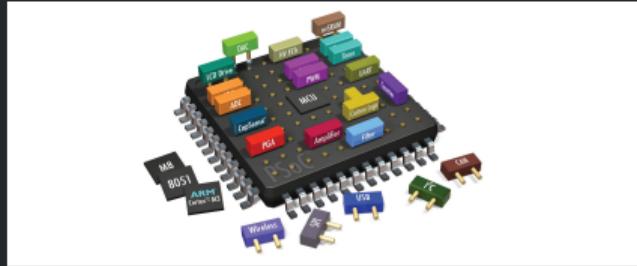


Sistemas embebidos

Introducción al Internet de las Cosas



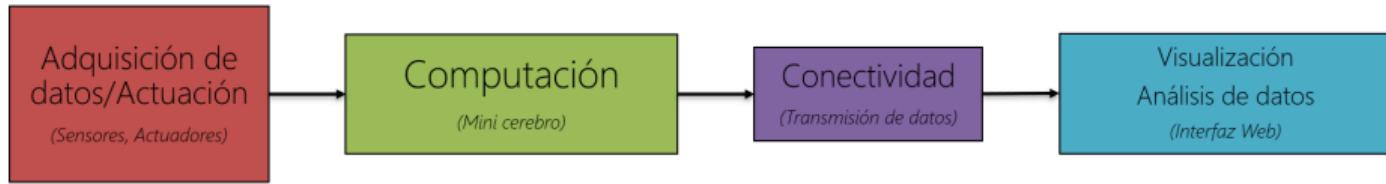
Marco Teran
Universidad Sergio Arboleda

2023

Introducción

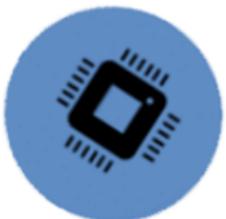
Modelo básico de una solución IoT

Un modelo simple IoT contemplaría los siguientes módulos:



INTERNET OF THINGS

EMBEDDED SYSTEM



IoT Device

[Non OS]



IoT Gateway

[Embedded / IoT / RTOS]



