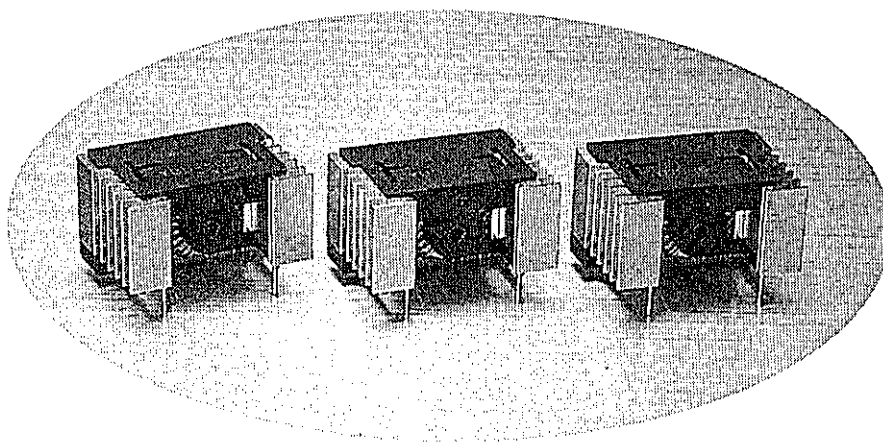


アプリケーションノート


YDS-500シリーズの原理と応用

(初版)

非絶縁DC-DCコンバータ



新日本製鐵グループ


株式会社

ユタカ電機製作所

YUTAKA ELECTRIC MFG. CO., LTD.

発行に当たって

本アプリケーションノートは「YDS-500シリーズ」の解説書として、作成しました。

YDSシリーズは1988年（昭和63年）にYDS-100/200（1A/2A出力）を発売開始し、その後YDS-300（3A出力）、YDS-S2（低漏れ磁束）、YDN-R5/100（マイナス出力）、YDS-R3（超小型）、YDS-100T（薄型）、YDS-1R5（1.5A出力）と皆様のご要求を具現化し、シリーズを拡大してきました。

ここで紹介するYDS-500シリーズは、YDS-300シリーズの回路を応用し、さらに大容量のDC-DCコンバータを実現したものです。

YDSシリーズのご使用に当たり、皆様のお役に立てば幸いです。

1999年 8月 株式会社ユタカ電機製作所

電源事業部 開発統括部 新商品開発グループ

目 次

	ページ
1. 概 要	1
2. 最大定格	1
3. 電气的特性	2
4. 外形寸法	2
5. 実装方法	3
6. 動作原理	4
7. 最高周囲温度	5
内部ロス曲線	
減定格曲線	
効率曲線	6
8. 内部ロスと表面温度	7
9. 出力電圧の可変方法	8
出力電圧可変抵抗のグラフ	9
10. 入力電流	11
11. 入力コンデンサ	12
12. 出力コンデンサ	16
13. 過渡応答特性	19
14. 過電流保護回路	20
15. チョーク・コイル	20
16. 土出力への応用	23
17. 信頼性に関する事項	25
18. 使用上の注意	26
19. 引用、参考文献	28

1. 本資料に記載した製品は、信頼性や機能改善のため予告なく変更する場合があります。あらかじめご了承ください。
2. 文書による当社の承諾なしに、本資料の一部または全部を転載、複製することを堅くお断りします。
3. 本資料に記載した内容によって、当社および第三者の特許権やその他の権利の実施を承諾するものではありません。
4. 本製品を使用するシステムが外国為替および外国貿易管理法の規定によって、戦略物資等に該当する場合には、日本国外に輸出する際に日本国政府の輸出許可が必要です。
5. 本製品は耐放射線設計をしていません。また人命にかかわる装置などで使用する場合は、別途ご相談ください。
6. 本資料に記載した回路例や回路定数は、量産設計を考慮したものではありません。

1. 概要

「YDS-500シリーズ」は直流入力電圧を降下させて安定化する、非絶縁型のDC-DCコンバータ（ステップダウン・チョッパ：STEP-DOWN CHOPPER）です。

次のような特徴があります。

- ①. スイッチング方式なので、ドロップと比較して変換効率が高い。

特に入力電圧の変動に対して、変換効率があまり変化せず、入力条件の広い場合に有効です。

また回路基板には導体抵抗の低い銅メッキ基板を使用し、さらに高効率です。

- ②. 出力電圧の可変が可能です。（推奨可変範囲内で上昇、下降いずれも可能です。）

- ③. 一般の三端子レギュレータ78××シリーズのように、入力出力に電解コンデンサを接続するだけで動作します。

- ④. 放熱フィンとチョーク・コイルが一体構造のため、オンボードで簡単に使用できます。

- ⑤. 制御回路をハイブリッドIC構造としたため、高信頼です。

- ⑥. 平滑用チョーク・コイルは閉磁路のトロイダル・コアを使用しており、漏洩磁束に弱いCRTや磁気ヘッドの近傍でも使用できます。

本書は「YDS-500シリーズ」の回路説明と応用例を述べたものです。

2. 最大定格

以下にYDS-500シリーズの最大定格を示します。

表1. 最大定格

項目 Item	記号 Symbol	定格値 Standards	単位 Unit
直流入力電圧 DC Input Voltage	Vin	40	V
直流出力電流 DC Output Current	Iout	5.0	A
動作温度 Operating Temperature	Top	-10~+80	°C
保存温度 Storage Temperature	Tstg	-20~+120	°C

3. 電気的特性

以下にYDS-500シリーズの電気的特性を示します。

表2. 電気的特性

($T_a = 25^\circ\text{C}$)

項目 Item	記号 Symbol	規格値 Limits									単位 Unit
		YDS-503			YDS-505			YDS-512			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
直流入力電圧範囲 DC Input Voltage	Vin	8	—	20	10	—	40	16	—	40	V
設定出力電圧 Output Voltage Set-Up	Vout	2.9	3.0	3.1	4.9	5.0	5.1	11.7	12.0	12.3	V
出力電圧変動 Output Voltage Fluctuation	Vline	50						100			mV
	Vload	100						150			

