Laboratorio 10:

Conversión analógico-digital

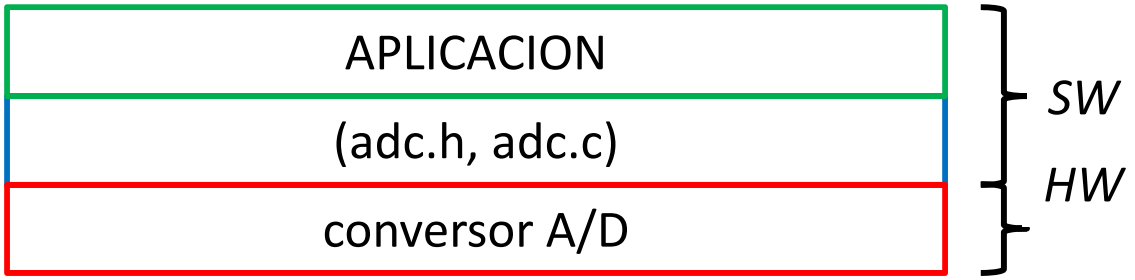
control de un touchpad

Programación de sistemas y dispositivos

José Manuel Mendías Cuadros
Dpto. Arquitectura de Computadores y Automática
Universidad Complutense de Madrid

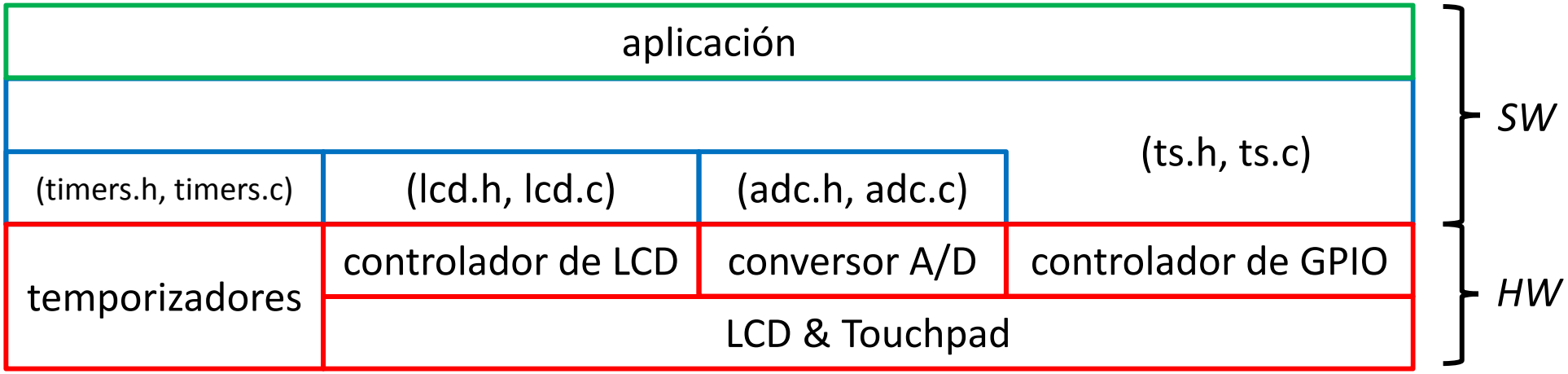
Presentación

- Desarrollar una capa de firmware para leer señales analógicas
  - Implementaremos 7 funciones :
    - Inicialización del conversor A/D: **`adc_init`**
    - Encendido/apagado del conversor A/D: **`adc_on / adc_off`**
    - Consulta de estado del conversor A/D: **`adc_status`**
    - Lectura de una entrada analógica: **`adc_getSample`**
    - Activación/desactivación de interrupciones por fin de conversión A/D, así como instalación de la RTI que las atenderá: **`adc_open / adc_close`**



