



XV Seminario de Invierno CAPAP-H

CREATOR: un entorno de desarrollo integrado para la docencia y la investigación en procesadores RISC-V

Diego Camarmas-Alonso
dcamarma@inf.uc3m.es

Cáceres, 29-31 de enero de 2025

Ayuda “Entorno de desarrollo integrado para la docencia y la investigación en procesadores RISC-V” (PDC2023-145832-I00)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación y
Resiliencia



AGENCIA
ESTATAL DE
INVESTIGACIÓN

Índice

- 1** ¿Qué es CREATOR?
- 2** Integración con *Hardware Real*
- 3** Servicio de Laboratorio Remoto
- 4** *Work in Progress*
- 5** Estadísticas de CREATOR

- 1** ¿Qué es CREATOR?
- 2** Integración con *Hardware Real*
- 3** Servicio de Laboratorio Remoto
- 4** *Work in Progress*
- 5** Estadísticas de CREATOR

El origen de CREATOR

- La enseñanza de ensamblador tiene gran impacto
 - Entender aspectos de la arquitectura: *pipeline*, etc.
 - Entender aspectos del *software*: compilador, etc.
- Problemas de la enseñanza en ensamblador
 - Tiempo limitado en docencia
 - Enseñanza principalmente práctica (laboratorios y ejercicios)
- Para abordar estos desafíos
 - Simuladores intuitivos
 - Simuladores genéricos (RISC-V, MIPS, etc.)

CREATOR

- Simulador educativo multiplataforma
- Permite desarrollar programas ensamblador de forma interactiva
 - Compilación con detección de errores
 - Ayuda en línea de las instrucciones
- Permite simular el programa implementado
 - Depurar de forma intuitiva
 - Ver el estado de registros y memoria
 - Ayuda en el uso de pila
 - Comprobación del convenio de paso de parámetros
- Modificar y/o añadir la arquitectura y juego de instrucciones

└ ¿Qué es CREATOR?

CREATOR - Visualización de Arquitecturas

CREATOR 4.0 RISC-V (RV32IMFD)
didaCic and generic axiEmby programming simulator

About us

Assembly Simulator Edit Architecture Save Architecture Configuration Info

Architecture Info Memory Layout Register File Instructions Pseudoinstructions Directives

Name	Co	Extended Co	Nwords	Instruction syntax	Properties	Clk Cycles	Fields	Definition
add	0110011	0000000000	1	add rd rs1 rs2 add,INT-Reg,INT-Reg,INT-Reg		1	<button>View Fields</button>	$rd = rs2 + rs1$
addi	0010011	000	1	addi rd rs1 imm addi,INT-Reg,INT-Reg,imm-signed		1	<button>View Fields</button>	$rd = rs1 + imm;$
and	0110011	0000000111	1	and rd rs1 rs2 and,INT-Reg,INT-Reg,INT-Reg		1	<button>View Fields</button>	$rd = rs1 \& rs2;$
andi	0010011	111	1	andi rd rs1 imm andi,INT-Reg,INT-Reg,imm-signed		1	<button>View Fields</button>	$rd = rs1 \& capi_int2uint(imm);$
auipc	0010111		1	auipc rd imm auipc,INT-Reg,offset_words		1	<button>View Fields</button>	$rd = PC + (imm << 12);$
				hen rs1 rs2 imm				$if (rs1 === rs2)$

└ ¿Qué es CREATOR?

CREATOR - Edición de Arquitecturas

The screenshot shows the CREATOR 4.0 interface with the title "RISC-V (RV32IMFD)". The main window displays an "Edit Architecture" dialog containing the following JSON code:

```
1 {
2   "arch_conf": [
3     {
4       "name": "Name",
5       "value": "RISC-V (RV32IMFD)"
6     },
7     {
8       "name": "Bits",
9       "value": "32"
10    },
11    {
12      "name": "Description",
13      "value": "RISC-V is an instruction set architecture (ISA) based on the RISC type and its hardware is free. This architecture was created in 201"
14    },
15    {
16      "name": "Data Format",
17      "value": "big_endian"
18    },
19    {
20      "name": "Memory Alignment",
21      "value": "1"
22    },
23    {
24      "name": "Main Function",
25      "value": "main"
26    }
27 }
```

The "Info" tab on the right side of the interface is highlighted.

└ ¿Qué es CREATOR?