4. 外形寸法

以下にYDS-500シリーズの外形寸法図を示します。

単位 mm

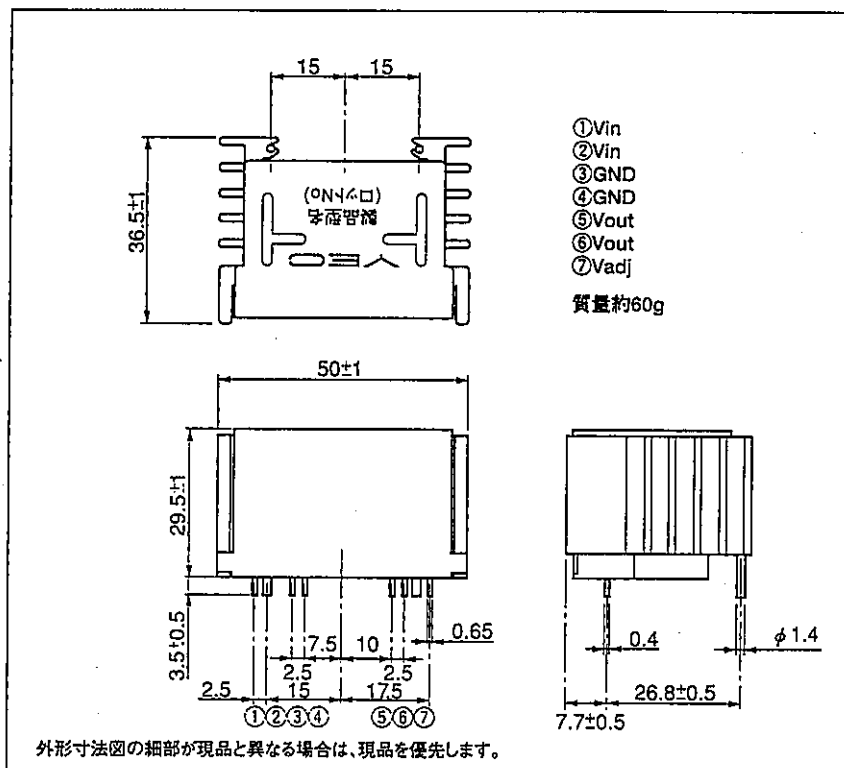


図1. 外形寸法図

5. 実装方法

① 基板取付穴寸法

以下にYDS-500シリーズの基板取付穴寸法図を示します。

プリント基板の穴径は、リード・ピンの穴径は $\phi 1.0$ 、基板固定用ピンは $\phi 1.8$ です。

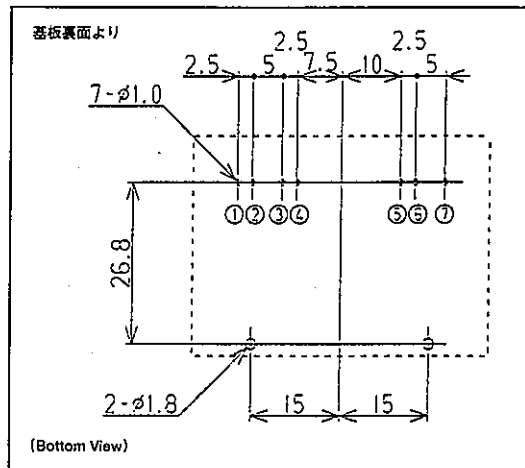
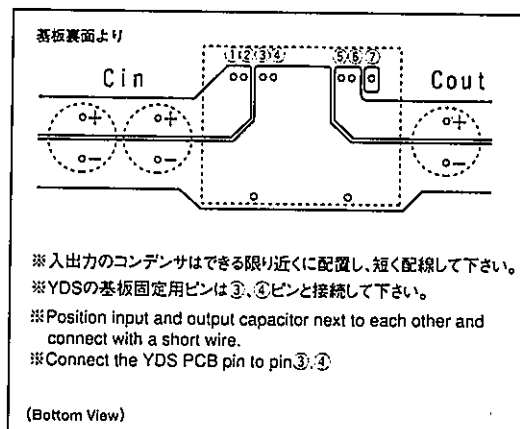


図 2. 基板取付穴寸法図

② 参考パターン

以下にYDS-500シリーズの参考パターン図を示します。

基板固定用ピンは3, 4番ピン (GND) と接続してください。



標準コンデンサ容量

Cin : 1000 μ F \times 2 個

Cout : 1000 μ F

図 3. 参考パターン図

6. 動作原理

YDS-500シリーズは、出力にチョーク・コイルを内蔵したシリーズ・スイッチング・レギュレータです。スイッチ素子にMOS-FETを使用し、実績の高いスイッチング・レギュレータ用のPWM-ICと、定電圧ゲート駆動回路でMOS-FETをドライブし、出力電圧の安定化を行なう他励方式のステップダウン・チョッパ型レギュレータです。（特許申請中）

①. ON状態

出力電圧「Vout」を「R15,16」で分圧した電圧「V+」がPWM-ICの定電圧オペ・アンプの一方に入力され、他の入力端子の基準電圧($V_{ref} \approx 1.8V$)と比較してPWM制御されます。

MOS-FET「Q1」がONするとチョーク・コイル「L1」と出力コンデンサ「Cout」のLCフィルタを通り、出力電圧「Vout」を上昇し、出力側に電力を供給します。

②. OFF状態

「Vout」が上昇し規定値より高くなった時、定電圧オペ・アンプの制御により「Q1」はOFFします。この時、ONで「L1」に蓄えたエネルギーは、フライホイール・ダイオード「D1」を通して出力側に放出され、「Vout」は徐々に低下していきます。

③. 動作の継続

以上の①→②→①を固定周波数で繰り返し、出力電圧を安定化します。

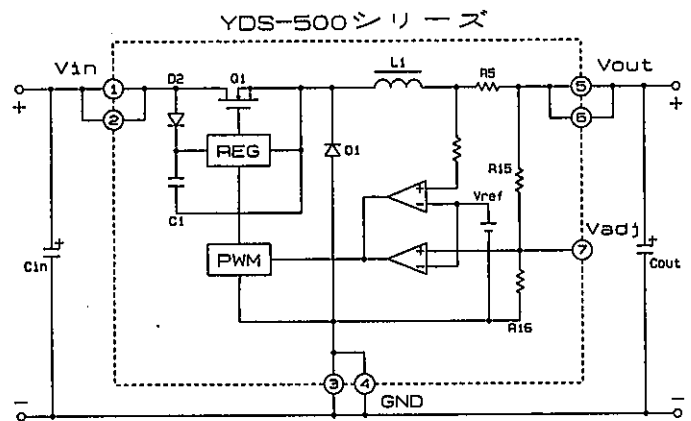
④. 過電流保護回路

出力電流の過電流保護は「R5」で検出します。電圧降下が約0.2VになるとPWM-ICの過電流オペ・アンプがこれを検出して「Q1」をOFFし、出力電圧を垂下します。

動作点電流は約5.5Aです。

⑤. 発振周波数

PWM-ICによる他励発振方式のため、入力電圧や出力電力を変化しても、スイッチング周波数は約85kHz一定で変化しません。



(但しCin、Coutは外付け)

図4. 等価回路

7. 最高周囲温度

YDS-500シリーズの最高周囲温度は入力電圧、出力電流により変換効率が若干変動して内部損失が変化しますので、次の簡略法または計算法で求めます。

①. 簡略法

- a). 出力電圧により機種を選定します。
- b). 使用する入力電圧と出力電流を決定します。
- c). 右図の「内部ロス曲線」からb)の条件に近い動作点における内部ロスを求めます。
- d). 下図の「減定格曲線」から、求められた内部ロスにおける最高周囲温度が決定されます。

周囲温度の上限は、以下の式でも算出できます。

$$T_a(^{\circ}\text{C}) = (11 - \text{内部ロス}) \div 0.1 \dots \langle 1 \text{式} \rangle$$

但し 内部ロス = 3 ~ 8W

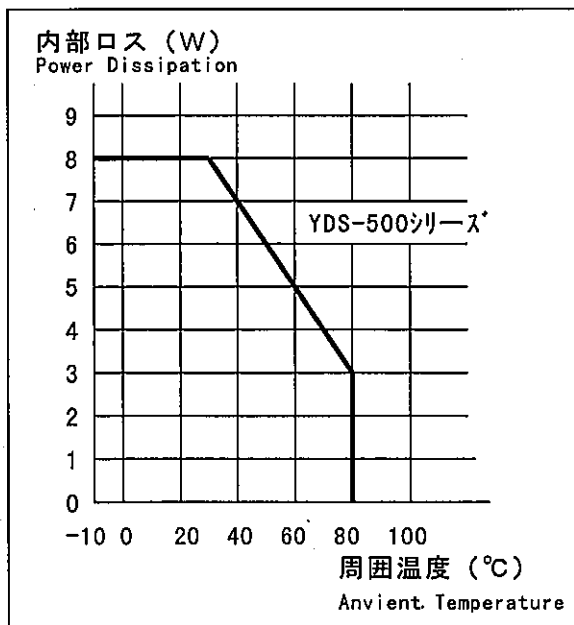
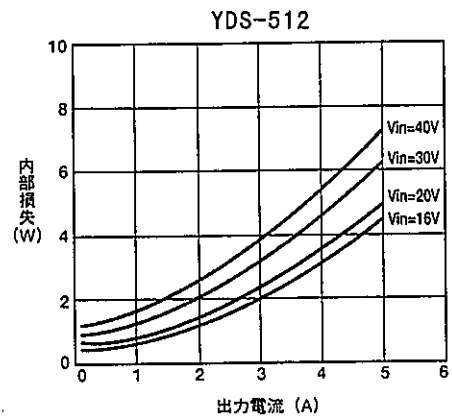
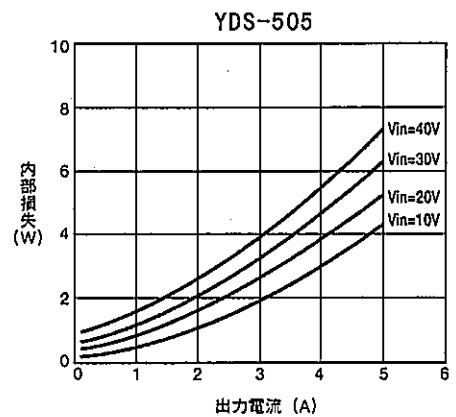
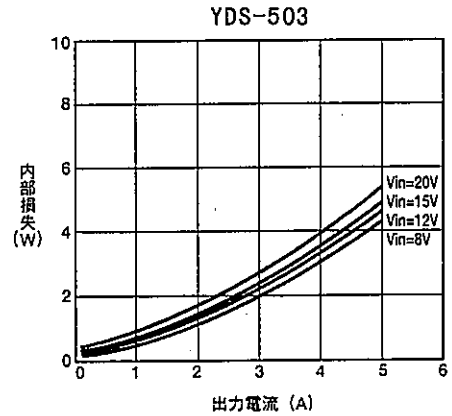


図6. 減定格曲線



5. 内部ロス曲線 (Ta=25°C 代表例)