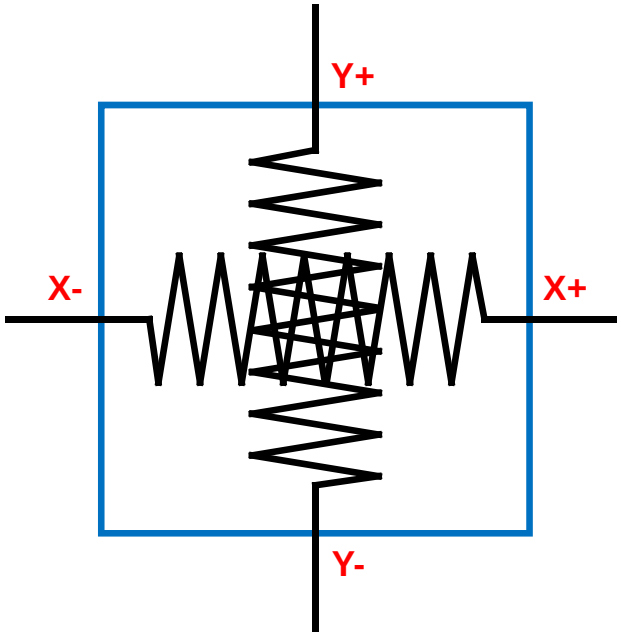
Presentación

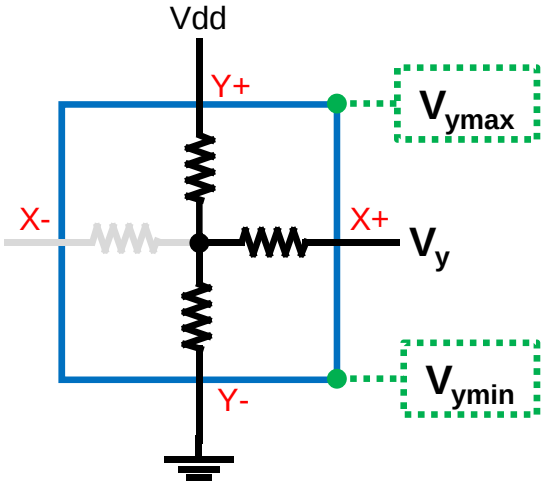
- Desarrollar una capa de firmware para leer datos de una touchscreen
  - Implementaremos 9 funciones sin gestión del tiempo:
    - Inicialización y calibrado de la touchscreen: **`ts_init`**
    - Encendido/apagado/consulta de estado de la touchscreen: **`ts_on / ts_off / ts_status`**
    - Espera por de/presión de la touchscreen: **`ts_wait_down / ts_wait_up`**
    - Espera por presión y lectura de la touchscreen : **`ts_getpos`**
    - Activación/desactivación de interrupciones por presión de la touchscreen, así como instalación de la RTI que las atenderá: **`ts_open / ts_close`**
  - Implementaremos 2 funciones con gestión del tiempo:
    - Espera por presión, lectura de la touchscreen y medida del tiempo: **`ts_getpostime`**
    - Espera con timeout por presión y lectura de la touchscreen: **`ts_timeout_getpos`**



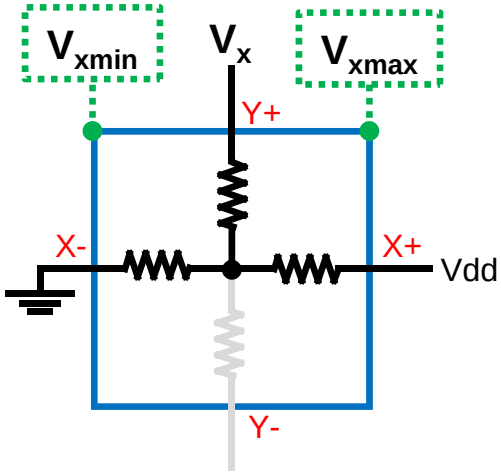
Touchscreen

- El LCD de la placa S3CEV40 es una touchscreen resistiva de 4 terminales:
  - Tiene 2 capas de material transparente resistivo separadas por una capa de aire
  - Cuando se presiona un punto, ambas capas resistivas hacen contacto
  - Si se aplica tensión en los terminales de una capa se crea un divisor de tensión
  - El voltaje en el punto de contacto es proporcional a su posición en el touchpad
    - El voltaje será mayor si el punto está más próximo al terminal de mayor tensión.