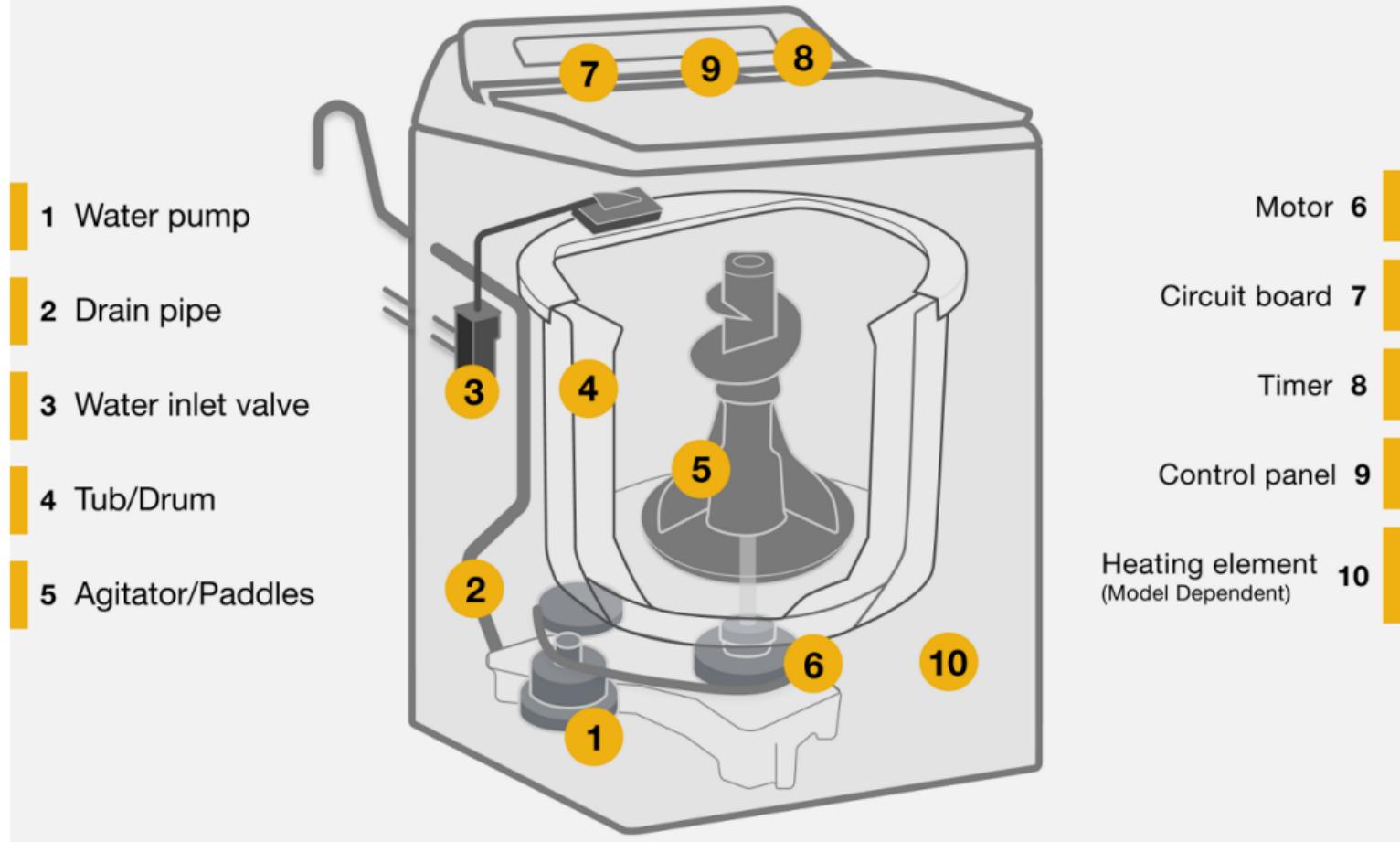
Network



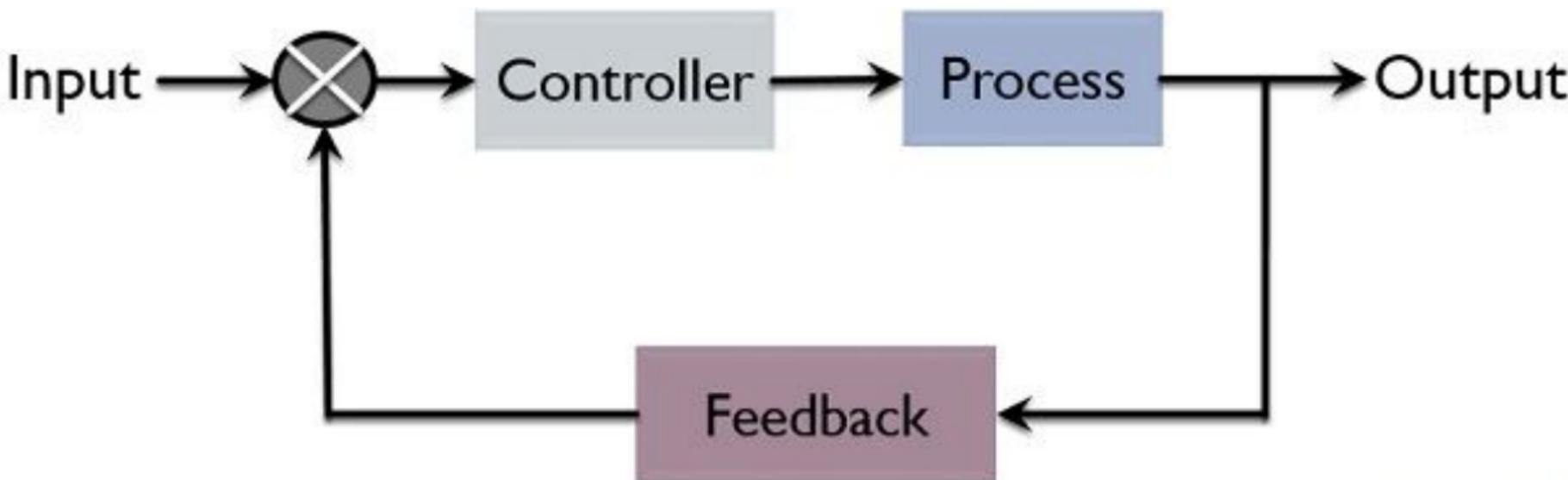
Cloud



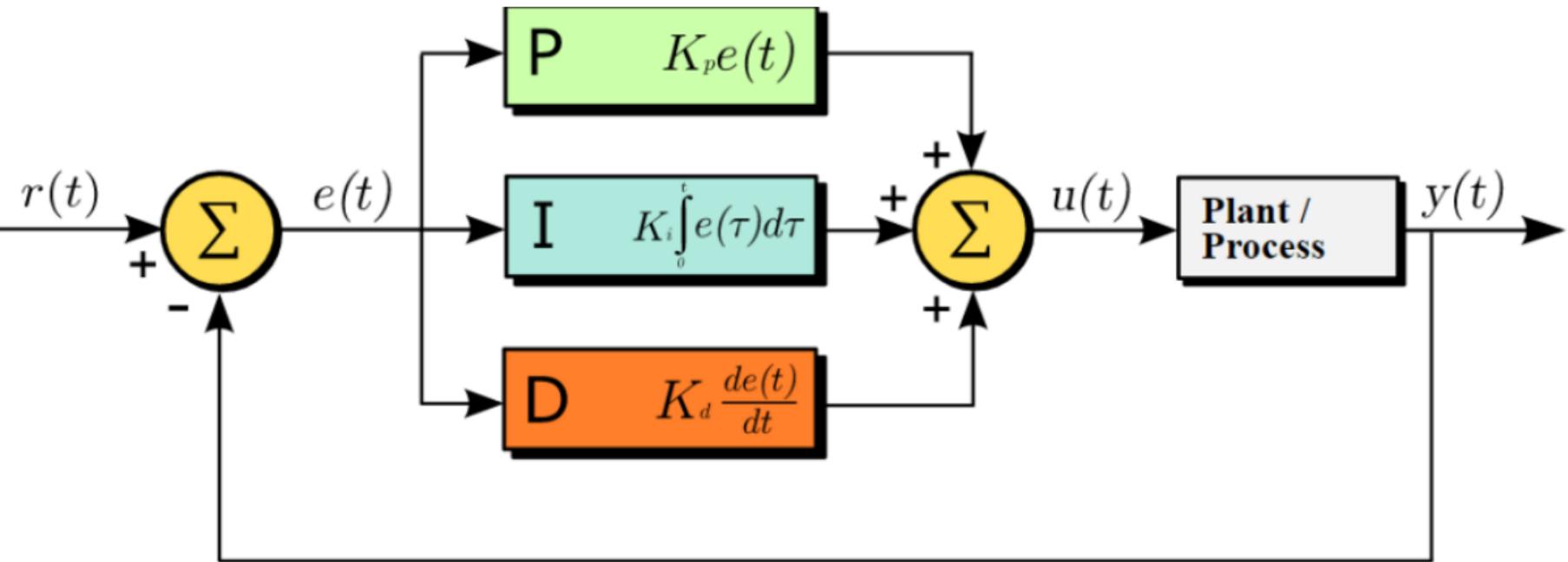
Applications

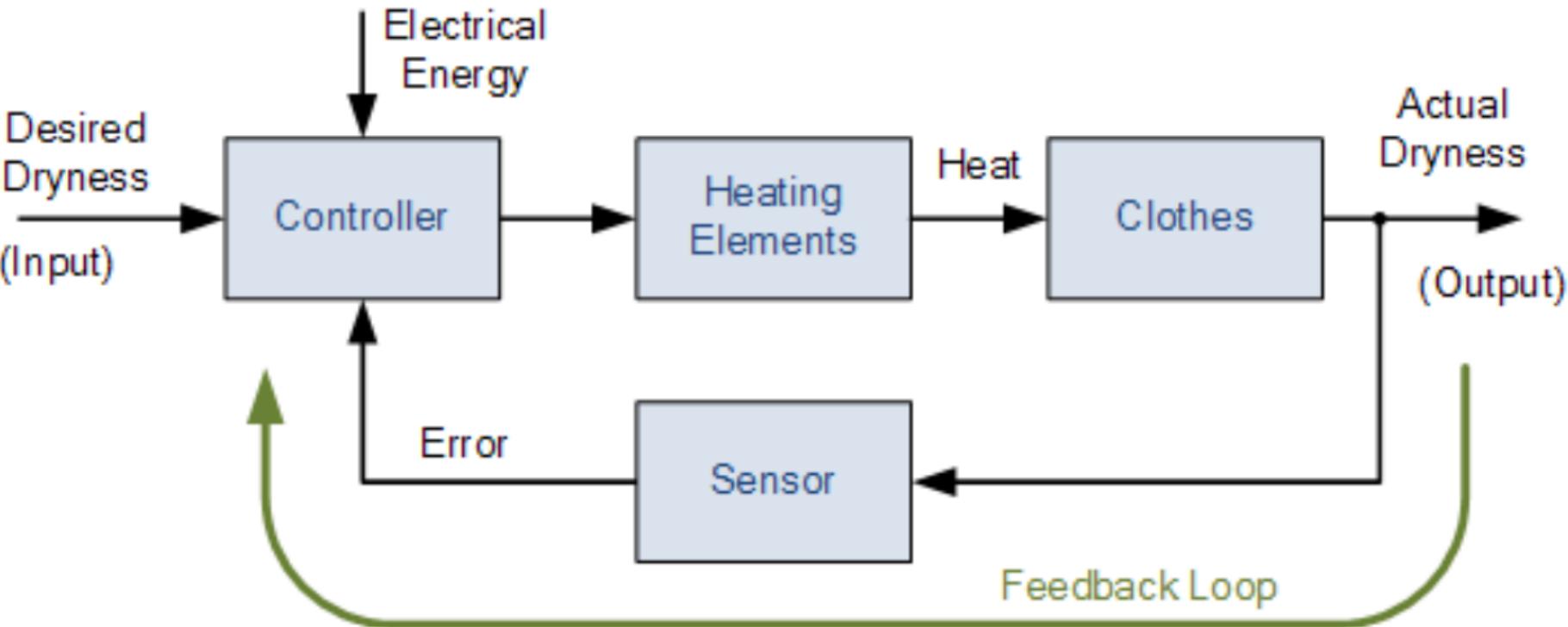


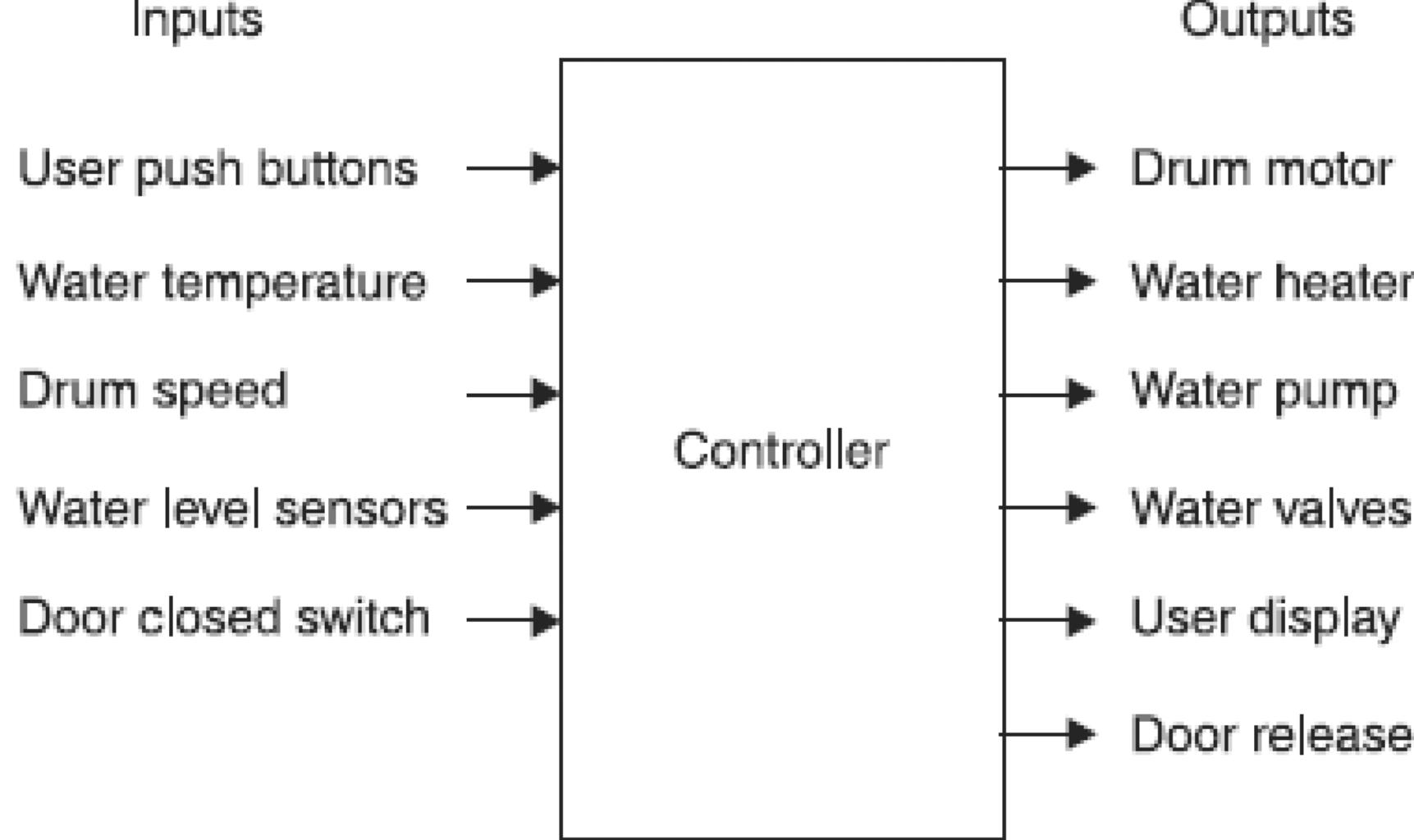


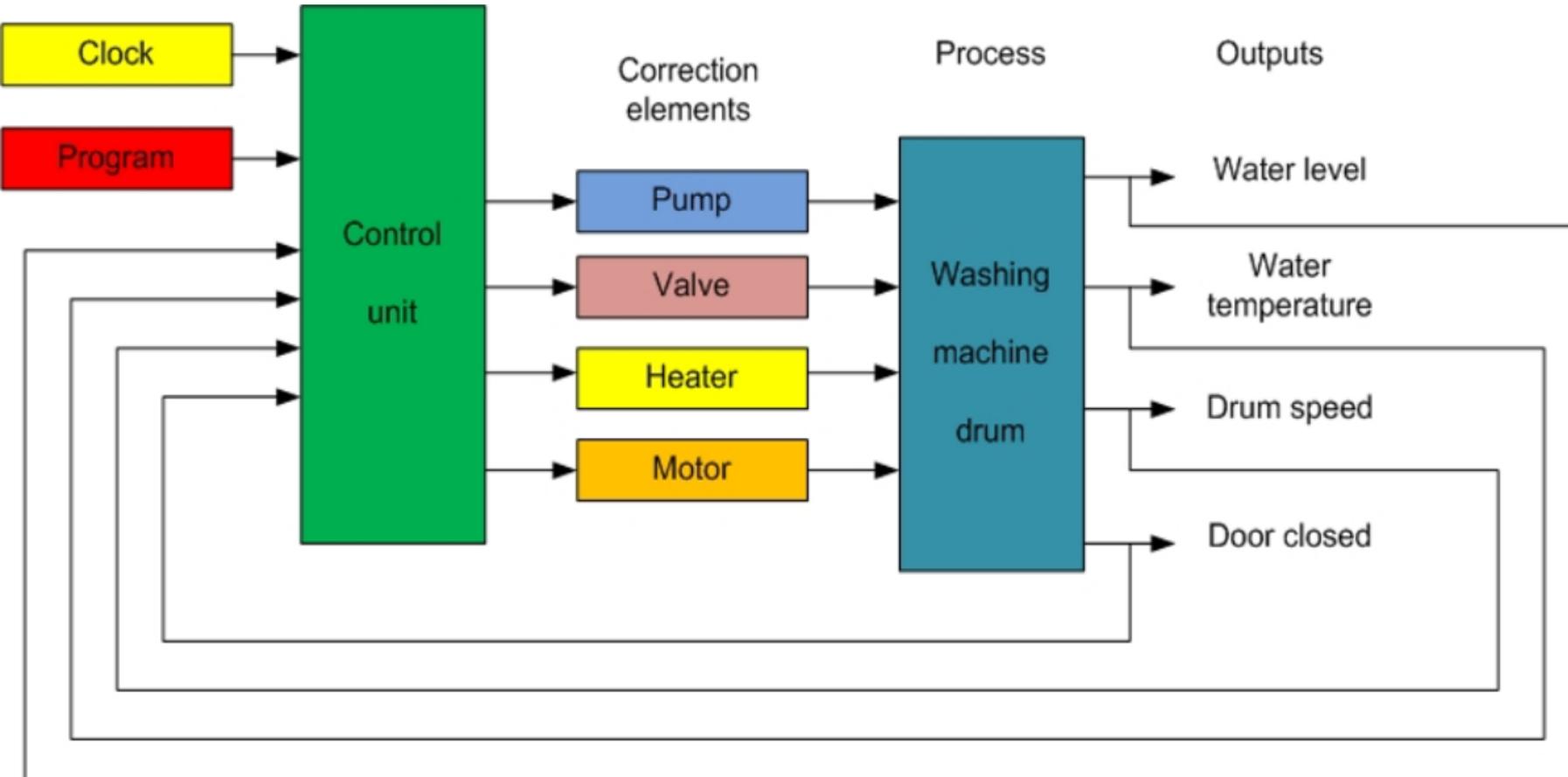


Electronics Coach









Introducción

- Los sistemas de computación están en todas partes
- La mayoría pensamos en ordenadores de propósito general
 - PC
 - Portátiles
 - Mainframes
 - Servidores
- Pero hay otro tipo de sistema informático
 - mucho más común...



Sistema embebido

Sistema embebido

Sistema embebido

Sistema informático integrado en objeto/dispositivo, diseñado específicamente para realizar una o varias funciones específicas en tiempo real.



- La interacción con los sistemas embebidos es diferente a la de los computadores convencionales
- La interacción con los usuarios es a través de una interfaz sencilla:
 - Cámara digital, TV, teléfono móvil, etc.
- La interacción con otros dispositivos:
 - Transparente para el usuario
 - Unidad de disco, memoria USB, frenos ABS, etc.

Sistema embebido

Definición de "Dortmund": [Peter Marwedel]

Los sistemas embebidos son sistemas de procesamiento de la información integrados en un producto (objeto) mayor.

Software embebido

El software embebido es un software integrado en procesos físicos. El problema técnico es la gestión del tiempo y la concurrencia en los sistemas informáticos.

Berkeley: [Edward A. Lee]

Sistemas ciberfísicos [Edward Lee, 2006]

Los **sistemas ciberfísicos (CPS)** son integraciones de computación embebida con procesos físicos.

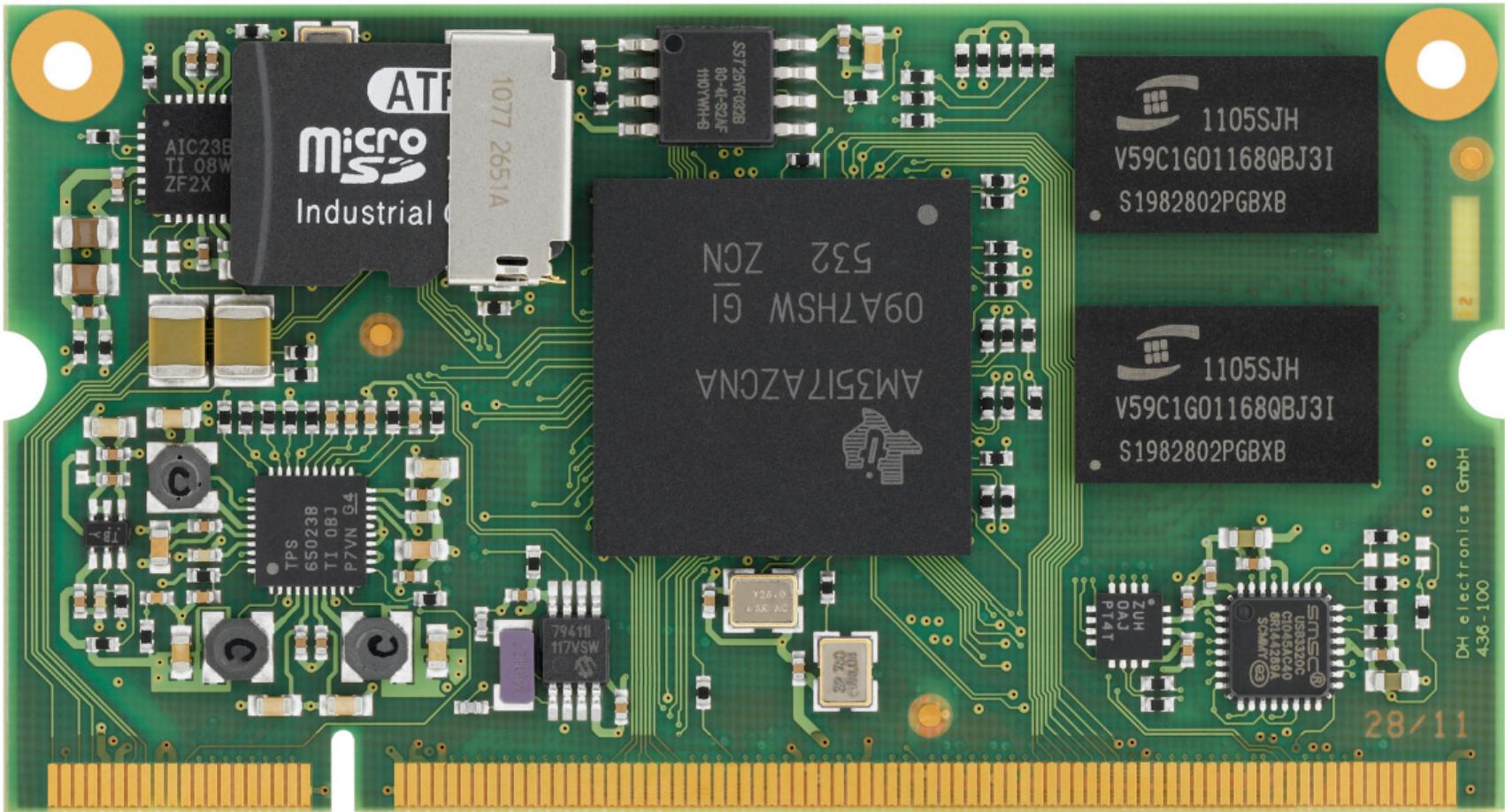
Sistema embebido



WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

Wikipedia

Un **sistema embebido** es un sistema de computación basado en un microprocesador o un microcontrolador diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas, frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real.



DH electronics GmbH
436-100













Máquinas forestales



■ Sistema informático en red

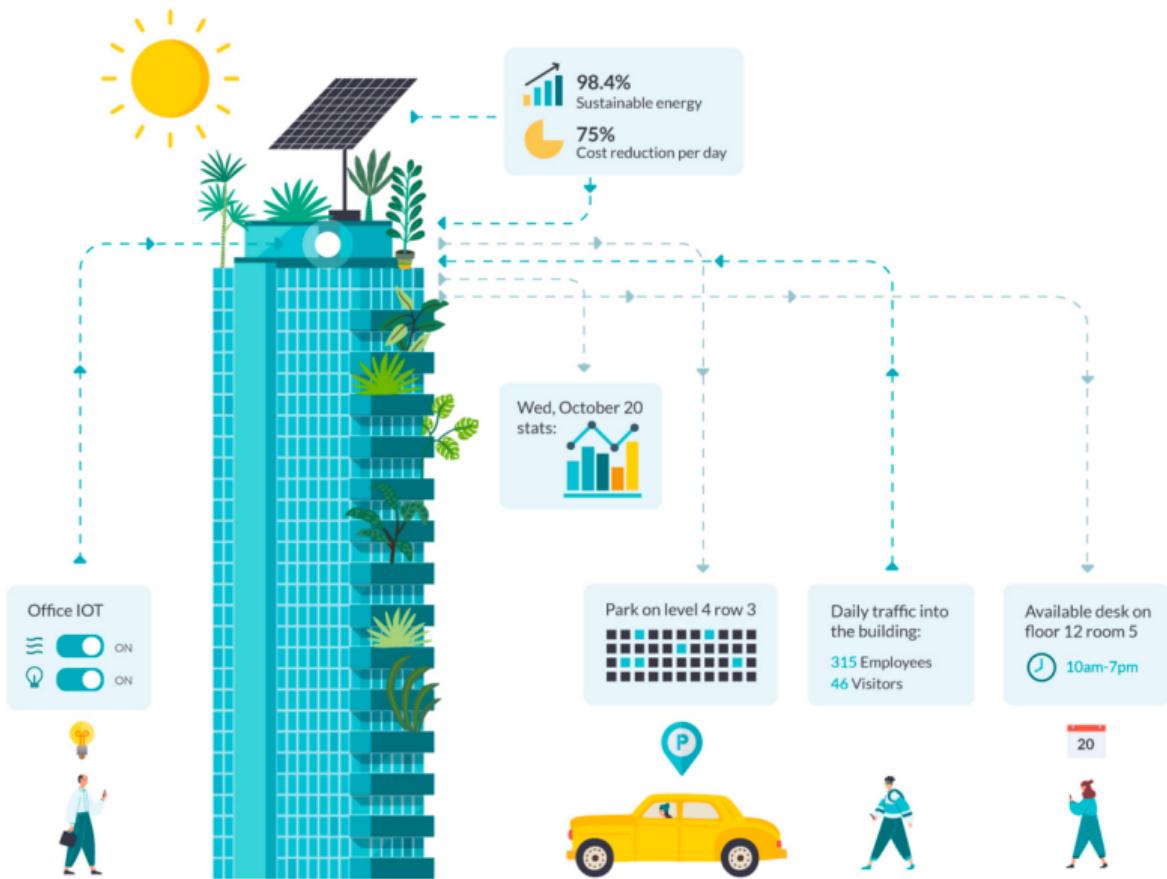
- Control de brazos y herramientas
- Navegar por el bosque
- Registro de los árboles talados
- Crucial para un trabajo eficiente

■ **Suficientemente resistente para estar en el bosque**







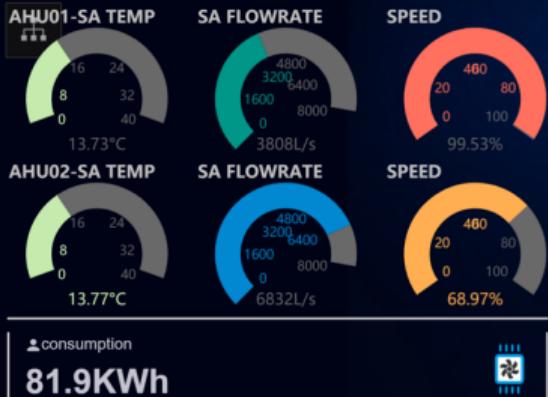


Edificios inteligentes

Ejemplos:

- Refrigeración integrada, iluminación, reserva de habitaciones, gestión de emergencias, comunicación
- **Objetivo:** *Edificio de energía cero*
- Contribución prevista a la lucha contra el calentamiento global





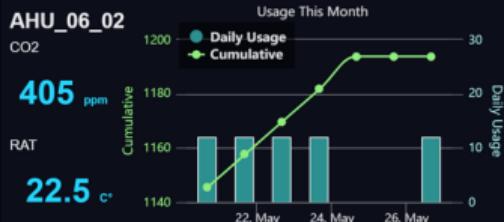
consumption

81.9KWh

AHU_06_01



AHU_06_02



实时用电量

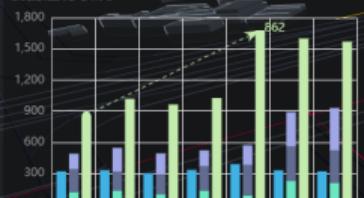
集新用电量

自定义

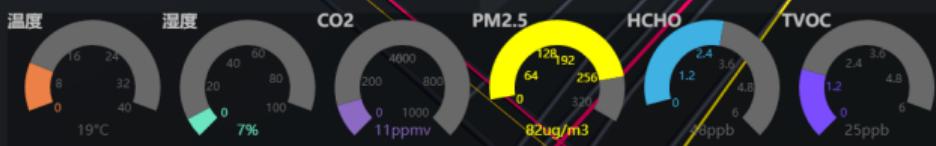
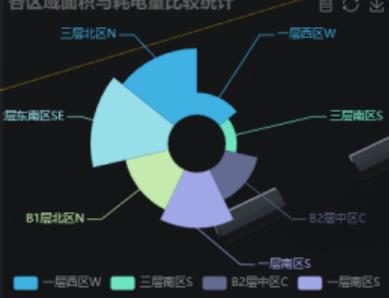
用电量



设备运行状况



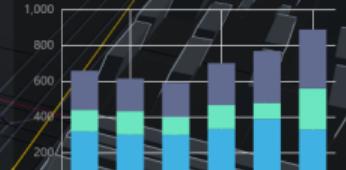
各区域面积与耗电量比较统计



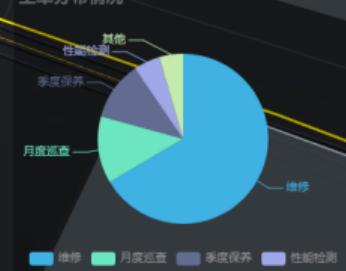
巡检任务分布情况



巡检任务完成情况统计



工单情况



Machine Learning-Assisted Energy Optimization By ARUP



Real-Time Input Parameters

Dry Bulb Temp Wet Bulb Temp

22.8 C **20.6 C**

Humidity Footfall Data

83 % **---**

Solar Radiation UV Index

0 W/m² **4**

Rain Probability Rain Value

2 % **0 mm**

Wind Direction Wind Speed

0 **0**

Time Now Today is

09:38 **Friday**

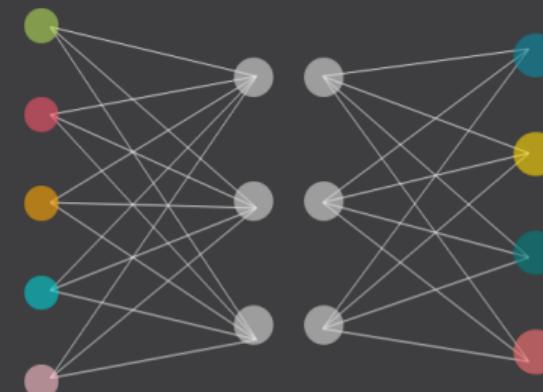
Neural Network takes all the variables into consideration. By layers of matrix operation, it predicts how much cooling load needed and evaluates performance of equipments. It is the foundation of automatic and optimized operation control.

Evaluation Metrics of Regression Model

RMSE: 0.312 Avoidable Bias: 4.70%
Data Mismatch: 1.1% Variance: 3.86%

We choose the best model.

