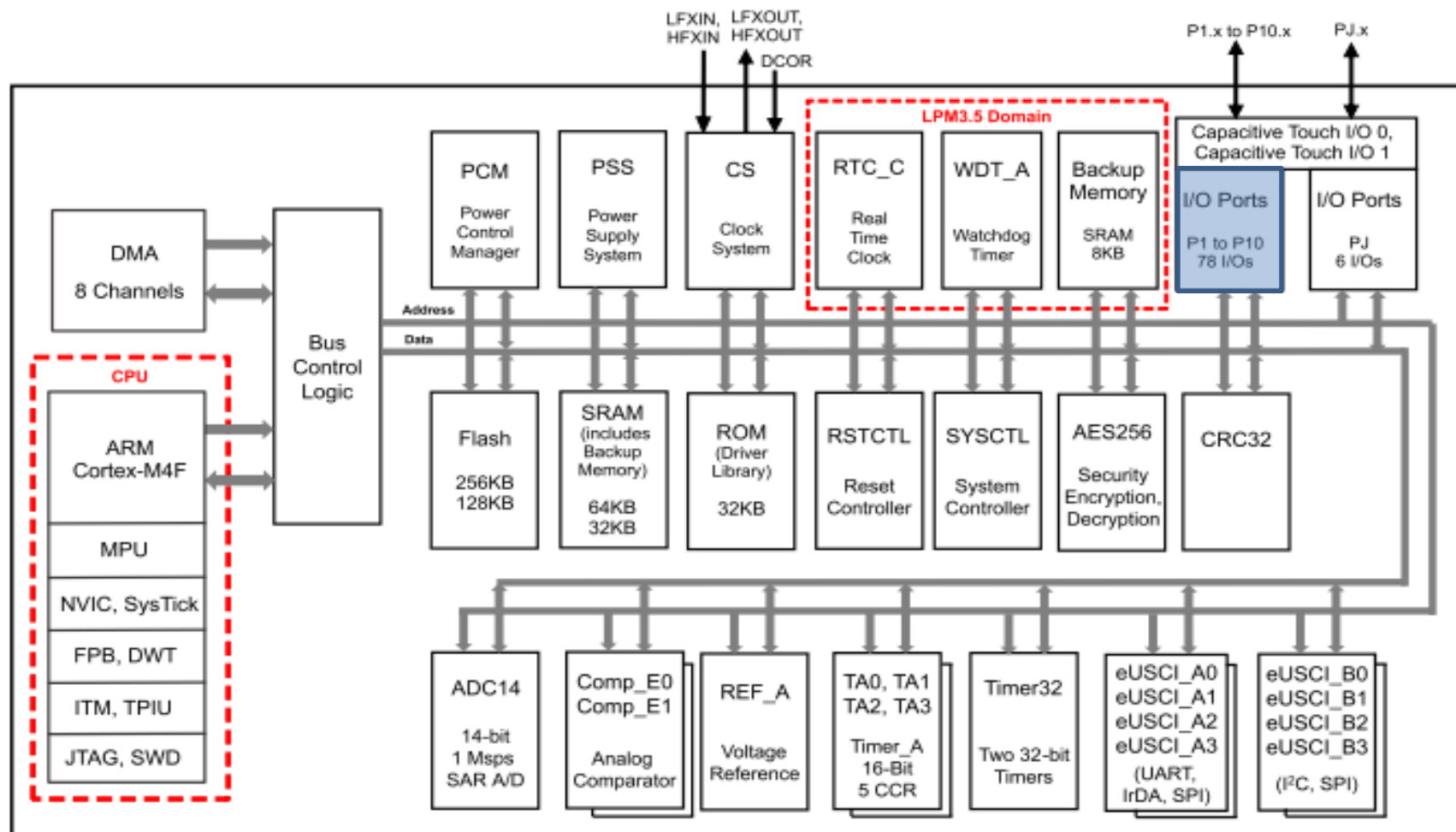


# PROGRAMACIÓ D'ARQUITECTURES ENCASTADES

Entrades/Sortides Digitals  
(GPIOs)

*Classe 2*

# Diagrama de blocs Funcional del MSP432P401



Encara que pot semblar que els diferents blocs són completament independents entre ells, resulta que comparteixen pins i això introduirà limitacions.

