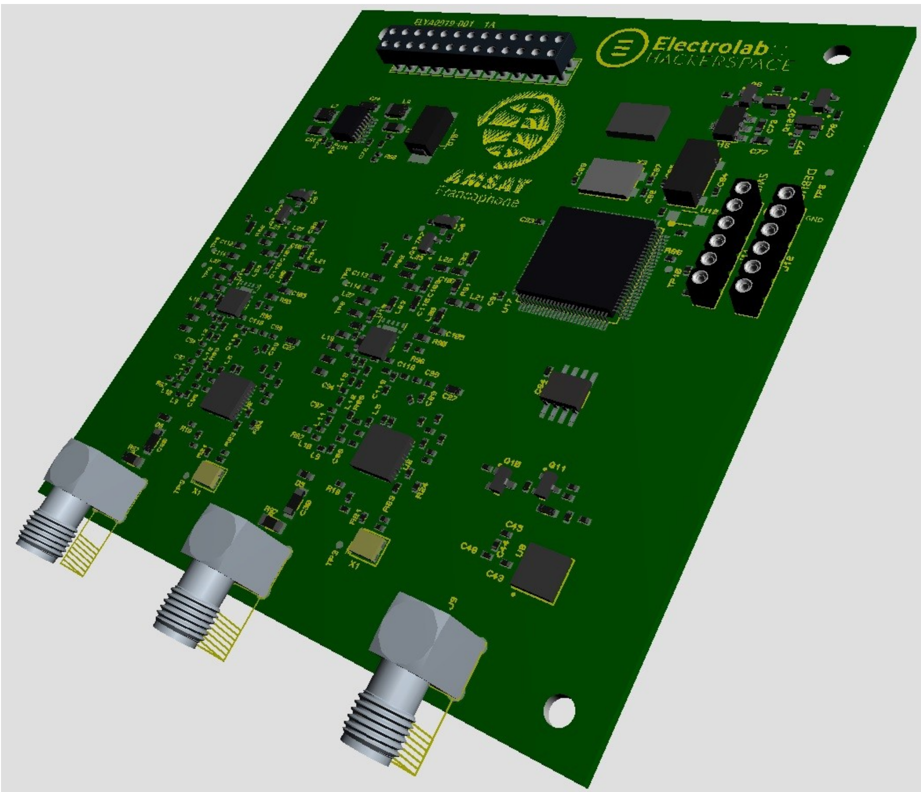
Electrolab :: HACKERSPACE

Conception d'une carte de communication open source pour cubesat

Journées Spatial Radioamateur
Dimanche 8 mars 2019

Sommaire



Partenariat Electrolab - AMSAT-Francophone

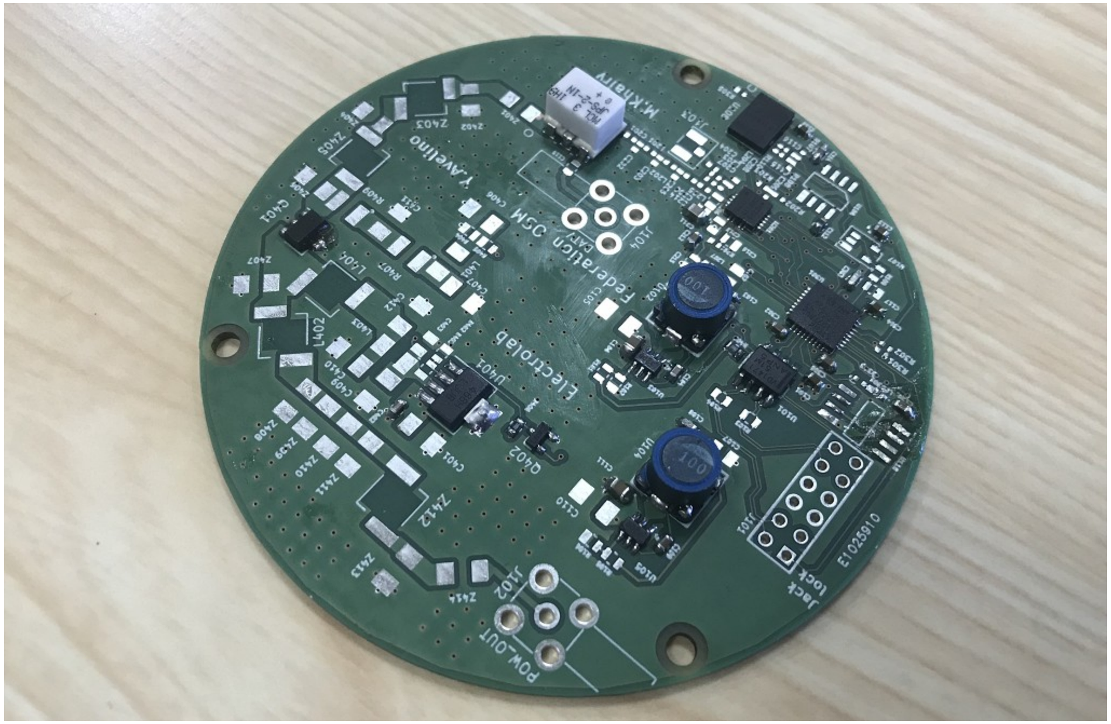
Au programme :