Six-layer Neural Network



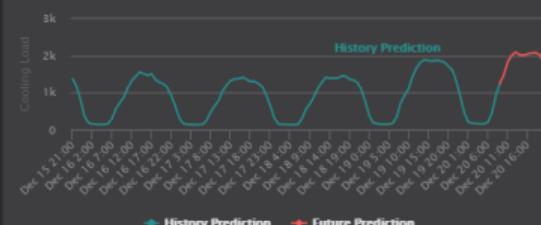
Input Parameters

- Environment Parameters
- Footfall Statistics
- Historical Settings
- Holiday Information
- Equipment Datasheet

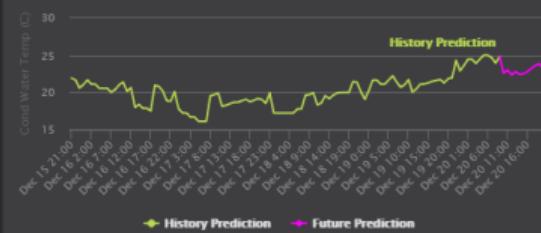
Output Models

- Required Cooling Load
- Condenser Water
- Chiller COP
- Dynamic Chiller Sequencing

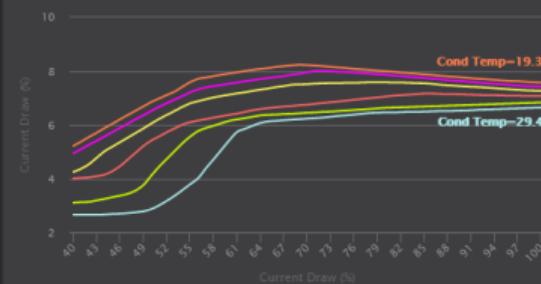
Cooling Load Prediction Result



Condenser Water Temp Prediction Result



COP with Current Draw & Cond Water Temp





Home



Activity



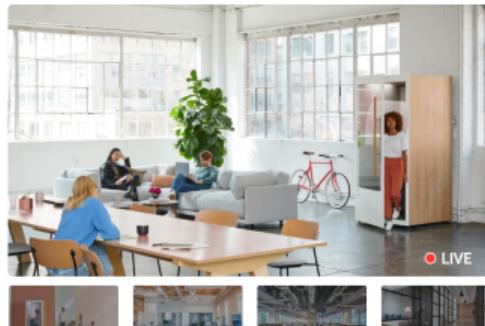
Good Afternoon Elaine

Docket HQ / Northwest Region / Building 4

October 13, 2019

65°

Breckenridge Camera



LIVE

Entrance
Teluride
Loveland
Back Hallway

Building 4 Activity



Recent Entries

Front Door

21 Entries

[View All](#)

Kitchen Door

8 Entries

[View All](#)

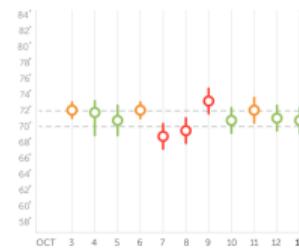
Back Door

35 Entries

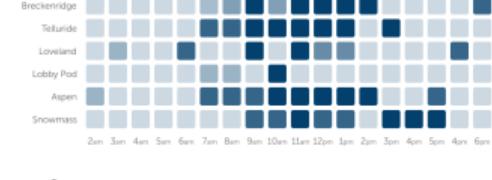
[View All](#)

Average Temp.

°C °F

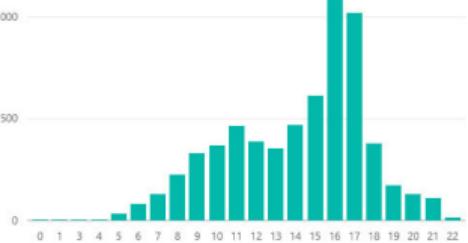


Conference Room Activity

Room Occupancy
0 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 33 36 39 42 45 48 51 54 57 60

Deloitte. SMART EDGE

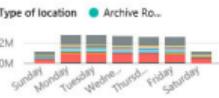
Building visitors BY HOUR



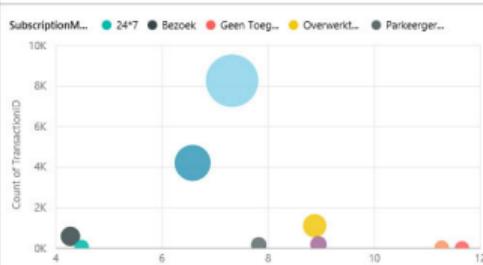
Current availability Deloitte parkin...



Average energy consumption (kW... BY TYPE OF LOCATION



Number of parking visitors and hours parked BY SUBSCRIPTIONMODEL



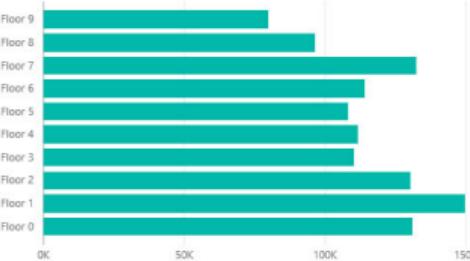
Actual visitors

237

Registered visitors

2224

Average energy use (kW) BY FLOOR



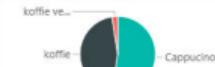
Average building temperature

19,48

Badge scans per badge status DOORDAY, BADGE STATUS



Coffee Use - example BY PRODUCT



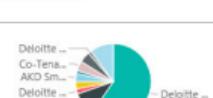
Average energy consumption (kW) BY DATE



Registered Guest (Axxonion) PER START TIME



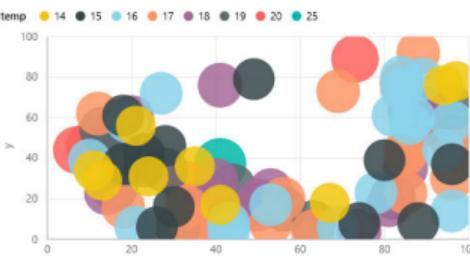
Badge Types



Smartcard Swipes PER DAY



Temperature - example ON FLOORPLAN



Visitors with Car



Free Parking Places



¿Puede fallar un Sistema Embebido?

Teslas running Autopilot involved in 273 crashes reported since last year

Regulators released the first batch of data since mandating that companies such as Tesla report on serious crashes involving their driver-assistance systems

By [Faiz Siddiqui](#), [Rachel Lerman](#) and [Jeremy B. Merrill](#)

Updated June 15, 2022 at 4:50 p.m. EDT | Published June 15, 2022 at 9:08 a.m. EDT



The numbers, which were published by NHTSA for the first time Wednesday, show that Tesla vehicles made up nearly 70 percent of the 392 crashes involving advanced driver-assistance systems reported since last July. (Patrick T. Fallon/AFP/Getty Images)

MOST REA



1 Video whirlp Hawaii

2 Car buy what thi latest tc

3 Your iPh new sec you nee

China: dos personas murieron por un auto Tesla en piloto automático fuera de control

El vehículo Model-Y iba a estacionar cuando aceleró y recorrió más de 2 kilómetros en los que atropelló a dos motos y a dos ciclistas

14 de noviembre de 2022 • 11:54

LA NACION



El vehículo intentó estacionar en piloto automático cuando aceleró



Children in
Ukraine can't
survive this
crisis alone





AUGUST 15

TSLA:2

Rare fatal accident in a Tesla Model S rear-ended by a large SUV in California

Fred Lambert - 2 months ago  @FredericLambert

TESLA

TESLA MODEL S

TESLA



Serious safety lapses led to Uber's fatal self-driving crash, new documents suggest

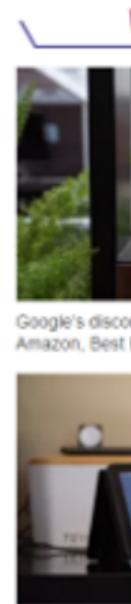
The fatal crash in Tempe, Arizona, in 2018 comes into sharper focus

By Andrew J. Hawkins | [@andyjayhawk](#) | Nov 6, 2019, 11:45am EST

f t  SHARE



Image: ABC 15



Google's discon...
Amazon, Best B...

Tesla in fatal California crash was on Autopilot

⌚ 31 March 2018

f 📲 🌐 📧 Share



The driver of the Tesla Model X died shortly after the crash

Electric carmaker Tesla says a vehicle involved in a fatal crash in California was in Autopilot mode, raising further questions about the safety of self-driving technology.

One of the company's Model X cars crashed into a roadside barrier and caught fire on 23 March.

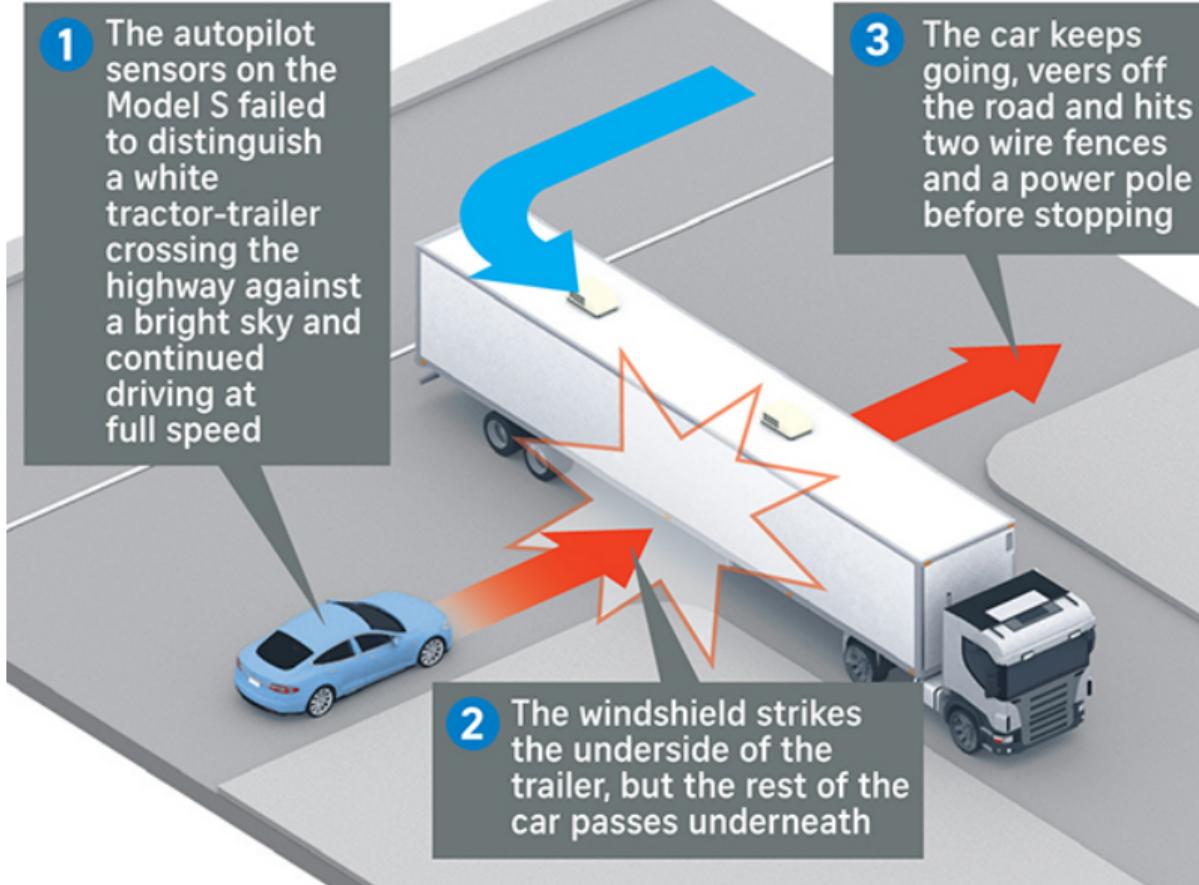
Un brutal accidente de un Tesla Model 3 y un camión pone en investigación de nuevo a Tesla

17 marzo, 2021  1



Tesla bajo el punto de mira debido a un accidente de uno de sus coches con un camión

Tesla crash: How it happened



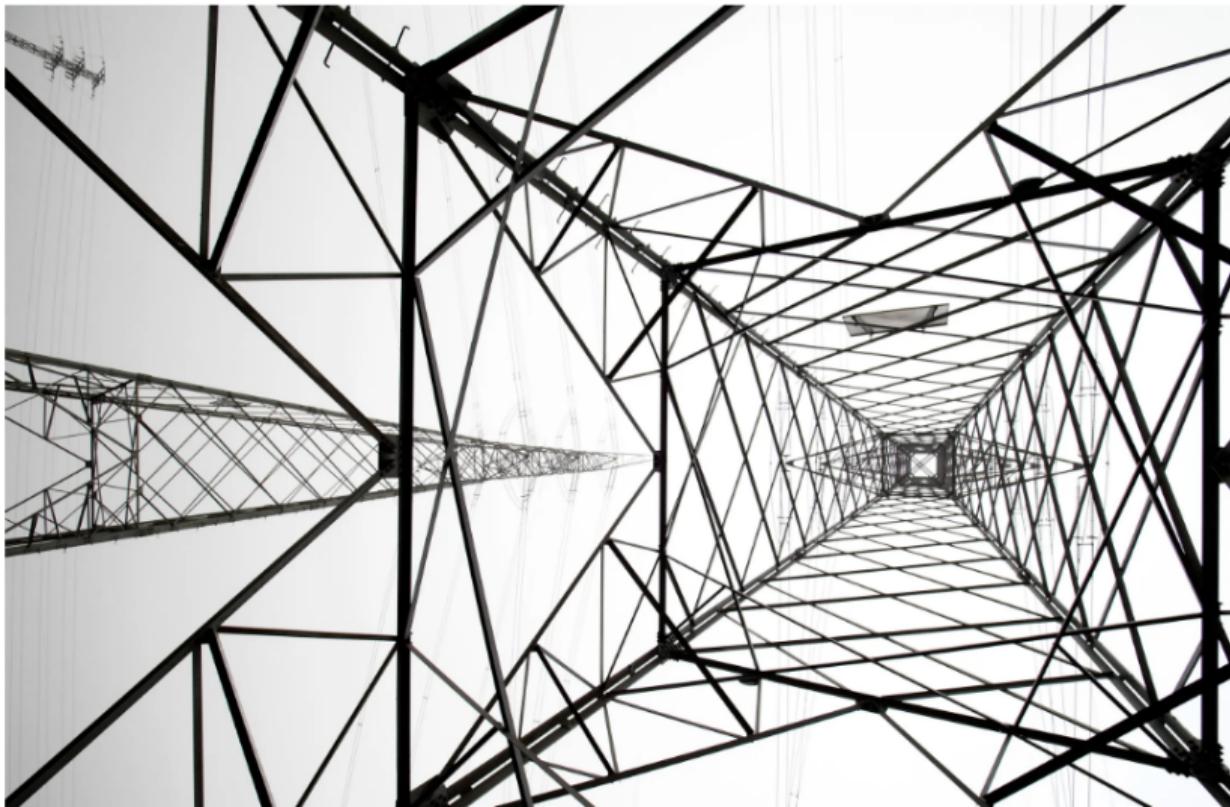
¿Pueden *hackear* un Sistema
Embebido?

HACKING SCADA



Inside the Cunning, Unprecedented Hack of Ukraine's Power Grid

The hack on Ukraine's power grid was a first-of-its-kind attack that sets an ominous precedent for the security of power grids everywhere.



Russian hackers tried to bring down Ukraine's power grid to help the invasion

As Russia's ground war stalls, hackers attempted to cause a blackout for two million people.

By Patrick Howell O'Neill

April 12, 2022



¿Qué tan fácil es que los "hackers" produzcan un apagón eléctrico en un país?

BBC Mundo
Tecnología

16 marzo 2016



La mayoría de los ataques a la infraestructura de una nación vienen a través de la red principal de una empresa.

"Ciberataque" en Venezuela: ¿misión imposible?

Nicolás Maduro acusa a EE.UU. de estar detrás del sempiterno apagón mediante el ciberataque a una central hidroeléctrica. DW hizo a cuatro expertos la misma pregunta: ¿sería posible algo así?



Un joven de tan solo 19 años asegura haber hackeado más de 25 coches Tesla

- Lo habría hecho de forma remota gracias a un fallo en el sistema
- El éxito de Apple, los cohetes de Tesla y los blufs: ¡el mercado hierva, el riesgo se multiplica!

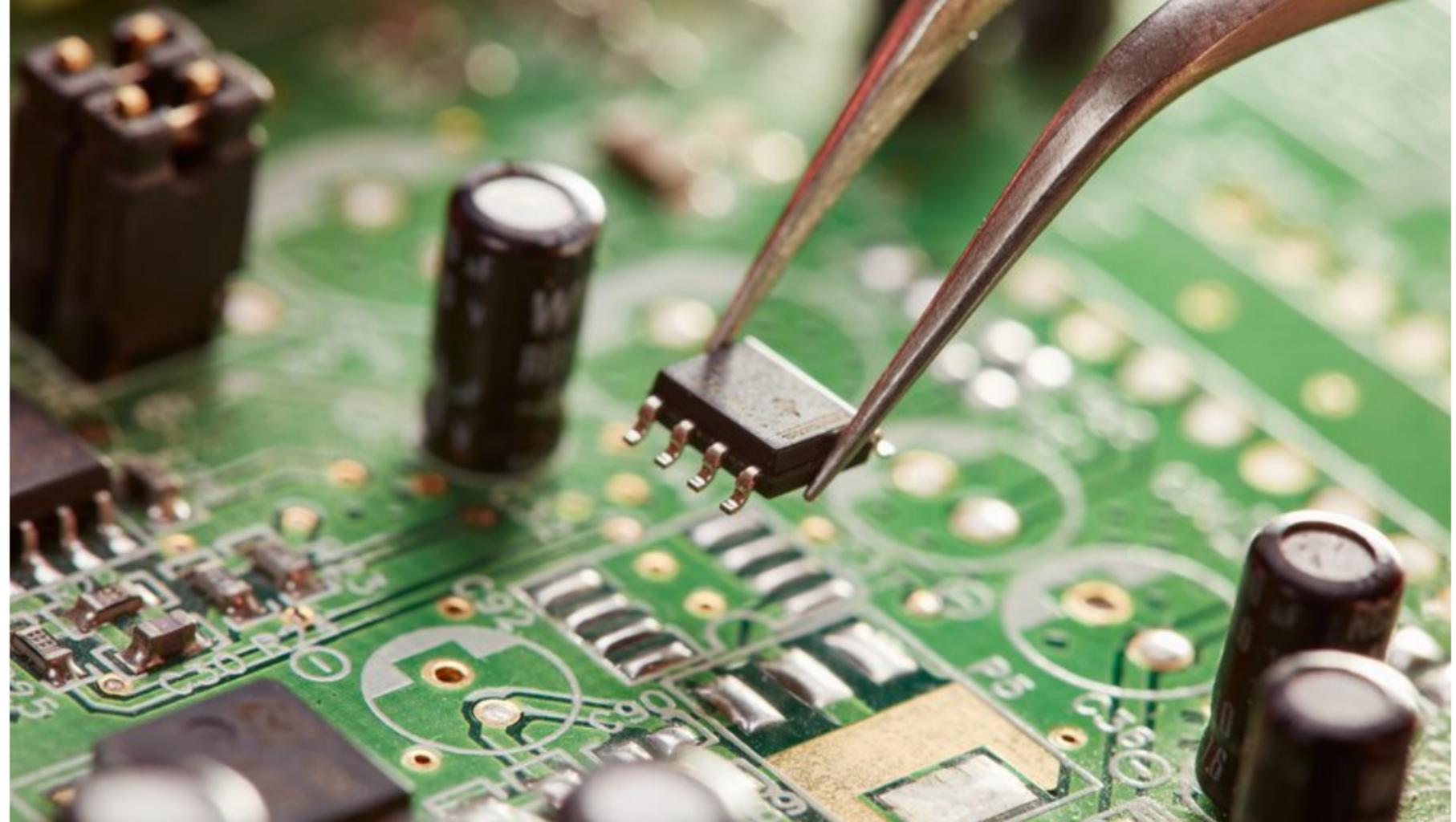


Aplicaciones de los Sistemas Embebidos

Frenos antibloqueo	Cámaras con enfoque automático	Cajeros automáticos
Sistemas automáticos de peaje	Transmisión automática	Sistemas aviónicos
Cargadores de batería	Videocámaras	Teléfonos móviles
Estaciones base de telefonía móvil	Teléfonos inalámbricos	Control de crucero
Sistemas de facturación en la acera	Cámaras digitales	Unidades de disco
Lectores de tarjetas electrónicas	Instrumentos electrónicos	Juguetes-juegos electrónicos
Control de fábrica	Faxes	Identificadores de huellas dactilares
Sistemas de seguridad para el hogar	Sistemas de soporte vital	Sistemas de pruebas médicas
Módems	Descodificadores MPEG	Tarjetas de red
Conmutadores-enrutadores de red	Navegación a bordo	Localizadores
Fotocopiadoras	Sistemas de punto de venta	Videojuegos portátiles
Impresoras	Teléfonos por satélite	Escáneres
Hornos y lavavajillas inteligentes	Reconocedores de voz	Sistemas estéreo
Sistemas de teleconferencia	Televisores	Reguladores de temperatura
Sistemas de seguimiento de robos	Descodificadores de televisión	Videograbadoras, reproductores de DVD
Consolas de videojuegos	Videoteléfonos	Lavadoras y secadoras

Cuadro 1: Aplicaciones de los Sistemas Embebidos.

