

# Examen parcial SE-N, octubre 2015

(Romano Giannetti, José Daniel Muñoz Frías)

Nombre: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_

**Calificación:**

## Introducción

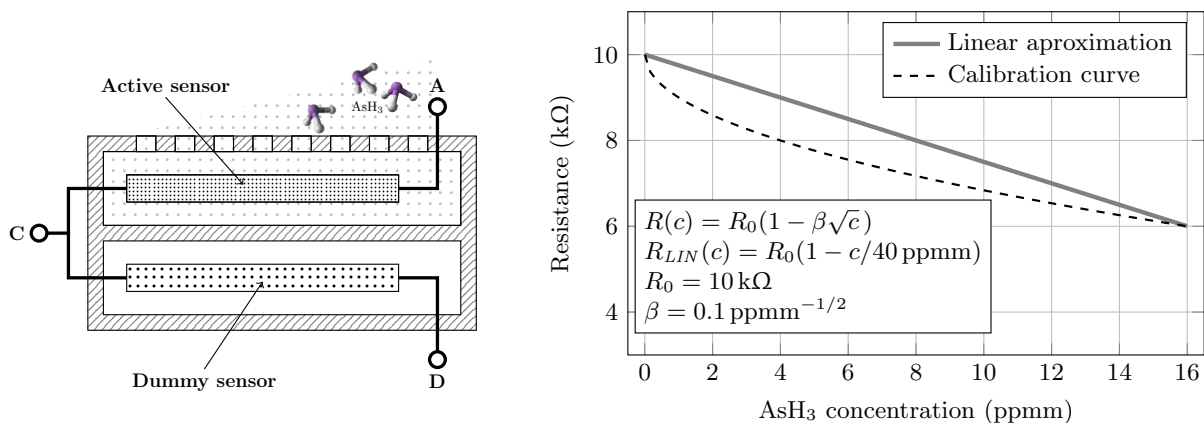
En la fabricación de dispositivos opto-electrónicos con semiconductores de alta velocidad (tipo III-V, como por ejemplo el arseniuro de galio o similares) se usa un producto químico llamado *Arsina* que tiene unas características... interesantes.

La *arsina* (cuyo nombre de verdad es  $\text{AsH}_3$ ) a temperatura ambiente es un gas algo más pesado del aire, sin color. No sabemos si tiene olor o sabor porque si llegas a estar en contacto con una cantidad tan grande como para olerlo, no lo cuentas.

La arsina es letal a la primera inhalación cuando presenta una concentración de unos 100 ppm (partes por millón). Exposiciones a concentraciones tan bajas como 0.5 ppm provoca síntomas de envenenamiento de forma prácticamente inmediata. Por eso, las normas de la mayoría de países establecen como límite en el ambiente de trabajo 0.01 ppm, o, usando una unidad que acabo de inventarme, de 10 ppmm (partes por mil millones).

Nos han encargado acondicionar un sensor de arsina para el centro de investigación del CSIC en Tres Cantos, que trabaja diariamente con ella (y con su amiga la fosfina, que tampoco bromea).

## Problema 1. Parte analógica (5 puntos)



**Figura 1.** Sensor resistivo diferencial de arsina. La aproximación lineal es muy basta, pero el constructor (por razones obvias...) prefiere que el error tenga siempre el mismo signo.

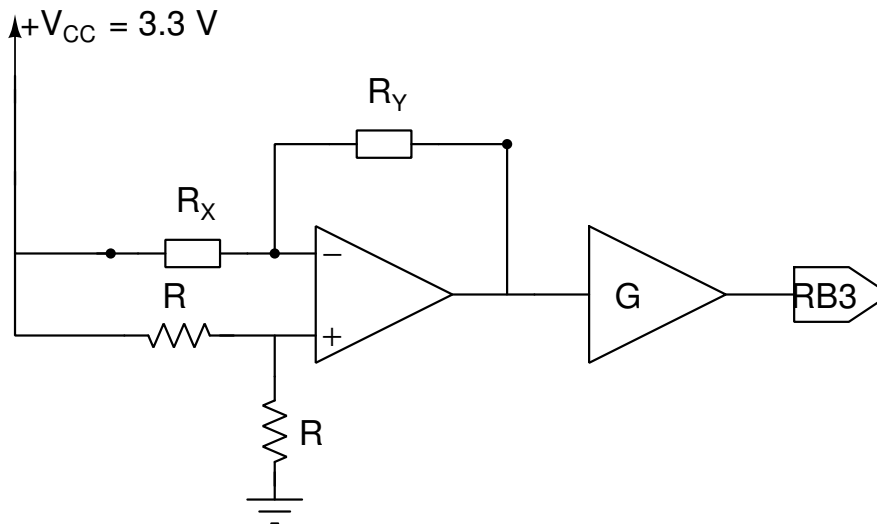
El sensor que tenemos que acondicionar es un sensor resistivo de película delgada (*thin film*). Estos tipos de sensores son fundamentalmente resistencias hechas de una capa muy fina de material especial (a veces de pocos átomos de espesor) que puede cambiar sus características de conducción eléctrica de forma muy notable cuando reaccionan químicamente con algún material específico; el nuestro es el de figura 1.

