



Transistor BJT y MOSFET

Autor(es):

Mario Eduardo Sánchez Mejía
Fidel Alberto Zarco Áviles

l21120721@morelia.tecnm.mx

l20121258@morelia.tecnm.mx

Asesor(@s):

Luis Ulises Chávez Campos

Resumen

Se presenta el desarrollo e implementación de un sistema de control electrónico basado en transistores como interruptores, utilizando microcontroladores Arduino. La implementación incorpora componentes específicos como el transistor BD235 y el MOSFET IRLZ14, junto con potenciómetros, para gestionar cargas de alta potencia, particularmente bombillas de 12V. El desarrollo experimental facilita la comprensión práctica del comportamiento de transistores en aplicaciones de conmutación, además de demostrar la implementación efectiva de sistemas de control mediante señales tanto digitales como analógicas. La integración resultante evidencia la aplicación práctica de principios fundamentales en electrónica de potencia y programación de microcontroladores en sistemas embebidos.

Palabras clave: Arduino, Transistores, MOSFET, Sistemas de Control, Electrónica de Potencia

Índice

1. Introducción	3	2. Transistor MOSFET IRLZ44N N	3
1.1. Transistor BJT BD235	3	3. Potenciometro de 10k Ω	4
1.2. MOSFET IRLZ44	3	4. Foco Analógico 12 V a 10 W .	4
1.3. Potenciometro de Precisión 10k Ω	4	5. Diagrama de Flujo BJT	5
1.4. Sistema de Iluminación 12 V .	4	6. Código de control ON/OFF con transistor BD235	5
2. Desarrollo	5	7. Diagrama de Conexiones BJT BD235	6
2.1. Código 1: Control ON/OFF con Transistor BJT	5	8. Diagrama de Conexiones Físicas BJT	6
2.2. Análisis del Código 1	5	9. Diagrama de Flujo MOSFET	7
2.3. Elementos del Circuito con BJT	6	10. Código de control variable con MOSFET IRLZ14 y potenció- metro	7
2.4. Funcionamiento del Control ON/OFF	6	11. Diagrama de Conexiones MOSFET IRLZ14	8
2.5. Diagrama de Tiempo BJT . .	6	12. Diagrama de Conexiones MOSFET	8
2.6. Ventajas y Características del BJT	6		
2.7. Limitaciones del Control BJT	6		
2.8. Aplicaciones Típicas del Con- trol ON/OFF	6		
2.9. Código 2: MOSFET	7		
2.10. Análisis del Código 2	7		
2.11. Conexiones del Hardware . . .	8		
2.11.1. Circuito con BJT (BD235)	8		
2.11.2. Circuito con MOSFET (IRLZ14)	8		
2.12. Consideraciones Técnicas . . .	8		
2.13. Problemas Comunes y Soluciones	8		
2.13.1. Circuito BJT	8		
2.13.2. Circuito MOSFET . .	9		
2.14. Medidas de Seguridad	9		
3. Conclusión	9		
Referencias	10		

Índice de figuras

1. Transistor BJT BD235 NPN .	3
-------------------------------	---

1 Introducción

La presente documentación técnica establece los fundamentos teóricos y especificaciones técnicas de los componentes semiconductores y elementos pasivos utilizados en sistemas de control de cargas mediante transistores. El análisis abarca desde los principios fundamentales de la teoría de circuitos hasta las características específicas de los dispositivos semiconductores (Malvino and Bates, 2021).