CREATOR - Edición de Programas

The screenshot shows the CREATOR software interface for RISC-V (RV32IMFD) development. The main window displays assembly code:

```

1 # loop header
2 loopi: bge t1, t2, endi      # if(t1 == t2) --> jump to finl
3
4 # loop body
5 mul t6, t1, t6              # t1 * t4 -> t6
6 lw t6, 0($5)                # Memory[t5] -> t6
7 add t7, s7, t6              # t6 + s7 -> s7
8
9 # loop next...
10 add t1, t1, t3             # t1 + t3 -> t1
11 addi t5, t5, 4
12 bne x0, x0, loopi
13 # loop end

```

Annotations with circled numbers:

- 1 Points to the assembly code area.
- 2 Points to the keyboard shortcut list for assembly operations.
- 3 Points to the "Get code as URI" button in the Examples section of the File menu.
- 4 Points to the Library menu options: New, Load, Save, Create, Load Library, Remove.
- 5 Points to the "Instruction Help" panel on the right.

The "Instruction Help" panel lists RISC-V instructions with their descriptions:

- add add rd rs1 rs2 imm
- addi addi rd rs1 imm
- and and rd rs1 rs2
- andi andi rd rs1 imm
- auipc auipc rd imm
- beq beq rs1 rs2 imm
- bge bge rs1 rs2 imm
- bgeu bgeu rs1 rs2 imm
- blt blt rs1 rs2 imm
- bltu bltu rs1 rs2 imm
- bne bne rs1 rs2 imm

└ ¿Qué es CREATOR?

CREATOR - Ejecución de Programas

The screenshot shows the CREATOR 4.0 RISC-V (RV32IMFD) interface. The main window is divided into three main sections:

- Section 1 (Left): Assembly Editor**
 - Shows the assembly code being run.
 - Registers: \$x0, \$x1, \$x2, \$x3, \$x4, \$x5, \$x6, \$x7, \$x8, \$x9, \$x10, \$x11, \$x12, \$x13, \$x14, \$x15, \$x16, \$x17, \$x18, \$x19, \$x20, \$x21, \$x22, \$x23, \$x24, \$x25, \$x26, \$x27, \$x28, \$x29, \$x30, \$x31.
 - Labels: main, loop1, end1.
 - Instructions: li t4 4, addi t4 x0 4, la t5 w3, auipc t5 0x1ff, addi t5 t5 0xffff4, addi s7 x0 0, addi t1 x0 0, addi t2 x0 5, beq t1 t2 end1, mul t6 t1 t4, lw t6 0 (\$t5), add s7 s7 t6, add t1 t1 t3, addi t5 t5 4, beq x0 x0 loop1, beq x0 x0 -7.
- Section 2 (Middle): Register Viewer**
 - Registers: PC, zero, tp, fp, a2, a6, a7, s4, s8, t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t8, t9, t10, t11, t12, t13, t14, t15, t16, t17, t18, t19, t20, t21, t22, t23, t24, t25, t26, t27, t28, t29, t30, t31.
 - Value representation: Signed, Unsigned, IEEE 754, Hex.
- Section 3 (Bottom): Memory Dump**
 - Registers: ra, t0, t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t8, t9, t10, t11, t12, t13, t14, t15, t16, t17, t18, t19, t20, t21, t22, t23, t24, t25, t26, t27, t28, t29, t30, t31.

Índice

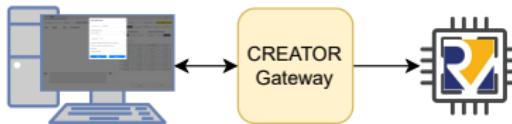
- 1** ¿Qué es CREATOR?
- 2** Integración con *Hardware Real*
- 3** Servicio de Laboratorio Remoto
- 4** *Work in Progress*
- 5** Estadísticas de CREATOR

CREATOR - *Hardware Real*

- Entornos con integración *hardware* existentes
 - Entornos de desarrollo profesionales
 - Demasiado complejos de usar para los estudiantes
 - Entornos de aprendizaje basados en Arduino o Python
 - Lenguajes de alto nivel en vez de ensamblador
- CREATOR como entorno de desarrollo intermedio
 - Integra lenguaje ensamblador y *hardware* real
 - Permite a los estudiantes ver las implicaciones de su código cuando ejecuta sobre *hardware* real

CREATOR - *Hardware Real*: Diseño

- Nuevo cuadro de diálogo en CREATOR
 - Envía el programa compilado en CREATOR al servicio web
- Nuevo servicio web (*gateway*)
 - Intermediario entre la interfaz de usuario y los *drivers* del dispositivo *hardware*