Como se puede ver el sensor tiene una resistencia activa (expuesta al ambiente y a la posible presencia de arsina) y una de referencia, o *dummy*, para compensar variaciones con la temperatura u otros parámetros.

Para acondicionar el sensor y conectarlo a nuestro micro decidimos usar la configuración de figura 2, que se conoce como *punte linealizado*. El amplificador operacional es *rail-to-rail* entre 0 y 3.3 V; las resistencias  $R$  son de 10 kΩ y el amplificador  $G$  es ideal de tensión.  $R_D$  es el sensor *dummy* (conectado entre el punto D y C de figura 1 y  $R_A$  el sensor activo (A y C), cuya curva de calibración está en la misma figura — para  $R_D$ , basta con considerar  $c = 0$  siempre.

- (1 pto)** Decir cual de las resistencias  $R_X$  y  $R_Y$  del circuito de figura 2 se corresponden con  $R_D$  y  $R_A$  para que la salida sea lineal cuando se use la aproximación lineal del sensor.
- (1 pto)** Calcular el valor de  $G$ , módulo y signo, para que la salida al micro tenga rango máximo cuando el rango de  $c$  es  $[0, 16]$  ppmm.

- c) (1 pto) Suponiendo que la sensibilidad de la película delgada con la temperatura se pueda expresar como  $R_0 = R_{00}(1 + \alpha\Delta T)$ , calcular la sensibilidad del circuito con respecto a la temperatura del sensor  $\Delta T$  (diferencia entre la temperatura ambiente y la nominal del sensor).
- d) (1 pto) Calcular el valor máximo que podemos tolerar de tensión de *offset* del operacional y del amplificador de tensión para que el error relativo al fondo escala que provoca sea menor del 1%; suponga que las dos son la misma (el amplificador  $G$  se implementará con el mismo operacional usado para OA1).
- e) (1 pto) Calcular el error máximo relativo al fondo escala debido a la no-linealidad.



**Figura 2.** Circuito de acondicionamiento elegido para la parte analógica. Las resistencias  $R_X$  y  $R_Y$  representan el sensor de arsina.

## Problema 2. Parte digital

Para conseguir una mayor precisión y versatilidad en el instrumento, se va a añadir un microcontrolador para poder calibrar exactamente el sensor. La medida obtenida se enviará por una UART a un PC cada 100 ms. La UART se configurará a 115200 baudios. El sistema además activará una alarma y conectará una ventilación de emergencia cuando la concentración de arsina supere los 10 ppmm.

El microcontrolador usado será el dsPIC33FJ128MC802 y se conectará la salida del sensor a la entrada AN5. La ventilación de emergencia se conectará a RB10 y la alarma a RB11.

La alarma se activa mediante una señal digital de 0 a 3,3 V, activa a nivel alto. Por otro lado el ventilador de emergencia se activa mediante un contactor con una bobina de 24 V que tiene una potencia de 12 W.

- a) (1 pto.) Diseñe el circuito para activar el contactor del ventilador de emergencia. Para ello en primer lugar razone si se ha de usar el transistor BD137 o el BDX33. En el apéndice se muestra un extracto de sus hojas de características. A continuación dibuje el esquema eléctrico y calcule el valor de todos los componentes. Recuerde que el microcontrolador sólo puede dar o absorber 6 mA por la salida RB10.
- b) (1 pto.) Codifique en C una tarea, denominada `MideArsina()`, para obtener el valor de arsina en ppmm. La función leerá el valor del convertor A/D y calculará el valor de la concentración de arsina usando las ecuaciones del sensor mostradas en la Figura 1, devolviendo el valor obtenido. Esta tarea también se encargará de activar la alarma y el ventilador de emergencia cuando la concentración de arsina supere los 10 ppmm. **Nota:** una vez activada la alarma y el ventilador, éstos no se desactivarán hasta que se reinicie el sistema.
- c) (1 pto.) Codifique en C una tarea, denominada `EnviaMedida()`, para enviar por la UART el valor de la concentración de arsina obtenido mediante la tarea anterior. Esta tarea se ha de ejecutar con un periodo de muestreo de 100 ms.