1.1 Transistor BJT BD235

Especificaciones Técnicas y Configuración (ON Semiconductor, 2021)

- **Clasificación:** Transistor Bipolar de Unión NPN de Potencia
- **Parámetros Característicos:**
 - Tensión colector-emisor máxima (V_{ce0}): 50 V
 - Corriente de colector máxima (I_c): 2 A
 - Factor de amplificación de corriente (h_{FE}): 40-250
 - Configuración física: Encapsulado TO-126
- **Configuración de Terminales:**
 - Terminal de Colector (C): Electrodo principal de salida
 - Terminal de Base (B): Electrodo de control
 - Terminal de Emisor (E): Electrodo de referencia

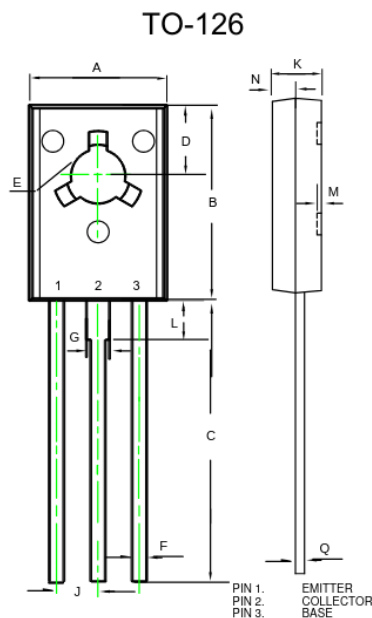


Figura 1: Transistor BJT BD235 NPN

1.2 MOSFET IRLZ44

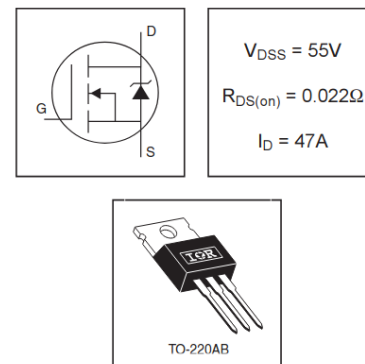


Figura 2: Transistor MOSFET IRLZ44N N

Características Técnicas y Operación (Infineon Technologies, 2020)

■ Parámetros Operativos:

- Tensión drenador-fuente máxima (V_{ds}): 55 V
- Corriente de drenador máxima (I_d): 47 A
- Resistencia en conducción ($R_{ds(on)}$): $0,022 \Omega$
- Tensión umbral de compuerta ($V_{gs(th)}$): 1 V-2 V

■ Estructura Terminal:

- Terminal de Compuerta (G): Control de conducción
- Terminal de Drenador (D): Conducción principal
- Terminal de Fuente (S): Referencia de potencial

Parámetros Técnicos (Horowitz and Hill, 2015)

■ Especificaciones Fundamentales:

- Resistencia nominal: $10 k\Omega$
- Configuración mecánica: Sistema rotativo
- Característica de variación: Respuesta lineal

■ Disposición de Terminales:

- Terminal inicial: Punto de referencia
- Terminal variable: Cursor de control
- Terminal final: Límite resistivo

1.3 Potenciómetro de Precisión $10 k\Omega$

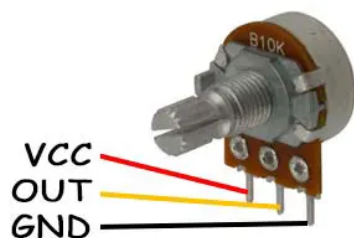


Figura 3: Potenciómetro de $10 k\Omega$

1.4 Sistema de Iluminación 12 V



Figura 4: Foco Analógico 12 V a 10 W

Parámetros Operativos (Boylestad and Nashelsky, 2013)

■ Especificaciones Eléctricas:

- Tensión nominal de operación: 12 V
- Potencia nominal: 10 W
- Corriente de operación: 0,83 A

2 Desarrollo

2.1 Código 1: Control ON/OFF con Transistor BJT

Este código implementa un control básico de encendido y apagado de la bombilla utilizando un transistor BJT BD235 como interruptor, como se muestra en la Figura 6.

