

Intercomunicadores y Amplificadores de Audio con Transistores

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Trampas Defensivas

Etiquetas: Sin etiquetas

Intercomunicadores y Amplificadores de Audio con Transistores

Un sistema de intercomunicación de audio permite la comunicación por cable entre dos o más puntos de un refugio, perímetro defensivo o puesto de vigilancia sin depender de baterías de radio ni de infraestructura electromagnética. Con dos altavoces pequeños (que actúan simultáneamente como micrófonos), unos pocos transistores y una batería de 9 V, se puede construir un intercomunicador funcional con alcance de hasta 500 metros por cable. Los amplificadores de audio basados en transistores bipolares (BJT) fueron la base de toda la electrónica de audio desde los años 60 hasta la llegada de los circuitos integrados como el LM386. Este artículo cubre el diseño de amplificadores de audio de una y dos etapas, su aplicación como intercomunicadores y las técnicas para maximizar la ganancia y minimizar el ruido con componentes discretos.

El altavoz como micrófono: principio de reciprocidad

Un altavoz dinámico es, eléctricamente, idéntico a un micrófono dinámico: una bobina de voz se mueve dentro de un campo magnético y genera una señal eléctrica proporcional a las vibraciones sonoras. Un altavoz pequeño de 8 Ω y 0,5 W usado como micrófono genera una señal de audio de 5-50 mV de amplitud, suficiente para ser amplificada por un transistor.

Tipo de altavoz/micrófono

Impedancia

Sensibilidad como micrófono

Rango de frecuencia útil

Aplicación

Altavoz 8 Ω 0,5 W (40 mm)

8 Ω

5-20 mV/Pa

300 Hz - 5 kHz

Intercomunicador básico (voz inteligible)

Altavoz 8 Ω 2 W (57 mm)

8 Ω

10-30 mV/Pa

200 Hz - 8 kHz

Intercomunicador con mejor calidad de voz

Micrófono electret

2,2 k Ω (con polarización)

5-50 mV/Pa (-44 dBV/Pa)

20 Hz - 16 kHz

Alta calidad, necesita alimentación (1,5-5 V)

Cápsula piezoeléctrica

Alta (> 10 k Ω)

1-5 mV/Pa

1 kHz - 10 kHz

Detector de vibración, micrófono de contacto

Para usar un micrófono electret (la cápsula cilíndrica de 6-10 mm que llevan todos los dispositivos electrónicos modernos), hay que alimentarlo con una resistencia de polarización de 2,2 k Ω a 10 k Ω conectada entre el terminal positivo y Vcc (3-9 V). La señal de audio se toma del mismo terminal positivo a través de un condensador de acoplamiento de 1-10 μ F.

Preamplificador de micrófono con un transistor

La señal del micrófono (5-50 mV) es demasiado débil para atacar directamente un altavoz o una etapa de potencia. Un preamplificador basado en un transistor BC547B en configuración de emisor común proporciona una ganancia de voltaje de 30-100 veces (30-40 dB), elevando la señal a 0,5-2 V.

Polarización por divisor de voltaje: R1 = 100 k Ω y R2 = 22 k Ω entre Vcc (9 V) y masa fijan el punto de reposo en $V_b = 9 \times 22/122 = 1,62$ V. Con $V_e = V_b - 0,7 = 0,92$ V y $R_e = 1$ k Ω , la corriente de colector es $I_c \approx 0,92$ mA. $R_c = 4,7$ k Ω produce $V_c = 9 - (0,92 \times 4,7) = 4,67$ V, centrado correctamente.

Condensador de bypass en emisor: Un condensador electrolítico de 47 μ F en paralelo con R_e cortocircuita la resistencia de emisor para señales AC, elevando la ganancia de $A_v = R_c/R_e = 4,7$ a $A_v = g_m \times R_c \approx (I_c/V_t) \times R_c = (0,92 \text{ mA} / 26 \text{ mV}) \times 4.700 = 166$. En la práctica, la ganancia real será de 50-80 debido a las resistencias internas del transistor y la impedancia de fuente.

Condensadores de acoplamiento: Entrada: condensador de 10 μ F entre micrófono y base. Salida: condensador de 10 μ F entre colector y siguiente etapa. Estos condensadores bloquean la corriente continua de polarización y solo pasan la señal de audio AC. La frecuencia de corte inferior con 10 μ F y 8 Ω de carga es $f = 1/(2\pi \times R \times C) = 1/(2\pi \times 8 \times 0,00001) \approx 2.000$ Hz, demasiado alta para voz. Usar 100 μ F para bajar a 200 Hz o alimentar una etapa de alta impedancia.