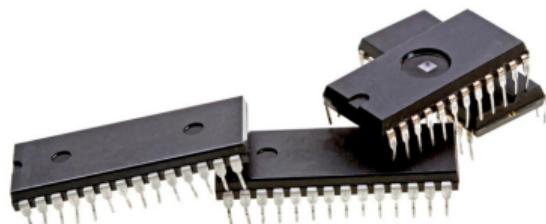
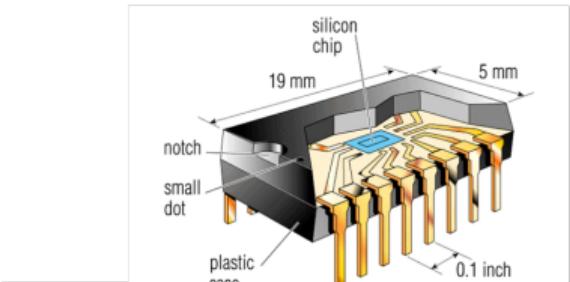
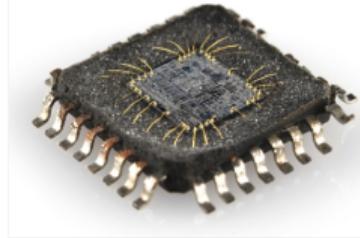
Circuitos integrados (CI)

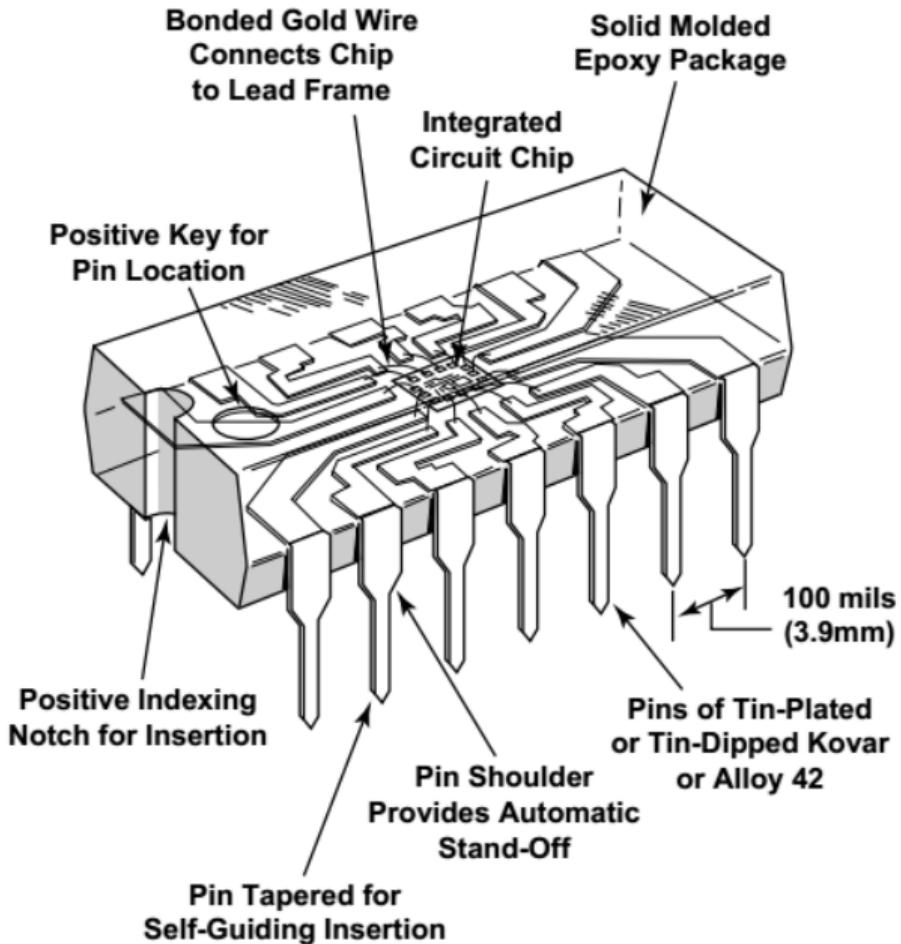


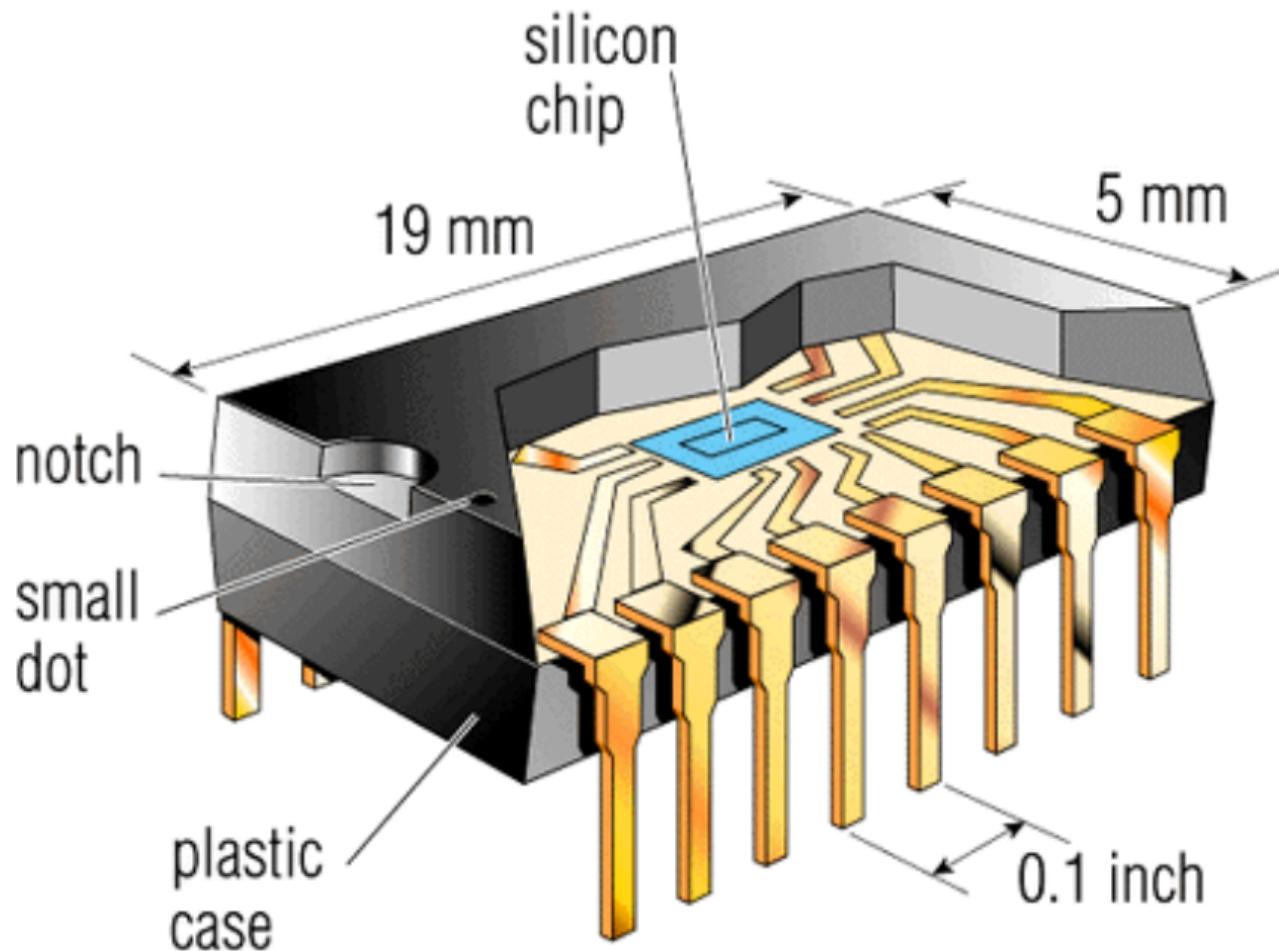
Circuitos integrados

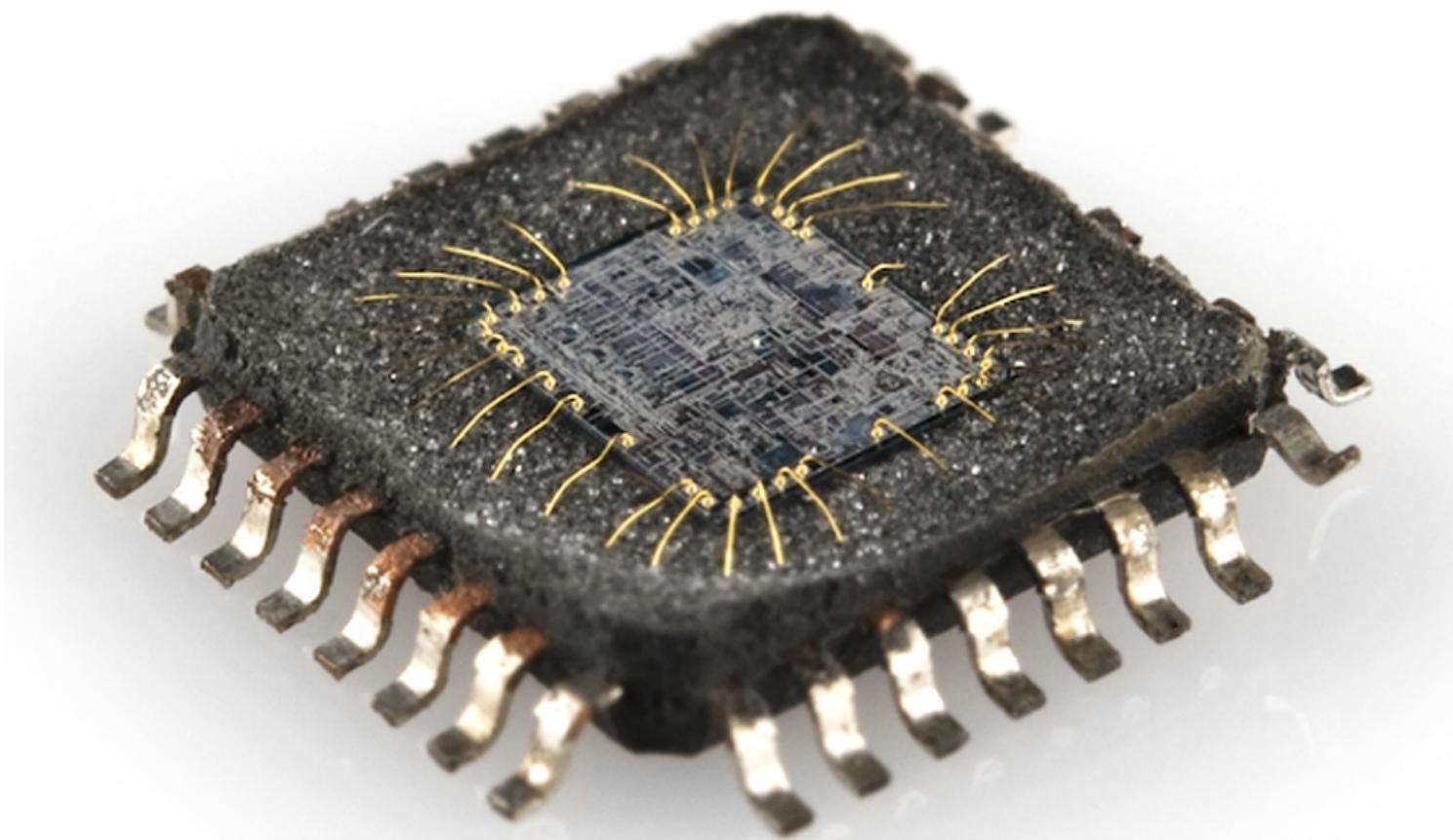
También conocidos como microchips, los CI son capaces de realizar tareas específicas

- Hay muchos tipos diferentes de CI
- Un CI programable se llama microcontrolador
- Los circuitos integrados son de todos los tamaños y formas
- La mayoría vienen en un paquete de doble línea (dual in-line package, DIP/DIL)









Dec. 24, 1963

J. S. KILBY

3,115,581

MINIATURE SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT

Filed May 6, 1959

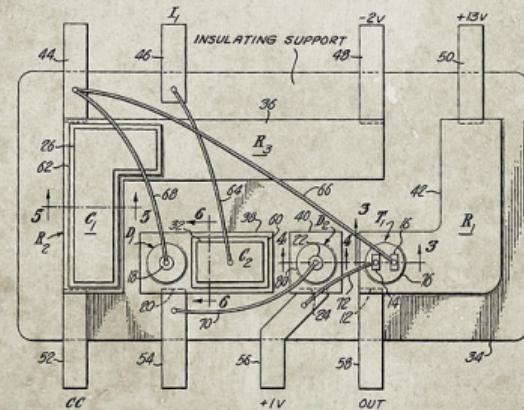


Fig. 2.

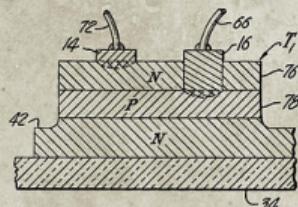


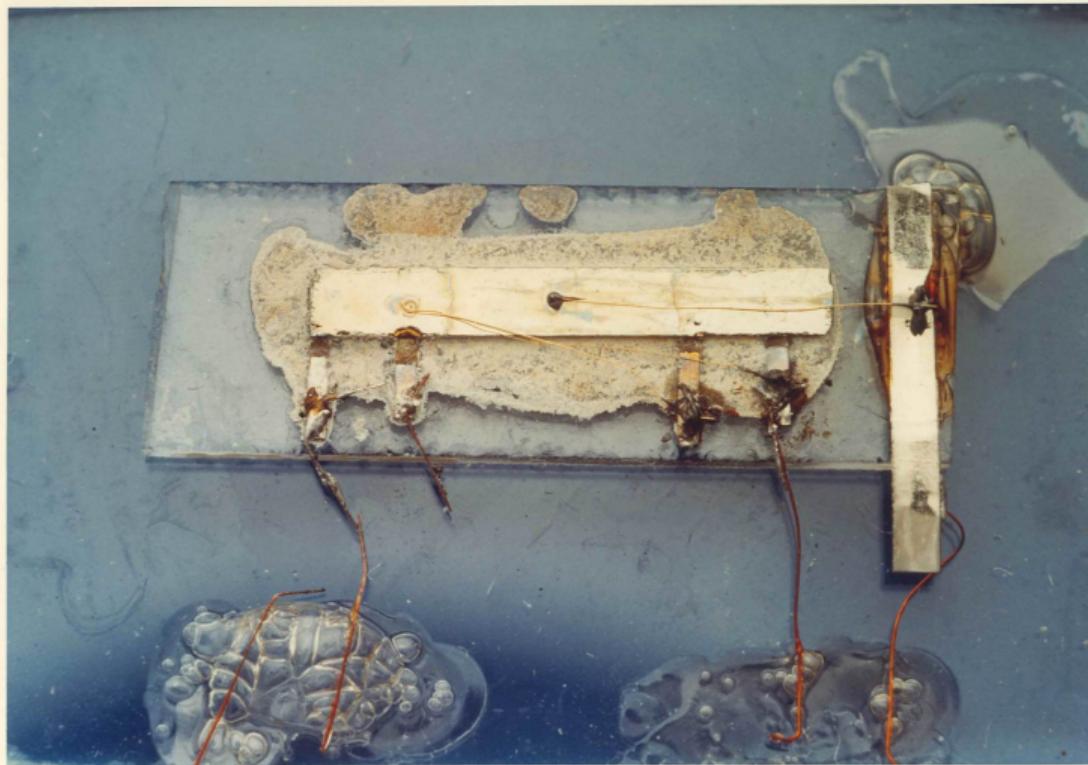
Fig. 3.