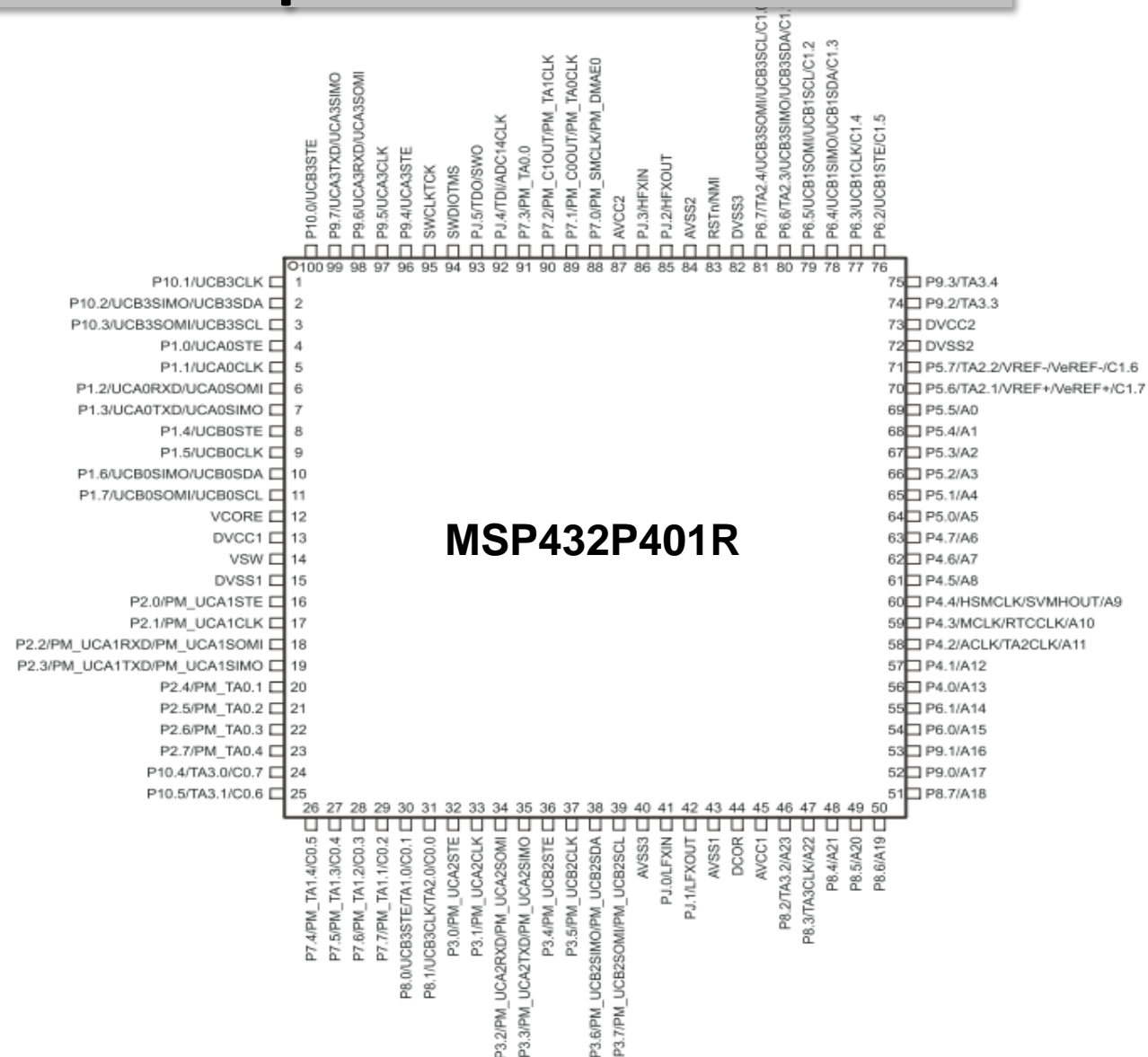
# Mapa de memòria del MSP432P401

Table 1-5. Memory Access Behavior

Address Range	Memory Region	Memory Type	Execute Never (XN)	Description
0x0000_0000–0x1FFF_FFFF	Code	Normal	–	This executable region is for program code. Data can also be stored here.
0x2000_0000–0x3FFF_FFFF	SRAM	Normal	–	This executable region is for data. This region includes bit band and bit band alias areas (see <a href="#">Table 1-6</a> ).
0x4000_0000–0x5FFF_FFFF	Peripheral	Device	XN	This region includes bit band and bit band alias areas (see <a href="#">Table 1-7</a> ).
0x6000_0000–0xDFFF_FFFF	Reserved	Normal	–	Reserved in MSP432P4xx.
0xE000_0000–0xE00F_FFFF	Private peripheral bus	Strongly Ordered	XN	This region includes the NVIC, system timer, and system control block.
0xE010_0000–0xFFFF_FFFF	Reserved	–	–	-

Tota operació a un perifèric és equivalent a accedir a una posició de memòria (i.e, escriure en un registre).

