

第3章 キー・デバイスと回路のふるまい

本書で製作したD級パワー・アンプは、最新の駆動IC IRS2092を使用しています。ここでは、IRS2092の特徴と製作したD級パワー・アンプの動作について解説します。



最新D級アンプ駆動IC IRS2092の特徴

付録基板で使用した**IRS2092**（インターナショナル・レクティファイアー）は、DIPタイプの最新D級アンプ駆動ICです。

IRS2092は、D級アンプに必要な基本回路（誤差アンプ、PWM比較器、ゲート駆動回路、保護回路）を内蔵しています。従って、このICとスイッチング用パワー・MOSFETとわずかな外部回路だけで、出力500WまでのD級アンプを簡単に製作できます。

● 内部構成

図1にブロック・ダイアグラムを示します。すべての動作基準は下側のゲート・ドライバ部のCOM端子となります。そして、入力部と上側のゲート・ドライバ部がフローティングされています。このフローティング電圧は200Vまで可能なので、出力500W（126V_{p-p}@4Ω）のアンプのドライバとして使うことができます。

入力部はOTA(Operational Transconductance Amplifier)、PWMモジュレータ、保護回路により構成されています。実際の動作原理は後述します。

ゲート駆動回路は上側と下側があり、交互にON/OFFします。上側が交流波形の正の部分ドライブします。下側は負の部分ドライブします。そのON/OFFの切り替え時、両ドライバともOFFになる時間があり、これを**デッド・タイム**と呼びます。デッド・タイムは25n~105nsに設定することができます。デッド・タイムが無いと、両側のMOSFETが同時にONになる可能性があり、そこで大きな電流が流れてしまい効率が低下します。

保護回路としては、上下のMOSFETの過剰電流検出、入力部の供給電圧の低下検出があります。MOSFETの過剰電流はドレイン-ソース間の電圧を監視し、設定値以上になったら保護回路が動作します。また、**CSD**(Chip Shut Down)端子をGNDに接続することにより、ゲート駆動回路をOFFにし、出力電圧を0にすることができます。

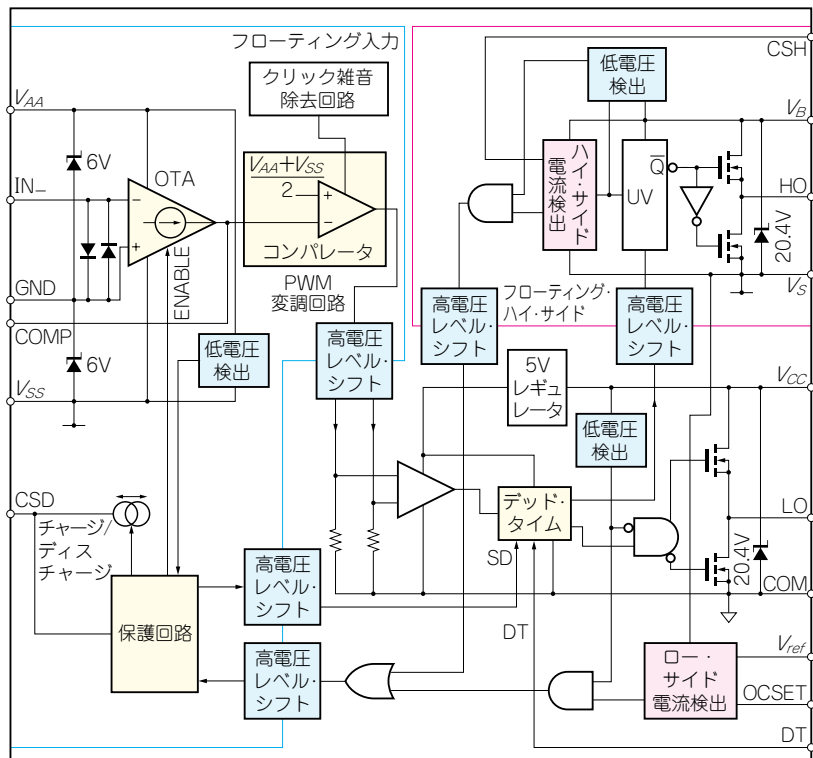


図1 D級アンプ駆動IC IRS2092のブロック・ダイアグラム

従って、外部の保護回路の出力をCSD端子に接続すれば、さまざまな保護回路を作ることができます。

● 電気的特性

表1に主な電気的特性を示します。1kHzのときのひずみ率は**0.01%以下**と良好です。スルー・レートは $5V/\mu s$ と高速です。入力オフセット電圧(DCゲインが1なので、これが出力オフセット電圧になる)は $-15mV \sim +15mV$ と小さいので、外部に出力オフセット調整回路は必要ありません。表2に各端子の内容、図2(a)にピン配置をそれぞれ示します。

