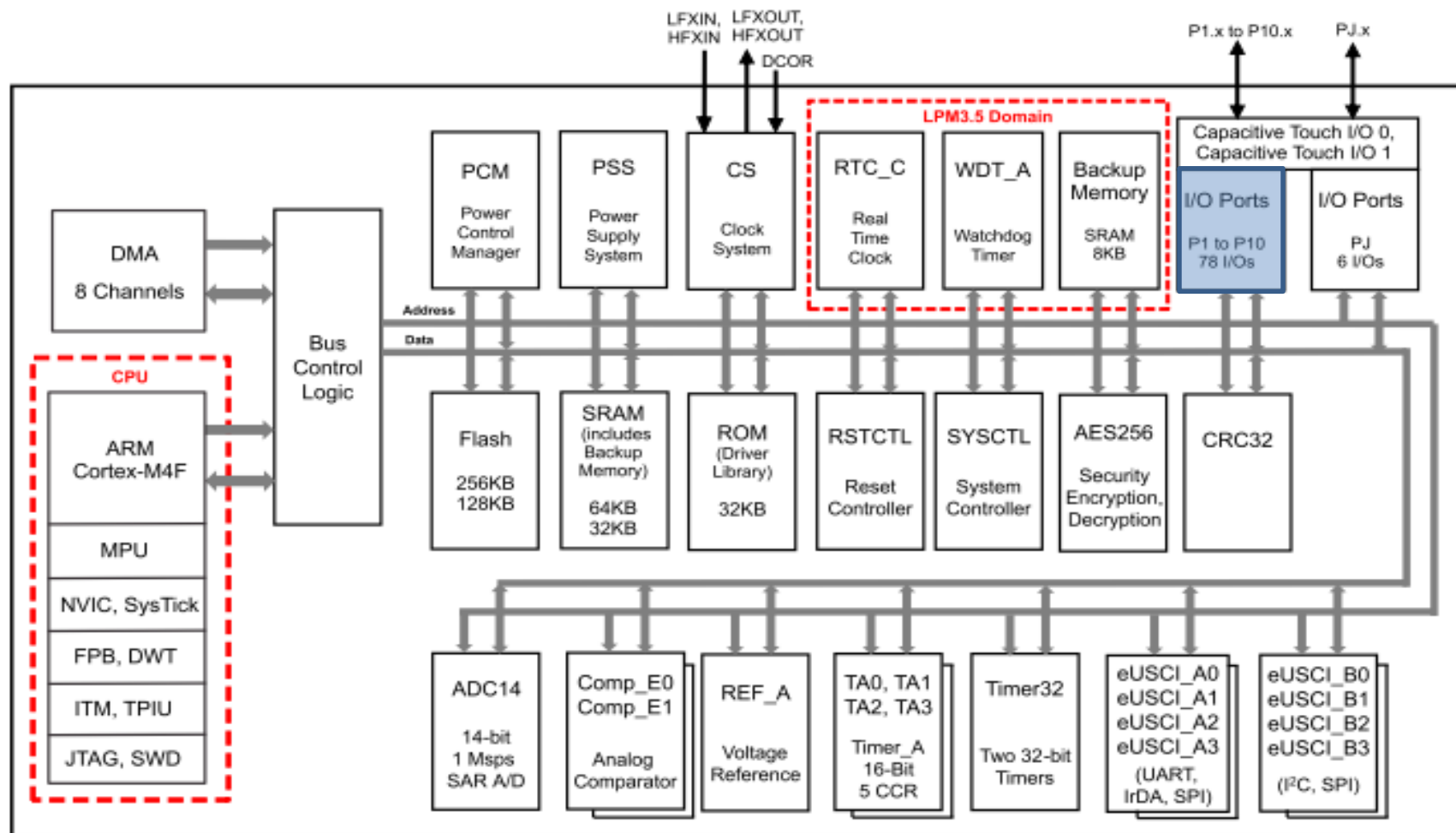


# PROGRAMACIÓ D'ARQUITECTURES ENCASTADES

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.