# Assignació de pins del MSP432P401



## E/S Digitals (GPIOs, *General Purpose Input Outputs*)

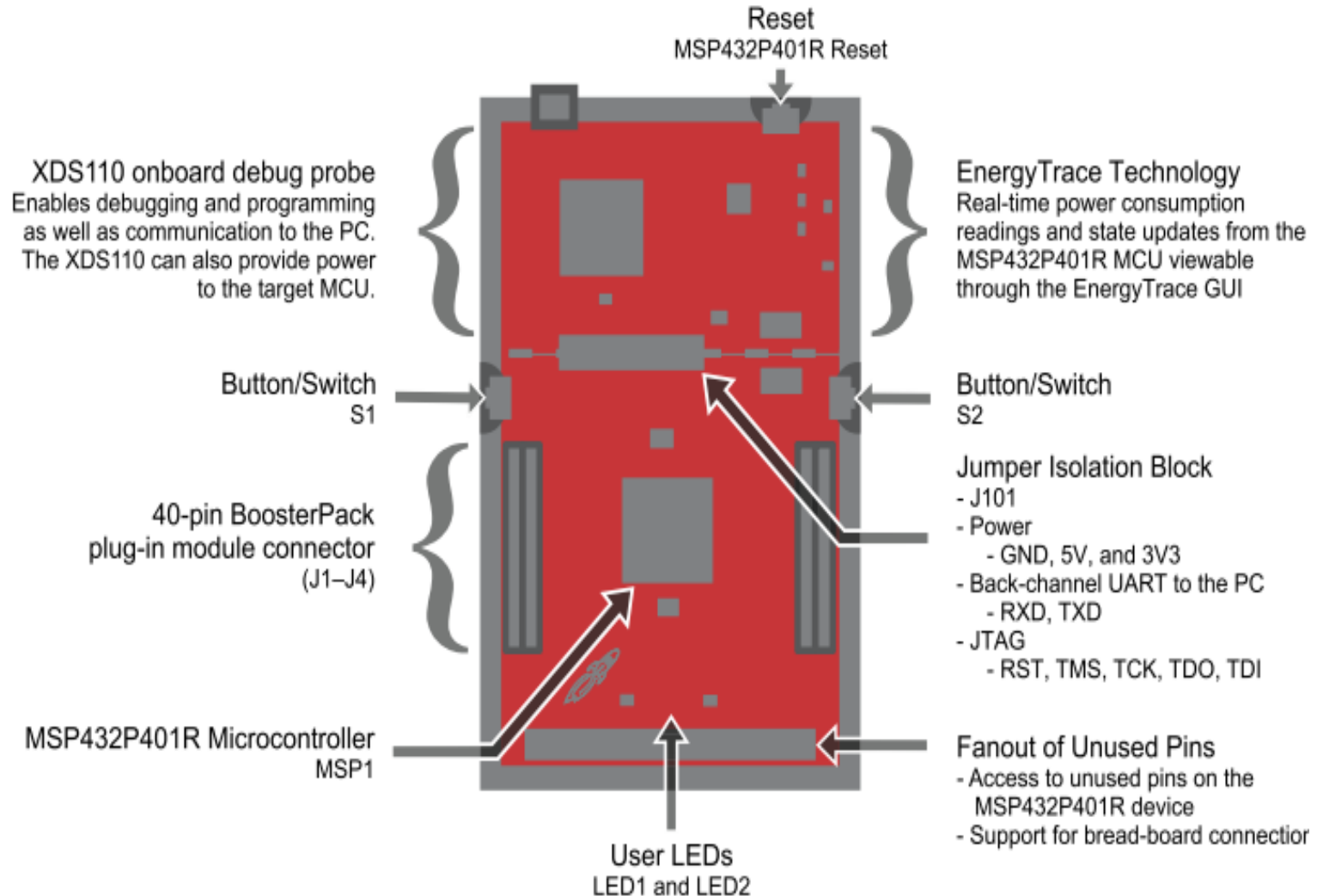
Les Entrades/Sortides digitals de propòsit general són els recursos de que disposem en un sistema Encastat (*Embedded System*) per detectar (entrades) senyals ON/OFF (1 o 0 ) o bé activar-les (sortides).

- Cada un d'aquests “senyals” estarà connectat a un “pin” del microcontrolador.
- Habitualment, aquests pins solen agrupar-se de 8 en 8 en el que denominem *Ports*. Nosaltres els controlarem com aquests grups mitjançant variables o registres de mida un Byte. (en C *unsigned char* o *uint8\_t*).
- Així, al MSP432P401 tenim el *port* P1 que agrupa a 8 *pins*, els quals denominarem P1.0, P1.1, P1.2... P1.7. El “problema” és que no podem accedir directament amb les nostres instruccions de programa a un dels pins, si no que sempre haurem de fer referència a tot el port. Això implica que hem d'anar en compte a l'hora de modificar l'estat d'un o diversos pins sense modificar la resta de pins del *port*. Més endavant veurem com fer-ho de forma adequada.
- En qualsevol cas, aquests tipus d'E/S ens permetran dur a terme tasques tant habituals com encendre/apagar LEDs, detectar si polsem un botó...