INVENTOR

Jack S. Kilby

BY

Stevens, Davis, Miller & Mosher
ATTORNEYS



PG 00032

Circuitos integrados

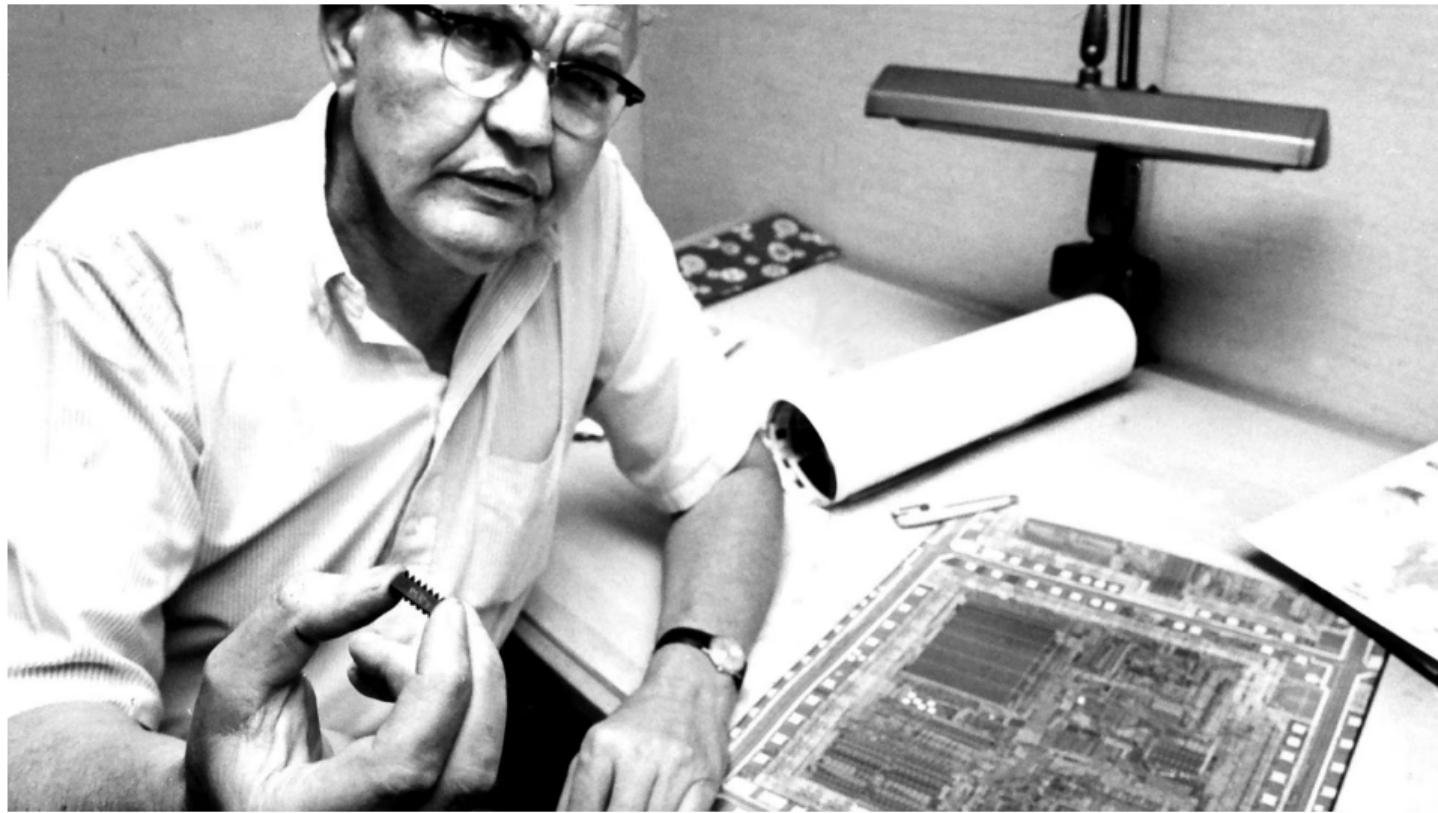


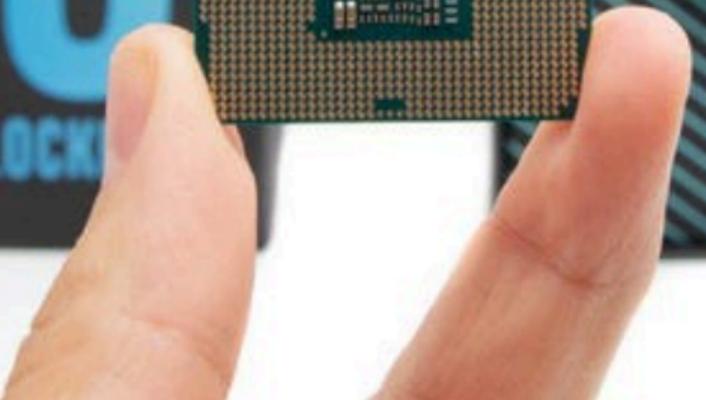
Figura 1: Jack Kilby sostiene en su mano derecha un circuito integrado que contiene un chip de silicio (el circuito lo contiene).



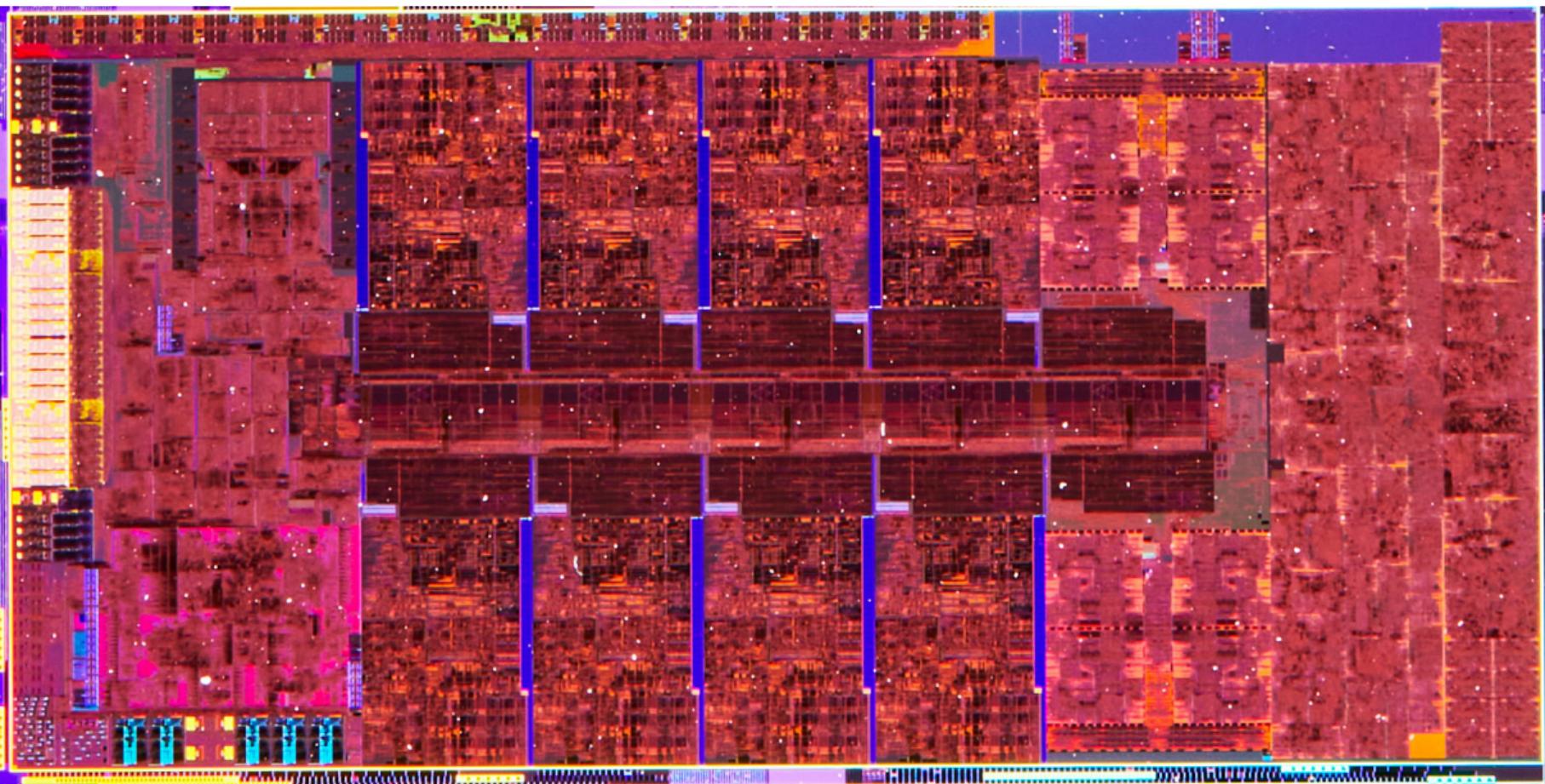
9TH GEN

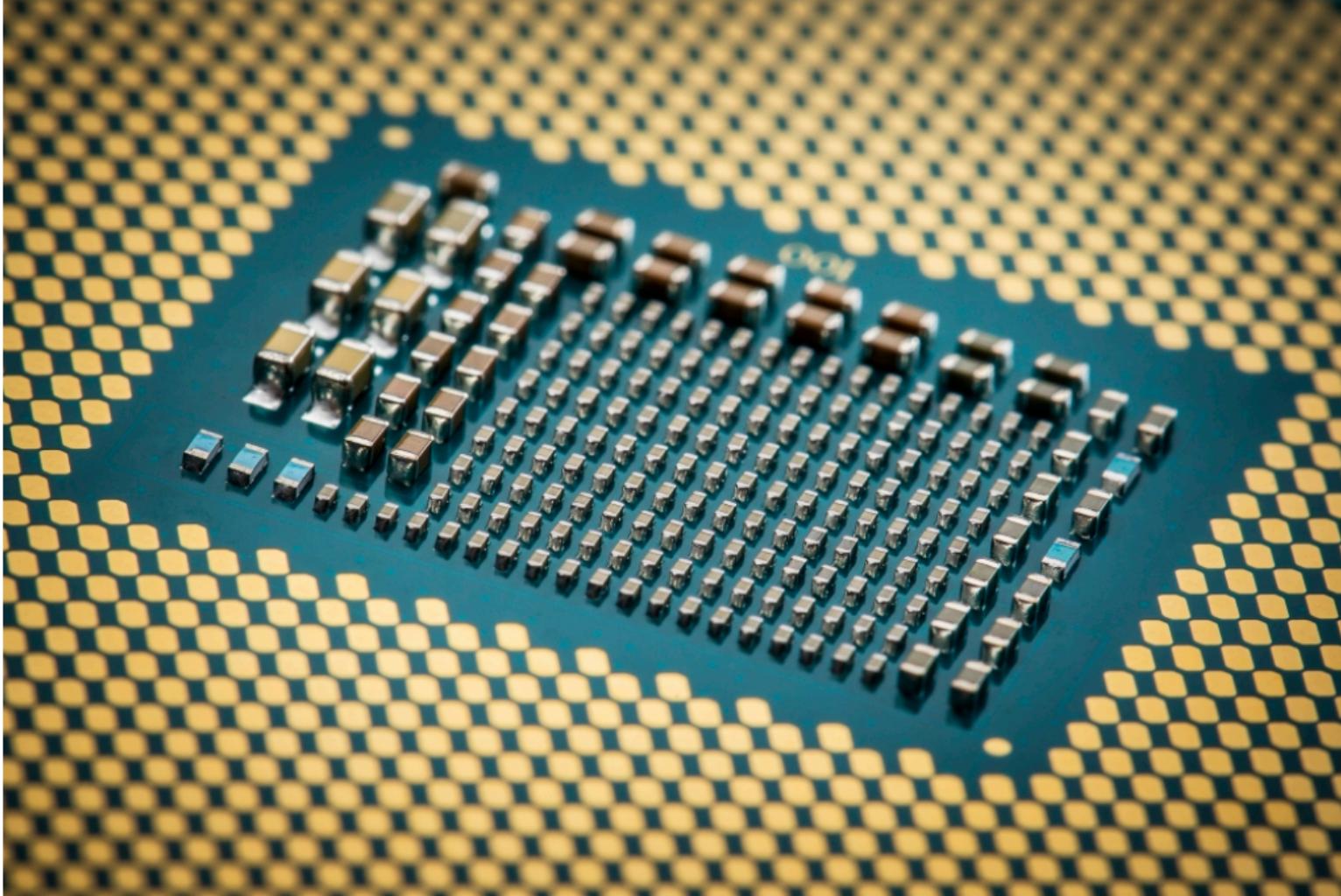
core i9

UNLOCKED







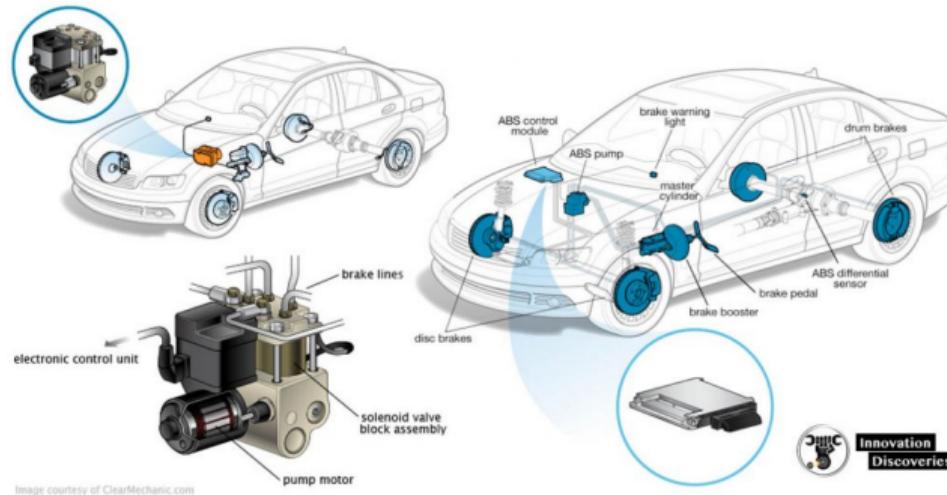


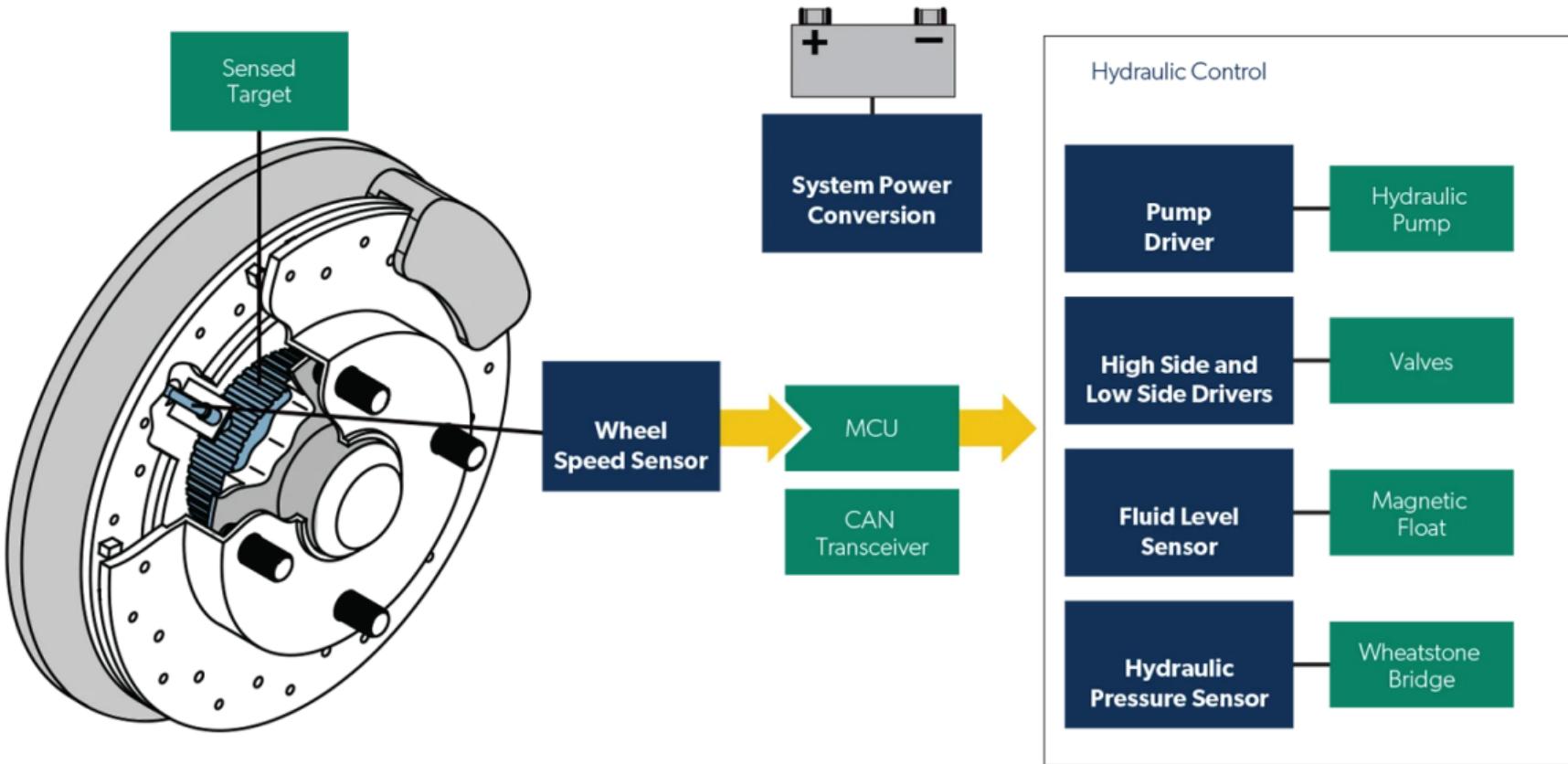
Características de los sistemas embebidos

Características de los sistemas embebidos

Interactuan directamente con el entorno físico

- El ABS acciona los frenos, la transmisión de disco controla los motores



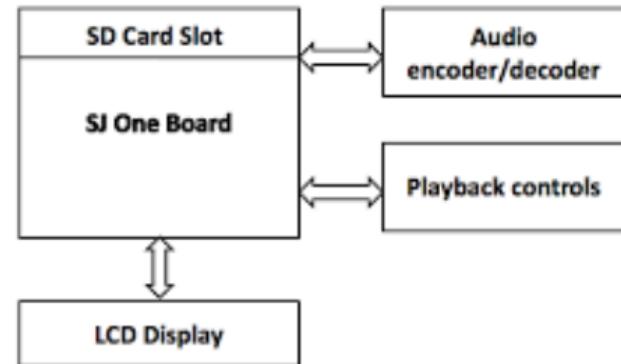
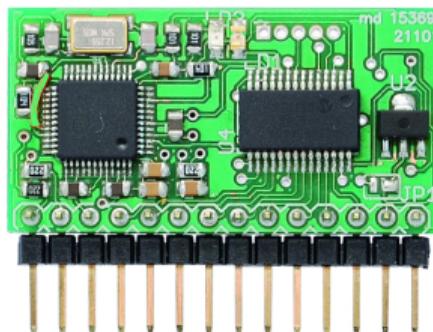


Características de los sistemas embebidos

Restricciones temporales estrictas: reactivos y en tiempo real

A diferencia de la mayoría de los programas informáticos, los sistemas embebidos deben realizar operaciones en **tiempo real**

- Reacciona continuamente a los cambios del entorno del sistema.
- Debe calcular determinados resultados en **tiempo real** sin demora
- El ABS falla si es *demasiado lento*
- El reproductor MP3 suena mal si la conversión es lenta



Características de los sistemas embebidos

- **Específicos para una aplicación, no de propósito general:** diseñados para ejecutar una tarea específica.
 - ABS sólo aplica pausas, MP3 sólo reproduce música
 - Algunos sistemas lo incumplen (teléfonos móviles con aplicaciones).
- **Confiabilidad**

Características de los sistemas embebidos

- Función única (**sistema dedicado**)
 - Ejecuta un único programa, repetidamente
- Con restricciones (**eficiente**)
 - Economiza recursos (utiliza solo lo necesario)
 - Bajo coste, bajo consumo (energético y procesamiento), pequeño, rápido, etc.