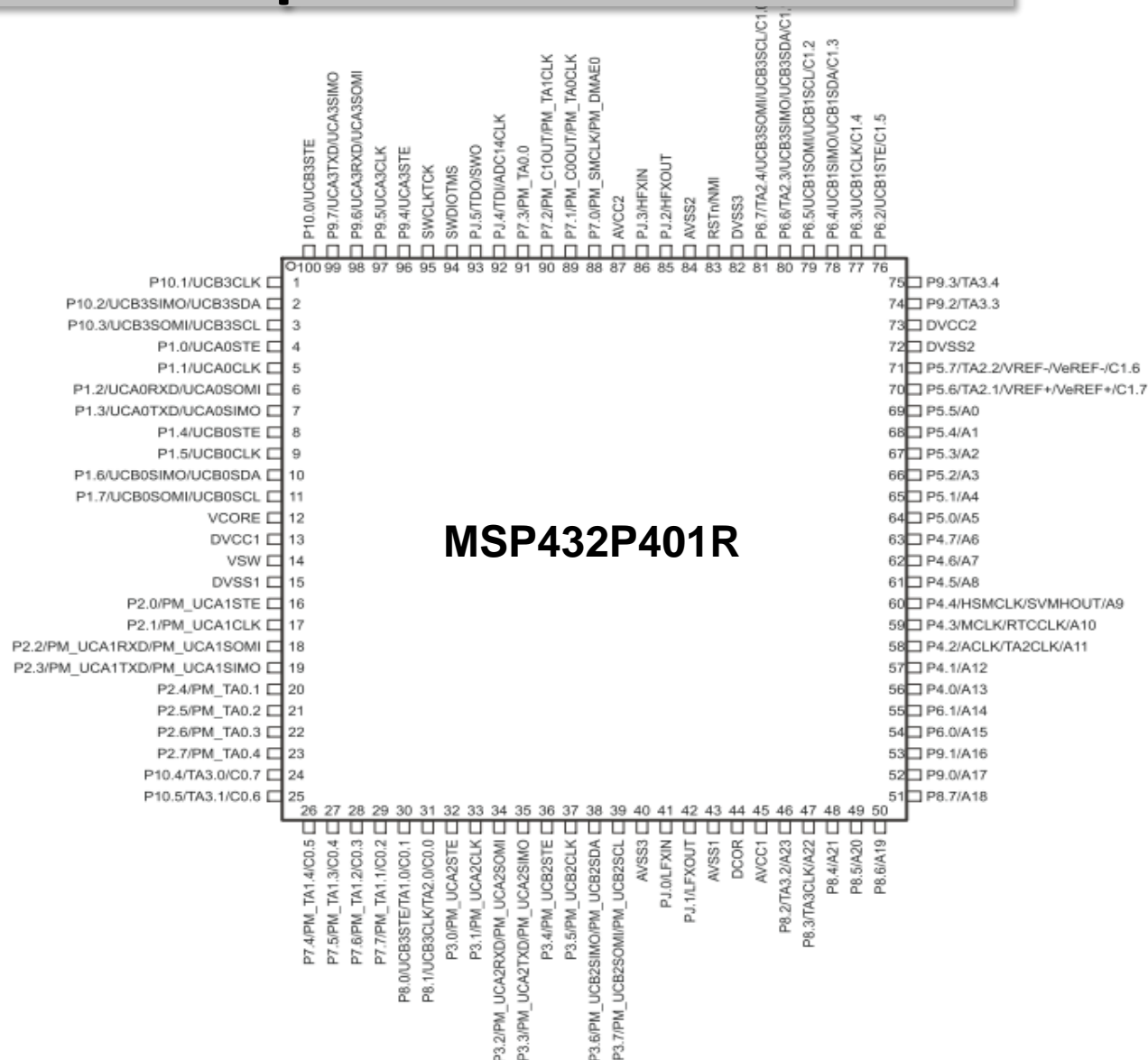
# Mapa de memòria del MSP432P401

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).