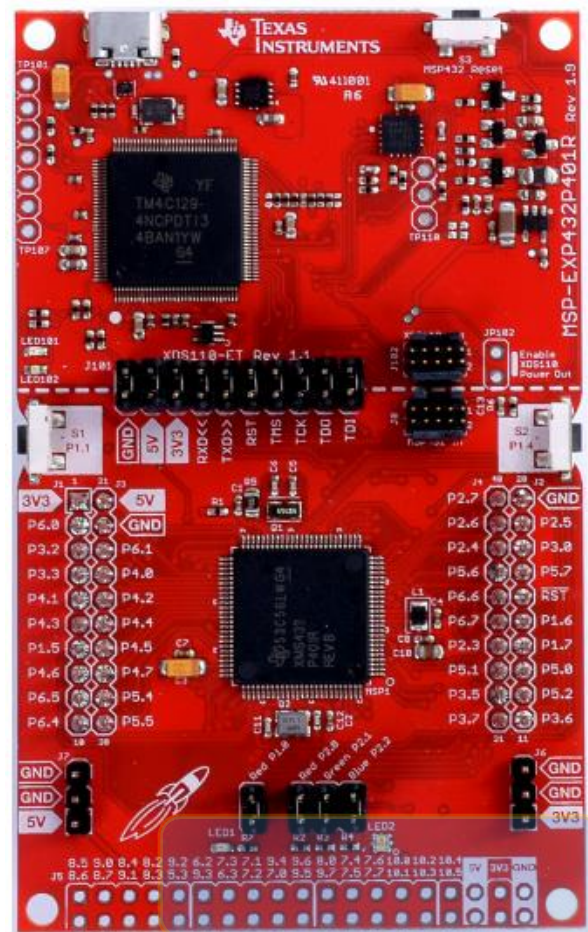
## Recursos que farem servir de les plaques

- Polsadors S1 i S2
- LED RGB
- LED Vermell

# Recursos “Digitals” que farem servir de les plaques







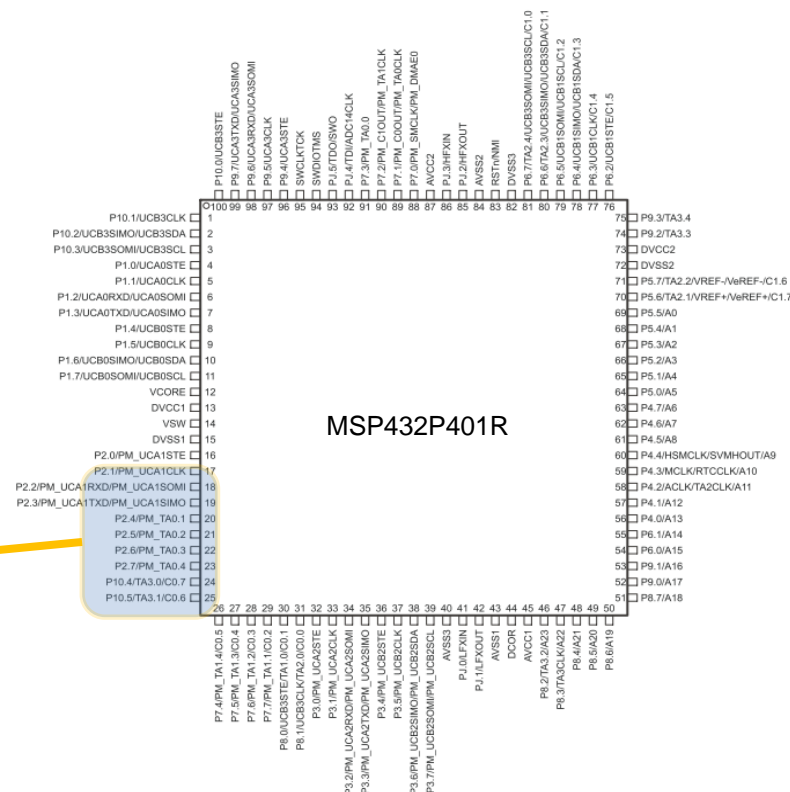
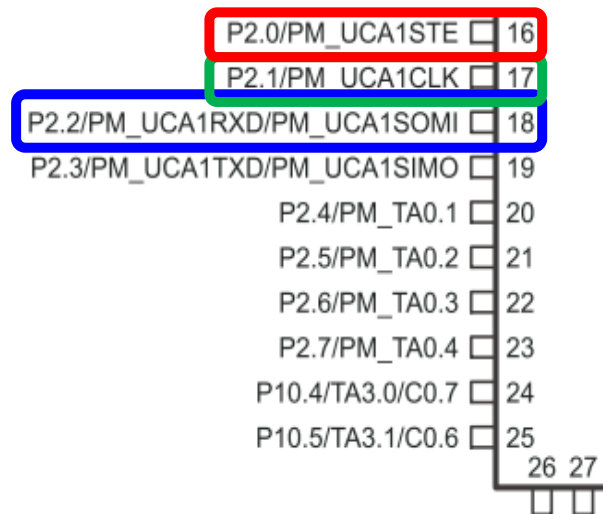