- **Historique**
- **Le cahier des charges**
- **Choix système**

Historique

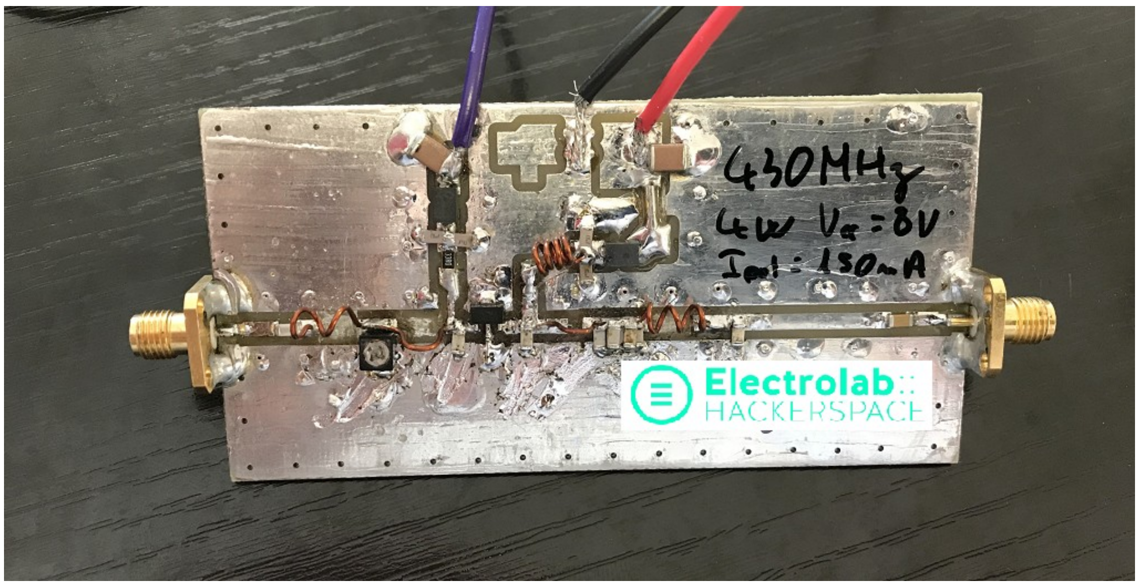
Carte télécom Open pour Cubesat
Historique

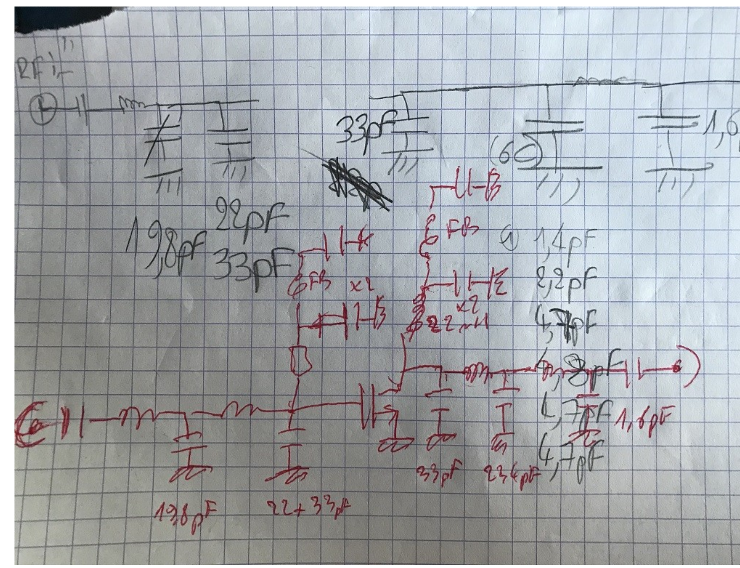
Tout commence avec des besoins de télémétrie pour une « Fusex »