★注意★

安定動作をさせるためには、減定格曲線により求めた最高周囲温度を越えて、使用しないでください。

②. 計算法

- a). 出力電圧により機種を選定します。
- b). 使用する入力電圧と出力電流を決定します。
- c). 右図の「効率曲線」から、b)の時の効率 η (%) を求めます。
但し数値は、 $\eta = \eta (\%) \div 100$ の数値を〈2式〉に代入します。
- d). 以下の式で内部ロス (W) を算出します。

$$\text{内部ロス (W)} = \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \times \text{出力電圧 (V)} \times \text{出力電流 (A)} \quad \dots \text{〈2式〉}$$

- e). 図6の「減定格曲線」から、算出した内部ロスにおける本ICの最高周囲温度が決定されます。

★注意★

本ICは、常温の定格負荷状態で表面温度が約50~60℃となります。

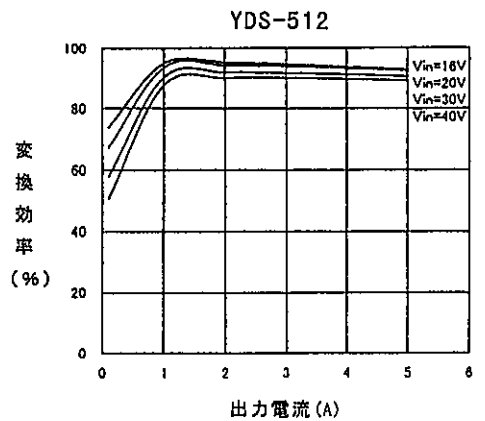
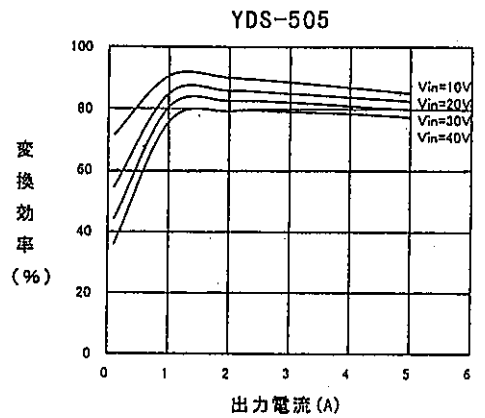
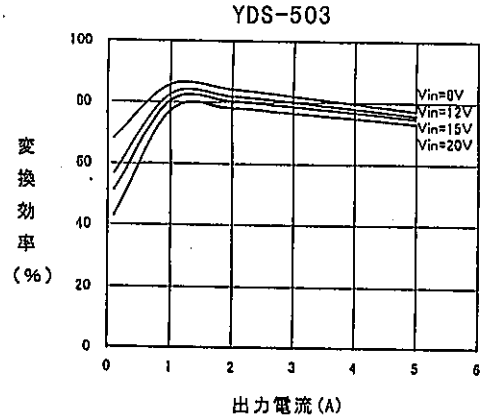


図7. 効率曲線 (Ta=25°C 代表例)

③. 算出例

- a). 機種 : YDS-505
- b). 入力電圧 : 10V
出力電流 : 5.0A
- c). 効率 : 約85%
 $\therefore \eta = 85 \div 100 = 0.85$

d). 内部ロス = $\left(\frac{1}{0.85} - 1 \right) \times 5V \times 5A \approx 4.4W$

- e). 最高周囲温度は減定格曲線より 65°C までとなります。

8. 内部ロスと表面温度

電子機器の表面温度は、熱源である内部ロスと冷却機である放熱フィンで決められ、周囲温度 T_a に対する温度上昇 ΔT の合計で求められます。

①. 放熱フィンの熱抵抗

電子機器の内部ロスに対して表面温度を決定するのは放熱フィンの表面積ですが、ほぼ包絡体積による熱抵抗で決まります。

右図にアルミニウム素材の「放熱フィンの包絡体積と熱抵抗」のグラフを示します。

これを YDS-500 シリーズの放熱フィンに当てはめると、以下の表のような熱抵抗: R_a になります。

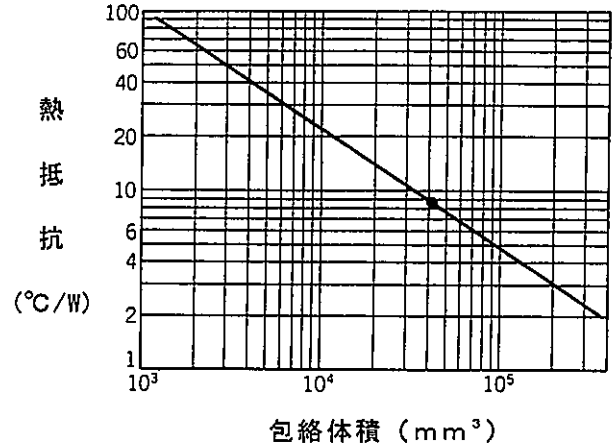


図 8. 放熱フィンの包絡体積と熱抵抗

表 3. 放熱フィンの熱抵抗

シリーズ名	H(mm) × W(mm) × D(mm)	V (mm³)	R_a (°C/W)
YDS-500	23.5 × 50 × 36.5	42887.5	約 9.0

②. 表面温度の算出

次にこの熱抵抗を用いて自然空冷における、本 IC の表面温度を算出します。

先の〈1式〉より内部ロスを求めます。

$$\text{温度上昇 } \Delta T \text{ (}^\circ\text{C)} = \text{内部ロス (W)} \times \text{熱抵抗 (}^\circ\text{C/W)} \quad \dots\dots \langle 3 \text{式} \rangle$$

$$\text{表面温度 } T_c \text{ (}^\circ\text{C)} = \text{温度上昇 } (\Delta T) + \text{周囲温度 } (T_a) \quad \dots\dots \langle 4 \text{式} \rangle$$

③. 計算例

YDS-505

入力電圧: 10V

出力電流: 5A

変換効率: 85%

周囲温度: 25°C

$$\text{内部ロス } W = \left(\frac{1}{0.85} - 1 \right) \times 5V \times 5A \doteq 4.4W$$

$$\text{温度上昇 } \Delta T = 4.4W \times 9^\circ\text{C/W} \doteq 40^\circ\text{C}$$

$$\text{表面温度 } T_c = 40^\circ\text{C} + 25^\circ\text{C} = 65^\circ\text{C}$$

∴ YDS-505 の表面温度は、常温で約 65°C となります。

9. 出力電圧の可変方法

YDS-500シリーズの出力電圧は3V、5V、12Vの3種類を準備しており、出力電圧精度の高いDC-DCコンバータですが、7番ピンに抵抗を追加することにより、これらの固定電圧を可変することができます。以下に抵抗値の選定方法を示します。

①. 可変方法

右図に外部接続図を示します。

出力電圧を上昇する場合はVR1だけを追加します。

また出力電圧を下降する場合はVR2だけを追加します。

これは、図4の等価回路から「R15」又は「R16」に抵抗を並列接続すると、出力電圧が可変できることがわかります。

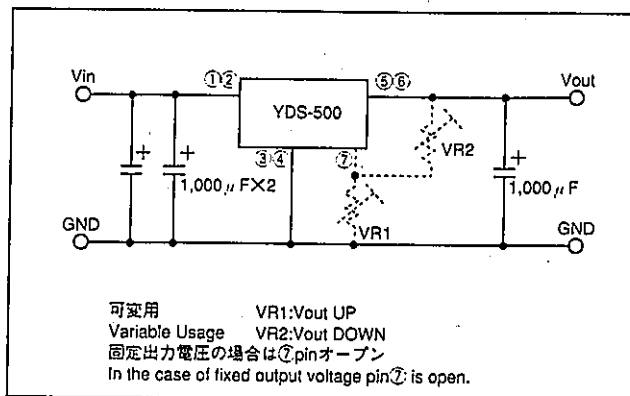


図9. 外部接続図

②. 推奨可変範囲

基本的にはどのYDS-500シリーズも、出力電圧を2~20Vまで可変可能ですが、必要とする電圧に近いYDS-500シリーズを選定します。

表4. 推奨可変範囲

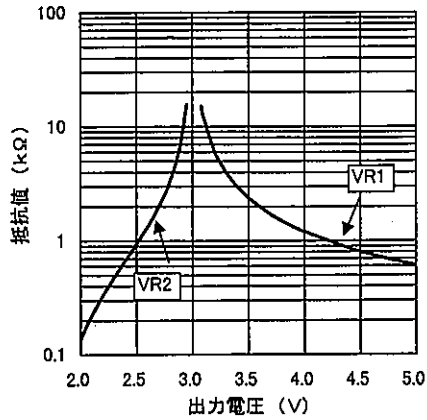
製品型名	可変範囲
YDS-503	2V~5V
YDS-505	4V~12V
YDS-512	5V~20V