# Connexions polsadors, LED vermell i LED RGB

Recurs	Px.y	Sentit
Polsador S1	P1.1	IN
Polsador S2	P1.4	IN
LED_R (vermell)	P2.0	OUT
LED_G (verd)	P2.1	OUT
LED_B (blau)	P2.2	OUT
LED vermell	P1.0	OUT

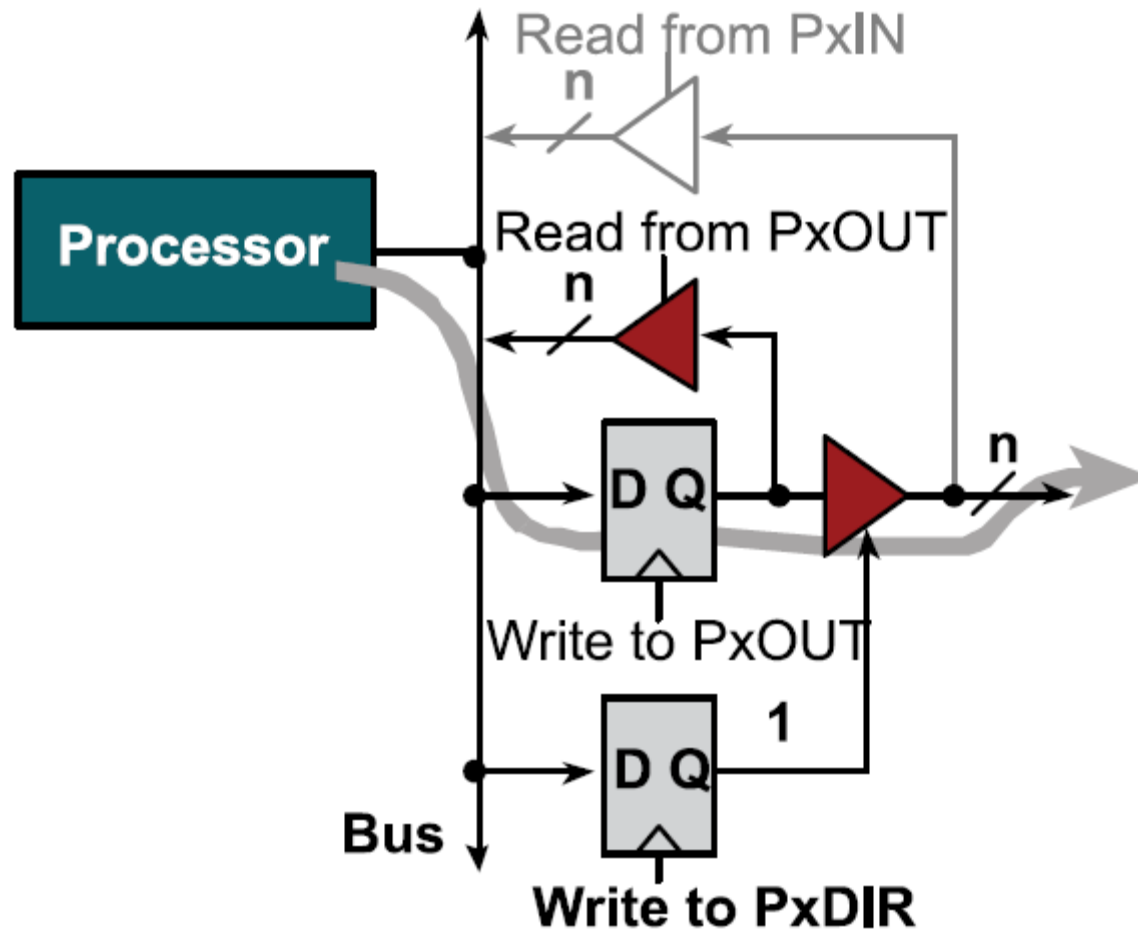
Pàg. 7 MSP432P401

Datasheet



MSP432P401R

## Diagrama de blocs d'un GPIO



## Configuració de Ports Digitals

I què passa quan un pin té assignada més d'una funció?

- En un instant determinat només pot exercir una de les funcions assignades.
- Existeixen una sèrie de registres de configuració per controlar quina de les funcions assignades és la que volem que faci en cada moment.
- A més, aquests registres ens permeten controlar diferents paràmetres del funcionament dels pins.
- En qualsevol moment del programa podem re-programar el funcionament de cada pin.
- La configuració es fa a nivell de port (grup de 8 pins) però cada pin del port es pot configurar amb la seva funció independentment dels altres.
- Per configurar els *ports* hem de consultar el MSP432P4xx *Technical Reference Manual*.

Nota: El fet que un pin tingui assignada més d'una funció és un exemple de multiplexació.



## Configuració de Ports Digitals

MSP432P4xx *Technical reference manual*: Pag. 481

Com les funcions que volem fer servir ara són d'Entrades/Sortides digitals, hem d'estudiar el capítol corresponent del MSP432P4xx *Technical Reference Manual*, que és el 12 (pàgines 676 a 1053).