Carte télécom Open pour Cubesat
Historique

Et le développement d'un petit ampli UHF

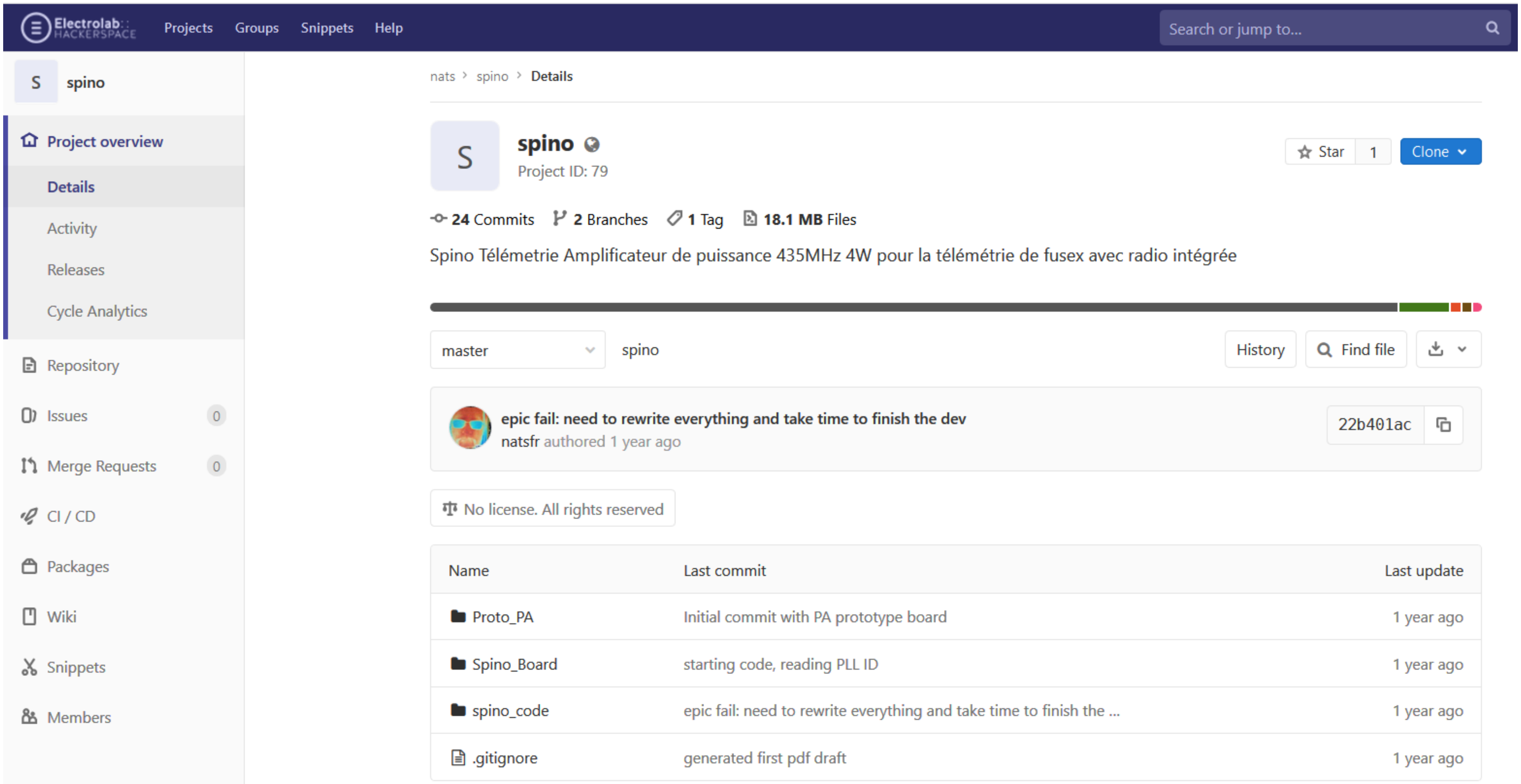




Validé sur balises Argos (bouées dérivantes dans l'atlantique nord depuis mi-2019)

Carte télécom Open pour Cubesat
Historique

Open source sur le gitlab de l’Electrolab



Carte télécom Open pour Cubesat

Historique

Et à la même période…

19 mai 2017

X-CUBESAT ET SPACECUBE ONT ÉTÉ MIS EN ORBITE DEPUIS L'ISS

Le lancement des deux nanosatellites est un succès, celui de la recherche et de l'enseignement.

Le double cubesat de l'école Polytechnique (X-Cubesat) a été mis en orbite à partir de la Station Internationale le 17 mai à 3h45 (locale). Le cubesat fonctionne, les premières télémesures de servitude ont été reçues par une station radio amateur située au Pays-Bas et transmises à l'école Polytechnique.

Quant au double cubesat de l'école des Mines de Paris, Spacecube, il a été mis en orbite à partir de l'ISS le 18 mai à 10h25 (heure locale). Il n'y a pas encore de télémesure, le premier passage devant avoir lieu dans la nuit du 18 au 19 mai sur la station sol située à l'école Polytechnique.

Le cahier des charges

Carte télécom Open pour Cubesat
Cahier des charges

- Brique pré-validée open source disponible sur étagère
- Maximiser la compatibilité
  → Format PC-104
  → interface simple (UART)
  → large gamme de tension d'alimentation
- Opérer dans les bandes du service d'amateur
  → VHF (144-146MHz)
  → UHF (430-440MHz)
- Puissance < 4W
- Maximiser la fiabilité
- Maîtriser la consommation (en particulier en idle pour résister aux situations de défaut)

Carte télécom Open pour Cubesat
Cahier des charges

Maximiser la fiabilité :

- Effet de dose / Total Ionising Dose :

Les effets de dose (ou dose totale) sont liés à l'accumulation de charges électriques au sein des différentes couches des composants. Ces effets sont cumulatifs et la manifestation de leurs effets peut être plus ou moins longue.
En pratique : les courants de fuite des semi-conducteurs augmentent avec le temps...