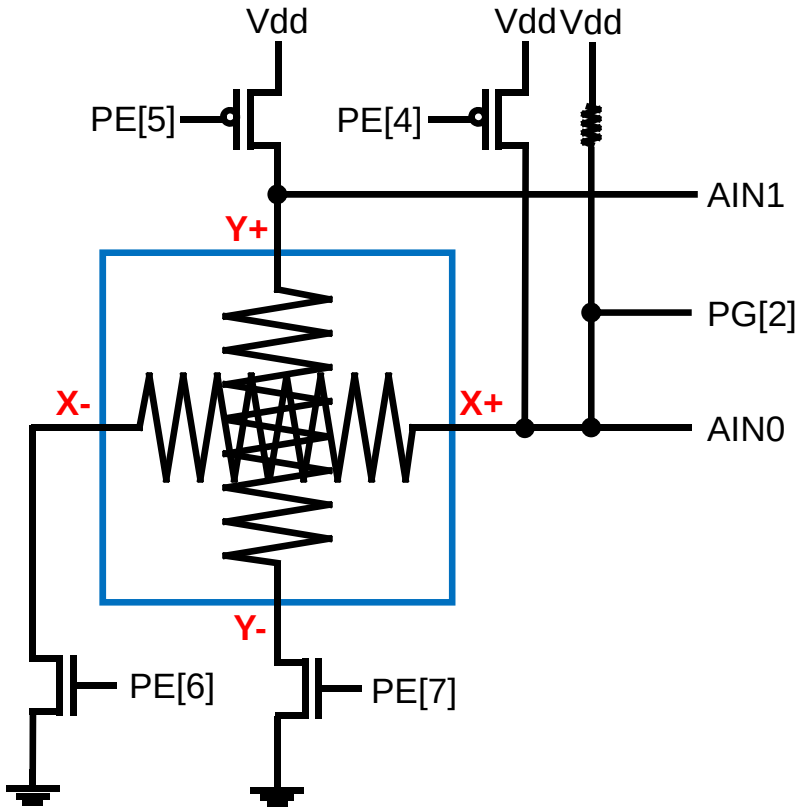
poniendo tensión en la capa Y,
la posición del punto de contacto
se calcula según el valor de V_y



poniendo tensión en la capa X,
la posición x del punto de contacto
se calcula según el valor de V_x