### 10.1 Introducció als *Digital I/O*

- Programació independent de cada I/O.
- Es pot fer qualsevol combinació d'entrades i sortides.
- Els ports P1-P6 poden treballar amb interrupcions, programables individualment.
- Registres independents d'entrada (PxIN) i de sortida (PxOUT).
- Resistències de *pullup* o *pulldown* configurables individualment.
- ...

# Configuració de Ports Digitals

MSP432P4xx *Technical reference manual: Pags. 517*

## 10.4.3 PxOUT Register

Port X Output Register (X = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 or J)

Figure 10-3. PxOUT Register

7	6	5	4	3	2	1	0
PxOUT							
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Table 10-6. PxOUT Register Description

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	PxOUT	RW	Undefined	Port X output. When I/O configured to output mode: 0b = Output is low. 1b = Output is high. When I/O configured to input mode and pullups/pulldowns enabled: 0b = Pulldown selected 1b = Pullup selected

## Configuració de Ports Digitals

MSP432P4xx Technical reference manual: Pags. 482-484

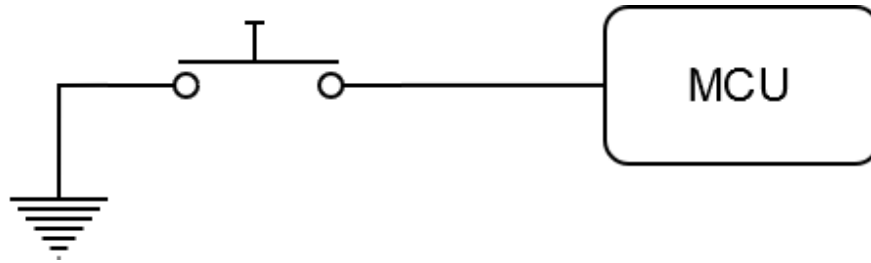
### 10.2 Operació dels *Ports* Digitals (*GPIOs*)

- **Registres d'Entrada PxIN:** Cada bit del registre reflecteix el valor del senyal d'entrada del pin I/O corresponent, quan el pin està configurat com a una entrada digital.
- **Registres de Sortida PxOUT:** Cada bit del registre és el valor que volem que surti pel pin I/O corresponent, quan el pin està configurat com a una sortida digital.
- **Registres de Selecció de Funció PxSEL0 i PxSEL1:** Quan un pin està multiplexat amb funcions d'altres perifèrics, aquests registres permeten triar quina de les funcions volem:

PxSEL1	PxSEL0	Configuració I/O
0	0	Funciona com a I/O digital (GPIO)
0	1	Primera funció alternativa
1	0	Segona funció alternativa
1	1	Tercera funció alternativa

## Alta impedància

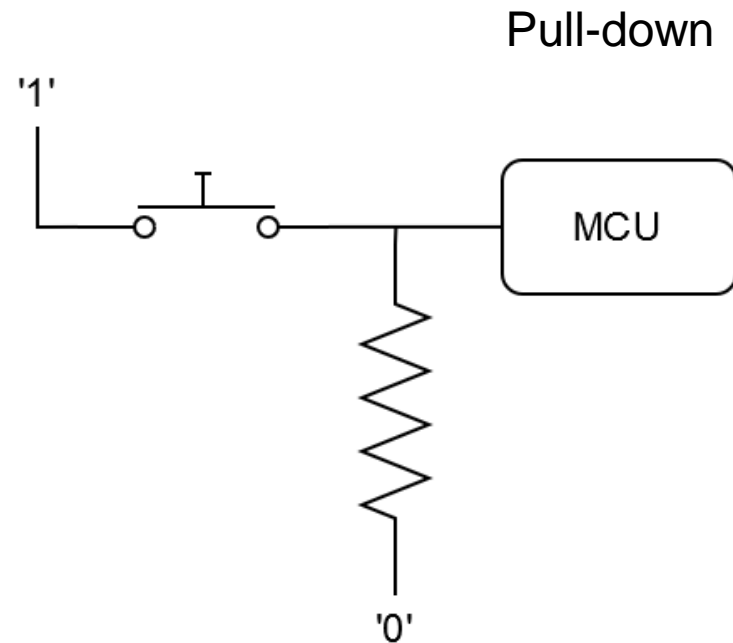
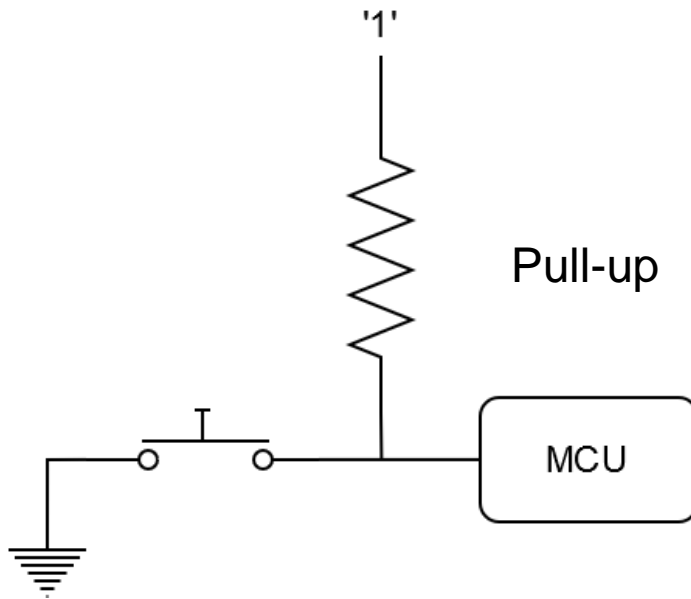
- Que passa quan tenim un pulsador connectat a l'entrada d'un MCU?