- Effet singulier / Single-event Effect :

Contrairement aux effets de dose qui sont cumulatifs, les effets singuliers sont liés à l'interaction d'une unique particule chargée à haute énergie (1MeV - X GeV : ion lourd, proton à haute énergie, …) avec le composant. Ces effets peuvent soit être transitoires (Single Event Upset / SEU) ou permanents (Single Event Latchup / SEL).
En pratique : défaillance des semi-conducteurs…

- Une stratégie commune : limiter la surface de die !

Carte télécom Open pour Cubesat

Cahier des charges

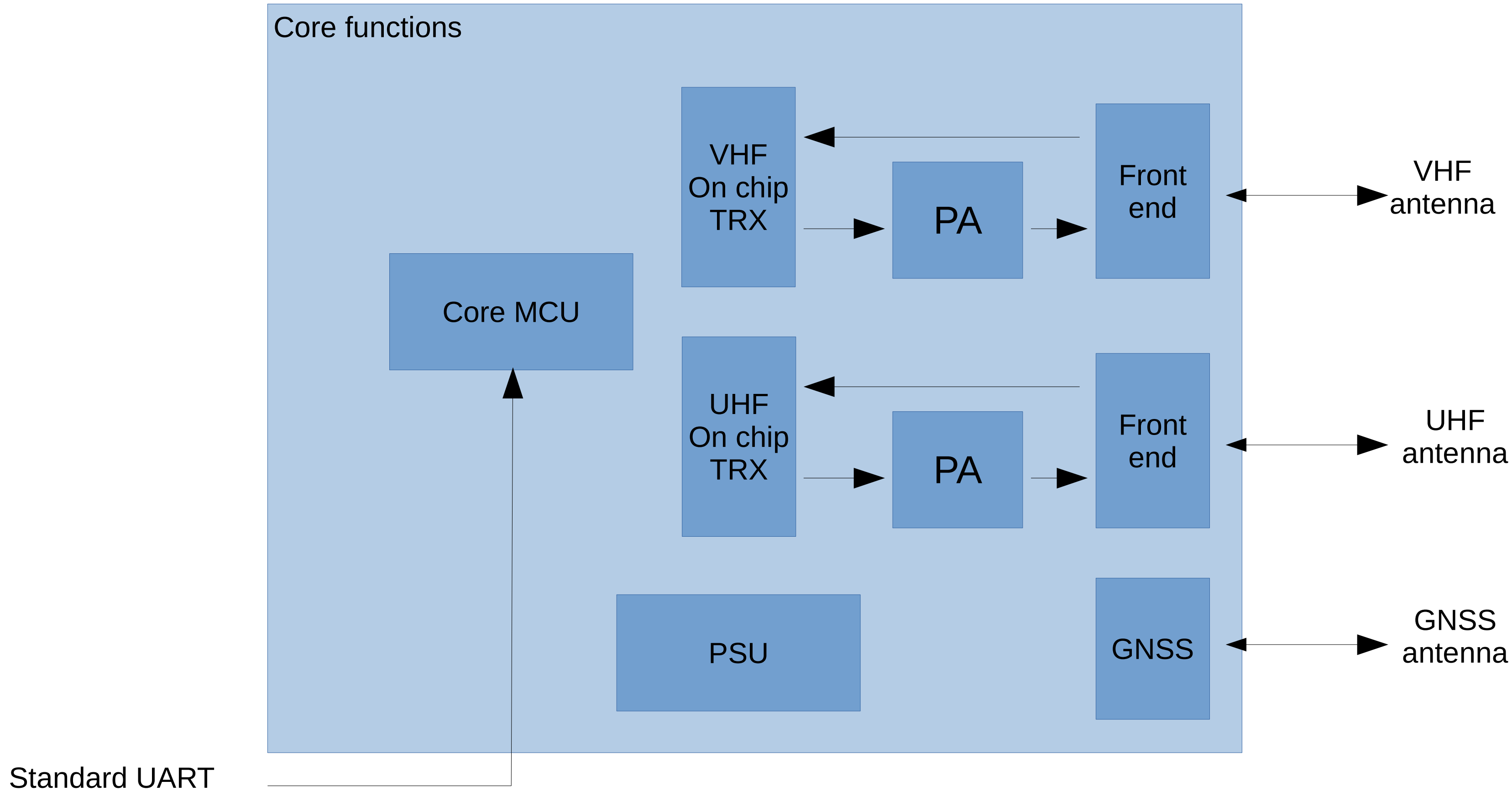
Applications amateur :

- Transpondeur numérique
- Mailbox
- Data downtream…
- L’accès aux IQ numériques des transceivers permet des applications expérimentales SDR sur quelques dizaines de kHz de large...