パワーMOSFET IRFIZ24NPbFの特徴

使用したパワーMOSFETは、**IRFIZ24NPbF**(インターナショナル・レクティファイアー)です。インターナショナル・レクティファイアーのMOSFETはハニカムセル構

表1 D級アンプ駆動IC IRS2092の電気的特性

シンボル	定義	値	単位
$THD + N$	ひずみ率(1 kHz, 50 W, 4 Ω)	< 0.01	%
	残留ノイズ(AES-17フィルタ)	< 200	μV_{RMS}
f_{SW}	スイッチング周波数	~ 800	kHz
BW	小信号バンド幅	9	MHz
I_{BIN}	入力バイアス電流	40	nA
V_{OS}	入力オフセット電圧	- 15 ~ 15	mV
SR	スルー・レート	5	V/ μ s
V_{SS}	フローティング入力絶対電圧	0 ~ 200	V
V_B	ハイ・サイド・フローティング 絶対電圧	$V_S + 10 \sim V_S + 18$	V
V_S	ハイ・サイド・フローティング オフセット電圧	200	V
V_{CC}	固定供給電圧	10 ~ 18	V
I_{AAZ}	フローティング入力正側ツェナー電流	1 ~ 11	mA
I_{SSZ}	フローティング入力負側ツェナー電流	1 ~ 11	mA
$CMRR$	同相信号除去比	60	dB
$PSRR$	電源電圧変動除去比	65	dB
I_o	ゲート・ドライブ電流	- 1.2, + 1	A
DT	デッド・タイム	25/40/65/105	ns

表2 IRS2092のピン名称

ピン番号	シンボル	意味
1	V_{AA}	Floating input positive supply
2	GND	Floating input supply return
3	IN-	Analog inverting input
4	COMP	Phase compensation input, comparator input
5	CSD	Shutdown timing capacitor
6	V_{SS}	Floating input negative supply
7	V_{ref}	5 V reference voltage to program OCSET pin
8	OCSET	Low side over current threshold setting
9	DT	Deadtime program input
10	COM	Low side supply return
11	LO	Low side output
12	V_{CC}	Low side supply
13	V_S	High side floating supply return
14	HO	High side output
15	V_B	High side floating supply
16	CSH	High side over current sensing input

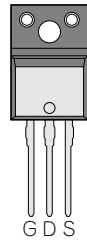
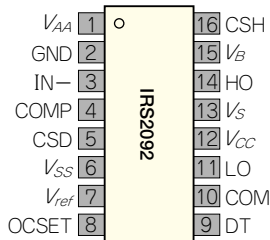


図2 IRS2092とIRFIZ24NPbFのピン配置

(a) IRS2092

(b) IRFIZ24NPbF

表3 パワー MOSFET IRFIZ24NPbF の主な電気的特性

最大ドレイン-ソース間電圧		V_{DSS}	55 V
最大ドレイン電流	DC	I_D	14 A
	パルス	I_{DM}	68 A
最大許容損失($T_c = 25^\circ\text{C}$)		P_D	29 W
チャンネル-外気間熱抵抗		θ_{J-A}	65 $^\circ\text{C}/\text{W}$
ゲート入力電荷量		Q_g	20 nC
ドレイン-ソース間 ON 抵抗		$R_{DS(on)}$	0.07 Ω
スイッチング時間	ターン ON 遅延時間	$t_{d(on)}$	4.9 ns
	上昇時間	t_r	34 ns
	ターン OFF 遅延時間	$t_{d(off)}$	19 ns
	下降時間	t_f	27 ns

造の HEXFET で、ON 抵抗が非常に小さいという特徴があります。従って、さまざまな応用において高効率を実現できます。

IRFIZ24NPbF は TO220 パッケージで、すべてがモールドで覆われた Fullpak 構造です。従って、放熱器に直に取り付けることができます。表 3 に主な電気的特性を、図 2 (b) にピン配置を示します。

回路各部の詳細

回路は第 1 章の図 2 を参照してください。○→ で囲んだ記号は、できればプローブ端子を付けたい箇所です。これらは、オシロスコープなどで、波形を観測するときにプローブを接続します。

ゲインは、

$$R_3/R_2 = 47 \text{ k}\Omega / 3 \text{ k}\Omega = 15.7 = 23.9 \text{ dB}$$

です。

スイッチング周波数は VR_1 により、280 k ~ 650 kHz まで可変できます。 C_7 はアンプがパワー ON 後、アンプが動作を開始するまでの起動時間調整用で、大きな容量にする