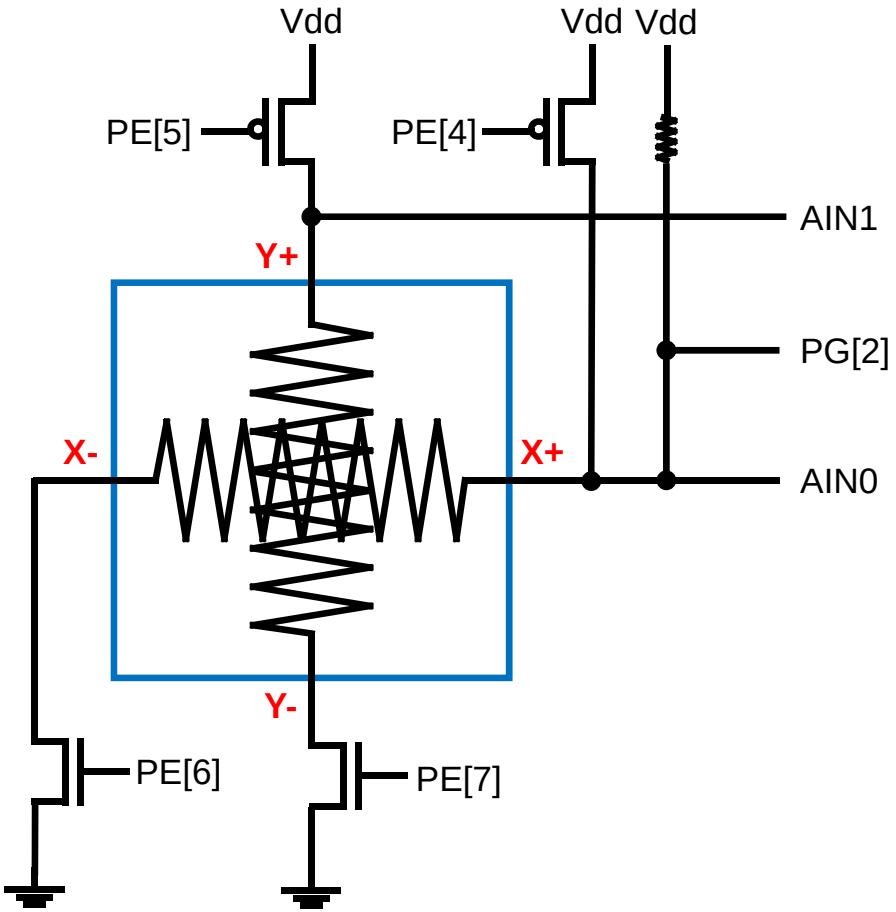
Touchscreen

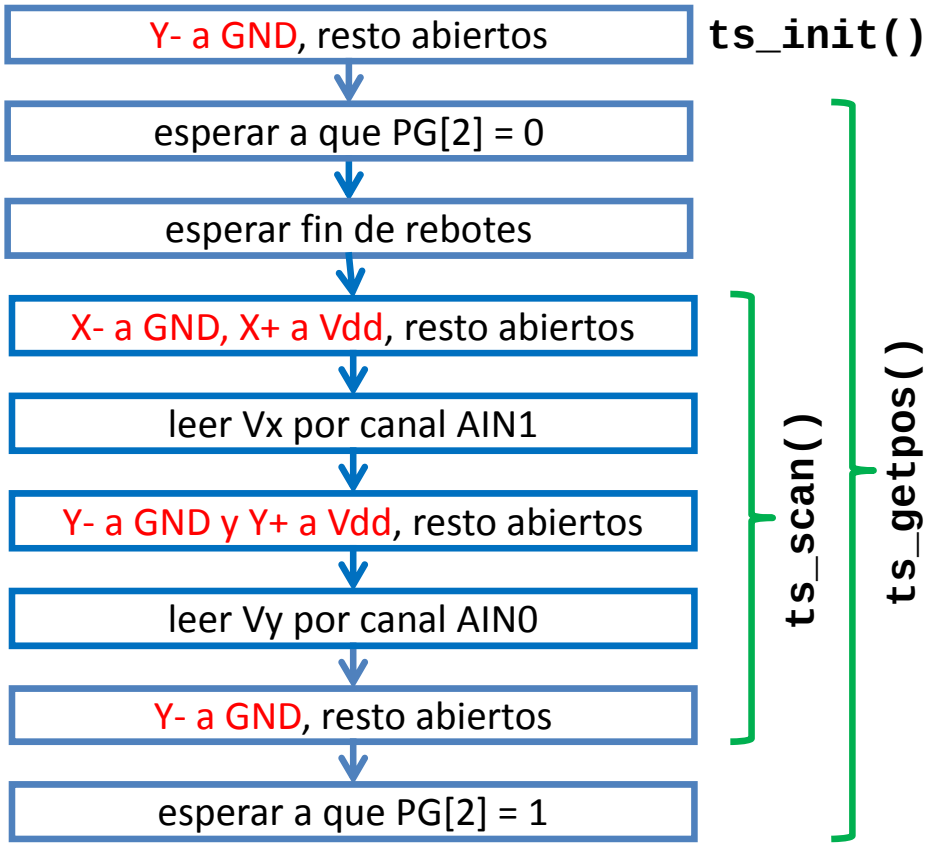
- Los terminales de la touchscreen están conectados en la placa a:
  - Transistores MOSFET que permiten dar selectivamente tensión a cada capa
    - Controlados por los bits 7..4 del puerto E
  - A las entradas AIN0 y AIN1 del conversor A/D para medir voltajes
  - Al bit 2 del puerto G (configurable como fuente externa de interrupción)