Choix système

Carte télécom Open pour Cubesat

Choix système



Carte télécom Open pour Cubesat
Choix système

Transceiver :

SILICON LABS

Si4464/63/61/60

HIGH-PERFORMANCE, LOW-CURRENT TRANSCEIVER

Features

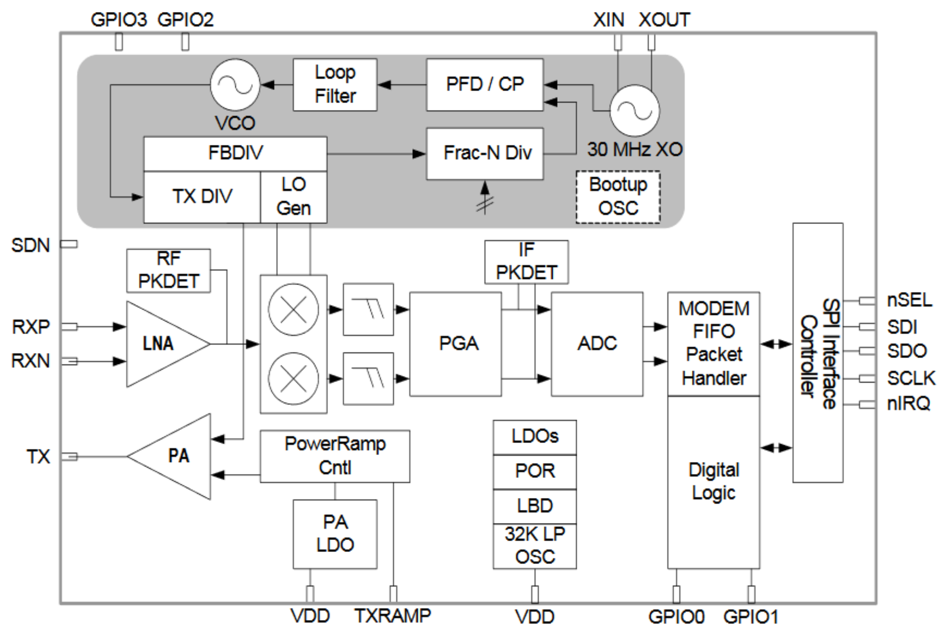
- Frequency range = 119–1050 MHz
- Receive sensitivity = –126 dBm
- Modulation
  - (G)FSK, 4(G)FSK, (G)MSK
  - OOK
- Max output power
  - +20 dBm (Si4464/63)
  - +16 dBm (Si4461)
  - +13 dBm (Si4460)
- PA support for +27 or +30 dBm
- Low active power consumption
  - 10/13 mA RX
  - 18 mA TX at +10 dBm (Si4460)
- Ultra low current powerdown modes
  - 30 nA shutdown, 50 nA standby
- Data rate = 100 bps to 1 Mbps
- Fast wake and hop times
- Power supply = 1.8 to 3.6 V
- Excellent selectivity performance
  - 60 dB adjacent channel
  - 75 dB blocking at 1 MHz
- Antenna diversity and T/R switch control
- Highly configurable packet handler
- TX and RX 64 byte FIFOs
- Auto frequency control (AFC)
- Automatic gain control (AGC)
- Low BOM
- Low battery detector
- Temperature sensor
- 20-Pin QFN package
- IEEE 802.15.4g compliant
- FCC Part 90 Mask D, FCC part 15.247, 15,231, 15,249, ARIB T-108, T-96, T-67, RCR STD-30, China regulatory
- ETSI Class-I Operation with SAW

Carte télécom Open pour Cubesat
Choix système

Transceiver :

Si4464/63/61/60

Functional Block Diagram



Possibilité d'I/O IQ numérique
pour imaginer des fonctions exotiques !

Product	Freq. Range	Max Output Power	TX Current	RX Current
Si4464	Banded 119–960 MHz	+20 dBm	915 MHz: 85 mA	10.6/13.6 mA
Si4463	Major bands 142-1050 MHz	+20 dBm	169 MHz: 70 mA 915 MHz: 85 mA	10/13 mA
Si4461	Major bands 142-1050 MHz	+16 dBm	+13 dBm: 29 mA +14 dBm: 33 mA	10/13 mA
Si4460	Major bands 142-1050 MHz	+13 dBm	+10 dBm: 18 mA +11 dBm: 20 mA	10/13 mA

Synthesizer Frequency Resolution (Si4464)[3]	$F_{RES\text{-}960}$	705–960 MHz	—	28.6	—	Hz
	$F_{RES\text{-}639}$	470–639 MHz	—	19.1	—	Hz
	$F_{RES\text{-}479}$	353–479 MHz	—	14.3	—	Hz
	$F_{RES\text{-}319}$	235–319 MHz	—	9.5	—	Hz
	$F_{RES\text{-}239}$	177–239 MHz	—	7.1	—	Hz
	$F_{RES\text{-}159}$	119–159 MHz	—	4.7	—	Hz

Carte télécom Open pour Cubesat
Choix système

PA VHF et UHF :

. .'eescale Semiconductor
Technical Data

Document Number: AFT05MS004N
Rev. 0, 7/2014

√RoHS

RF Power LDMOS Transistor
High Ruggedness N–Channel Enhancement–Mode Lateral MOSFET

Designed for handheld two–way radio applications with frequencies from 136 to 941 MHz. The high gain, ruggedness and wideband performance of this device make it ideal for large–signal, common–source amplifier applications in handheld radio equipment.