③. グラフ

図10の「出力電圧可変抵抗のグラフ」からVR1、又はVR2の抵抗値を求めます。但し検出回路のR15は基準電圧 ($V_{ref} \approx 5V$) の誤差 (約±5%) を補正するため、ファンクション・トリミング (Functional Trimming) しています。このため、計算上のグラフ値に対し若干の誤差がありますので、出力電圧を確認の上VR1、VR2の抵抗値を選定してください。

YDS-503

3V品の出力電圧可変抵抗の算出式

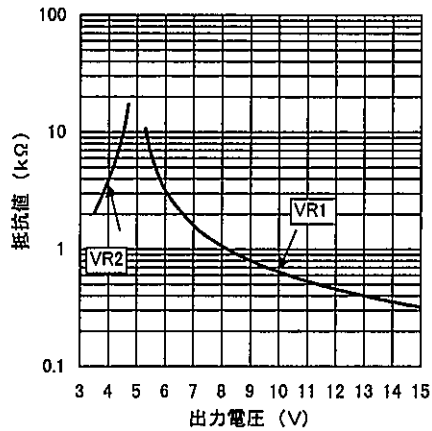


$$VR1(k\Omega) = \frac{1.2}{V_{out}-3}$$

$$VR2(k\Omega) = \frac{12(V_{out}-1.8)}{18(3-V_{out})}$$

YDS-505

5V品の出力電圧可変抵抗の算出式

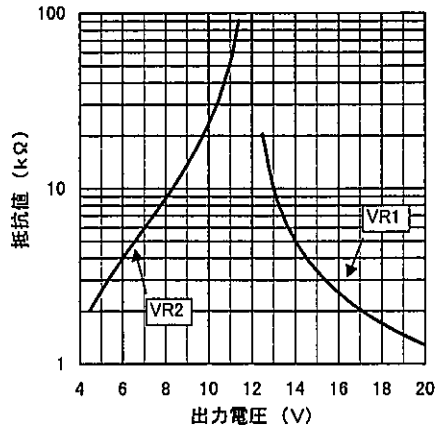


$$VR1(k\Omega) = \frac{3.2}{V_{out}-5}$$

$$VR2(k\Omega) = \frac{32(V_{out}-1.8)}{18(5-V_{out})}$$

YDS-512

12V品の出力電圧可変抵抗の算出式



$$VR1(k\Omega) = \frac{10.2}{V_{out}-12}$$

$$VR2(k\Omega) = \frac{102(V_{out}-1.8)}{18(12-V_{out})}$$

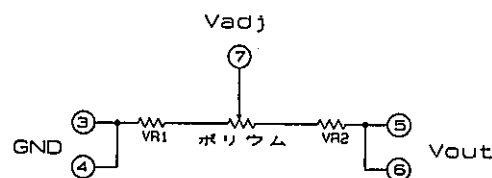
図10. 出力電圧可変抵抗のグラフ

④. 出力電圧を±10%可変する定数

本ICの出力電圧を固定電圧ではなく連続可変したい場合は、VR1とVR2の間にポリウムを使用して出力電圧を可変する事ができ、約±10%可変する定数を以下に示します。

表5. 出力電圧を±10%可変する定数と回路

製品型名	VR1	VR2	ポリウム
YDS-503	2.2kΩ	1kΩ	10kΩ
YDS-505	2.2kΩ	5.6kΩ	10kΩ
YDS-512	2.7kΩ	22kΩ	10kΩ



抵抗及びポリウムの消費電力は、最大で約10mW程度です。

★注意★

ポリウムだけのご使用は、7番ピンを3, 4番ピンもしくは5, 6番ピンに短絡する恐れがありますので、推奨できません。

⑤. 出力電圧可変時の注意

a). 最低入出力間電圧差

7番ピンを使用して出力電圧を可変した場合は、以下の最低入力電圧が必要です。

$$\left[\begin{array}{l} V_{in} \geq V_{out} + 4V \quad (V_{out}=10V \text{ 以上の場合}) \\ V_{in} \geq V_{out} + 5V \quad (V_{out}=2V \sim 10V \text{ 未満の場合}) \end{array} \right.$$

この場合にも最大電圧は、直流入力電圧範囲のMax値以下でなければなりません。

b). 7番ピンは出力電圧を高抵抗で分圧しています。このため7番ピンの配線パターンを長く伸ばすと外来ノイズをひろいやすく、誤動作を発生しやすくなります。

出力電圧可変等による7番ピンの配線は、なるべく短くしてください。

c). 5, 6番-7番ピン間に信号用のフィルム・コンデンサ(1000pF~0.01μF程度)を追加することにより、直流電圧の早い変化をフィードバックする、交流分の帰還回路として使用することができ、過渡応答特性の改善ができる場合があります。

10. 入力電流

YDS-500シリーズの入力電流は、入力電圧及び出力電力により決定されます。

入力電圧が低いほど、また出力電力が大きいほど入力電流が多くなります。

また入力電流は、入力コンデンサを選定する場合の許容リップル電流にも関連する重要な項目なので、以下に例を示して簡単に説明します。

①. 計算法

$$\text{入力電流 (A)} = \frac{\text{出力電圧 (V)} \times \text{出力電流 (A)}}{\text{効率 (\eta)}} \div \text{入力電圧 (V)} \quad \cdot \cdot \cdot \langle 5 \text{式} \rangle$$

(但し、効率は $\eta = \eta (\%) \div 100$ とします。)

②. 算出例

YDS-505を使用して出力電圧5V、出力電流5.0Aで、入力電圧が10V及び40Vの場合の計算例を以下に示します。

a). 入力電圧10Vでは効率曲線から、効率は $\eta = 85\%$ なので0.85を代入します。

$$\text{入力電流} = \frac{5 \text{ V} \times 5.0 \text{ A}}{0.85} \div 10 \text{ V} \approx 2.94 \text{ A}$$

入力コンデンサの許容リップル電流は、マージンを考慮し3.5A程度のものでします。

b). 入力電圧40Vではの効率曲線から、効率は $\eta = 77\%$ なので0.77を代入します。

$$\text{入力電流} = \frac{5 \text{ V} \times 5.0 \text{ A}}{0.77} \div 40 \text{ V} \approx 0.812 \text{ A}$$

入力コンデンサの許容リップル電流は、マージンを考慮し1.0A程度のものでします。

★注意★

「許容リップル電流値」は、同一容量でもコンデンサのメーカーやシリーズにより異なりますので、ご使用されるコンデンサのカタログで確認して使用してください。

③無負荷入力電流

以下の表にYDS-500シリーズの無負荷入力電流の参考値を示します。

表6. 無負荷時の入力電流 ($T_a = 25^\circ\text{C}$ 参考値)

製品型名	Vin=Min	Vin=Max
YDS-503	15 mA	16 mA
YDS-505	15 mA	17 mA
YDS-512	17 mA	22 mA

1.1. 入力コンデンサ

YDS-500シリーズの入力コンデンサは、バイパス・コンデンサとして動作します。すなわち本ICに電力を供給する電源の出カインピーダンス(=本ICの入カインピーダンス)を低くし、スイッチング電流を入力コンデンサから本ICに供給します。

YDS-500シリーズの使用方法は、基本的に以下の3種類が考えられます。

- ①. 標準電源、又はバッテリーを入力として使用する。
- ②. 商用トランス+整流平滑回路を入力として使用する。
- ③. 多出力電源の内部部品として使用する場合。

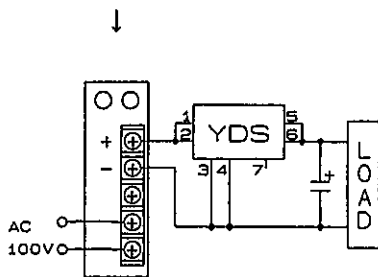
★注意★

各々の使用方法において、入力コンデンサの容量値を増加しなければならない場合や、少なくすることができる場合があります。いずれにしても、基本的には本ICの入カ電流以上の許容リップル電流を流すことができる電解コンデンサが必要です。

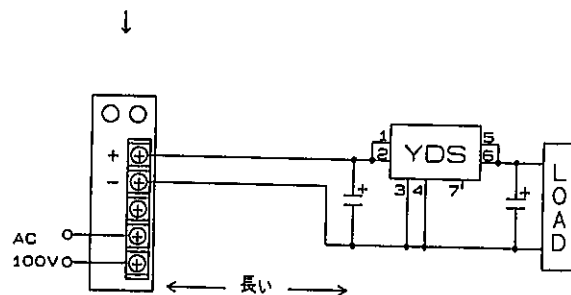
①. 標準電源、又はバッテリーで使用する場合

供給側のケーブルが短い場合は、YDS-500シリーズの入カインピーダンスが低いため、基本的に入力コンデンサは必要ありませんが、安定動作のために100 μ F以上のコンデンサを入力端子(1,2番ピン、3,4番ピン間)になるべく近く、実装することをお勧めします。

