



LabOSat (*acrónimo de “Laboratory-On-a-Satellite”*) es una plataforma electrónica programable, portátil, liviana, de bajo costo y universal que permite realizar experimentos y ensayos para la validación de dispositivos electrónicos en ambientes hostiles (por ej. entornos con radiación ionizante, como los que se encuentran en la industria nuclear o aeroespacial). Está conformado por un grupo de científicos e investigadores de cuatro Instituciones Públicas de Ciencia y Tecnología (UBA, UNSAM, INTI y CNEA), varios de ellos pertenecientes al CONICET.

HISTORIA

La primer versión de LabOSat (MeMOSat-01) fue diseñada con el objetivo de ensayar celdas de memorias no volátiles tipo ReRAM basadas en HfO_2 en de satélites del tipo CubeSat. En junio de 2014 se lanza MeMOSat-01 a bordo del satélite “Tita” (BugSat-1), la que está operativa luego de 4 años en órbita.

La versión actual de la plataforma (LabOSat-01) incluye cambios de diseño y está siendo utilizada tanto para estudiar memorias tipo ReRAM basadas en diferentes óxidos, como $\text{La}_{1/3}\text{Ca}_{2/3}\text{MnO}_3$ y TiO_2 (fabricadas en CNEA, INTI y el Laboratorio Ibérico de Nanotecnología, Portugal) e $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (fabricadas en Universidad de Turku, Finlandia), como para ensayar transistores de ZnO (fabricados en el Instituto nanoGune de San Sebastián, España) y dosímetros comerciales (caracterizados por el grupo de FI-UBA -Argentina).

Participación en lanzamientos de la empresa Satellogic (www.satellogic.com):

Lanzamiento	Satélite	LabOSat	Status	Muestras
jun-14	TiTA @ (567;612) km	MeMOSat-01	ok	HfO2/Dosímetros
may-16	Fresco @ (481;501) km	LabOSat-01	ok	LCMO/TiO2/Dosímetros
may-16	Batata @ (481;501) km	LabOSat-01	NS/NC	LCMO/TiO2/Dosímetros/Transistores-ZnO
jun-17	Milanesat @ (481;501) km	LabOSat-01	ok	LSMO/TiO2/Dosímetros/YBCO/Transistores-ZnO
feb-18	Ada @ (481;501) km	LabOSat-01	ok	LSMO/TiO2/Dosímetros
feb-18	Maryam @ (481;501) km	LabOSat-01	ok	YBCO/Transistores-ZnO

En todas estas misiones la plaqueta LabOSat-01 estuvo operativa luego del despegue, realizó mediciones de acuerdo a lo previsto, y envió datos a Tierra, los que nos fueron provistos por la empresa Satellogic.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

LabOSat-01 consiste en una plaqueta de PCB (fabricada por la empresa Ernesto Mayer S.A, Carlos Pellegrini 1257/61, B1604ASG, Florida Oeste, Buenos Aires, Argentina) que contiene cuatro capas (las externas son planos de tierra y las capas internas poseen las pistas enrutadas con la estrategia Manhattan). La plaqueta está poblada con dispositivos electrónicos COTS. LabOSat-01 pesa 36 g y sus dimensiones son $88 \times 88 \times 7 \text{ mm}^3$. El núcleo de LabOSat-01 es un microcontrolador MSP430F1612 (Texas Instruments). La frecuencia de trabajo proporcionada por un oscilador cerámico es de 6 MHz. Posee salidas DAC y entradas ADC de 12 bits. LabOSat posee un termómetro (LM74 de Texas Instruments) que está preparado para medir temperaturas en el rango entre -55°C y 125°C .

LabOSat-01 contiene un módulo que estimula eléctricamente con barridos personalizados de voltaje o corriente a los dispositivos bajo prueba (DUTs) y ejecuta ensayos de tolerancia para estudiar cómo las

condiciones extremas degradan a los dispositivos ReRAM. El mismo puede adaptarse fácilmente a otros dispositivos controlables a dos y tres terminales.

Se sometió al sistema a diferentes experimentos variando la temperatura entre -50°C y 150 °C dentro de una cámara de acero inoxidable evacuable. Se realizó un ensayo isotérmico a 100 °C por 168 h (7 días), otro con temperaturas programadas entre 0 °C a -50 °C a una presión en vacío de 1×10^{-1} Mbares, y un ensayo de shock térmico entre 100 °C y 150 °C en vacío ($p < 1 \times 10^{-4}$ Mbares). LabOSat continuó funcionando correctamente luego de los todos los ensayos térmicos.