Características de los sistemas embebidos



- A menudo se interconectan con **sensores** para obtener información sobre los *parámetros* del proceso.
- Diseñados para funcionar en **entornos difíciles**

Confiabilidad

Los sistemas embebidos deben ser confiables,

- **Fiabilidad** $R(t)$ probabilidad de que el sistema funcione correctamente siempre que funcionara en $t = 0$
- **Mantenibilidad** $M(d)$ probabilidad de que el sistema funcione correctamente d unidades de tiempo después de producirse el error.
- **Disponibilidad** $A(t)$ probabilidad de que el sistema funcione en el momento t
- **Protección** sin daños
- **Seguridad** Comunicación confidencial y auténtica



Fiabilidad

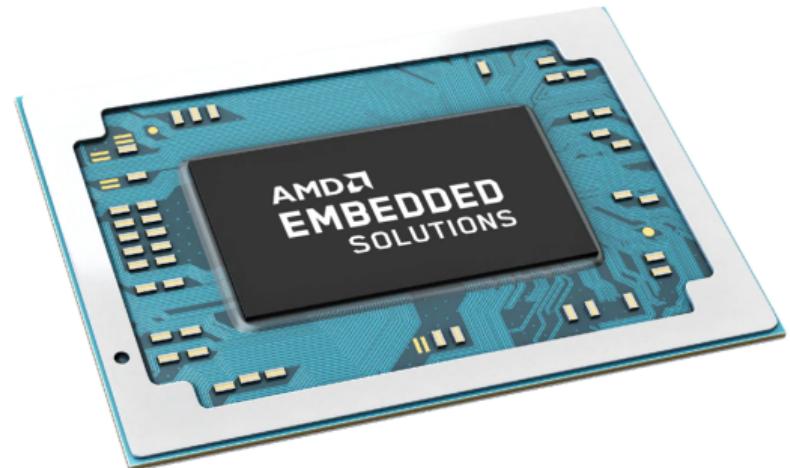
- Incluso los sistemas perfectamente diseñados **pueden fallar** si las *hipótesis* sobre la carga de trabajo y los posibles errores resultan ser erróneas.
- Hacer que el sistema sea fiable no debe ser una tarea de última hora, sino que debe tenerse en cuenta desde el principio.



Eficacia

La sistema embebido debe ser eficiente

- Tamaño de código eficiente
- Eficacia en tiempo de ejecución
- Peso eficiente
- Rentabilidad
- Eficiencia energética





OCION X

8 PACK







8Pack ORIONX2 Dual System Extreme Overclocked PC



CPU Intel Core I9 10980XE & Intel Core I7 10700K

GPU 3 x RTX 3090

RAM 128GB or 64GB & 32GB Running at 3600MHz

Storage

4 x 2TB Samsung 970 Evo M.2 NVMe SSDs & 2 x 14TB
HDDs

[Shop on Amazon](#)

[CHECK PRICE >](#)

Overclockers

[CHECK PRICE >](#)

Limitaciones de costes

■ Metodología de diseño embebido: Sé eficiente

- La inmensa mayoría de los productos embebidos están en mercados de **costos críticos**

■ Un proceso muy distinto a la ingeniería de software tradicional

- El funcionamiento correcto es lo único que cuenta
- Rendimiento, memoria, potencia: infinitos (restricciones sin importancia)
- La **Ley de Moore** acabará salvándote

Restricciones en tiempo real

Muchos sistemas embebidos deben cumplir restricciones de **tiempo real**

- Un sistema en tiempo real debe reaccionar a los estímulos del objeto controlado (o del operador) en el intervalo de tiempo dictado por el entorno.
- Para los sistemas en tiempo real, las respuestas correctas que llegan demasiado tarde son erróneas.

Restricciones en tiempo real

- **Tarea:** Una pieza de código secuencial
- **Trabajo:** Instancia de una tarea
- **Recursos:** Los trabajos requieren **recursos** para ejecutarse.

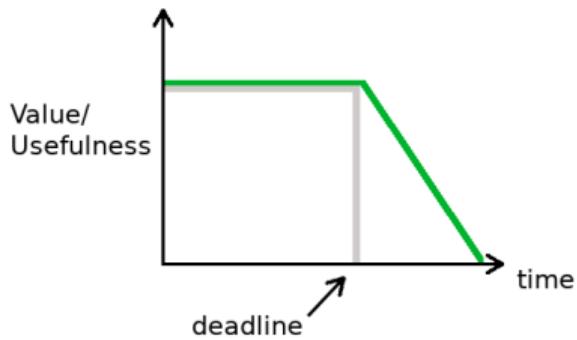
- Recursos de ejemplo: CPU, red, disco, sección crítica
- Simplemente llamaremos a todos los recursos de *hardware* "procesadores"
- **Tiempo de liberación de un trabajo:** El instante en que el trabajo está listo para ejecutarse
- **Fecha límite de un trabajo (deadline):** El instante en el que el trabajo debe completar la ejecución
- **Fecha límite relativa de un trabajo:** "Fecha límite - Hora de lanzamiento"
- **Tiempo de respuesta de un trabajo:** "Tiempo de finalización - Tiempo de liberación".

Restricciones en tiempo real

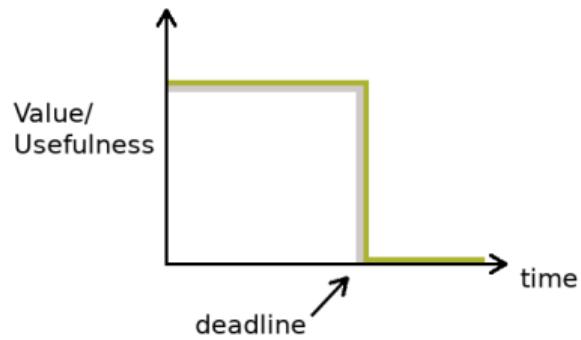
- Una restricción en tiempo real se denomina **dura**, si el incumplimiento de esa restricción puede provocar una catástrofe
- Todas las demás limitaciones temporales se denominan **blandas**.
- Una respuesta garantizada del sistema debe explicarse sin *argumentos estadísticos*



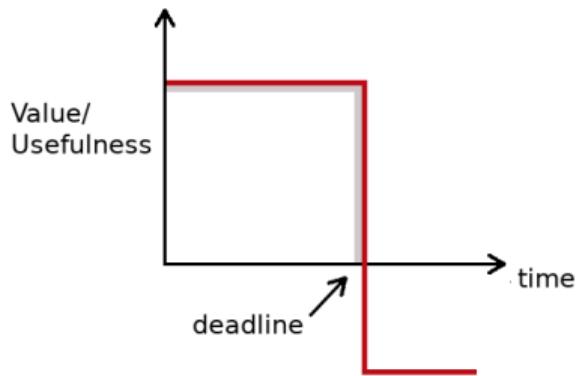
soft real-time

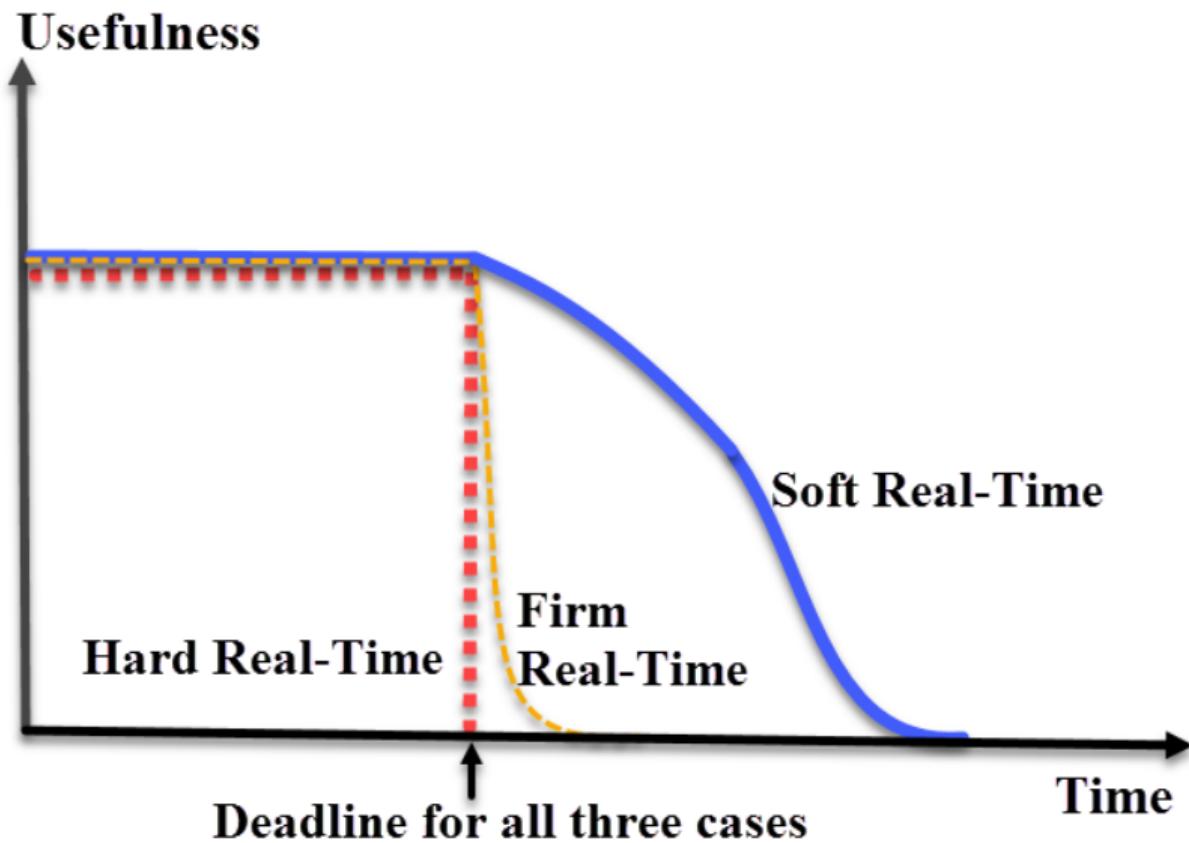


firm real-time



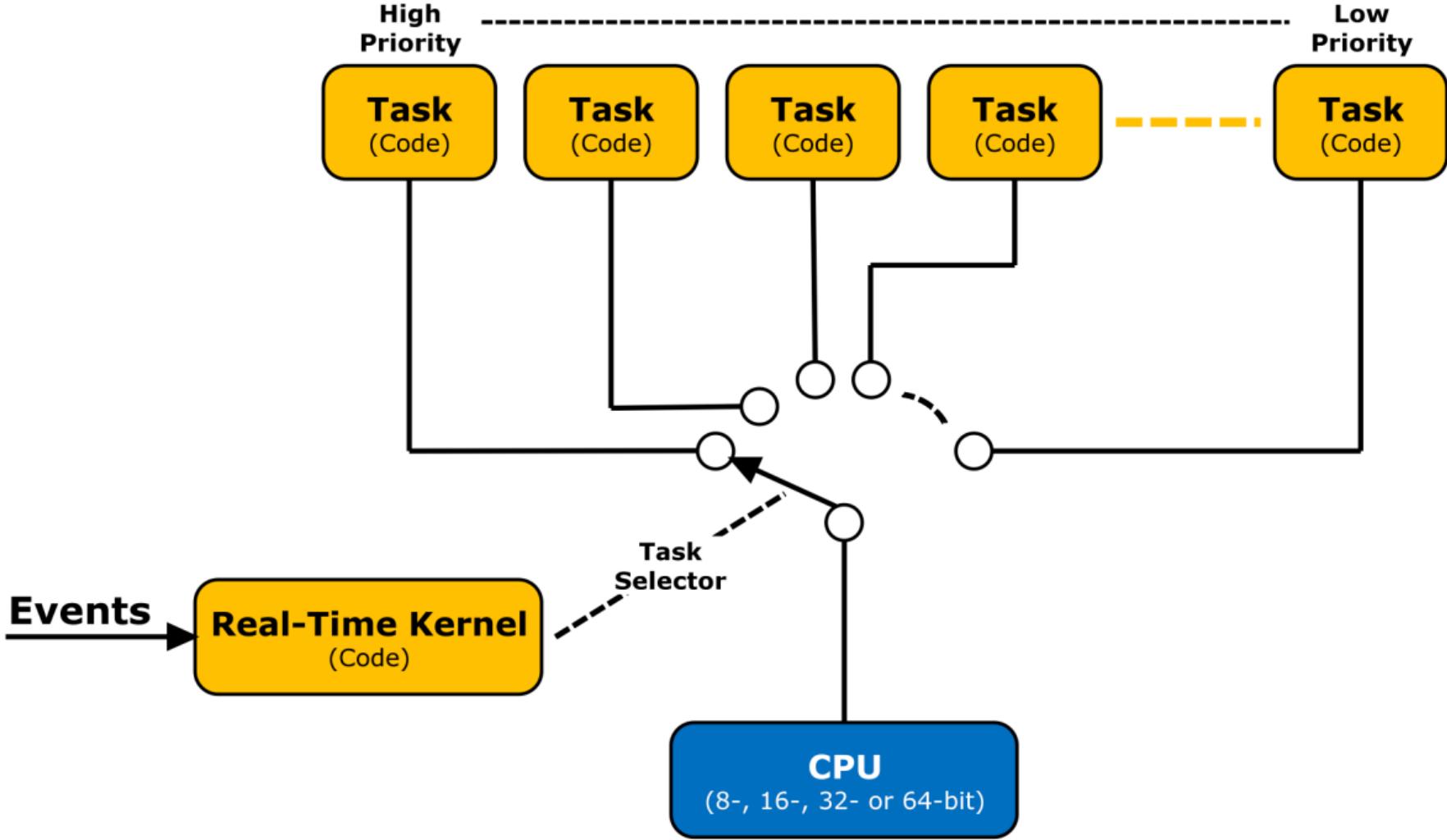
hard real-time

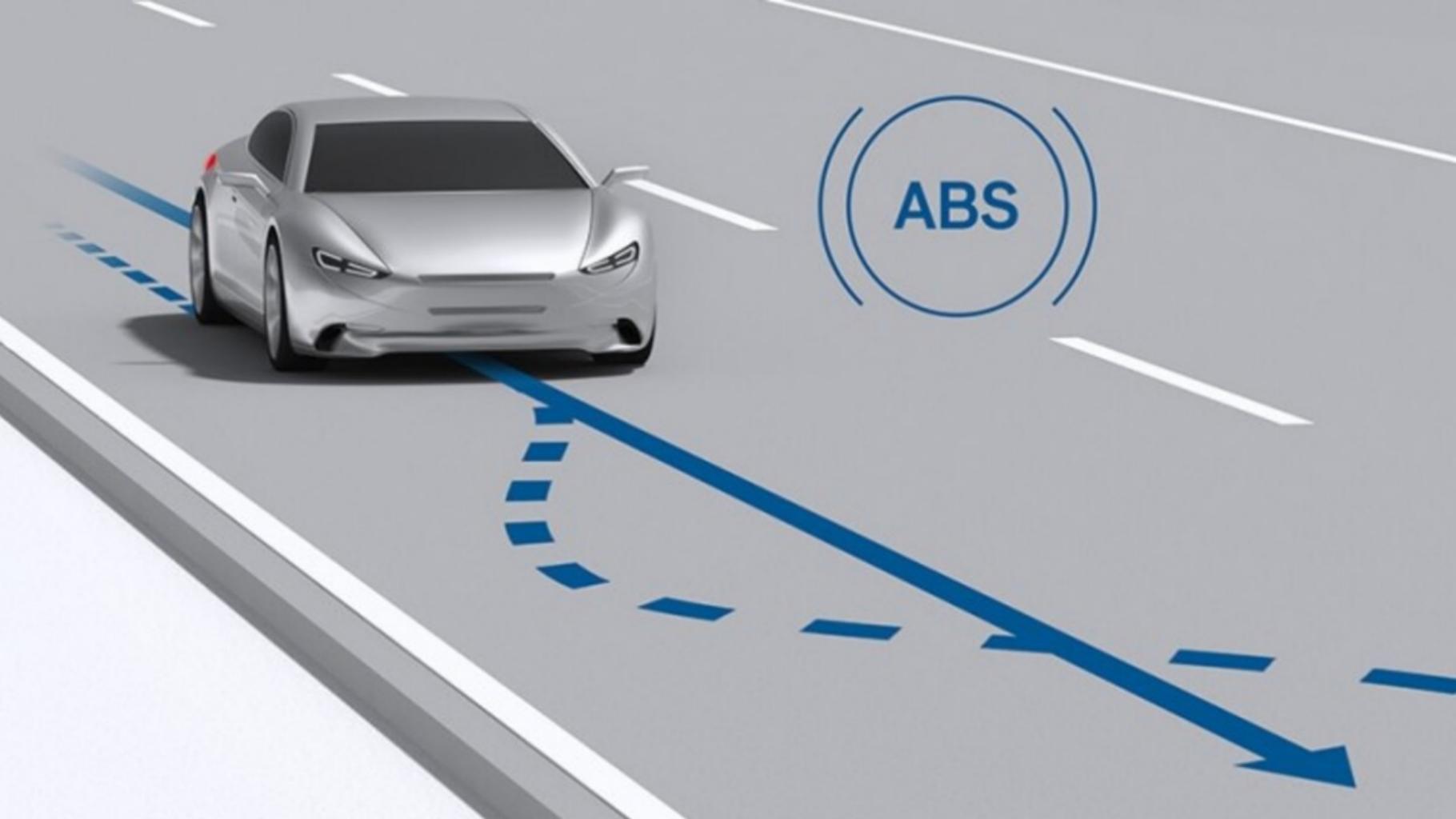




¿Embebido y de tiempo real?