CREATOR - *Hardware Real*: Interfaz de Usuario

- Permite definir los parámetros necesarios para realizar las acciones Flash y Monitor
- Se conecta y comunica con el servicio web para cargar y ejecutar el programa en el dispositivo *hardware* desde CREATOR

Target Board Flash ×

(1) Select Target Board:

Prerequisites Run

(2) Target Port: (please verify the port on your computer)

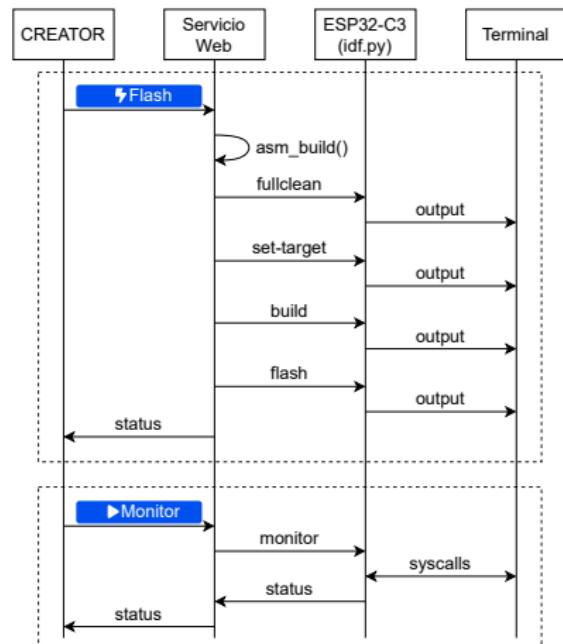
(3) Flash URL:

⚡ Flash ▶ Monitor

To stop the program execution press **ctrl +]** in the terminal

CREATOR - *Hardware Real: Servicio Web*

- Permite ejecutar sobre el dispositivo *hardware* las acciones
 - Flash
 - Monitor
- Imagen Docker disponible en DockerHub
 - Servicio web
 - *Drivers*



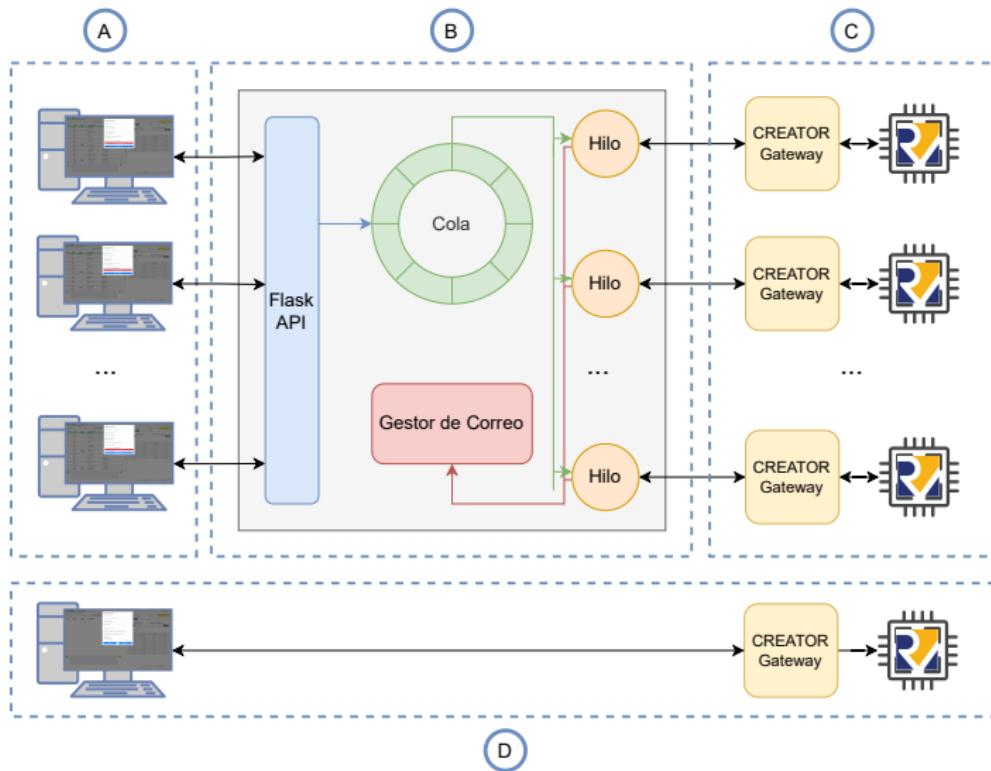
Índice

- 1** ¿Qué es CREATOR?
- 2** Integración con *Hardware Real*
- 3** Servicio de Laboratorio Remoto
- 4** *Work in Progress*
- 5** Estadísticas de CREATOR