**MSP432P401R**



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

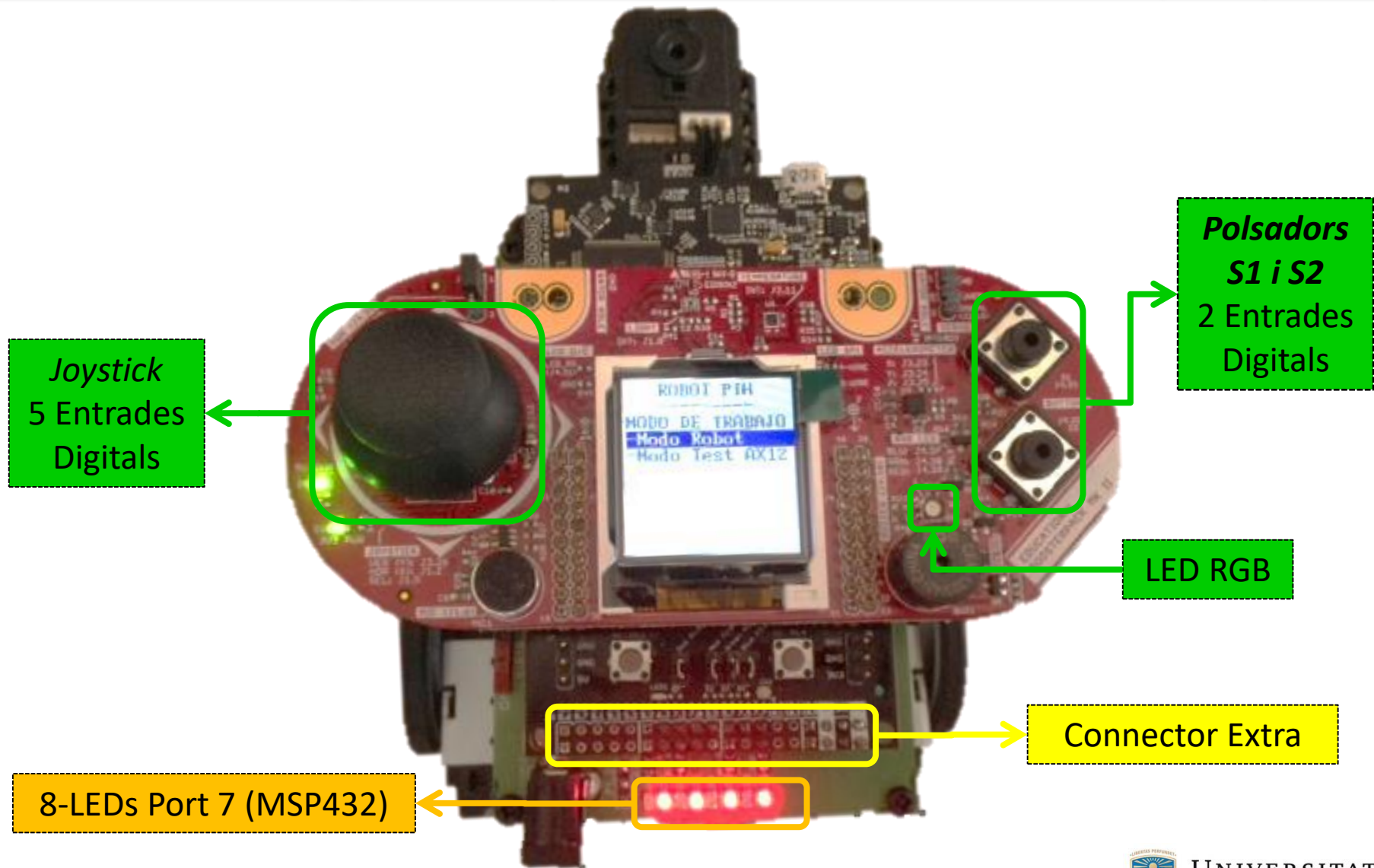
Les Entrades/Sortides digitals de propòsit general són els recursos de que disposem en un sistema Encastat (*Embedded System*) per detectar (entrades) senyals ON/OFF (1 o 0 ) o bé activar-les (sortides).

- 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

- Pantalla Color **TFT-LCD**: 128x128 píxels.
- **JOYSTICK 2 EIXOS + POLSADOR.**
- **POLSADORS S1 i S2.** (*BoosterPack*)
- **LED RGB.**
- Acceleròmetre 3 eixos. Entrades Analògiques.
- Micròfon. Entrada Analògica.
- *Buzzer* (Sortida de Àudio).
- Sensor de Llum (OPT3001, I<sup>2</sup>C).
- Sensor de Temperatura (TMP006, I<sup>2</sup>C).
- **8 LEDS - PORT 7 DEL MSP432** (Connector extra).

