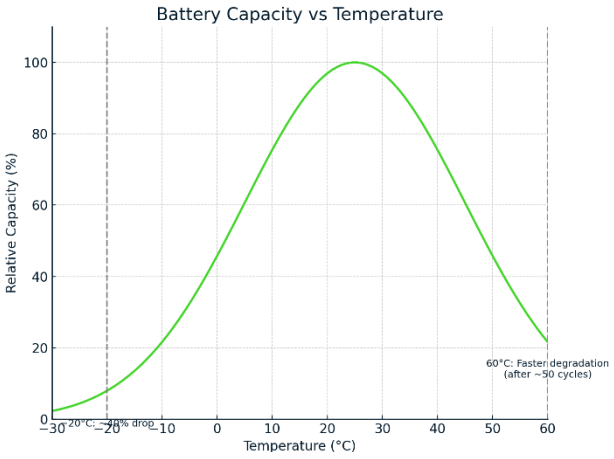
A causa de factors externs aliens a l'equip —trànsit aeri a l'aeroport adjacent, protocols de seguretat per la presència de vianants i la pròpia seqüència de llançament (Coet 3)—, el moment de l'enlairament es va retardar fins a les **12:29:52**.

Anàlisi de la Fallida del Sistema (Power Loss)

Durant el període d'espera en rampa, es va monitorar un increment progressiu de la temperatura interna a causa de l'efecte hiveracle del xassís i la dissipació tèrmica de la **Raspberry Pi Zero 2W**. A les **12:02:09**, amb una temperatura crítica de **51,01 °C**, es va perdre el senyal de telemetria (LoRa i Wi-Fi).

L'anàlisi post-vol confirma que el CanSat va esgotar l'energia 27 minuts abans de l'enlairament. S'han identificat dos factors determinants en la degradació de l'autonomia:

- **Eficiència Tèrmica:** El rendiment de les bateries de liti es veu greument compromès a altes temperatures. S'estima que a 51 °C, la capacitat de descàrrega útil va disminuir fins a un 33%.



Font: EBL batterie

- **Consum en espera:** El consum constant del sistema de visió per computador i els enllaços de ràdio durant el retard imprevist de dues hores va exhaurir el marge de seguretat energètica.

Rendiment Mecànic i Aerodinàmic

Malgrat la pèrdua de dades digitals, la missió va ser un èxit des del punt de vista de l'**enginyeria mecànica**:

- **Recuperació:** El sistema de paracaigudes en creu va demostrar una alta

estabilitat, amb un temps de descens que s'ajusta als càlculs teòrics.

- **Localització:** L'aterratge es va produir en la zona prevista, validant el disseny aerodinàmic i la visibilitat de l'equip gràcies a la selecció cromàtica del paracaigudes.

Lliçons Apreses i Millores de Disseny

Aquesta experiència ha proporcionat aprenentatges crítics per a futures iteracions del projecte:

1. **Gestió Tèrmica:** És imperatiu incloure sistemes de ventilació activa o passiva (reixetes de transferència de calor) per evitar l'acumulació tèrmica en entorns tancats.
2. **Redundància Energètica:** Cal un sobredimensionament del balanç de potències que contempli retards operatius superiors a les dues hores en rampa de llançament.
3. **Protocol de Proves:** Les proves de descàrrega de bateria (*stress test*) s'han de realitzar sempre en la configuració final (xassís tancat i condicions tèrmiques reals) per obtenir dades d'autonomia nominals fiables.

L'equip **SatPi26** valora molt positivament l'experiència. Tot i la decepció de no enregistrar les dades del vol, la identificació precisa de la fallida ens ha permès comprendre la complexitat de les missions aeroespacials on la finestra d'oportunitat és mínima.

Experiència prèvia en CanSat:

- 2025 **NovaSat25** (1r batxi – ESP32STEAMAKER)
- 2025 **Nadir3X** (3r ESO - MicroBit)
- 2024 **MolinsSat** (1r batxi – ESP32STEAMAKER)
- 2024 **STEMpreparades** (3r ESO – MicroBit)
- 2022 **BernatSpace** (4t d'ESO – ESP32CAM IA Wifi 5G)
- 2020 **Arstotsk** (4t d'ESO – Arduino nano i mòdul Lora)
- 2020 **ElectroBernat** (2n batxillerat - Arduino MKR WAN 1310 Lora)