Narrowband Performance (7.5 Vdc, T_A = 25°C, CW)

Frequency (MHz)	G_{ps} (dB)	η_D (%)	P_{out} (W)
520 (1)	20.9	74.9	4.9

Wideband Performance (7.5 Vdc, T_A = 25°C, CW)

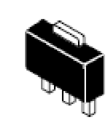
Frequency (MHz)	P_{in} (W)	G_{ps} (dB)	η_D (%)	P_{out} (W)
136–174 (2)	0.10	17.8	61.8	6.1
350–520 (3)	0.12	15.4	49.4	4.2

Load Mismatch/Ruggedness

Frequency (MHz)	Signal Type	VSWR	P_{in} (W)	Test Voltage	Result
435 (3)	CW	> 65:1 at all Phase Angles	0.24 (3 dB Overdrive)	9.0	No Device Degradation

AFT05MS004NT1

136–941 MHz, 4 W, 7.5 V WIDEBAND RF POWER LDMOS TRANSISTOR



SOT-89

Carte télécom Open pour Cubesat
Choix système

MCU :

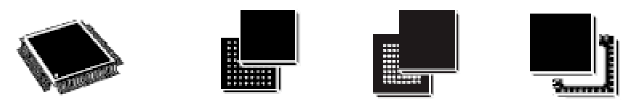
STM32L451xx

Ultra-low-power Arm® Cortex®-M4 32-bit MCU+FPU, 100DMIPS, up to 512KB Flash, 160KB SRAM, analog, audio

Datasheet - production data

Features

- Ultra-low-power with FlexPowerControl
  - 1.71 V to 3.6 V power supply
  - -40 °C to 85/125 °C temperature range
  - 145 nA in V_{BAT} mode: supply for RTC and 32x32-bit backup registers
  - 22 nA Shutdown mode (5 wakeup pins)
  - 106 nA Standby mode (5 wakeup pins)
  - 375 nA Standby mode with RTC
  - 2.05 µA Stop 2 mode, 2.40 µA with RTC
  - 84 µA/MHz run mode
  - Batch acquisition mode (BAM)
  - 4 µs wakeup from Stop mode
  - Brown out reset (BOR)
  - Interconnect matrix
- Core: Arm® 32-bit Cortex®-M4 CPU with FPU, Adaptive real-time accelerator (ART Accelerator™) allowing 0-wait-state execution



LQFP100 (14x14) LQFP64 (10x10) | UFBGA100 (7x7) UFBGA64 (5x5) | WLCSP64 | UFQFPN48 (7x7)

- Up to 83 fast I/Os, most 5 V-tolerant
- RTC with HW calendar, alarms and calibration
- Up to 21 capacitive sensing channels: support touchkey, linear and rotary touch sensors
- 12x timers: 1x 16-bit advanced motor-control, 1x 32-bit and 3x 16-bit general purpose, 2x 16-bit basic, 2x low-power 16-bit timers (available in Stop mode), 2x watchdogs, SysTick timer
- Memories
  - Up to 512 KB single bank Flash, proprietary code readout protection
  - 160 KB of SRAM including 32 KB with hardware parity check
  - Quad SPI memory interface

Carte télécom Open pour Cubesat

Choix système

Alimentation :

3-Channel, Integrated Ultralow Power Solution with Dual Buck Regulators and Load Switch

Data Sheet **ADP5310**

FEATURES

- Wide input voltage range: 2.7 V to 15.0 V
- 700 nA quiescent current when EN1 = SYNC/MODE = low
- ±1.5% output accuracy over full temperature range in PWM mode
- 600 kHz (or 1.2 MHz) switching frequency with optional synchronization input from 400 kHz to 1.4 MHz
- Channel 1: 800 mA buck regulator
  - Automatic PSM/PWM or forced PWM mode via factory fuse
  - 100% duty cycle operation mode
  - Adjustable/fixed output options via factory fuse
  - Power-good flag
- Channel 2: ultralow power buck regulator
  - Selectable hysteresis or PWM operation mode
  - Output current up to 50 mA in hysteresis mode, 300 mA in PWM mode with 100% duty cycle operation mode
  - Low noise at 0.8 V reference in PWM mode
  - Adjustable/fixed output voltage options via factory fuse
- Channel 3: high-side load switch
  - Low $R_{DS(ON)}$ of 494 mΩ at V_{OUT3} = 2.5 V
- Quick output discharge (QOD) option
- UVLO, OCP, and TSD protection
- 16-lead TSSOP_EP package
- −40°C to +125°C operational junction temperature

TYPICAL APPLICATION CIRCUIT

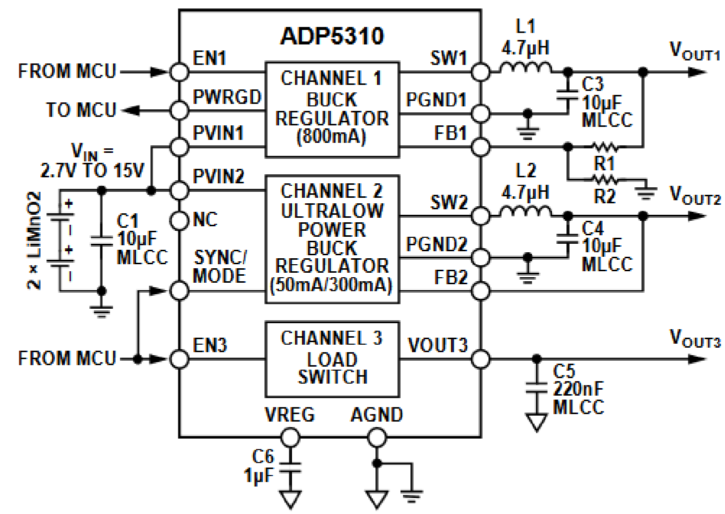


Figure 1.