Se estudió la tolerancia del microcontrolador operando en LabOSat-01 en el acelerador TandAr (CAC/CNEA) irradiándolo con un haz de protones de 10 MeV. Se utilizó un blindaje de aluminio para proteger el resto de los componentes de la placa. La pérdida de comunicación se produjo cuando se había alcanzado una fluencia acumulada de $1.0 \cdot 10^{11} \text{p/cm}^2 \text{s}$.

Se caracterizó a LabOSat-01 bajo radiación neutrónica en el reactor RA 6 (CAB/CNEA) operando con una potencia de 500kW, ver performance en Tabla. En este ensayo observamos cobre, oro y bromo activado, ver Tesis de Mariano Barella, ITJS CNEA –UNSAM, marzo de 2018.

Requerimientos de operación de LabOSat					
Parámetro	Condición	Mín	Típ	Máx	
Potencia		180	600	1000	mW
Tensión de alimentación	SMU	9	12	13.5	V
	MCU	1.8	3.3	3.6	V
Comunicación	SPI esclavo (modo 3)		200		kHz
Capacidad de almacenamiento				3	kB
Temperatura nominal		-40	25	85	°C
Temperatura comprobado		-42	25	150	°C
Presión	En operación	$7.5 \cdot 10^{-5}$	760	ND	Torr
	Sin alimentación	$7.5 \cdot 10^{-6}$	760	ND	Torr
SMU: especificaciones de la fuente					
Parámetro	Condición	Mín	Típ	Máx	
Voltaje	Voltaje	0		9.29	V
	Corriente (alta)	0		10.8	V
	Corriente (baja)	0		10.8	V
Resolución de voltaje			2.15		mV
Corriente	Corriente (alta)	0		23.0	mA
	Corriente (baja)	0		1.28	mA
	Voltaje	0		23.0	mA
Resolución de corriente	Corriente (alta)		5.50		μA
	Corriente (baja)		318		nA
Corriente de complianza	Voltaje	0		7.5	mA
SMU: especificaciones de la unidad de medición					
Parámetro	Condición	Mín	Típ	Máx	
Temperatura		-55		125	°C
Resolución de temperatura			0.0625		°C
Error de temperatura			1		°C
Voltaje	Amplificador	0		250	mV
	Seguidor	0.25		2.5	V
	Atenuador	2.5		25	V
Resolución de voltaje	Amplificador		6.22		mV
	Seguidor		610		μV
	Atenuador		61.0		μV
Error en voltaje	Amplificador			30	μV
	Seguidor			0.8	mV
	Atenuador			4.0	mV
Duración del pulso ($t_{ON} + t_{med}$)	4 mediciones	3.69			ms
	8 mediciones	4.49			ms
	16 mediciones	6.10			ms
Tiempo entre pulsos (t_{OFF})		250			ms
Desempeño en ambientes hostiles: tolerancia a radiación					
Parámetro	Condición	Mín	Típ	Máx	
Fluencia sobre MCU	protones 10 MeV			$1.04 \cdot 10^{11}$	p/cm ²
	neutrones térmicos	$7.24 \cdot 10^{12}$			n/cm ²
	neutrones epitérmicos	$3.58 \cdot 10^{12}$			n/cm ²
Fluencia sobre módulos	protones 10 MeV			$2.06 \cdot 10^{10}$	p/cm ²
	neutrones térmicos			$3.07 \cdot 10^{12}$	n/cm ²
	neutrones epitérmicos			$1.43 \cdot 10^{12}$	n/cm ²
TID (dosis) sobre MCU	protones 10 MeV			1	kGy
Tasa de dosis sobre módulos	gamma (@ RA-6)	0.8			Gy/h
	@ LEO	5			Gy/yr

Especificaciones, requerimientos y capacidades calibradas, calculadas y nominales de LabOSat-01 a temperatura ambiente y tensión de alimentación 12 V. ND: No Determinada. LEO: Orbita de Baja Altitud. RA-6: Reactor Argentino 6, Bariloche (CNEA). MCU: microcontrolador MSP430. Ensayos en ambientes hostiles discriminados por tolerancia del MCU y tolerancia del controlador completo (MCU + módulos analógicos y digitales). Datos extraídos de la Tesis Doctoral de Mariano Barella, Instituto de Tecnología Jorge Sábato CNEA –UNSAM, marzo de 2018.