Touchscreen

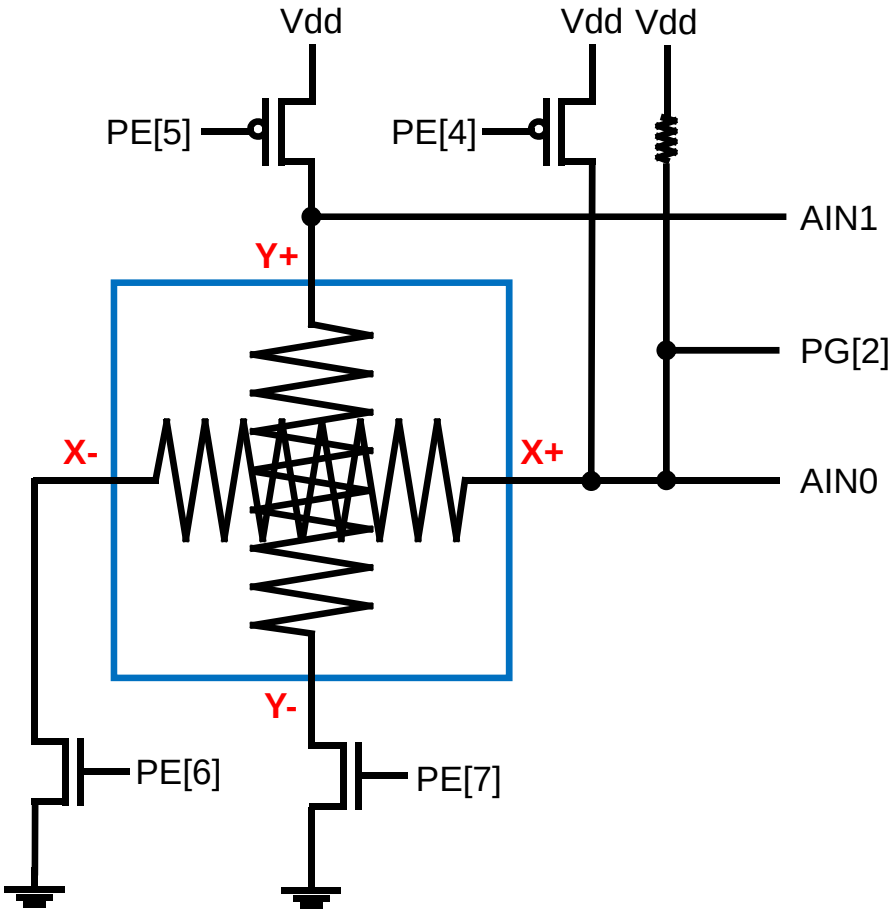
- El proceso de scan de la touchscreen supone:
  - Dar tensión por separado a cada una de las capas
  - Hacer lecturas del voltaje en los terminales usando un conversor A/D

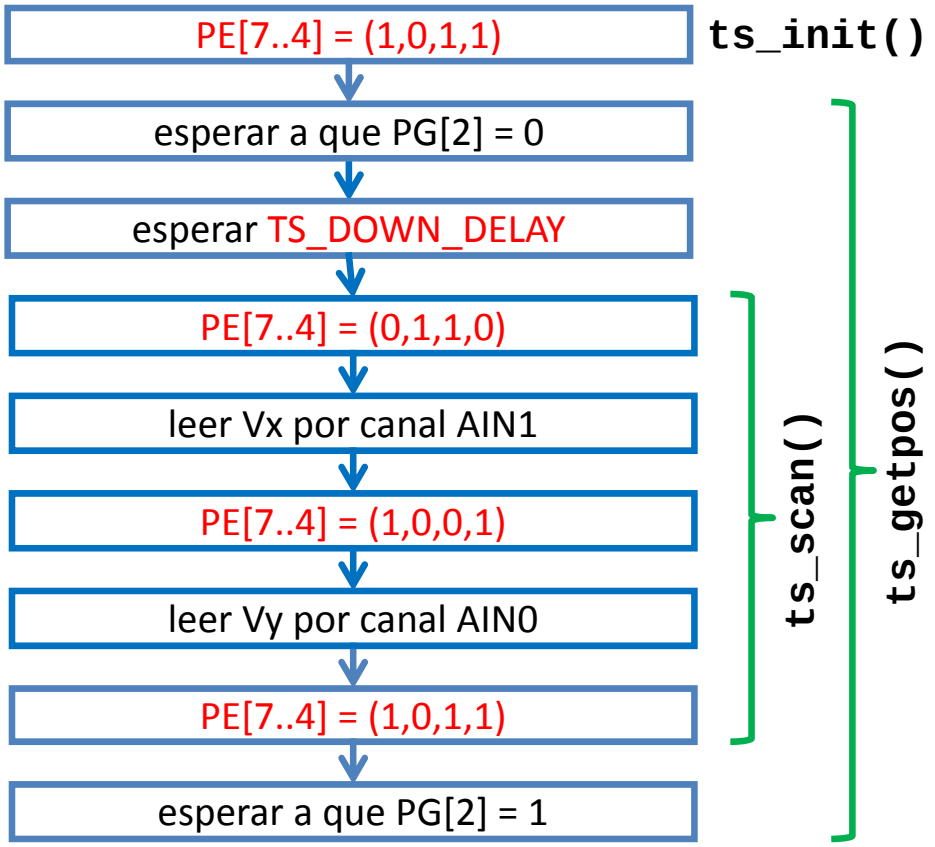




Touchscreen

- El proceso de scan de la touchscreen supone:
  - Dar tensión por separado a cada una de las capas
  - Hacer lecturas del voltaje en los terminales usando un conversor A/D