- Quin valor tenim a l'entrada quan el pulsador NO està premut?



## Pull-up/down



## Configuració de Ports Digitals

MSP432P4xx Technical reference manual: Pags. 482-484

### 10.2 Operació dels *Digital I/O*

- **Registres de Sentit PxDIR:** Quan amb els registres PXSELY seleccionem treballar com a GPIO, cada bit del registre PxDIR selecciona si volem que el pin I/O corresponent sigui d'Entrada o de Sortida.
  - ✓ Bit = 0: El pin del port el definim com Entrada.
  - ✓ Bit = 1: El pin del port el definim com Sortida.
- A més, si hem programat un *pin* com entrada (*input*), hem de tenir en compte els registres de les resistències *Pullup/Pulldown*: **PxREN**.

PxDIR	PxREN	PxOUT	Configuració I/O
0	0	x	Entrada sense resistència de <i>pullup/pulldown</i>
0	1	0	Entrada amb resistència de <i>pulldown</i>
0	1	1	Entrada amb resistència de <i>pullup</i>
1	x	X	Sortida

## Configuració de Ports Digitals

MSP432P4xx *Technical reference manual*: Pags. 482-484

### 10.2 Operació dels *Digital I/O*

- Si programem un pin com entrada (input), hem de tenir en compte l'habilitació, o no, de les interrupcions i la seva configuració, mitjançant els registres específics PxIE i PxIES. Això ho estudiarem al següent tema, per ara ho farem servir a pràctiques tal com s'indica al guió.
- En general, els pins que NO fem servir els hem de configurar com GPIOs i definir-los de sortida. Per evitar problemes amb soroll i reduir el consum.

**Nota:** Als nostres programes farem servir la nomenclatura PxIN (o el tipus de registre que sigui) on la “x” serà en cada cas el número de port amb el que treballem. No obstant, s’ha de fer esment de que en realitat cada un d’aquests “noms” fa referència a un número de registre específic que podem trobar a la **taula 12-3** del *Technical Reference Manual*. Afortunadament, tenim definits tots aquests noms-registres al *include* del nostre microcontrolador, quan generem un nou projecte al CCS i triem el microcontrolador que farem servir (al nostre cas el MSP432P401).



## Manipulació dels registres

Hem de tenir en compte que quan accedim a un registre (tant de lectura com d'escriptura) accedim a 8 bits (o 16 depenent de la mida). Però, en moltes ocasions volem modificar tant sols un, o diversos bits del registre.

*Per exemple, imaginem que volem programar el “port 1” sencer com a GPIO, els 4 bits de menys pes d'entrada (P1.0-P1.3) i la resta (P1.4-P1.7) de sortida, farem:*

- **P1SEL0=0x00** (GPIO o primera funció alternativa)
- **P1SEL1=0x00** (GPIO)
- **P1DIR=0xF0** (0b1111 0000, pins “alts” sortida, pins “baixos” entrada)

## Manipulació dels registres

Ara volem escriure un 1 en P1.0 i deixar la resta igual, si fem **P1OUT=0x01**, estem modificant tots els pins de sortida (P1.0 a 1 i P1.1, P1.2 i P1.3 a 0, P1.4-P1.7 són entrades i no veuran modificats per un operació de sortida)

Per evitar aquesta situació hem de fer servir els operadors lògics bit a bit, **AND (&), OR (|), XOR (^) i Complement a 1 (~)**.

Al nostre cas hauríem d'haver fet: **P1OUT |= 0x01**.

**OR: Posar a 1 els pins on escrivim 1**

I si volem ficar un 0 al mateix pin, sense modificar la resta: **P1OUT &= ~(0x01)**.

**AND: Posar a 0 els pins on escrivim 0**

Si el que volem és invertir l'estat del mateix pin: **P1OUT ^= 0x01**.

**XOR: Invertir el valor dels pins on escrivim 1.**

Això és també vàlid per modificar bits de registres de configuració, sense modificar l'estat de la resta de bits del registre.