- d) (1 pto.)** Codifique en C en programa principal. Éste ha de contener un bucle de *scan* con un periodo de muestreo de 1 ms.
- e) (1 pto.)** Si la tarea `MideArsina()` tarda en ejecutarse 0,5 ms y `EnviaMedida()` tarda 1 ms; indique, razonando la respuesta, la latencia del sistema. Para ello desprecie el tiempo de ejecución del resto del bucle de *scan*. ¿Se podría mejorar de alguna forma esta latencia?

# Documentación del driver de la tarjeta

## Driver del conversor AD

Las funciones siguientes están declaradas en el archivo `adc.h`

- `void` inicializarADCPolling(`unsigned int` input\_pins);

Inicializa el conversor AD para funcionar por polling. Es necesario pasarle a la función un parámetro que indique qué entradas analógicas se van a convertir. Para ello se usa el argumento poniendo a 1 los bits cuyas entradas analógicas queramos usar. Por ejemplo si se van a usar las entradas AN0 y AN2 el argumento `input_pins` será igual a `0x05`.

**Parámetros:** `input_pins`: bitmap con los pines que se van a usar como entradas analógicas.

- `unsigned int` leerADCPolling(`unsigned int` canal);

Lee el canal indicado en el parámetro. Para ello lanza una conversión y se bloquea a la espera de que finalice dicha conversión.

**Parámetros:** `canal`: Número del canal que se desea leer.

**Valor de retorno:** Valor leído del ADC

## Driver de la UART

Las funciones siguientes están declaradas en el archivo `uart.h`

- `void` inicializarUART(`unsigned long` baudrate);

Se inicializa la UART para usar una trama de 8 bits de datos sin paridad y con un bit de stop. El módulo usa interrupciones tanto para la recepción como para la transmisión. La comunicación con las rutinas de interrupción se realiza mediante dos colas.

**Parámetros:** `baudrate`: Baudrate de la uart en baudios

- `void` putsUART(`char` \*pcad);

Transmite una cadena de caracteres por la UART.

**Parámetros:** `pcad`: cadena de caracteres a transmitir.

## Tarea Idle

Las funciones siguientes están declaradas en el archivo `idle.h`

- `void` InicializarTareaIdle(`unsigned int` t\_s);

En un sistema basado en bucle de scan es necesario usar un timer para que las iteraciones del bucle duren siempre lo mismo. Esta función inicializa el timer 1 con un periodo igual a `t_s`. Cuando se llame a la función `TareaIdle`, ésta esperará al final de dicho periodo. Ojo, el valor máximo del periodo de muestreo es de 423,5 ms; ya que es el máximo valor que puede contar el timer 1 sin rebosar.

**Parámetros:** `t_s`: periodo de muestreo en décimas de ms. El valor máximo es de 4235, ya que es el valor máximo que puede contar el timer 1 usando un prescaler de 256 sin rebosar.

- `void` TareaIdle(`void`);

Esta tarea se queda bloqueada hasta el final del periodo de muestreo, marcado por el final de cuenta del timer 1. El periodo de muestreo se define con la llamada a `InicializarTareaIdle()`.

## Configuración del microcontrolador

La función siguiente está declarada en el archivo config.h

- `void InicializarReloj(void);`

Configura la frecuencia del oscilador FRC (FOOSC), cuya frecuencia nominal (Fin) son 7.37 MHz, para que el microprocesador opere a 40 MIPS (en realidad a FCY = 39.61375 MHz)



August 2013

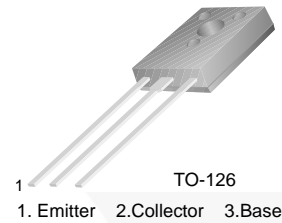
## BD135 / 137 / 139 NPN Epitaxial Silicon Transistor