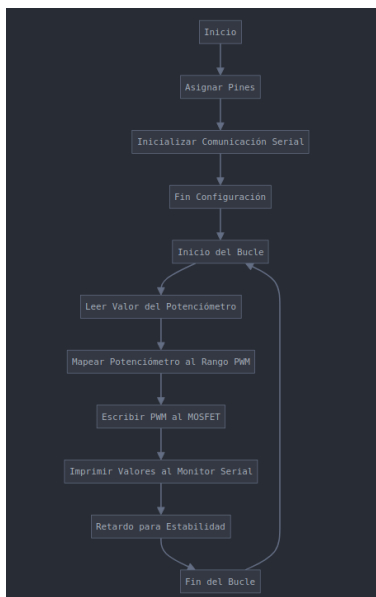


Figura 5: Diagrama de Flujo BJT

```
1 //-----
2 // Definicion del pin para
3 // el transistor BD235 como
4 // interruptor digital
5 //-----
6 const int PIN_BJT = 1;
7
8 //-----
9 // Configuracion inicial
10 //-----
11 void setup() {
12     pinMode(PIN_BJT, OUTPUT);
13     digitalWrite(PIN_BJT, LOW);
14 }
15
16 //-----
17 // Bucle principal
18 //-----
19 void loop() {
20     digitalWrite(PIN_BJT, HIGH);
21     delay(1000);
22
23     digitalWrite(PIN_BJT, LOW);
24     delay(1000);
25 }
26
```

Figura 6: Código de control ON/OFF con transistor BD235

2.2 Análisis del Código 1

El código mostrado en la Figura 6 implementa un sistema de control digital básico usando un transistor BJT. Los elementos principales son:

- **PIN_BJT**: Pin digital 1 que controla la base del transistor
- **digitalWrite()**: Función que controla el estado del pin (HIGH/LOW)
- **delay()**: Función que genera pausas de 1 segundo entre estados
- **setup()**: Configura el pin como salida e inicia en estado LOW
- **loop()**: Alterna el estado del transistor cada segundo

2.3 Elementos del Circuito con BJT

Para implementar el control mostrado en la Figura 6, se requiere:

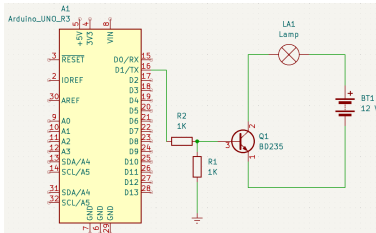


Figura 7: Diagrama de Conexiones BJT BD235

- Transistor BD235 (BJT)
- Resistencia de $100\ \Omega$ para la base
- Bombilla de 12 V/10 W
- Fuente de alimentación de 12 V

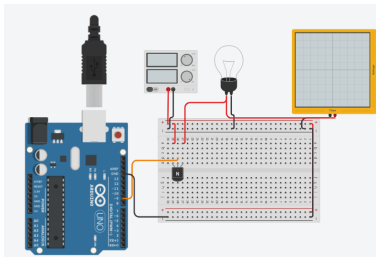


Figura 8: Diagrama de Conexiones Físicas BJT

2.4 Funcionamiento del Control ON/OFF

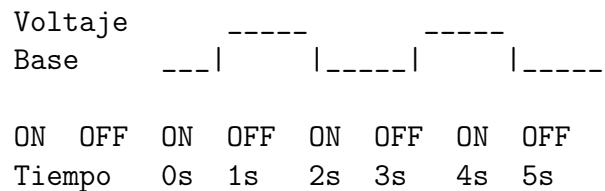
El código implementa un control básico ON/OFF que:

1. Enciende la bombilla (HIGH) durante 1 segundo

2. Apaga la bombilla (LOW) durante 1 segundo

3. Repite el ciclo indefinidamente

2.5 Diagrama de Tiempo BJT



2.6 Ventajas y Características del BJT

- Control digital simple y robusto
- Ideal para aplicaciones de encendido/apagado
- Bajo consumo en modo de corte
- Protección inherente por la resistencia de base

2.7 Limitaciones del Control BJT

- Solo permite control ON/OFF (no dimming)
- Puede requerir disipador según la carga
- Mayor pérdida de potencia que MOSFET
- Requiere corriente de base continua

2.8 Aplicaciones Típicas del Control ON/OFF

Este tipo de control es ideal para:

- Iluminación básica ON/OFF

- Control de cargas resistivas

- Sistemas de señalización

- Automatización simple

2.9 Código 2: MOSFET

```
1 //-----  
2 // Definicion de pines para  
3 // control con MOSFET IRLZ14  
4 //-----  
5 const int MOSFET_PIN = 3;  
6 const int POT_PIN = A0;  
7  
8 //-----  
9 // Variables para el control  
10 //-----  
11 int valorPotenciometro = 0;  
12 int valorPWM = 0;  
13  
14 //-----  
15 // Configuracion inicial  
16 //-----  
17 void setup() {  
18     pinMode(MOSFET_PIN, OUTPUT);  
19     pinMode(POT_PIN, INPUT);  
20     Serial.begin(9600);  
21 }  
22  
23 //-----  
24 // Bucle principal  
25 //-----  
26 void loop() {  
27     valorPotenciometro = analogRead(POT_PIN);  
28     valorPWM = map(valorPotenciometro,  
29         0, 1023, 0, 255);  
30     analogWrite(MOSFET_PIN, valorPWM);  
31  
32     Serial.print("Potenciometro:");  
33     Serial.print(valorPotenciometro);  
34     Serial.print("PWM:");  
35     Serial.println(valorPWM);  
36  
37     delay(10);  
38 }  
39
```

Figura 10: Código de control variable con MOSFET IRLZ14 y potenciómetro

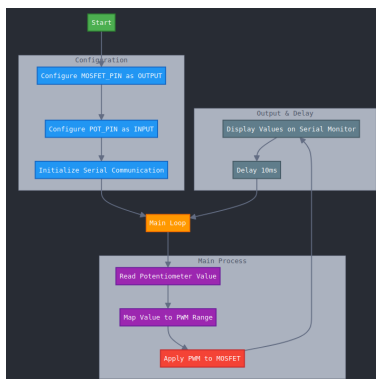


Figura 9: Diagrama de Flujo MOSFET

2.10 Análisis del Código 2

El código mostrado en la Figura 10 implementa un sistema de control analógico usando un MOSFET. Los elementos principales son:

- MOSFET_PIN: Pin PWM 3 que controla el gate del MOSFET
- POT_PIN: Pin analógico A0 que lee el potenciómetro
- map(): Función que convierte el rango del potenciómetro (0-1023) al rango

PWM (0-255)

- `analogWrite()`: Genera la señal PWM para controlar la intensidad

2.11 Conexiones del Hardware

2.11.1. Circuito con BJT (BD235)

Basado en el código de la Figura 6, las conexiones requeridas son:

- Base → Pin 1 (con resistencia 100 Ω)
- Colector → Bombilla → 12 V
- Emisor → GND

2.11.2. Circuito con MOSFET (IRLZ14)

Para implementar el control mostrado en la Figura 10, se requieren las siguientes conexiones:

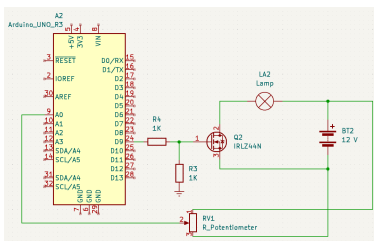


Figura 11: Diagrama de Conexiones MOSFET IRLZ14

- Gate → Pin 3 (con resistencia 100 Ω)
- Drain → Bombilla → 12 V
- Source → GND
- Potenciómetro:
 - Terminal central → A0
 - Terminal superior → 5 V
 - Terminal inferior → GND