標準電源、又はバッテリー



標準電源、又はバッテリー



ケーブルが短い場合は基本的に入力コンデンサ不要

ケーブルが長い場合は入力コンデンサ必要

図1.1. 標準電源、バッテリーで使用する場合

②. 商用トランス+整流平滑で使用する場合

a). 入力のリップル電圧

YDS-500シリーズの入力コンデンサは、平滑用のコンデンサで代用できます。

但し、リップル電圧は下図に示すように下限値が「直流入力電圧範囲の Min値」以上で、上限値も同様に「直流入力電圧範囲の Max値」以下とします。

例：

YDS-505

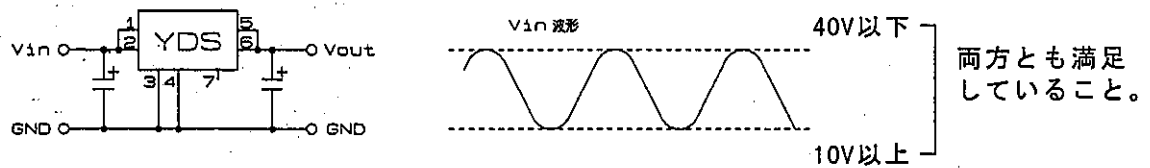


図12. 入力のリップル電圧

b). 許容リップル電流

入力コンデンサの許容リップル電流は、本ICの入力電流以上を流せるものが必要です。

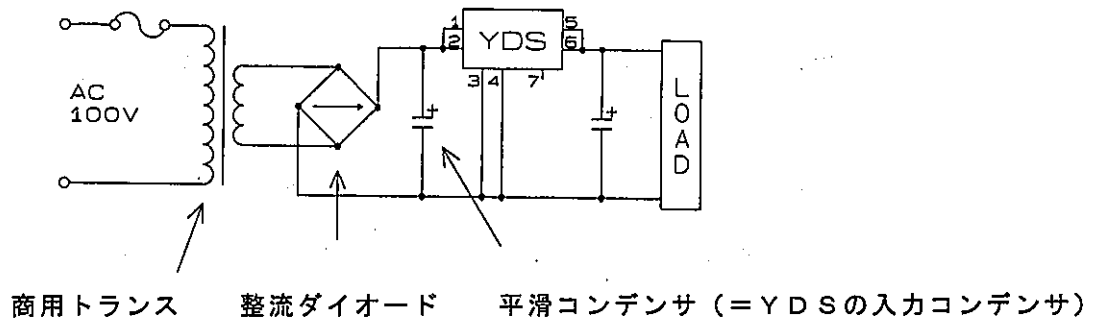


図13. 商用トランス+整流平滑での使用方法

★注意★

商用トランス+整流平滑回路で使用する入力コンデンサは、標準コンデンサ容量 2000 μ Fではなく、c). O.H. Schade のグラフ、及び10. 入力電流の項目を参照の上選定してください。

c) . O. H. Schadeのグラフ

コンデンサ・インプットの平滑回路においてコンデンサの容量を決めるのは、交流電圧の周波数と許容するリップル電圧そして負荷抵抗により決定され、「O. H. Schadeのグラフ」として知られ、以下の簡易式で示されます。

$$C (F) = \frac{\omega C R L}{\omega \cdot R L} \dots \langle 6 \text{式} \rangle$$

但し記号は以下です。

$\omega C R L$: 近似的に 20 ~ 30

ω : $2 \pi f$

f = 周波数 = 50 Hz

$R L$: 負荷抵抗

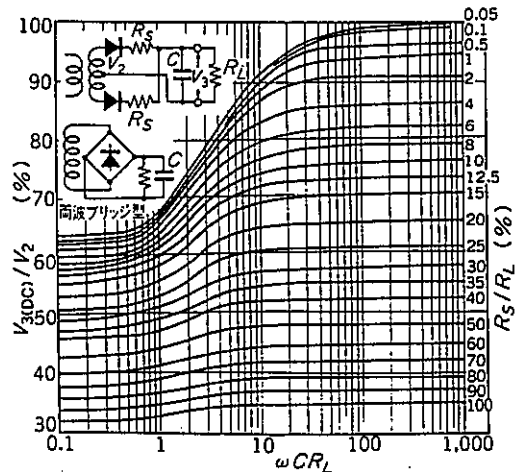


図 1 4 . O. H. Schade のグラフ

YDS-512 を入力電圧 30 V、出力 12 V 5 A で使用する場合の例を以下に示します。

変換効率 = 約 91% (YDS-512 の効率曲線より)

YDS の入力電流 (= 平滑コンデンサの出力電流) は < 5 式 > から以下で求められます。

$$\text{入力電流} = \frac{\text{出力電圧} \times \text{出力電流}}{\text{変換効率}} \div \text{入力電圧} = \frac{12V \times 5A}{0.91} \div 30 \approx 2.2A$$

平滑コンデンサの負荷抵抗となる $R L$ は次で求められます。

$$\begin{aligned} \text{負荷抵抗 } R L &= \text{平滑コンデンサの電圧} \div \text{平滑コンデンサの出力電流} \\ &= 30V \div 2.2A \approx 13.6 \Omega \end{aligned}$$

$\omega C R L$ を「25」と仮定すれば平滑コンデンサの容量は < 6 式 > から以下となります。

$$C = \frac{\omega C R L}{\omega \cdot R L} = \frac{25}{2 \times \pi \times 50 \text{Hz} \times 13.6 \Omega} \approx 5851 \mu F$$

平滑コンデンサの容量は余裕をもって、算出値より大きな値にします。

(本例では、一般的な静電容量値として $3300 \mu F \times 2$ 本が適当となります。また、この場合の入力コンデンサの許容リップル電流は 2.2 A 以上のものが必要です。)

③. 多出力電源の内部部品として使用する場合

a). 多出力スイッチング電源で多用されるフライバック方式の場合、あるいはフォワード方式においてもYDS-500シリーズの入力コンデンサは、トランスの出力電圧を平滑する電解コンデンサで代用できます。

b). 入力コンデンサの許容リップル電流は、本ICの入力電流以上流せるものがが必要です。

(入力電流の算出方法は 10. 入力電流 の項目を参照してください。)

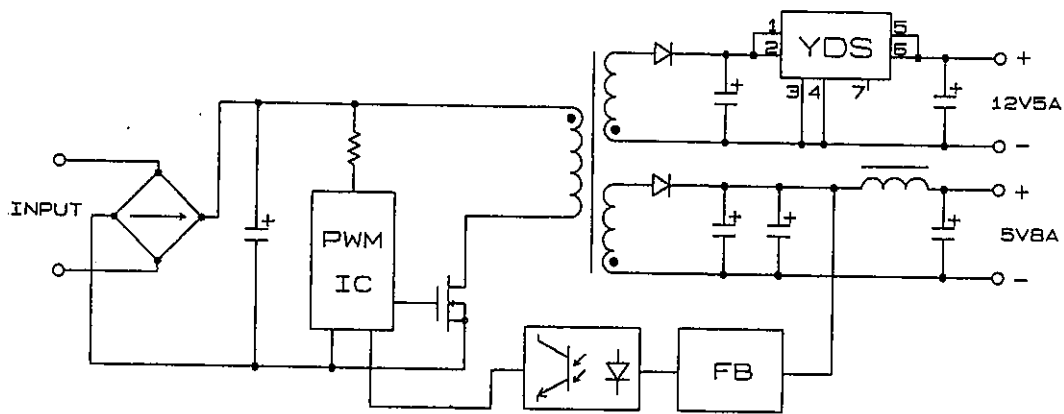


図 15. 多出力電源での使用方法

c). 入力電圧超過対策

入力電圧が入力電圧範囲をこえる場合には、以下の図に示す回路が応用できます。

負荷電流の変動が多い場合

(入力段にドロップを追加する。)

負荷電流の変動が少ない場合

(直列抵抗の電圧降下を利用する。)

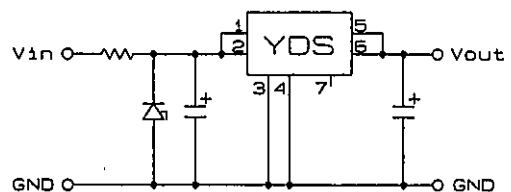
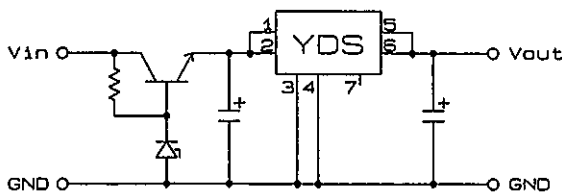