### Features

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively

### Applications

- Medium Power Linear and Switching



BD135 / 137 / 139 — NPN Epitaxial Silicon Transistor

### Ordering Information

Part Number	Marking	Package	Packing Method
BD13516S	BD135-16	TO-126 3L	Bulk
BD1356STU	BD135-6		Rail
BD13510STU	BD135-10		Bulk
BD13516STU	BD135-16		Rail
BD13716STU	BD137-16		Bulk
BD13710STU	BD137-10		Rail
BD13716S	BD137-16		Bulk
BD13916STU	BD139-16		Rail
BD13910S	BD139-10		Bulk
BD13916S	BD139-16		Rail
BD1396STU	BD139-6		Bulk
BD13910STU	BD139-10		Rail

### Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at  $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	BD135	45
		BD137	60
		BD139	80
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	BD135	45
		BD137	60
		BD139	80
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	1.5	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	3.0	A
$I_B$	Base Current	0.5	A
$P_C$	Device Dissipation	$T_C = 25^\circ\text{C}$	12.5
		$T_A = 25^\circ\text{C}$	1.25
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 55 to +150	$^\circ\text{C}$

### Electrical Characteristics

Values are at  $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30\text{ mA}, I_B = 0$	BD135	45		V
			BD137	60		
			BD139	80		
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 30\text{ V}, I_E = 0$			0.1	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{ V}, I_C = 0$			10	$\mu\text{A}$
$h_{FE1}$	DC Current Gain	$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 5\text{ mA}$	25			
$h_{FE2}$		$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 0.5\text{ A}$	25			
$h_{FE3}$		$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 150\text{ mA}$	40		250	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 500\text{ mA}, I_B = 50\text{ mA}$			0.5	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 0.5\text{ A}$			1	V

### $h_{FE}$ Classification

Classification	6	10	16
$h_{FE3}$	40 ~ 100	63 ~ 160	100 ~ 250

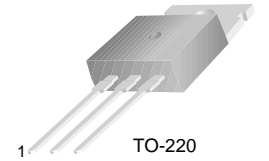


**FAIRCHILD**  
SEMICONDUCTOR™

## BDX33/A/B/C

### Power Linear and Switching Applications

- High Gain General Purpose
- Power Darlington TR
- Complement to BDX34/34A/34B/34C respectively



TO-220  
1.Base 2.Collector 3.Emitter

### NPN Epitaxial Silicon Transistor

**Absolute Maximum Ratings**  $T_C=25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage		
	: BDX33	45	V
	: BDX33A	60	V
	: BDX33B	80	V
	: BDX33C	100	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage		
	: BDX33	45	V
	: BDX33A	60	V
	: BDX33B	80	V
	: BDX33C	100	V
$I_C$	Collector Current (DC)	10	A
$I_{CP}$	*Collector Current (Pulse)	15	A
$I_B$	Base Current	0.25	A
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	70	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

BDX33/A/B/C

BDX33/A/B/C

Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted						
Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 0$	45			V
	: BDX33					
	: BDX33A					
	: BDX33B					
: BDX33C						
$V_{CER(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 0$ $R_{BE} = 100\Omega$	45			V
	: BDX33					
	: BDX33A					
	: BDX33B					
: BDX33C						
$V_{CEV(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 0$ $V_{BE} = 1.5\text{V}$	45			V
	: BDX33					
	: BDX33A					
	: BDX33B					
: BDX33C						
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 45\text{V}, I_E = 0$ $V_{CB} = 60\text{V}, I_E = 0$ $V_{CB} = 80\text{V}, I_E = 0$ $V_{CB} = 100\text{V}, I_E = 0$			0.2	mA
	: BDX33					
	: BDX33A					
	: BDX33B					
: BDX33C						
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 22\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 40\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 50\text{V}, I_B = 0$			0.5	mA
	: BDX33					
	: BDX33A					
	: BDX33B					
: BDX33C						
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$			5	mA
$h_{FE}$	* DC Current Gain	$V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 4\text{A}$ $V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 3\text{A}$	750			
	: BDX33/34					
: BDX33B/33C						
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 4\text{A}, I_B = 8\text{mA}$ $I_C = 3\text{A}, I_B = 6\text{mA}$			2.5	V
	: BDX33/33A					
: BDX33B/33C						
$V_{BE(on)}$	* Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 4\text{A}$ $V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 3\text{A}$			2.5	V
	: BDX33/33A					
: BDX33B/33C						
$V_F$	* Parallel Diode Forward Voltage	$I_F = 8\text{A}$			4	V

\* Pulse Test: PW=300µs, duty Cycle =1.5% Pulse