Touchscreen

- La touchscreen debe calibrarse para:
  - Poder correlacionar los voltajes leídos con la resolución de la pantalla
  - Compensar el desalineamiento entre coordenadas de visualización y de presión

- El calibrado se realiza:
  - Una única vez durante la inicialización del driver
  - Comparando las coordenadas de varios puntos con los voltajes leídos al presionarlos.
- El cálculo de las coordenadas a partir de lecturas del conversor A/D:
  - Se realiza mediante una transformación lineal (regla de 3) que usa los factores de escala obtenidos tras el calibrado.
  - En el caso de la placa S3CEV40, además, debe tenerse en cuenta que:
    - En la capa X, los voltajes crecen de izquierda a derecha, igual que las coordenadas del LCD
    - En la capa Y, los voltajes crecen de abajo a arriba, al revés que las coordenadas del LCD

Conversor analógico digital

configuración y operación (i)

- Tasa de conversión: máxima (100 KSPS, tiempo de conversión 10 μs)
  - ADCPSR = 19 — 100KHz = 64 MHz / 2(n+1)×16 => n = 19
- Para deshabilitar el conversor:
  - ADCCON[5] = 1 — Sleep mode
- Para habilitar el conversor:
  - ADCCON[5] = 0 — Normal mode
  - Esperar 10 ms antes de arrancar la conversión
- Para seleccionar un canal:
  - ADCCON[4:2] = X — donde 0=AIN0, 1=AIN1...
  - Esperar 15 μs antes de arrancar la conversión

Conversor analógico digital

configuración y operación (ii)

- Para realizar una conversión A/D individual por pooling:
  - ADCCON[1] = 0 deshabilita arranque por lectura
  - ADCCON[0] = 1 arranca manualmente la conversión
  - Esperar hasta que la conversión comience (esperar mientras ADCCON[1] == 1)
  - Esperar hasta que la conversión finalice (esperar mientras ADCCON[6] == 0)
  - Leer ADCDAT

- Las lecturas de un conversor A/D son muy sensibles al ruido eléctrico
  - Cualquier pequeño rebote en el voltaje dará una lectura errónea

- Para evitarlo, suele implementarse por SW algún tipo de filtrado
  - Filtro de media: el valor de la muestra es la media de 5 conversiones consecutivas

Driver del conversor A/D

adc.h / adc.c

```
#ifndef __ADC_H__
#define __ADC_H__

#include <common_types.h>

#define ADC_AIN0 (0)
#define ADC_AIN1 (1)
...

void adc_init( void );
void adc_on( void );
void adc_off( void );
uint8 adc_status( void );
uint16 adc_getSample( uint8 ch );
void adc_open( void (*isr)(void) );
void adc_close( void );

#endif
```

Declara macros para identificar los canales de entrada analógica

```
void adc_init( void )
{
  ADCPSR = ...;
  adc_off();
}
```

Driver del conversor A/D

adc.c

```
void adc_on( void )
{
  ADCCON &= ...;  ····· Habilita el conversor
  sw_delay_ms( 10 );  ····· Espera a que esté activo
  state = ON;
}

uint16 adc_getSample( uint8 ch )
{
  uint32 sample;
  uint8 i;

  ADCCON = ...;  ····· Configura el conversor para lectura individual del canal indicado
  sw_delay_ms( 10 );  ····· Espera a que la configuración tenga efecto
  for( i=0, sample=0; i<5; i++)
  {
    ADCCON |= ...;  ····· Arranca la conversión
    while( ... );  ····· Espera que la conversión comience
    while( ... );  ····· Espera que la conversión finalice
    sample += ADCDAT & 0x3ff;  ····· Acumula la muestra (10b)
  }
  return sample / 5;  ····· Realiza la media de las 5 lecturas consecutivas
}
```