図 16. 入力電圧が高い場合

1.2. 出力コンデンサ

出力コンデンサは、YDS-500シリーズの出力インピーダンスを下げて安定動作させるために必要な部品です。

「出力ノイズ」に影響し、出力コンデンサの容量値が大きいほど少なくなります。

出力ノイズは入力コンデンサや、出力コンデンサのインピーダンス特性、配線パターン、測定器、測定方法等で大きく変化しますので、以下の値はあくまで参考値とお考えください。

①. 出力ノイズ

出力ノイズは右の写真のようにスイッチング周波数の基本成分による「リップル電圧」と、スイッチング動作による電圧、電流の急激な変化によって発生する「スパイク電圧」に分かれます。

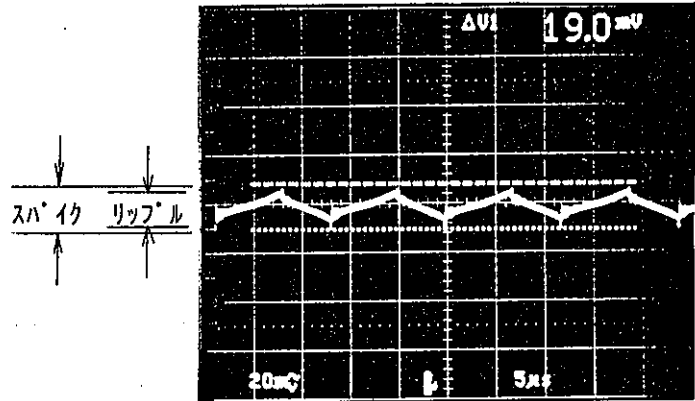


図17. 出力ノイズ

以下に本ICの参考データを示します。

表7. リップル・スパイク (Ta=25°C 参考値)

参考値		I _{out} =1A		I _{out} =3A		I _{out} =5A	
製品型名	入力電圧	リップル	スパイク	リップル	スパイク	リップル	スパイク
YDS-503	8V	12mV	13mV	14mV	16mV	17mV	17mV
	20V	26mV	28mV	32mV	34mV	38mV	40mV
YDS-505	10V	17mV	18mV	18mV	20mV	19mV	20mV
	40V	47mV	49mV	57mV	60mV	69mV	72mV
YDS-512	16V	23mV	34mV	27mV	31mV	31mV	34mV
	40V	50mV	52mV	57mV	60mV	64mV	67mV

* 1 出力コンデンサ: LXY50VB1000M×1 日本ケミコン製

* 2 測定器: DRM-101 リップル・ボルトメータ相当品 計測技研製

(測定端子に コモンモード・ノイズ除去用フィルム・コンデンサ 0.47μF付加、リップルレゾ2、測定帯域20MHzです。)

②. コモンモード・ノイズについて

以下の図にコモンモード・ノイズ発生の概念図を示し、以下に簡単に説明します。

- a) . 正負の端子間に発生するノイズを「ノーマルモード・ノイズ」と呼びますが、大地に対して正端子に、また大地に対して負端子に発生するノイズを、グラウンド（コモン：Common）に対するノイズとして「コモンモード・ノイズ」と呼びます。
- b) . コモンモード・ノイズは、スイッチング動作をしている本ICの内部で発生する電圧、電流の変化分が、回路と大地間のストレー・キャパシティ（浮遊容量：Stray Capacity）を通過して外部に流れるため発生します。
- c) . このノイズは正負の端子間で同相となるため、出力側には影響ないように思われますが、正負配線のインピーダンス差により異なる電圧降下を発生し、出力側でノーマルモードのノイズに変化する場合があります。
この対策として負荷に近い所に、バイパス・コンデンサを付ける必要があります。
- d) . 同様に測定器のケーブルも同軸ケーブルやシールド線等の不平衡ケーブルを使用するため、正負端子間に配線のインピーダンス差による電位差が発生して、ノーマルモード・ノイズの測定において、出力ノイズを見掛け大きくしますので、測定器の入力端子に近い部分にバイパス・コンデンサを付加して測定します。

（出力ノイズの測定方法は引用文献等を参照してください。）

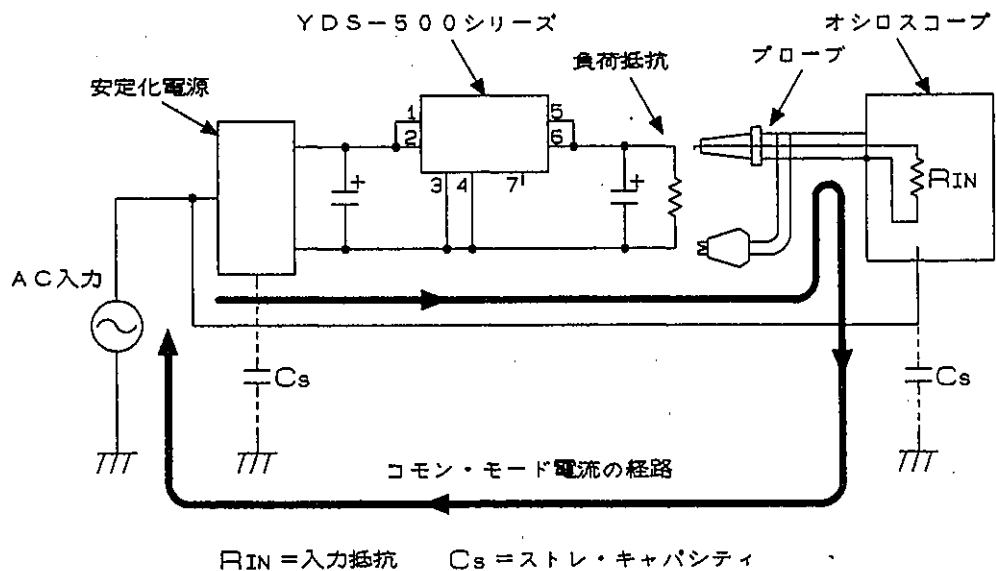


図18. コモンモードノイズの発生

③. パルス負荷への対応

YDS-500シリーズの定格出力電流は5Aですが、短時間に定格出力電流を越える大電流を必要とする、パルス負荷に使用することができる場合があります。

a). 本ICに外付けする出力側の電解コンデンサの容量を増強して、短時間の最大電流を出力コンデンサから供給することができます。

すなわち以下のコンデンサCと負荷抵抗Rの放電時定数の計算から、出力電圧の精度を規定しながら、大電流の出力を得ることが可能となる時間が算出されます。

$$\text{保持時間 } t \text{ (s)} = -C \cdot R \cdot \ln(V_t/V) \quad \dots \dots \dots \text{ (7式)}$$

但し、C：出力コンデンサの容量 (F)

R：最大電流時の負荷抵抗 (Ω)

ここで $R \text{ (}\Omega\text{)} = \text{出力電圧} \div (\text{最大電流} - \text{定格出力電流})$

V_t ：t (s) 後の出力電圧 (V)

V：定格出力時の出力電圧 (V) である。

b). 計算例

機種名：YDS-505

最大電流：7.0A \rightarrow ($\therefore R = 5V \div (7A - 5A) = 2.5\Omega$)

電圧精度： $\pm 10\%$ \rightarrow (\therefore 最低電圧 = 4.5V)

出力容量：1000 μ F

$$\therefore t = -1000 \times 10^{-6} \text{ F} \times 2.5 \Omega \times \ln(4.5V/5V) \doteq 263 \mu\text{s}$$

標準的な出力コンデンサの容量1000 μ Fでも、出力電圧の精度を $\pm 10\%$ まで許容すれば、定格電流以上の最大電流7Aを約263 μ s供給することが可能です。

★注意★

出力コンデンサのリプル電流は、パルス負荷電流の実効値となります。
出力コンデンサとしてご使用になる各コンデンサ・メーカーの資料から、許容リプル電流の値を十分にデレーティングして、ドライ・アップ等により寿命が短くならないようご注意ください。

1.3. 過渡応答特性

過渡応答特性には、次の2種類があります。出力電流を一定にして、入力電圧を急激に変化させた場合の出力電圧変動を「入力の過渡応答特性」といいます。また入力電圧を一定にして、出力電流を急激に変化させた場合の出力電圧変動は「出力の過渡応答特性」と呼びます。

以下にYDS-500シリーズの参考値と、代表的な動作波形を示します。

①. 入力の過渡応答特性

入力の過渡応答特性は入力コンデンサ「Cin」によってほぼ決定されます。

特性改善のためには容量値を大きくします。

表 8. 入力の過渡応答特性 (Ta=25°C 参考値)