Carte télécom Open pour Cubesat
Choix système

Connecteur PC/104 :

Tyco Electronics

AMPMODU Interconnection System

PC/104-*Plus*, Press-Fit

Material and Finish

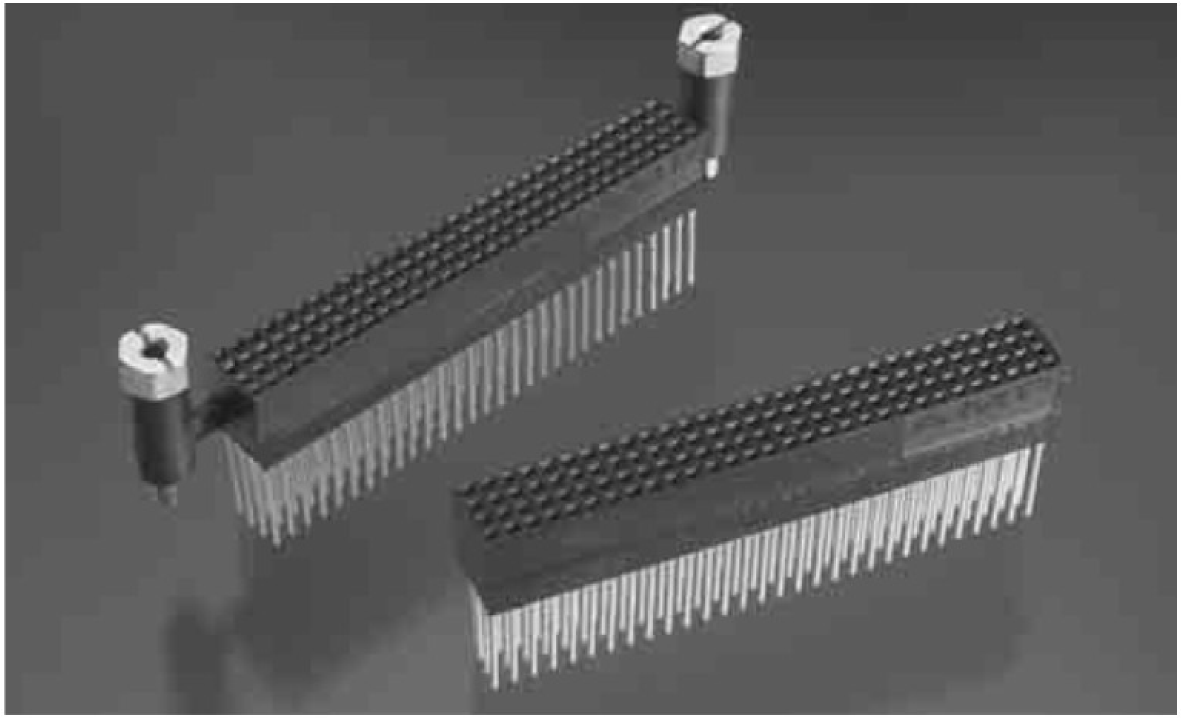
Housing — Glass filled thermoplastic, Black, 94V-0 rated

Contacts

Stackthrough — Phosphor Bronze; plated .000015 [0.00038] min. Gold on mating receptacle end, .000005 [0.000130] min. Gold on remainder, all over .000050 [0.00127] Nickel
or
Phosphor Bronze; plated .000015 [0.00038] min. Gold on mating receptacle end, .000100-.000200 [0.000254-.00508] matte tin on compliant section, .000005 {0.000130] min. Gold on remainder of post, all over .000050 [0.00127] Nickel

Non-Stackthrough — Phosphor Bronze; plated .000015 [0.00038] min. Gold on mating receptacle end, .000100 [0.00254] matte tin or tin-lead on remainder, all over .000050 [0.00127] Nickel

Screwlocks — Steel, Clear Chromate over Zinc



Stackthrough, No Standoffs
Gold plated contacts*
Part No. 1375799-1 (unkeyed)
Part No. 1375799-2 (keyed-A1) per PC/104-*Plus* specification
Part No. 1375799-3 (keyed-D30) per PC/104-*Plus* specification

Non-Stackthrough, No Standoffs
Tin-lead plated tails*
Part No. 1375800-1 (unkeyed)
Part No. 1375800-2 (keyed-A1) per PC/104-*Plus* specification
Part No. 1375800-3 (keyed-D30) per PC/104-*Plus* specification