CREATOR - Servicio de Laboratorio Remoto

- El uso de CREATOR con *hardware* real puede ser complejo
 - Los estudiantes tienen que adquirir el dispositivo
 - Coste de tiempo y monetario
 - Los estudiantes tienen que configurar el entorno de trabajo
 - Disminuye el tiempo de aprendizaje de ensamblador
- Nuevo servicio de laboratorio remoto en CREATOR
 - Cargar y ejecutar los programas ensamblador de forma remota sobre *hardware* real
 - Dispositivos *hardware* proporcionados por el profesorado
 - Focalizar el tiempo en el aprendizaje de ensamblador
 - Proporcionar un entorno funcional desde el primer día

CREATOR - Laboratorio Remoto: Diseño



CREATOR - Laboratorio Remoto: Interfaz de Usuario

Envío

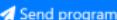
Target Board Flash

Remote Device Local Device

(1) Remote Device URL:
Enter remote device URL

(2) Select Target Board:
ESP32-C3 (RISC-V)

(3) E-mail to receive the execution results:
Enter E-mail

 Send program

Ejecución y Envío

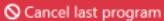
Target Board Flash

Remote Device Local Device

(1) Remote Device URL:
Enter remote device URL

(2) Select Target Board:
ESP32-C3 (RISC-V)

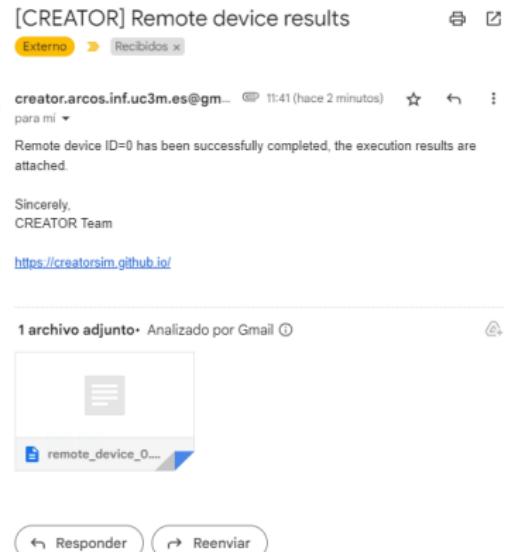
(3) E-mail to receive the execution results:
Enter E-mail

Last program status: Queue position: 1
 Cancel last program

 Send program

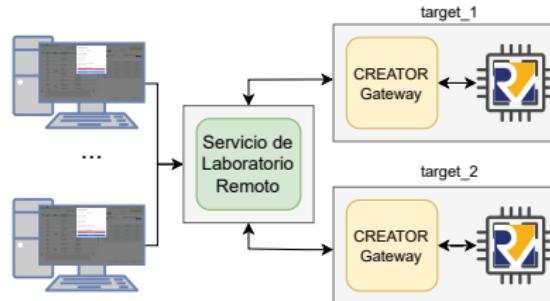
CREATOR - Laboratorio Remoto: Gestor de Correo

- Envía la salida de la ejecución en el *hardware* real por correo electrónico
- Ventajas:
 - Permite enviar varios programas simultáneos
 - No es necesario esperar a terminar la ejecución del programa remoto



CREATOR - Laboratorio Remoto: Despliegue

- Servicios a desplegar
 - Servicio de laboratorio remoto
 - *Gateway* y microcontroladores
- Permite despliegue descentralizado
- Imágenes Docker de los servicios disponibles en DockerHub



Índice

- 1** ¿Qué es CREATOR?
- 2** Integración con *Hardware Real*
- 3** Servicio de Laboratorio Remoto
- 4** *Work in Progress*
- 5** Estadísticas de CREATOR

¿Qué nos espera en CREATOR?

- Nuevo compilador de ensamblador
 - Mejorar los mensajes de error
 - Permitir particularidades de otros lenguajes ensamblador
- Interrupciones y ejecución en modo privilegiado
 - Hacer visibles aspectos del sistema operativo
- Nuevas instrucciones vectoriales y soporte para 64 bits
 - Uso de RISC-V en las GPU y las NPU para IA
 - La mayoría de los procesadores actuales son de 64 bits