製品型名	電圧変化 (VL→VH)	ΔV
YDS-503	8V ↔ 20V	78mV
YDS-505	10V ↔ 40V	200mV
YDS-512	16V ↔ 40V	260mV

$$C_{in} = 47\mu F, C_{out} = 1000\mu F, I_{out} = 5A$$

②. 出力の過渡応答特性

出力の過渡応答特性は出力コンデンサ「Cout」によってほぼ決定されます。

特性改善のためには容量値を大きくします。

表 9. 出力の過渡応答特性 (Ta=25°C 参考値)

製品型名	電流の変化	ΔV
YDS-503	0A ↔ 5A	550mV
YDS-505	0A ↔ 5A	560mV
YDS-512	0A ↔ 5A	560mV

$$C_{in} = 2000\mu F, C_{out} = 1000\mu F, V_{in} = Min$$

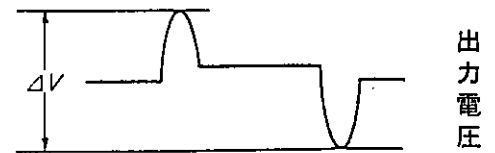
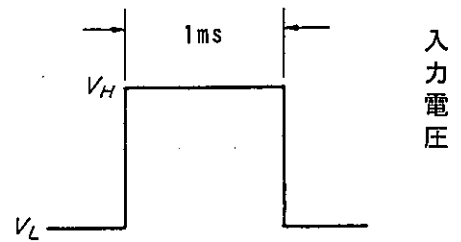


図 19. 出力波形

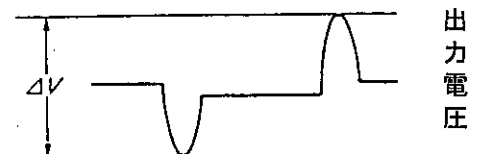
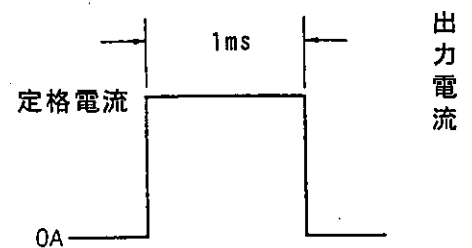
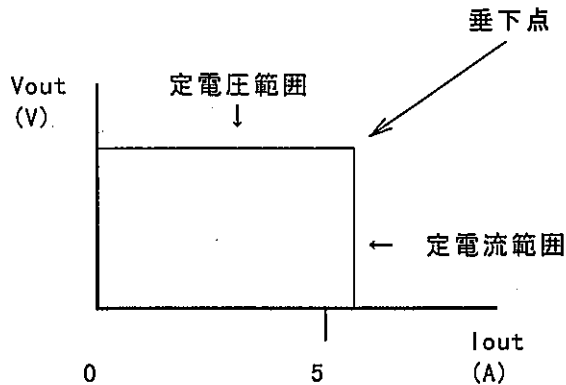


図 20. 出力波形

1.4. 過電流保護回路

YDS-500シリーズは定電流電圧垂下で、自動復帰型の過電流保護回路を内蔵しています。無負荷から垂下点までは定電圧特性で、垂下点から先はほぼ定電流特性を示します。

よって垂下点以上の電流を出力させようとすると、出力電圧が下がって垂下点以上の電流は流せません。また、過負荷状態から出力電流を少なくすることによって、出力電圧は自動的にもとの電圧まで復帰し、以下の図に示すような特性です。



垂下点の電流は、ファンクション・トリミングで約5.5Aに設定してあります。また垂下点の温度系数はほとんどありません。

図2.1. 過電流垂下特性

1.5. チョーク・コイル

①. トロイダル・コア

YDS-500シリーズで使用しているトロイダル・コアのチョーク・コイルは閉磁路なので磁束の漏れはほとんどありません。

②. 臨界電流について

YDS-500シリーズは、入力電圧をスイッチングした電圧を平滑するために、チョーク・コイルを使用しており、出力電流が減少するとある電流でチョーク・コイルの電流が連続しない、いわゆるカット・オフという現象が発生し、この電流を臨界電流と呼びます。

チョーク・コイルがカット・オフした場合は、出力電圧のリプル電圧が、若干変化します。

a) . 臨界電流の参考値

以下にYDS-500シリーズの臨界電流の参考値を示します。

表 1 0 . 臨界電流の参考値 (Ta=25°C 参考値)

製品型名	Vin=Min	Vin=Max
YDS-503	約0.1A	約0.2A
YDS-505	約0.2A	約0.3A
YDS-512	約0.2A	約0.5A

b) . 出力リップル電圧波形

以下にYDS-505において入力電圧10V、出力電流が臨界電流以上の時の出力リップル電圧波形と、臨界電流以下の時の出力リップル電圧波形の代表例を示します。

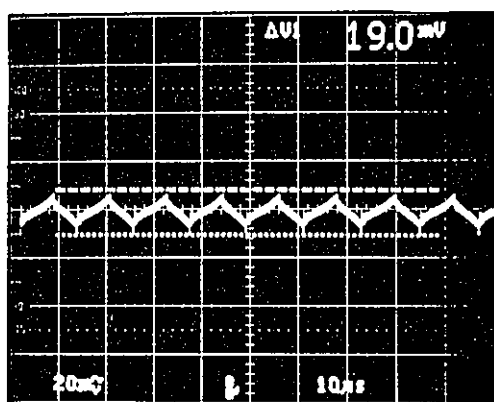


図 2 2 . 臨界電流以上の出力リップル電圧

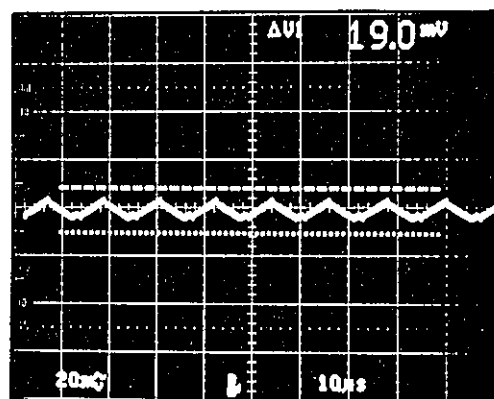


図 2 3 . 臨界電流以下の出力リップル電圧

c). 低ノイズへの対応

YDS-500シリーズの出力ノイズは、ご使用になる回路のパターンや測定器の帯域、入力コンデンサや出力コンデンサの特性などによって大きく変化します。

出力ノイズが大きいと思われる場合は、下記のようにLCフィルタを追加してください。

L (チョーク・コイル) は出力電流以上流せるものが必要です。

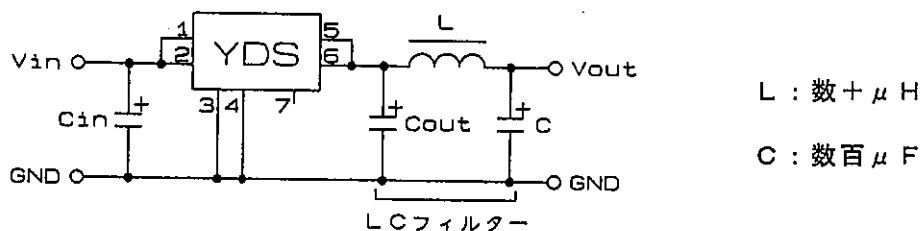


図 2 4 . 低ノイズ化

★注意★

以上のLCフィルタを追加した状態であっても、出力ノイズはゼロにはなりません。特に微少な信号を扱う、スピーカ回路やオペ・アンプ回路等のアナログ回路での使用では、実際の最終装置で確認の上ご使用ください。

1.6. ±出力への応用

YDS-500シリーズを応用して、マイナス出力を得る方法を以下に述べます。

三端子レギュレータ78××シリーズと同様に、いくつかの工夫が必要なので注意してください。

①. 正負出力の回路

本ICは次の回路の様にすれば正負の出力電圧を得られます。

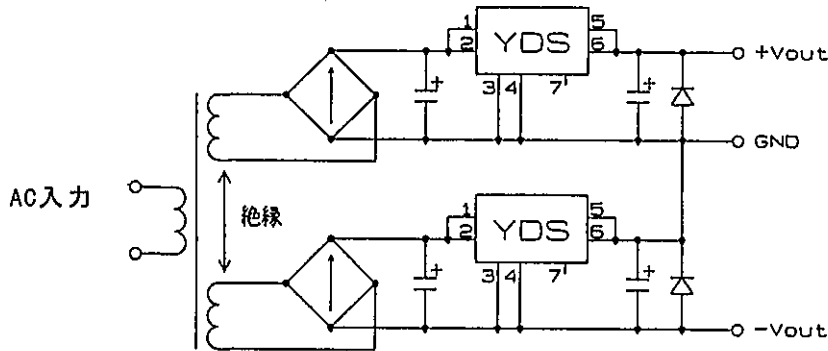


図25. 正負出力の回路

★注意★

出力電流が+Voutから-Voutに向かって流れる場合には、一方の本ICがラッチ・ダウン (Latch Down) する事を防ぐため、上図のように各々の出力側にカソードを+Voutに向けてダイオードを入れてください。