Carte télécom Open pour Cubesat
Choix système

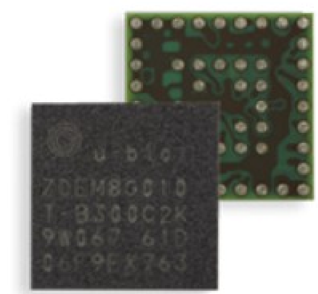
Option GNSS
Discussions avec Ublox pour firmware « LEO compliant » (cf Astrocast)

ublox

ZOE-M8 series
Ultra small u-blox M8 GNSS SiPs

Ultra small GNSS SiPs (System in Package) with superior performance

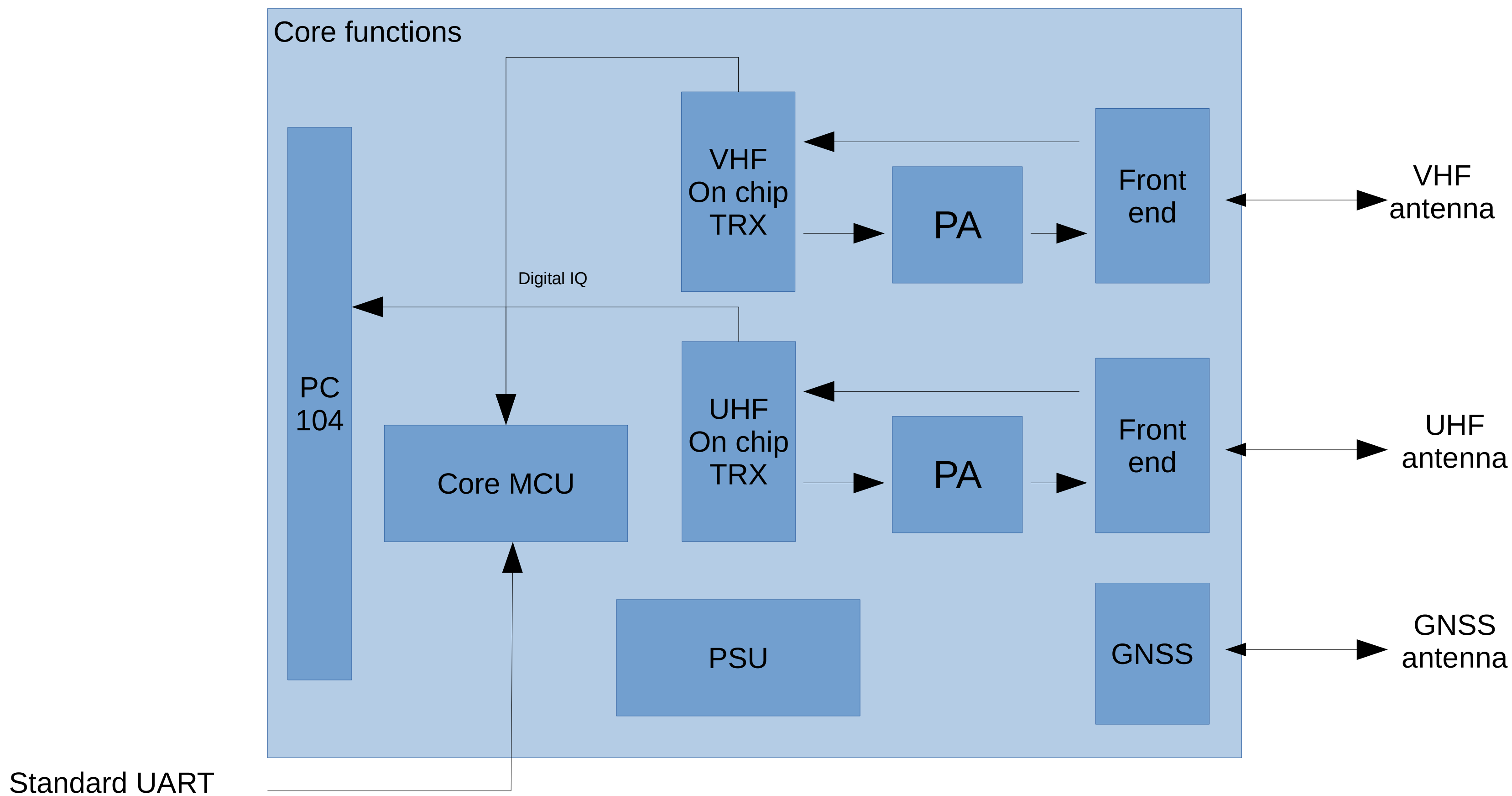
- Ultra small size SiP 4.5 mm x 4.5 mm x 1.0 mm
- Fully integrated and complete solution, reducing total design efforts
- Ideal for passive antennas, due to built-in SAW and LNA
- High accuracy thanks to concurrent reception of up to 3 GNSS
- –167 dBm sensitivity for reliable positioning in challenging conditions



4.5 x 4.5 x 1 mm

Carte télécom Open pour Cubesat

Choix système



Carte télécom Open pour Cubesat

Choix système