Exemple, volem configurar P1.0 de sortida sense modificar la resta:

**P1DIR |= 0x01**.

## Tipus de variables

Per defecte, utilitzeu els tipus de la llibreria stdint: uint8\_t, int32\_t. Ens ajuda a evitar confusions sobre la mida de la paraula.

```
A = 0x80; B = 128;
```

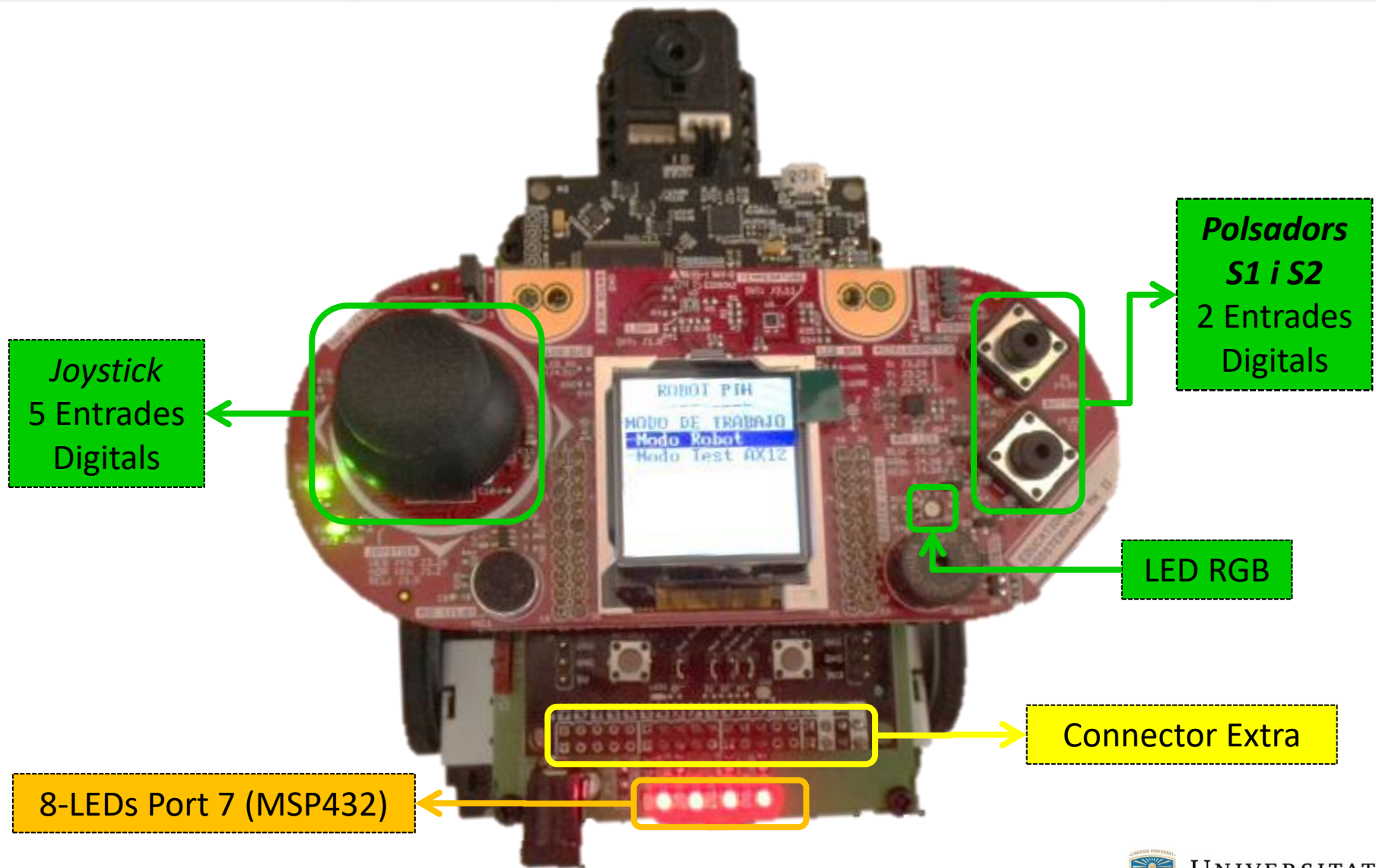
El valor de A i B és igual. La diferencia és que, amb pràctica, utilitzar el valor en hexadecimal és més clar quan volem modificar bits individuals.

Pot ser una bona costum però també fer servir les macros: BITx.

Per exemple, si volem posar a 1 els pins 3 i 4 del port 2:

```
P2OUT |= BIT3 | BIT4;
```

# Recursos "Digitals" que farem servir de les plaques





## Bibliografia i Documentació

- MSP432P4xx *Technical Reference Manual*.
- MSP432P401 *Datasheet*.
- [www.ti.com/msp432](http://www.ti.com/msp432)
- MSP-EXP432P401R *LaunchPad User's Guide*.
- *Educational BoosterPack EDUMKII User's Guide*.
- <http://www.bioloid.info/tiki/tiki-index.php>