

アンプの熱解析

2022年4月5日

Mini-Circuits は長年にわたり、Mini-Circuits が提供するヒートシンクの有無にかかわらず、アンプの熱特性を完全に規定するという伝統があります。最近では Mini-Circuits 製パワーアンプにカスタムヒートシンクを利用することが普通になってきたため、パワーアンプの熱特性の表現方法が従来とは異なっています。Mini-Circuits のヒートシンクの熱抵抗は、新しいモデルでは明示されていませんが、どのモデルのパワーアンプでも仕様書から簡単に計算することができます。Mini-Circuits パワーアンプの熱特性を解析するには、基本的な計算を行うだけで、どのようなパラメータでも求めることができます。



R_{th} が与えられた場合の温度上昇

Mini-Circuits の ([ZHL-100W-GAN+](#)) 100W GaN アンプの解析結果を以下に示します。オレンジ色で強調表示されているのは、このアンプ製品のデータシートに記載されている仕様です。

V (Volts)	I (Amps)	P_{diss} (W)	R_{th} ($^{\circ}C/W$)	T_{rise} ($^{\circ}C$)	T_{max} (baseplate) ($^{\circ}C$)	$T_{ambient}$ ($^{\circ}C$)	Amplifier
30	9	270.0	0.074	20.0	85	65	ZHL-100W-GAN+

このアンプの仕様は広範囲にわたって記載されているため、ほとんど計算する必要はありません。たとえば、消費電力(P_{diss})は、単に動作電圧と電流(30V x 9A)の積であり、A 級動作では 270W として計算されます。周囲温度からベースプレート温度への温度上昇(T_{rise})は、多くの場合、最大消費電力 P_{diss} (W) とヒートシンクの熱抵抗 R_{th} ($^{\circ}C/W$) の掛算で求められます。

$$\text{ZHL-100W-GAN+} \rightarrow T_{rise} (^{\circ}C) = P_{diss} (W) \times R_{th} (^{\circ}C/W) = 270W \times 0.074 (^{\circ}C/W) = 20^{\circ}C$$

ワットの単位が相殺され、 T_{rise} の結果が $^{\circ}C$ になることに注意してください。また、アンプのデータシートにより、周囲からベースプレートまでの温度上昇は、ベースプレートの最高温度($T_{max}(\text{baseplate})$)から周囲温度($T_{ambient}$)を単純に引算することによっても求めることができます。

$$\text{ZHL-100W-GAN+} \rightarrow T_{\text{rise}} (^{\circ}\text{C}) = T_{\text{max(baseplate)}} (^{\circ}\text{C}) - T_{\text{ambient}} (^{\circ}\text{C}) = 85^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$$

熱抵抗の記載がありませんが？ 問題ありません！

ヒートシンクの熱抵抗が与えられていない場合はどうなるのでしょうか？ 必要な熱抵抗はどのように決定されるのでしょうか？ Mini-Circuits の広帯域アンプ([ZVA-213A-S+](#)) のデータシートにはオレンジ色で強調表示される仕様が記載されています。熱抵抗はデータシートに記載されていないため、オレンジ色の強調表示はありません。

V (Volts)	I (Amps)	P _{diss} (W)	R _{th} (°C/W)	T _{rise} (°C)	T _{max (baseplate)} (°C)	T _{ambient} (°C)	Amplifier
12	0.55	6.6	3.788	20.0	75	50	ZVA-213A-S+

まず、最大消費電力(P_{diss})を電圧 x 電流で計算します。この例では 12V x 0.55A、つまり 6.6W です。Mini-Circuit のデータシートには最大ベースプレート温度 T_{max(baseplate)} と最大周囲温度(T_{ambient})、の両方が記載されているため、T_{ambient} から T_{max(baseplate)} を引いて前の例と同様に許容温度上昇を計算します。

$$\text{ZVA-213A-S+} \rightarrow T_{\text{rise}} (^{\circ}\text{C}) = T_{\text{max(baseplate)}} (^{\circ}\text{C}) - T_{\text{ambient}} (^{\circ}\text{C}) = 75^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C} = 25^{\circ}\text{C}$$

必要なヒートシンクの熱抵抗は、P_{diss} (W) と T_{rise} (°C) から次のように計算できます。

$$\text{ZVA-213A-S+} \rightarrow R_{\text{th}} (^{\circ}\text{C/W}) = T_{\text{rise}} (^{\circ}\text{C}) / P_{\text{diss}} (\text{W}) = 25^{\circ}\text{C} / 6.6\text{W} = 3.788^{\circ}\text{C/W}$$

ヒートシンクの熱抵抗を求める場合、結果のパラメータが°C/W で表されるように単位をそろえます。

カスタムヒートシンク設計

カスタムヒートシンク (Mini-Circuits 製以外) を設計する際に熱抵抗がわかっている場合には、T_{rise} を計算する必要がある場合があります。前の例の ZVA-213A-S+ の場合、カスタム ヒートシンクの熱抵抗が 5°C/W で、以下の項目がオレンジ色強調表示されていると仮定します。

V (Volts)	I (Amps)	P _{diss} (W)	R _{th} (°C/W)	T _{rise} (°C)	T _{max (baseplate)} (°C)	T _{ambient} (°C)	Amplifier
12	0.55	6.6	5.000	33.0	75	42	ZVA-213A-S+

T_{rise} は消費電力（ワット）とカスタムヒートシンクの熱抵抗(R_{th}) ($^{\circ}C/W$)の積で求められます。

$$T_{rise} (^{\circ}C) = P_{diss} (W) \times R_{th} (^{\circ}C/W) = 6.6W \times 5.0^{\circ}C/W = 33^{\circ}C$$

T_{rise} は Mini-Circuits のヒートシンクよりも高くなります。したがって最大ベースプレート温度が変更できない場合は、最高周囲温度を下げる必要があります。これは次のように計算できます。

$$T_{ambient} (^{\circ}C) = T_{max(baseplate)} (^{\circ}C) - T_{rise} (^{\circ}C) = 75^{\circ}C - 33^{\circ}C = 42^{\circ}C$$

ここで紹介した簡単な計算により、Mini-Circuits 社のあらゆるモデルのアンプの熱解析が簡単に行えるようになります。