Driver de touchscreen

ts.h

```
#ifndef __TS_H__
#define __TS_H__

#include <common_types.h>

#define TS_OK      (1)
#define TS_FAILURE (0xff)
#define TS_TIMEOUT (0xfe)
#define TS_OFF     (1)
#define TS_ON      (0)

void ts_init( void );
void ts_on( void );
void ts_off( void );
uint8 ts_status( void );
void ts_wait_down( void );
void ts_wait_up( void );
void ts_getpos( uint16 *x, uint16 *y );
void ts_getpostime( uint16 *x, uint16 *y, uint16 *ms );
uint8 ts_timeout_getpos( uint16 *x, uint16 *y, uint16 n );
void ts_open( void (*isr)(void) );
void ts_close( void );

#endif
```

Declara macros para identificar errores durante la lectura de la touchscreen

Declara macros para identificar el estado de la touchscreen

Driver de touchscreen

ts.c

```
...
#define PX_ERROR (5)
```

Margen máximo de error entre las coordenadas de visualización y de presión para considerar que la touchscreen está correctamente calibrada

```
static uint16 Vxmin = 0;
static uint16 Vxmax = 0;
static uint16 Vymin = 0;
static uint16 Vymax = 0;
```

Valores máximos y mínimos legibles del conversor y correspondientes a las coordenadas de las esquinas del LCD (toman valores tras calibrar la touchscreen)

```
static uint8 state;

extern void isr_TS_dummy( void );
static void ts_scan( uint16 *x, uint16 *y );
static void ts_calibrate( void );
static void ts_sample2coord( uint16 Vx, uint16 Vy, uint16 *x, uint16 *y );

void ts_init( void )
{
  lcd_init();
  adc_init();
  PDATE = ...;
  ts_on();
  ts_calibrate();
  ts_off();
}
```

Conecta Y- con GND dejando el resto de terminales abiertos

Driver de touchscreen

ts.c

```
static void ts_calibrate( void )
{
  uint16 x, y, Vx, Vy;
  ...
  do {
    ...                                   Pinta un punto en la esquina superior izquierda (0,0) y solicita que se presione

    while( ... );  ..... Espera presión de la touchscreen
    sw_delay_ms( TS_DOWN_DELAY );  ..... Espera fin de rebotes
    ts_scan( &Vxmin, &Vymax );  ..... Lee Vxmin y Vymax correspondientes a la coordenada (0,0)
    while( ... );  ..... Espera depresión de la touchscreen

    ...                                   Ídem para la esquina inferior izquierda (319, 239) correspondiente a (Vxmax, Vymin)

    ...
    while( ... );                         Ídem para el punto central (160, 120)
    sw_delay_ms( TS_DOWN_DELAY );
    ts_scan( &Vx, &Vy );
    while( ... );

    ts_sample2coord( Vx, Vy, &x, &y );  ..... Obtiene las coordenadas del punto central
    ...
  } while(
      (x > 160+PX_ERROR) || (x < 160-PX_ERROR)
      || (y > 120+PX_ERROR) || (y < 120-PX_ERROR)
    );
  ...                                     Repite el proceso de calibración mientras no se obtenga el nivel de precisión esperado
}
```

Driver de touchscreen

ts.c

```
static void ts_scan( uint16 *Vx, uint16 *Vy )
{
  PDATE = ...;  ····· Conecta X- con GND, X+ con Vdd y deja el resto de terminales abiertos
  *Vx = adc_getSample( ... );  ····· Lee Vx

  PDATE = ...;  ····· Conecta Y- con GND, Y+ con Vdd y deja el resto de terminales abiertos
  *Vy = adc_getSample( ... );  ····· Lee Vy

  PDATE = ...;  ····· Conecta Y- con GND dejando el resto de terminales abiertos
}

static void ts_sample2coord( uint16 Vx, uint16 Vy, uint16 *x, uint16 *y )
{
  if( Vx < Vxmin )
    *x = 0;  ····· Satura borde izquierdo
  else if( Vx > Vxmax )
    *x = 319;  ····· Satura borde derecho
  else
    *x = 320*(Vx-Vxmin) / (Vxmax-Vxmin);  ····· Regla de 3

  ...
  }
```

Calcula x según Vx (x crece si Vx crece)

Ídem para el cálculo de y según Vy (tener en cuenta que y crece si Vy decrece)