- La mayoría de los sistemas embebidos son en tiempo real
- La mayoría de los sistemas en tiempo real están embebidos



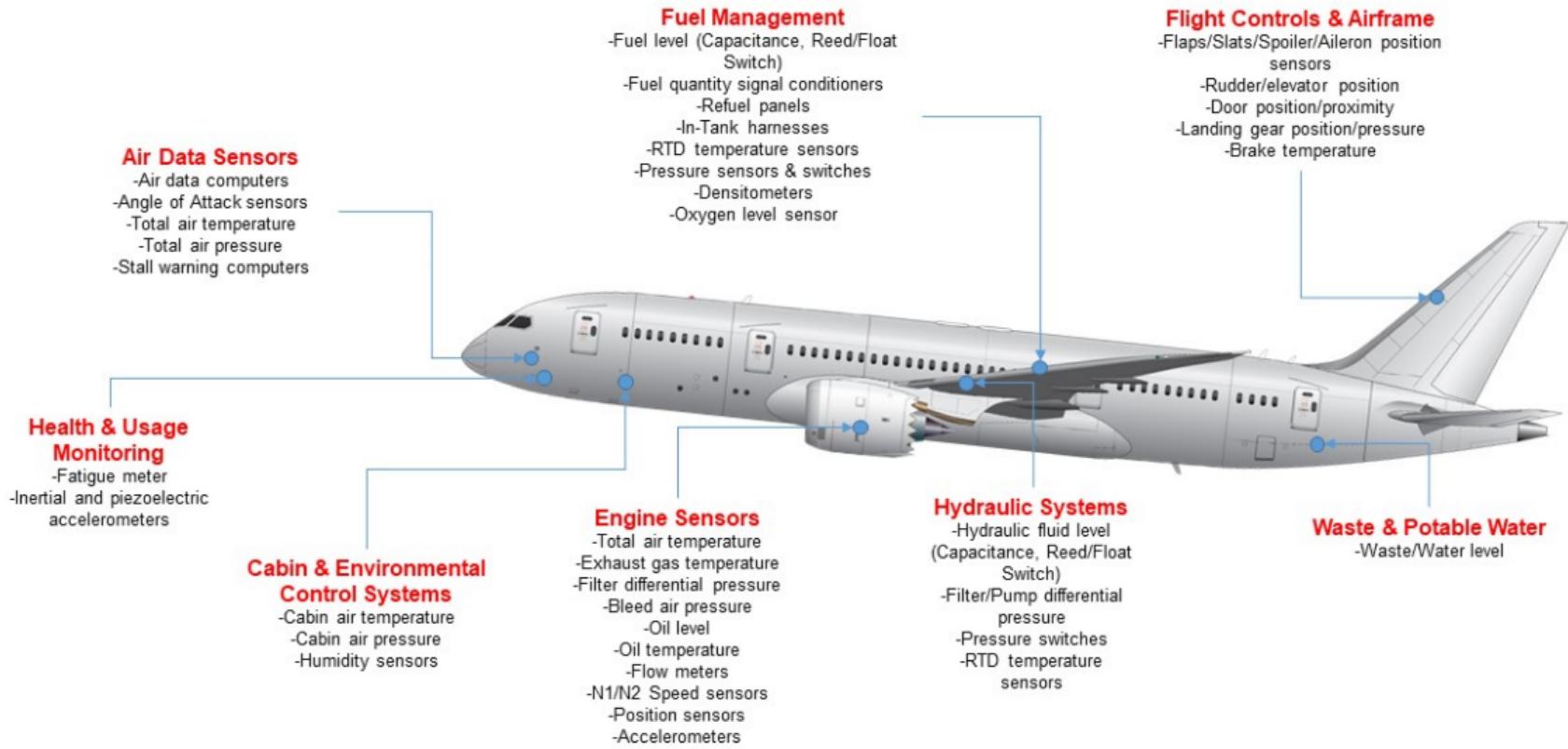


ABS











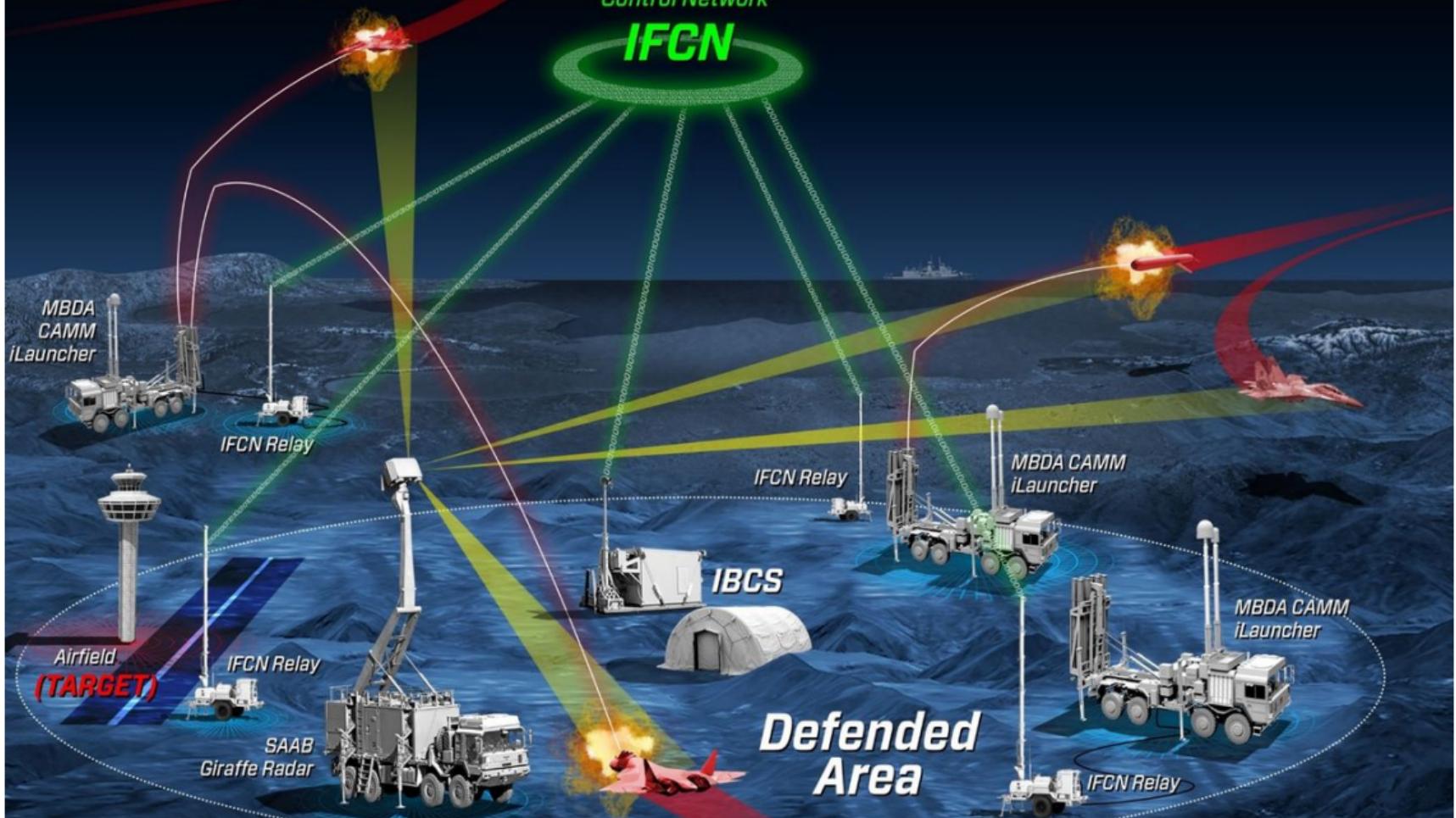






Integrated Fire Control Network

IFCN



















ISRAEL'S IRON DOME MISSILE DEFENSE SYSTEM

Introduced into service in
2011

One battery consists of
3 launchers of
20 Tamir missiles each

Protects an area of
150 km²

More than
1 million people

live in the impact area of rockets fired from the Gaza Strip

Tamir interceptor missiles

as part of the Iron Dome launch complex:

- applied for the destruction of unguided rockets and artillery shells fired from a distance of 4 to 70 km
- capable of destroying targets at an altitude of 10 km
- radar for homing and trajectory estimation of the enemy rocket



length: **3 m** diameter: **160 mm** weight: **90 kg**

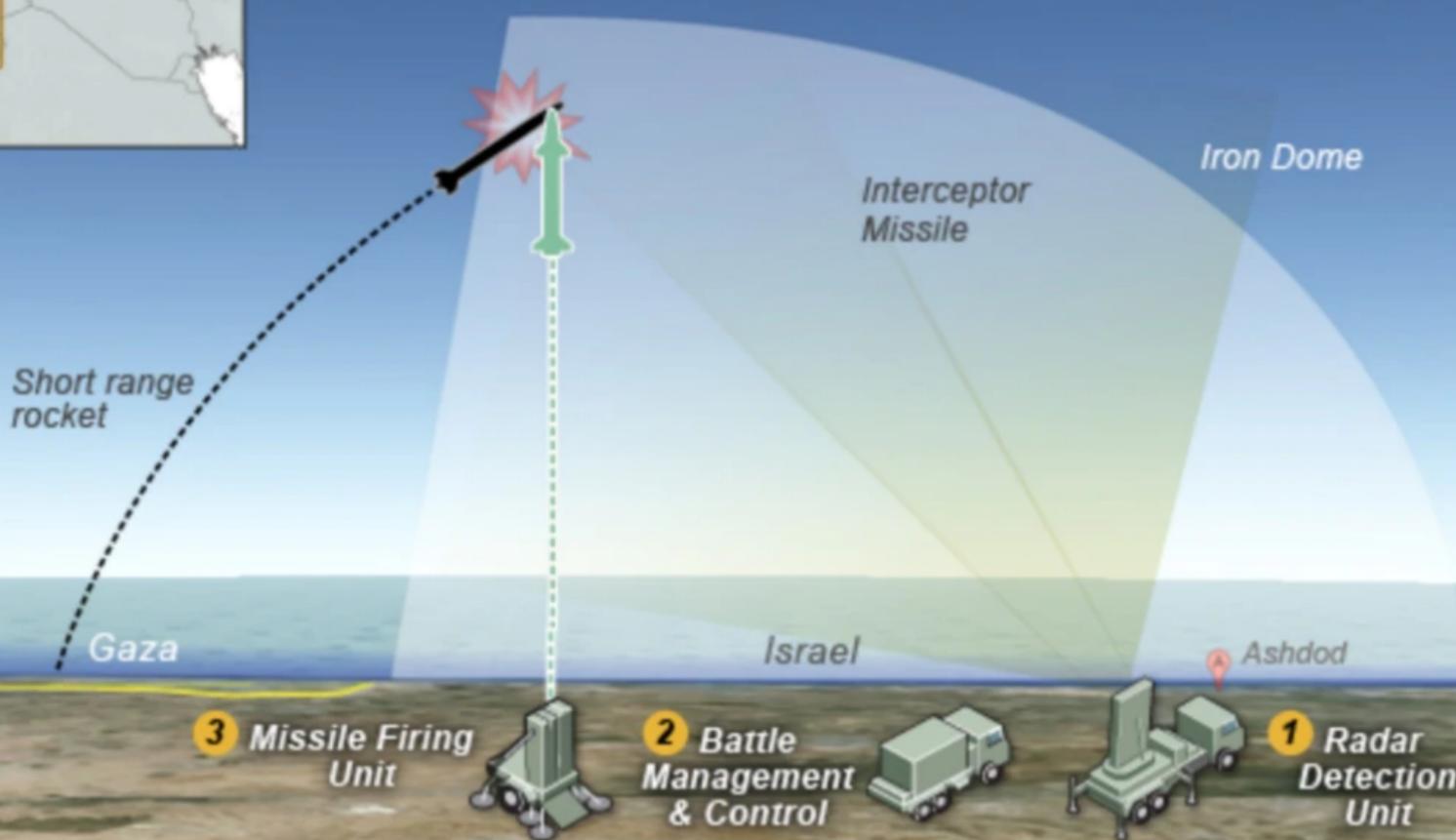
The cost of one missile is about
≈\$90 000

The cost of one battery is up to
≈\$170 млн

are deployed in total
9 batteries



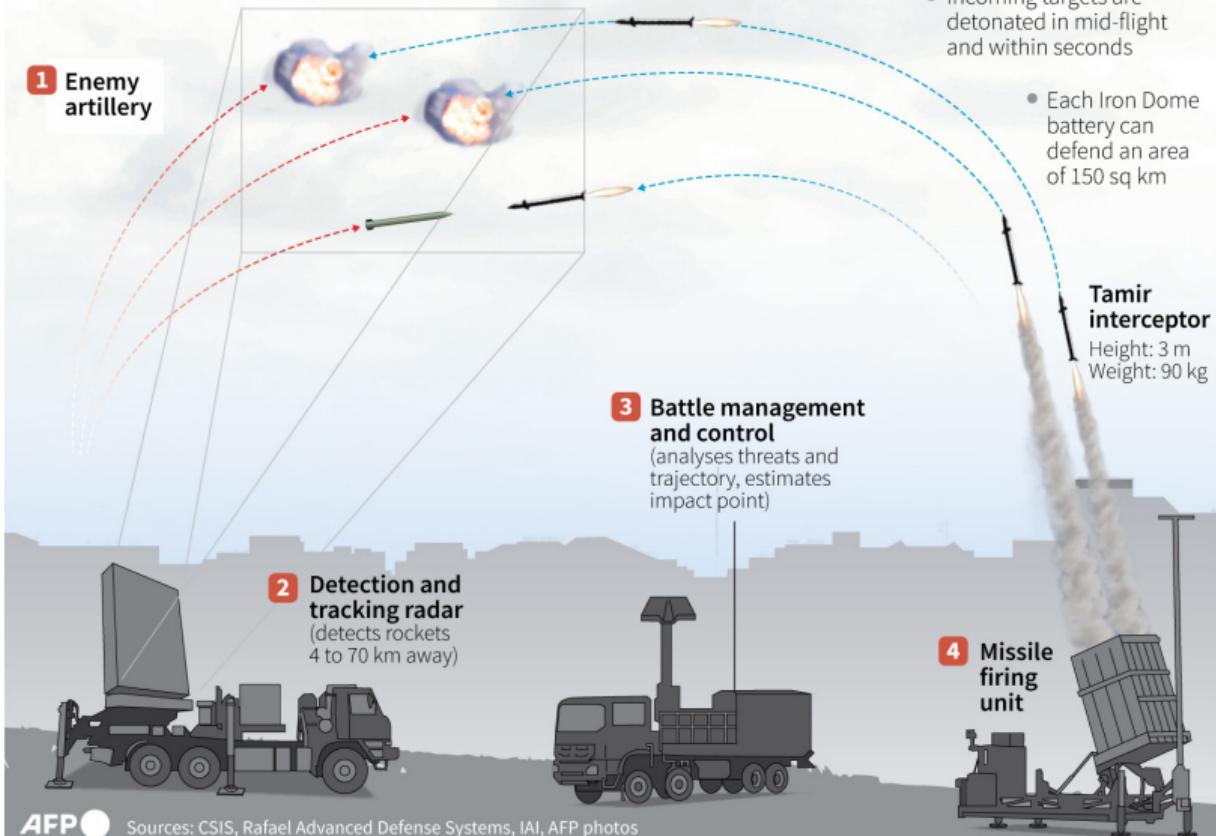
ISRAEL'S IRON DOME MISSILE DEFENSE SYSTEM



Israel's Iron Dome defence system

In service since 2011, intercepts around 90% of rockets fired into Israel

- Interceptor is fired if enemy artillery threatens populated areas
- Incoming targets are detonated in mid-flight and within seconds
- Each Iron Dome battery can defend an area of 150 sq km