# Recursos "Digitals" que farem servir de les plaques

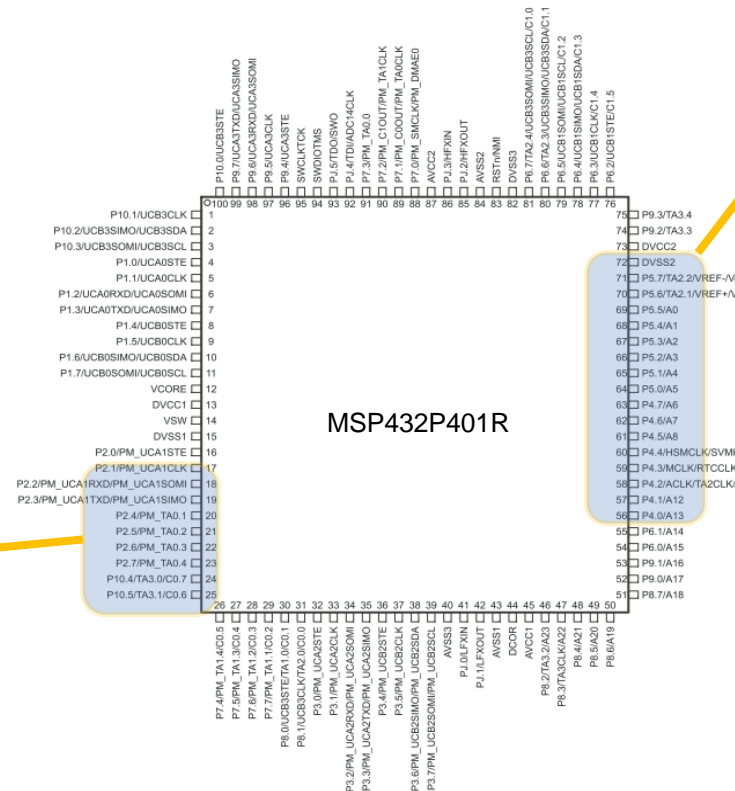




# Connexions polsadors, Joystick i LED RGB

Recurs	Px.y	Sentit
Joystick Dreta	P4.5	IN
Joystick Esquerra	P4.7	IN
Joystick Centre	P4.1	IN
Joystick Amunt	P5.4	IN
Joystick Avall	P5.5	IN
Polsador S1	P5.1	IN
Polsador S2	P3.5	IN
LED_R (vermell)	P2.6	OUT
LED_G (verd)	P2.4	OUT
LED_B (blau)	P5.6	OUT

