

Zestawienie zamienników SMD dla klasycznych tranzystorów audio (na rynku polskim)

Projektowanie stopni mocy i sterowania audio na podłożu aluminiowym (MCPCB) pozwala na znaczną miniaturyzację przy zachowaniu stabilności termicznej. Poniższa analiza skupia się na doborze zamienników w obudowach DPAK, SOT23 oraz SOT223, które najlepiej oddają charakterystykę oryginałów w aplikacjach liniowych i audio, przy uwzględnieniu ich dostępności u głównych polskich dystrybutorów (TME, Kamami, Botland, Allegro).

1. KD 502 (Oryginał: TO-3) → Zamiennik: MJD44H11 (DPAK)

KD 502 to legendarny tranzystor mocy NPN ($I_{C}=20\text{ A}$, $V_{CEO}=60\text{ V}$), ceniony w audio za pasmo przenoszenia do 2 MHz. W obudowie DPAK, przy montażu na MCPCB, optymalnym wyborem jest MJD44H11G. Oferuje on $V_{CEO}=80\text{ V}$ oraz $I_{C}=8\text{ A}$. Jego częstotliwość graniczna f_T wynosi typowo 50 MHz, co zapewnia znacznie lepszą liniowość w pasmie akustycznym niż klasyczne tranzystory mocy starszej generacji.

2. BD 135 / BD 136 (Oryginał: TO-126) → Zamienniki SOT23 i SOT223

W przypadku tej pary sterującej, kluczowe jest zachowanie prądu kolektora ($I_{C}=1.5\text{ A}$) oraz wysokiej częstotliwości granicznej dla zapewnienia odpowiedniego Slew Rate wzmacniacza.

- Wariant SOT23: Zastosowano tranzystory FMMT619 (NPN) oraz FMMT720 (PNP). Są to jednostki o wysokiej gęstości prądu (do 2 A), charakteryzujące się f_T powyżej 100 MHz i bardzo płaską charakterystyką wzmocnienia h_{FE} , co minimalizuje zniekształcenia skróśne.
- Wariant SOT223: Idealnym zamiennikiem audio są tranzystory FZT651 (NPN) i FZT751 (PNP). Oferują one prąd $I_{C}=3\text{ A}$ (dwukrotnie więcej niż oryginał) oraz $V_{CEO}=60\text{ V}$. Ich pasmo f_T to typowo 140 MHz, co czyni je jednymi z najlepszych driverów audio w tej obudowie. Alternatywą są jednostki 2STN1360 / 2STN2360 (STMicroelectronics), dedykowane do zastosowań o wysokiej liniowości.

3. BC 237 i BC 308A (Oryginał: TO-92) → Zamienniki SOT23

Dla stopni wejściowych audio o niskim poziomie szumów:

- BC 237 ($V_{CEO}=45\text{ V}$) → BC847B. To bezpośredni odpowiednik SMD o identycznym wzmocnieniu i niskich szumach własnych.
- BC 308A ($V_{CEO}=25\text{ V}$, PNP) → BC858A. Zachowuje parametry niskonapięciowe oryginału, dedykowany do czułych stopni różnicowych.

Zestawienie zamienników SMD dla klasycznych tranzystorów audio (na rynku polskim)

Tabela zbiorcza zamienników

Oryginał	Polaryzacja	Zamiennik SMD	Obudowa	Parametry (U / I / fT)	Dostępność (PL)
KD 502	NPN	MJD44H11G	DPAK	80V / 8A / 50MHz	TME, Allegro
BD 135	NPN	FMMT619TA	SOT23	50V / 2A / 100MHz	TME, Allegro
BD 136	PNP	FMMT720TA	SOT23	40V / 1.5A / 100MHz	TME, Allegro
BD 135	NPN	FZT651TA	SOT223	60V / 3A / 140MHz	TME, Allegro
BD 136	PNP	FZT751TA	SOT223	60V / 3A / 140MHz	TME, Allegro
BC 237	NPN	BC847B	SOT23	45V / 0.1A / 100MHz	TME, Kamami, Botland, Allegro
BC 308A	PNP	BC858A	SOT23	30V / 0.1A / 150MHz	TME, Allegro

1. Liniowość i Szumy: Serie FZT (SOT223) oraz FMMT (SOT23) zostały wybrane ze względu na płaską charakterystykę h_{FE} w szerokim zakresie prądów kolektora. Zapobiega to modulacji wzmocnienia przy dużych amplitudach sygnału audio.
2. Montaż na podłożu aluminiowym: Zastosowanie MCPCB z Thermal-Padami pozwala na stabilną pracę tranzystorów FZT651/751 przy prądach rzędu 1-2 A bez ryzyka ucieczki termicznej, co w standardowym laminacie FR4 wymagałoby znacznie większych powierzchni miedzi.
3. Dostępność: Wszystkie wskazane elementy są standardowymi pozycjami w TME oraz na Allegro (często u wyspecjalizowanych sprzedawców części audio), co gwarantuje ciągłość dostaw do produkcji prototypowej i seryjnej.