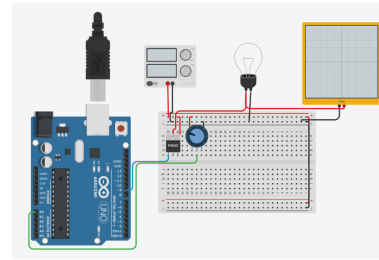


Figura 12: Diagrama de Conexiones MOSFET

2.12 Consideraciones Técnicas

Para el correcto funcionamiento de los circuitos mostrados en las Figuras 6 y 10, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La resistencia en la base/gate es crucial para proteger el transistor/MOSFET
- El MOSFET IRLZ14 opera con voltajes de gate bajos, compatible con la señal de 5 V del Arduino
- El transistor BD235 maneja hasta 2 A, suficiente para la bombilla de 10 W
- La fuente de 12 V debe poder suministrar al menos 1 A

2.13 Problemas Comunes y Soluciones

2.13.1. Circuito BJT

Para el circuito de la Figura 6, los problemas comunes incluyen:

- **Problema:** La bombilla no enciende
 - Verificar polaridad del transistor
 - Medir voltaje en la base (0,7 V aprox.)
 - Comprobar resistencia de 100 Ω
- **Problema:** Transistor se calienta

- Verificar corriente de base
- Comprobar saturación del transistor
- Considerar uso de disipador

2.13.2. Circuito MOSFET

Para el circuito de la Figura 10, los problemas típicos son:

- **Problema:** Control irregular
 - Verificar conexión del potenciómetro
 - Comprobar resistencia de gate
 - Asegurar uso de pin PWM correcto
- **Problema:** MOSFET se calienta
 - Verificar frecuencia PWM
 - Comprobar voltaje gate-source
 - Considerar disipador si es necesario

2.14 Medidas de Seguridad

Para garantizar la operación segura de los circuitos presentados en las Figuras 6 y 10:

- **Antes de energizar:**
 - Verificar todas las conexiones
 - Comprobar polaridad de componentes
 - Asegurar resistencias limitadoras
- **Durante la operación:**
 - No tocar componentes energizados
 - Mantener ventilación adecuada
 - Monitorear temperatura de componentes

3 Conclusión

Mario Eduardo Sánchez Mejía:

La práctica experimental permitió una comprensión profunda de los sistemas de control electrónico en aplicaciones reales, demostrando cómo los principios teóricos de los semiconductores se traducen en soluciones prácticas y funcionales. El manejo de señales digitales y analógicas a través de microcontroladores reveló la versatilidad de estos sistemas para adaptarse a diferentes necesidades de control y automatización. Además, la implementación del sistema de iluminación con transistores BJT demostró la importancia de comprender los principios fundamentales de la electrónica de potencia, incluyendo la polarización adecuada, el manejo de cargas inductivas y la importancia de la protección de componentes.

Fidel Alberto Zarco Áviles:

El desarrollo práctico evidenció que la selección adecuada de componentes electrónicos es crucial para el éxito de un sistema de control, destacando la importancia de comprender las características y limitaciones de cada dispositivo. La experiencia con diferentes tipos de transistores, especialmente con el MOSFET IRLZ14, permitió entender las ventajas y limitaciones de cada tecnología, así como la importancia de considerar factores como la disipación de calor, la eficiencia energética y la protección de los componentes en el diseño de circuitos electrónicos. La implementación del control PWM para la regulación de intensidad luminosa demostró la versatilidad de los sistemas digitales en aplicaciones analógicas, mientras que el uso de potenciómetros como interface de control evidenció la importancia de considerar la experiencia del usuario en el diseño de sistemas electrónicos.



Referencias

Robert L. Boylestad and Louis Nashelsky. *Electronic Devices and Circuit Theory*. Pearson, Upper Saddle River, NJ, 11 edition, 2013.

Paul Horowitz and Winfield Hill. *The Art of Electronics*. Cambridge University Press, Cambridge, 3 edition, 2015.

Infineon Technologies. *IRLZ44N HEXFET Power MOSFET*. Infineon Technologies AG, Munich, Germany, 2020.

Albert Malvino and David Bates. *Electronic Principles*. McGraw-Hill Education, New York, 9 edition, 2021.

ON Semiconductor. *BD235/D: NPN Silicon Power Transistors*. ON Semiconductor, Phoenix, Arizona, 2021.