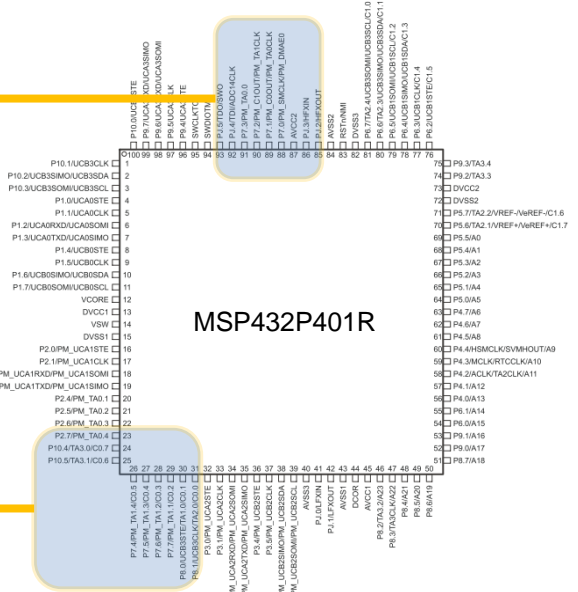
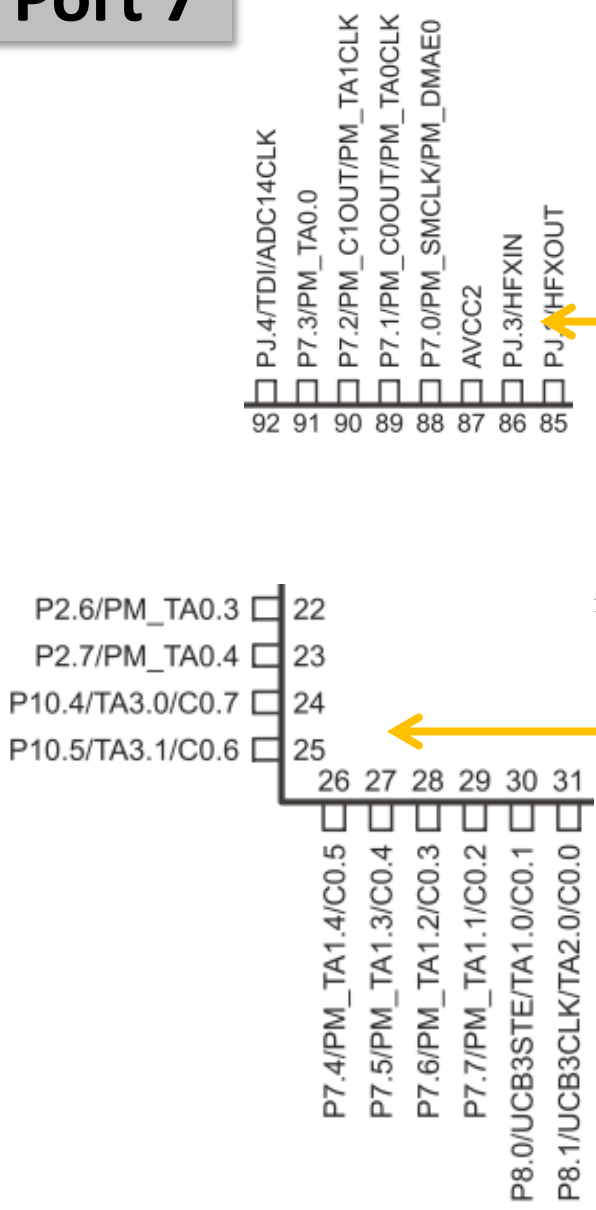
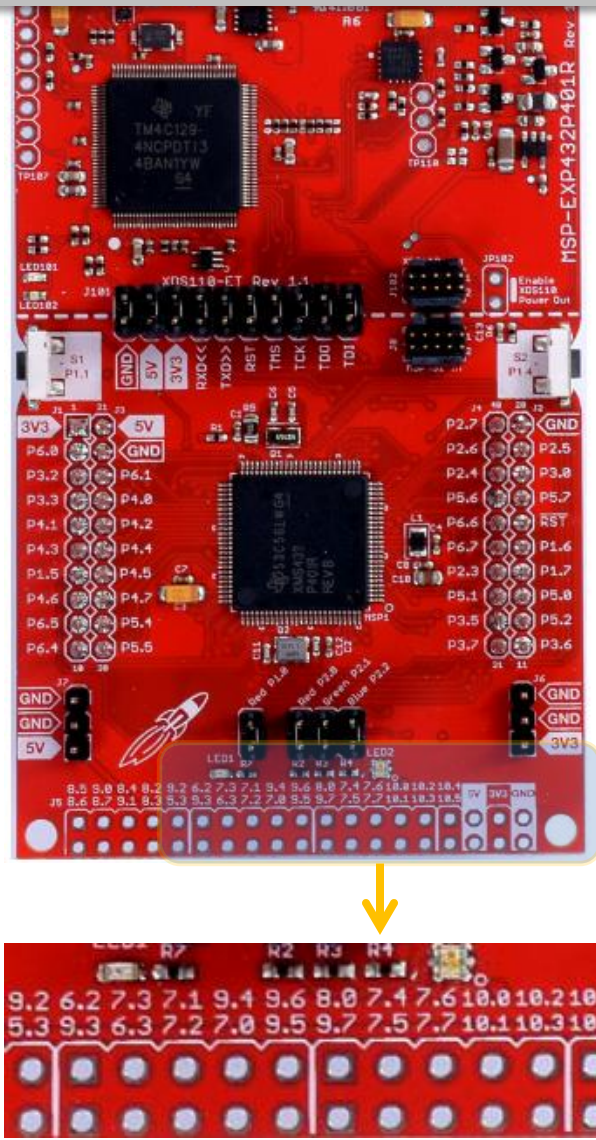
Pàg. 7 MSP432P401  
Datasheet