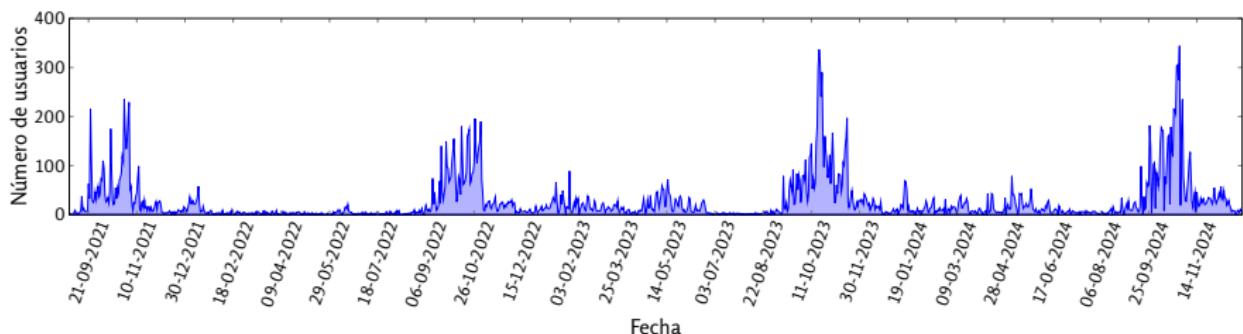
¿Qué nos espera en CREATOR?

- Integración con Sail
 - Lenguaje de definición de diferentes ISA
 - La mayoría de lenguajes ensamblador están definidos en Sail
 - Utilizar el motor de ejecución de Sail en CREATOR
- Soporte para la integración de diferentes placas y microcontroladores RISC-V
 - Poder depurar el programa ejecutado en el dispositivo remotamente desde CREATOR
 - Simular en CREATOR los diferentes GPIO del dispositivo
 - Soporte de la API de Arduino

- 1** ¿Qué es CREATOR?
- 2** Integración con *Hardware Real*
- 3** Servicio de Laboratorio Remoto
- 4** *Work in Progress*
- 5** Estadísticas de CREATOR

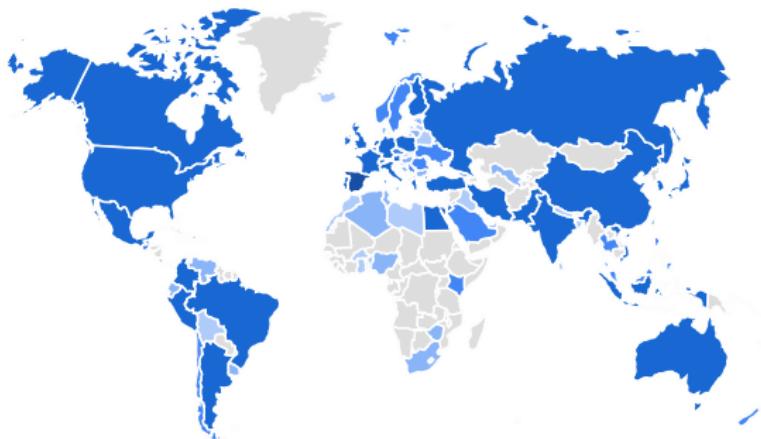
Estadísticas de CREATOR (2021 - 2024)

- Estadísticas anónimas con Google Analytics
- La arquitectura más usada actualmente es RISC-V
- Aumento de usuarios año a año



¿Dónde se utiliza CREATOR?

- CREATOR se utiliza en todo el mundo
- Los países donde más se utiliza son: España, Estados Unidos, Finlandia, Italia y Reino Unido



Mapa de calor con los países desde donde se accede a CREATOR

¿En qué Universidades se utiliza CREATOR?



uc3m | Universidad
Carlos III
de Madrid



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI GENOVA



UNIVERSITY OF HELSINKI



STATE
ARKANSAS STATE
UNIVERSITY



LOYOLA
UNIVERSITY CHICAGO



USP
Universidade
de São Paulo

└ ¿Queréis probar CREATOR?

¿Queréis probar CREATOR?

- Simulador: <https://creatorsim.github.io/creator>
- Documentación: <https://creatorsim.github.io>
- DockerHub: <https://hub.docker.com/r/creatorsim>
- Código fuente: <https://github.com/creatorsim>

CREATOR



CREATOR - URI





XV Seminario de Invierno CAPAP-H

CREATOR: un entorno de desarrollo integrado para la docencia y la investigación en procesadores RISC-V

Diego Camarmas-Alonso
dcamarma@inf.uc3m.es

Cáceres, 29-31 de enero de 2025

Ayuda “Entorno de desarrollo integrado para la docencia y la investigación en procesadores RISC-V” (PDC2023-145832-I00)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación y
Resiliencia



AGENCIA
ESTATAL DE
INVESTIGACIÓN