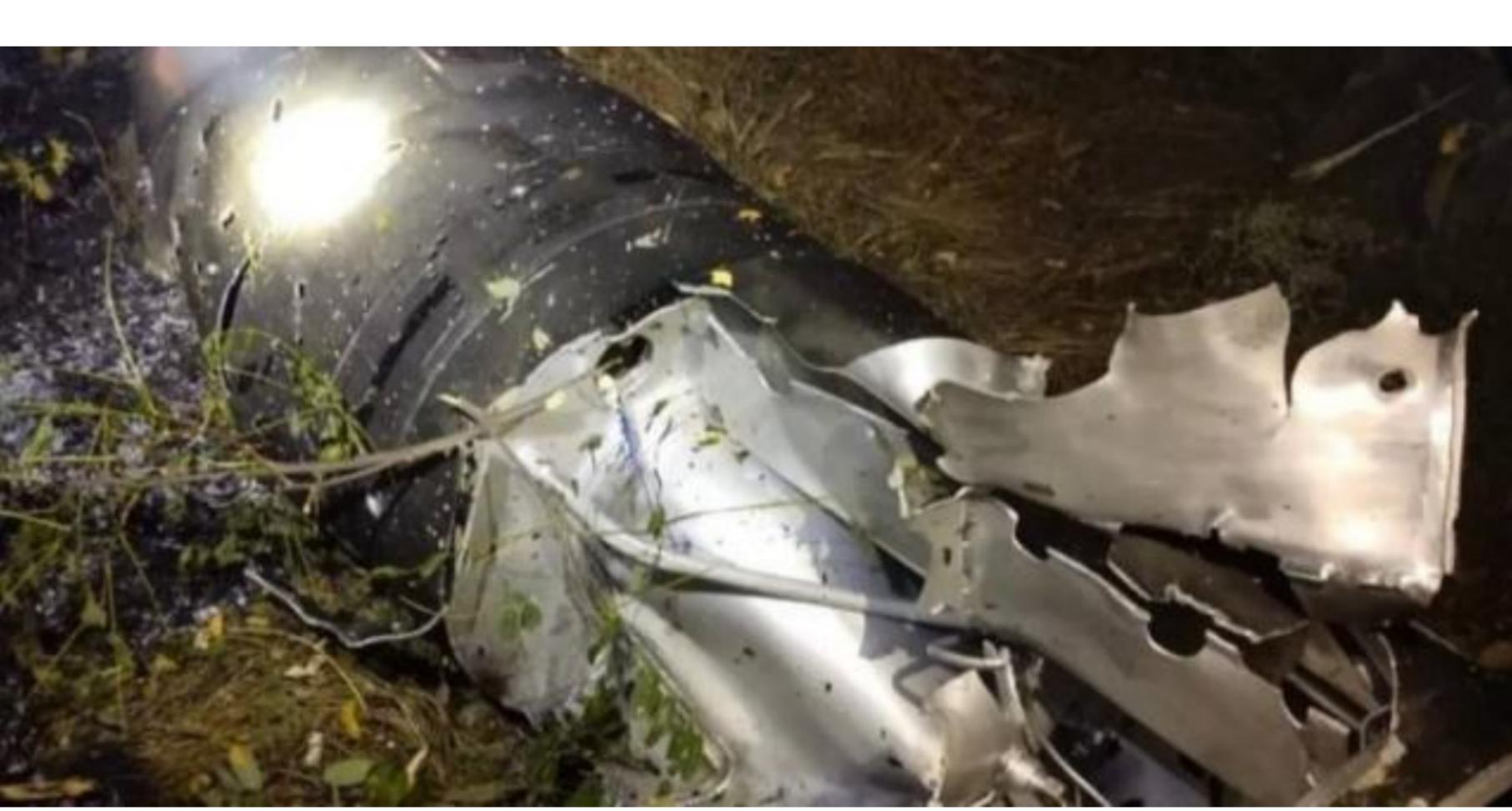












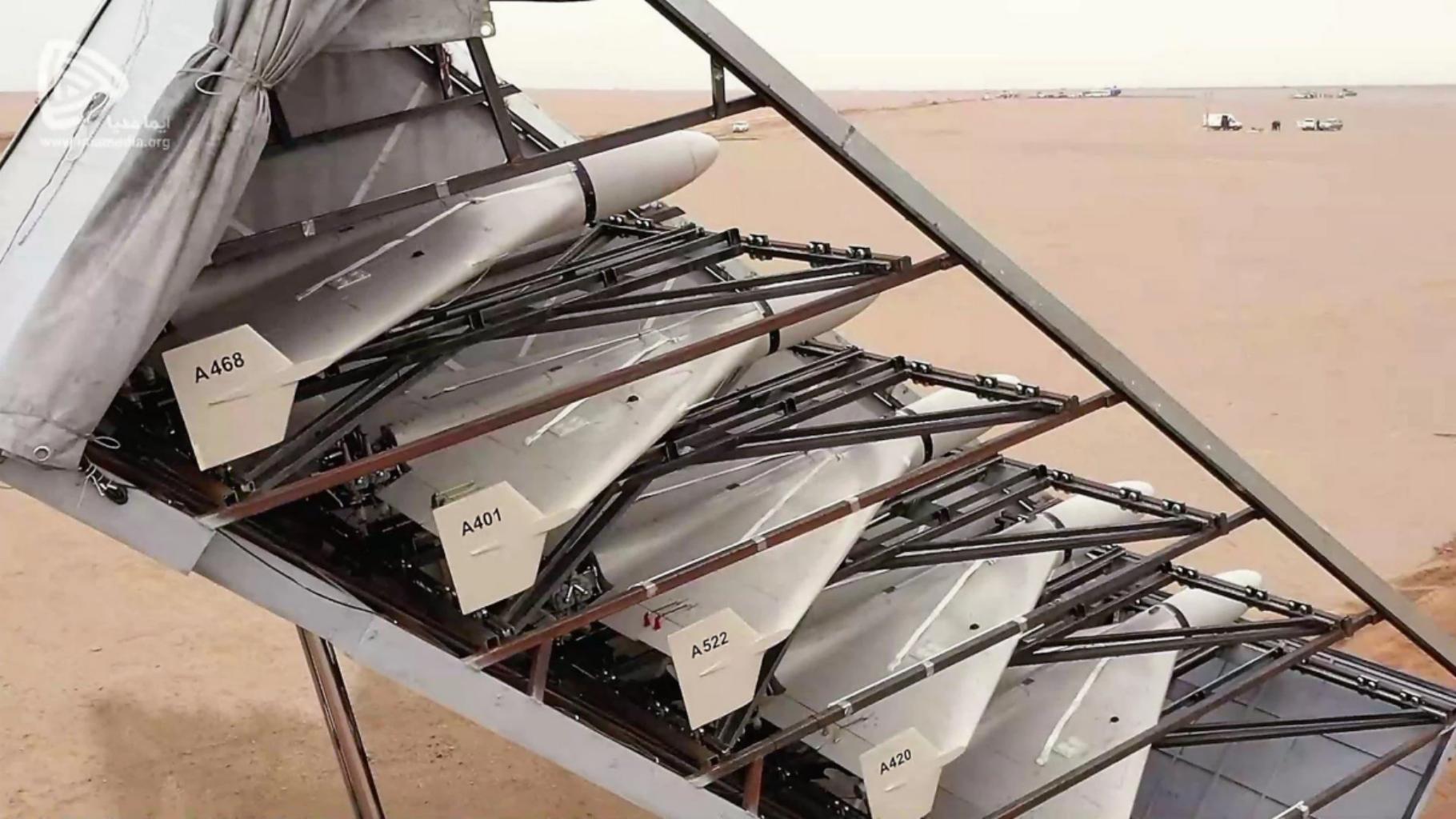
ALTERA
FLEX

EPM10K30AQ1240-3
S CCA510433A

AVP-279-03

R179 R152







UKRAINE'S HEADACHE



\$6.5 MILLION



\$20,000

Bayraktar TB2 drone

Max altitude: 25,000 ft (7,600 m)

Weapons: 4 MAM-L

Max range: 186 miles (300km)

laser-guided bombs

Max speed: 140 mph (220 kmph)

Wingspan: 39 ft (12 m)













S-400 battalion components:

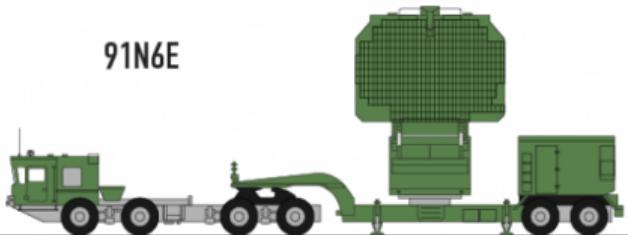
Command-and-control equipment

55K6E



Mobile command post on Ural-532301

91N6E



Big Bird acquisition and battle management radar

Up to eight fire units, including

92N6E



Grave Stone engagement and fire control radar

5P85TE2/5P85SE2



Launchers (up to 12) with 4 missiles each

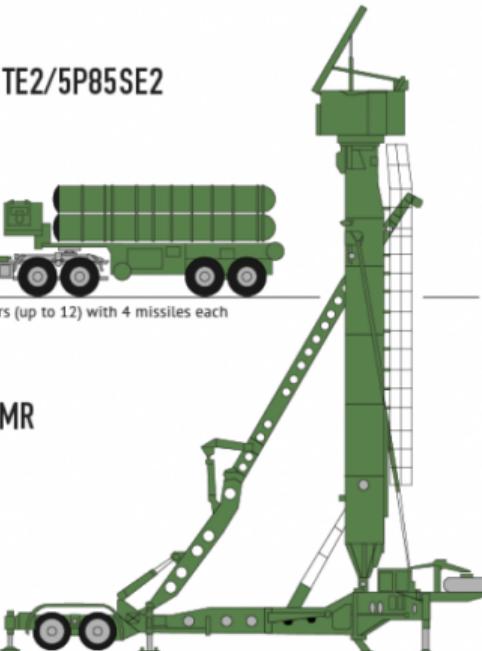
Optional equipment:

96L6E



all-altitude acquisition radar

40V6MR



mobile mast system



S-400 Triumph air defense missile system

Alphanumeric code

Russian Army: **S-400**

NATO reporting name

SA-21 Growler



Missile 9M96E2



Guided 24-kg fragmentation warhead

Operational range of	120 km (75 miles)
Altitude of	up to 30 km (10,000 feet)
Reaction time of	no more than 8 seconds
Service life of	15 years
Weight of	420 kg

Designation

A surface-to-air missile system designed to engage with all types of aerial targets (aircraft, UAVs, cruise missiles, etc.) with a range of **400 km (250 miles)** and an altitude of **30 km (10,000 feet)**

Specifications

Operational range:

- for aerodynamic targets **3 km to 240 km**

- for ballistic targets **5 km to 60 km**

Altitude **of up to 30 km (10,000 feet)**

Maximum target speed **of up to 4,800 m/s**

Deployment time **of 5-10 min.**

Missiles per system **up to 48 (384 in all)**

Composition

- Command & Control System
- Several different radar units
- Up to 8 medium- and long-range surface-to-air missile systems (up to 12 missiles per system)
 - 48N6E, 48N6E2, 9M96E, 9M96E2 midrange guided missiles and a 40N6E long-range missile

Technical specifications

Features

- Twice as effective as previous generation systems
- The only system capable of selectively deploying one of five types of missiles
- All operations are completely automated, from target acquisition to assessment of results of engagement
- Considered a 4+ generation system by specifications and combat capabilities

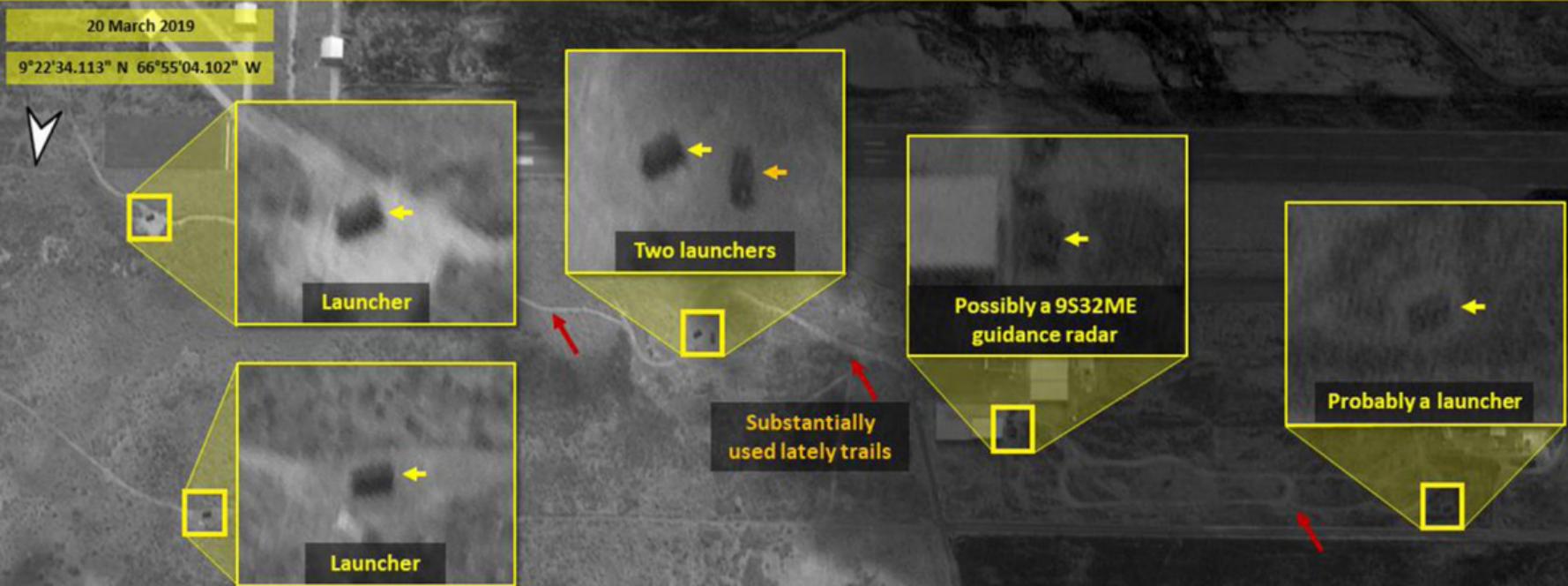








Venezuela, Capitán Manuel Ríos Airbase: S-300 (VM) Operational Activity



Following the S-300 activity, which took place during February 2019 in Capitán Manuel Ríos Airbase, Venezuela, **the military deployed the S-300 operationally at the same base**. The deployment includes five launchers and a 9S32ME multi-channel missile guidance radar (MMGR). **ISI Assessment:** Venezuela increases its operational readiness due to the Regional tension.



Venezuela, Capitán Manuel Ríos Airbase: S-300 (VM) Activity

18 February 2019

9°22'34.113" N 66°55'04.102" W



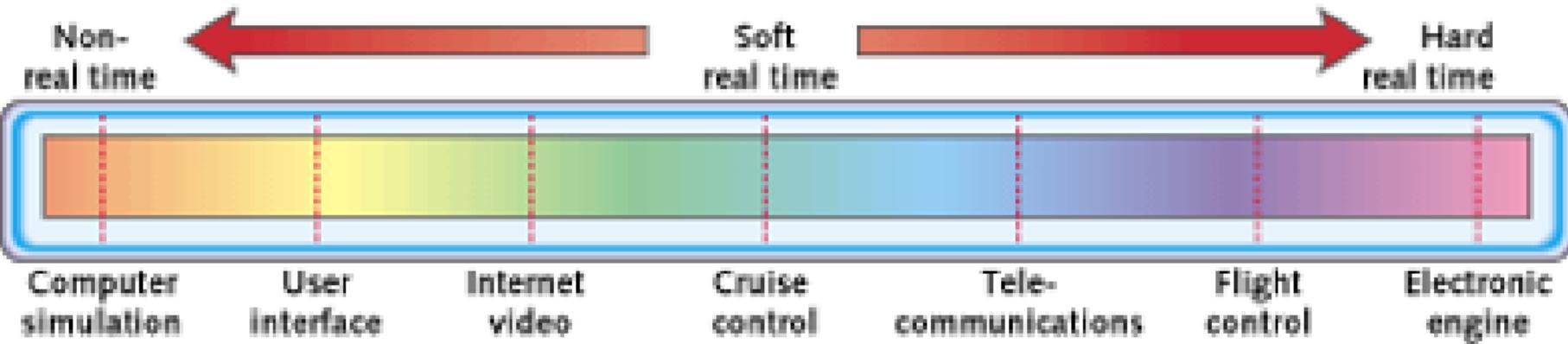
Missile Trailer (Open Source)



S-300 (VM) Launcher (Open Source)



S-300 (VM) Launcher (Open Source)



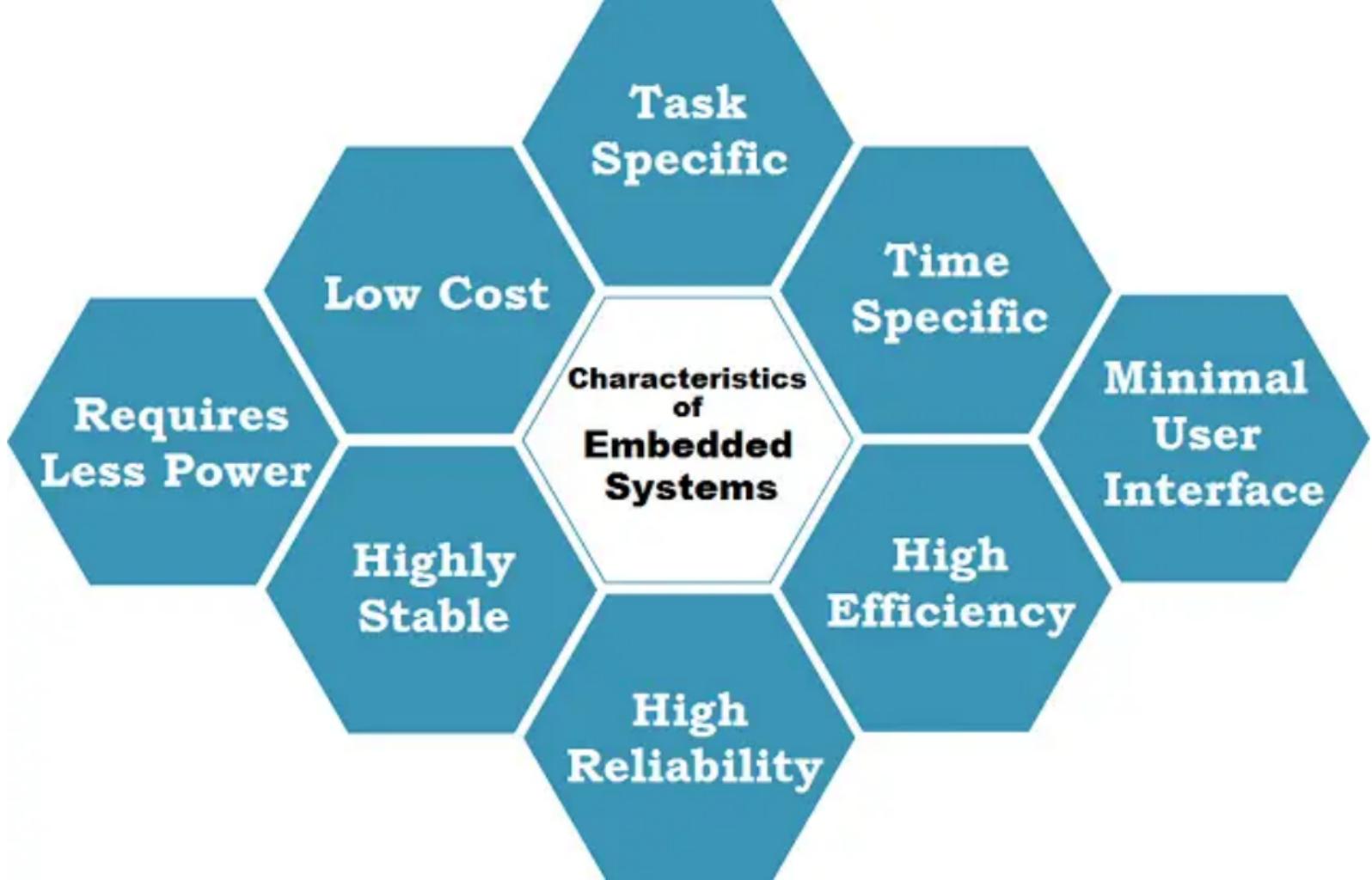
Sistemas dedicados

¿Incorporado y en tiempo real?

Sistema dedicado

Dedicado a una aplicación determinada. El conocimiento del comportamiento en el momento del diseño puede utilizarse para minimizar los recursos y maximizar la robustez

- Interfaz de usuario dedicada (sin ratón, teclado o pantalla)



¡Muchas gracias por su atención!

¿Preguntas?



Contacto: Marco Teran
webpage: marcoteran.github.io/
e-mail: marco.teran@usa.edu.co