- 71 ☐ P5.7/TA2.2/VREF-/VeREF-/C1.6
- 70 ☐ P5.6/TA2.1/VREF+/VeREF+/C1.7
- 69 ☐ P5.5/A0
- 68 ☐ P5.4/A1
- 67 ☐ P5.3/A2
- 66 ☐ P5.2/A3
- 65 ☐ P5.1/A4
- 64 ☐ P5.0/A5
- 63 ☐ P4.7/A6
- 62 ☐ P4.6/A7
- 61 ☐ P4.5/A8
- 60 ☐ P4.4/HSMCLK/SVMHOUT/A9
- 59 ☐ P4.3/MCLK/RTCCLK/A10
- 58 ☐ P4.2/ACLK/TA2CLK/A11
- 57 ☐ P4.1/A12
- 56 ☐ P4.0/A13

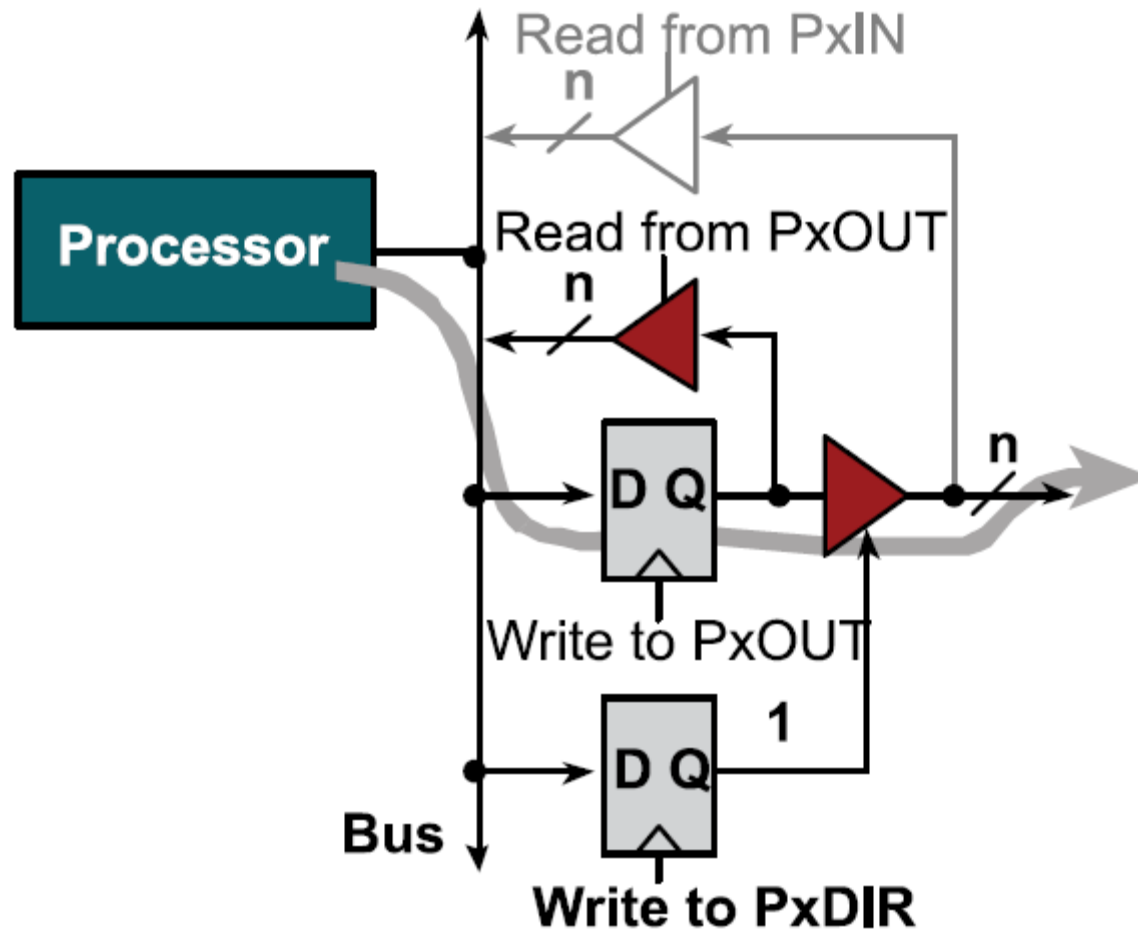


# 8 LEDs connectats al Port 7



Pàg. 7 MSP432P401 Datasheet

## 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 10 (pàgines 481 a 503).

### 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. 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

## 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 10-3** 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 de sortida (P1.0-P1.3) i la resta (P1.4-P1.7) d'entrada, 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;
```

## 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>