Etapa de potencia push-pull con transistores complementarios

Para alimentar un altavoz de 8 Ω se necesita una etapa de potencia que proporcione corriente suficiente. Un push-pull clase AB con transistores complementarios BD139 (NPN) y BD140 (PNP) puede entregar hasta 1 W en un altavoz de 8 Ω alimentado a 9 V, suficiente para un intercomunicador audible en una habitación.

Parámetro

Valor

Notas

Voltaje de alimentación

9 V (batería o regulador)

Con 12 V se obtiene hasta 2 W

Potencia de salida máxima

~1 W en 8 Ω

$P = (V_{cc}/2)^2 / (2 \times R_L) = 4,5^2/16 = 1,26$ W teórico

Transistor NPN

BD139

I_c max 1,5 A, hFE 40-160, TO-18

Transistor PNP

BD140

I_c max 1,5 A, hFE 40-250, TO-18

Corriente de reposo

10-20 mA

Fijada por dos diodos 1N4148 entre bases

Distorsión armónica

Aceptable para intercomunicador de voz

La configuración básica: la señal preamplificada ataca las bases de BD139 y BD140 conectados en emisor-seguidor complementario. Los emisores se unen y conectan al altavoz de 8 Ω a través de un condensador de 470 μ F. Dos diodos 1N4148 en serie entre las bases (polarizados directamente) proporcionan la polarización de ~1,2 V necesaria para eliminar la distorsión de cruce (crossover distortion) de clase B. La corriente de reposo resultante es de unos 15 mA.

Alternativa integrada: LM386: El circuito integrado LM386 contiene un amplificador de audio completo en un encapsulado DIP-8 que produce 0,5 W (LM386-1) o 1 W (LM386-4) con solo 6 componentes externos. Si se tiene acceso a este chip, simplifica enormemente el diseño. Funciona con 4-12 V y tiene una ganancia ajustable de 20 a 200 veces. Sin embargo, el diseño con transistores discretos permite reparaciones con componentes genéricos disponibles en cualquier equipo electrónico desechado.

Circuito completo de intercomunicador por cable

El intercomunicador completo consta de dos estaciones idénticas conectadas por un cable de dos hilos (más masa). Cada estación tiene un micrófono electret, un preamplificador, una etapa de potencia y un altavoz. Un interruptor PTT (Push-To-Talk) selecciona entre transmitir y recibir.

Cableado entre estaciones: Usar cable telefónico de 2 pares (4 hilos) o cable de altavoz de $2 \times 0,75 \text{ mm}^2$. Un par lleva la señal de audio (señal + masa de señal) y el otro la alimentación ($V_{cc} + GND$). La resistencia del cable de cobre de $0,75 \text{ mm}^2$ es de $23,5 \Omega/\text{km}$; a 500 metros (ida y vuelta = 1 km), la resistencia total es $\sim 24 \Omega$, que con corrientes de señal de mA es despreciable. Para distancias mayores, usar cable de $1,5 \text{ mm}^2$ ($12,1 \Omega/\text{km}$).

Conmutación PTT: Un interruptor DPDT (doble polo, doble tiro) de palanca o pulsador conmuta entre modo TX (micrófono local al cable) y modo RX (cable al amplificador y altavoz local). En posición de reposo (RX), la estación amplifica lo que llega por el cable. Al pulsar PTT, se conecta el micrófono local al cable y se desconecta el altavoz local para evitar realimentación acústica (efecto Larsen).

Alimentación: Cada estación consume $\sim 25 \text{ mA}$ en reposo (recepción) y $\sim 100 \text{ mA}$ transmitiendo a máxima potencia. Una batería de 9 V alcalina (550 mAh) dura ~ 20 horas de escucha continua o ~ 5 horas de transmisión continua. Para uso prolongado, alimentar desde una fuente regulada de 9-12 V o un regulador 7809 conectado a una batería de coche.

Modos dúplex y semi-dúplex: Con dos pares de cable (4 hilos de señal) se puede implementar full-dúplex: cada estación transmite y recibe simultáneamente por pares independientes, como un teléfono. Con PTT y un solo par es semi-dúplex (walkie-talkie). El full-dúplex requiere buen aislamiento acústico entre micrófono y altavoz para evitar realimentación.

 Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.