またマイナス出力のYDNシリーズを用いることにより、共通ラインから±出力の電源回路を構成することができます。この場合にもラッチ・ダウン防止用のダイオードが必要です。

②. ラッチ・ダウンについて

正負各々の出力コンデンサの容量差や負荷電流の大きさ等で、出力電圧の立ち上がり時間に差を生じると、正側が先に立ち上がった場合に出力コンデンサや負荷装置を経由して、負側の出力電圧がGNDよりも高電位になり、(負側が先に立ち上がれば正側の出力電圧がGNDよりも低電位になり) この時に逆電圧が印加された本ICに使用している制御IC、Z1の内部が逆バイアスとなって、ラッチ・ダウンが発生する可能性があります。

a) . 半導体のラッチ・ダウンは、半導体内部のP-Nジャンクションが何らかの原因で逆バイアスされると、半導体回路の動作が通常でなくなり、ラッチ・ダウン現象が発生します。

b) . 外付けダイオード

±出力のラッチ・ダウンを防止するためには、下図のようにダイオードを付加します。すなわち、プラス出力側の場合には出力端子がGNDより低電位になった場合、(マイナス出力では出力端子がGNDより高電位になった場合)、発生した逆電圧を外付けダイオードでクランプして、外付けダイオードの順方向電圧降下以上にならないようにするものです。下図では一般的な78××シリーズで記載しましたが、基本的に同じ動作です。

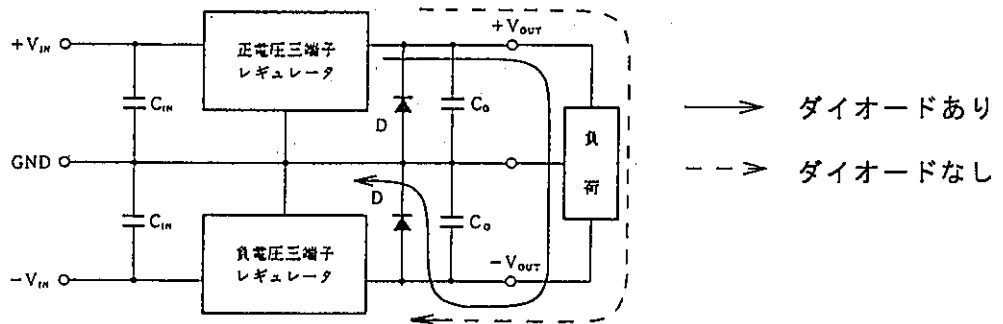


図 2 6 . ラッチ・ダウン時の電流経路

★注意★

特に定電流負荷の場合にダイオードが無いと、定格出力電流で起動しない場合があります。また入力電圧に対する依存性は、入力電圧が高いほど起動しづらく、さらには過電流保護回路の動作点のバラツキにより動作点電流の少ない方が、起動しづらいことが多いようです。

c) . ダイオードの種類

バイポーラの半導体におけるP-Nジャンクションは一般的に0.6V~0.7Vなので、これ以下の順方向電圧降下を持つ「ショットキ・バリア・ダイオード」を使用するのが、好ましいと考えられます。また電流容量は本ICの出力電流以上が妥当です。

17. 信頼性に関する事項

ここではYDS-500シリーズの信頼性に関する項目を記載します。

①. MTBFについて

本ICのMTBF (Mean Time Between Failures) について、計算結果を以下に示します。
MIL-HDBK-217E、及び日本電子機械工業会 (EIAJ) のRC-9102による
部品点数法により算出した計算結果です。個別の算出表が必要な場合は、ご連絡ください。

表11. 平均故障間隔

シリーズ名	fit数	平均故障間隔
YDS-500	183.232	623.0年

②. 難燃性材料について

YDS-500シリーズに使用しているモールド材はUL認定品です。
難燃性グレードとしては、全てUL94V-0品です。以下に一覧表を示します。

表12. モールド材の一覧表

部品名	材質	グレード
ケース	ナイロン66	UL94V-0
コイル固定板	ナイロン66	UL94V-0
コイルスペーサ	ナイロン66	UL94V-0

18. 使用上の注意

その他に、説明しきれなかった使用上の注意を以下に述べます。

①. 入出力コンデンサは必ず実装してください。

YDS-500シリーズは、スイッチング方式のDC-DCコンバータです。

高周波電流をバイパスさせるため、入出力コンデンサは本ICの近くに必ず実装してください。

入力コンデンサが無い場合には不安定な動作となり、直流入力電圧範囲のMax値以上のサージ電圧が発生する可能性があり、破損する事がありますのでご注意ください。

出力コンデンサがない場合は、内蔵チョーク・コイルとのLCフィルタが構成されないため、出力電圧が安定せず、ピーク電圧が入力電圧に近い値となりますのでご注意ください。

②. 基板固定用ピンはGNDと接続してください。

放熱フィンの基板固定用ピンは回路の安定動作のため、必ずGNDである3, 4番ピンと接続してください。未接続の場合は軽負荷時に異常発振する事があります。

③. 並列運転はできません。

本ICは並列運転できません。並列運転による出力電流の増加は、まず出力電圧の高い方から電流を出力し、垂下点を越えて過電流保護回路が動作して出力電圧が低下すると、その後に出力電圧が低いもう一方から電流を供給します。

このように単純な並列運転では、微小であっても出力電圧の高い本ICの方に負担が多くなり、発熱等がアンバランスとなりますので避けてください。

④. リモートON/OFF機能はありません。

本ICはリモートON/OFF機能はありません。

リモートON/OFF回路が必要な場合には、右図の回路を参考にしてください。

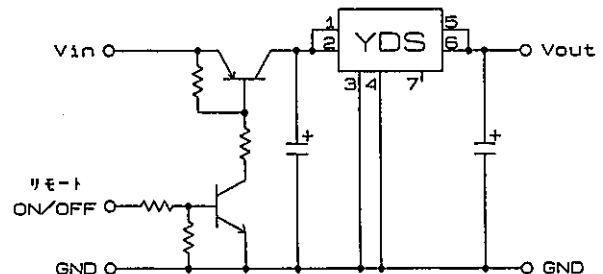


図27. リモートON/OFF

19. 引用、参考文献

本資料を作成するに当たり、以下の文献を引用または参考にしました。

- 1943.7 PROC. IRE, VOL. 31, P341-361 O. H. Schade 「ANALYSIS OF RECTIFIER OPERATION」
- 1979.11 TEXAS. INSTRUMENTS A-007 アプリケーションノート「スイッチング・レギュレータICの原理と応用」
- 1980.2 日本電気 集積回路技術資料 IEP-578A 「三端子レギュレータICの使い方」
- 1984.7 CQ出版社 トランジスタ技術7月号 「特集 電源回路の設計完全ガイド」
- 1986.10 関西電子工業振興センター 「電子機器の信頼度予測」 第1, 第2分冊 (MIL-HDBK-217E)
- 1987.7 富士通 DATA SHEET 「スイッチング・レギュレータコントロール MB3759」
- 1987.11 EIAJ RC-9002A 「単一出力形直流安定化電源試験方法」
- 1988.5 CQ出版社 戸川治朗 「実用電源回路設計ハンドブック」
- 1989.6 CQ出版社 トランジスタ技術6月号 吉岡 均 「3端子スイッチング・レギュレータとその活用技術」
- 1991.7 CQ出版社 佐藤守男 トランジスタ技術SPECIAL NO. 28 「特集 最新・電源回路設計技術のすべて」
- 1993.7 ユカ電機製作所 アプリケーションノート「YDS-300シリーズの原理と応用」 初版
- 1994.3 EIAJ RC-9102 「直流安定化電源の部品点数法による信頼度予測推奨基準」
- 1995.8 電気学会 マグネチックス研究会MAG、95-128、谷川健一、平野芳生、岩田圭司
田中信嘉、広瀬智文、矢作末行
「薄型インダクタのコンパクタへの応用」
- 1997.3 CQ出版社 トランジスタ技術3月号 戸川治朗 「基礎から学ぶ電源回路設計の実際」
- 1997.4 新日鉄技報 第363号 平野芳生、金子高之、谷川健一、岩田圭司
田中信嘉、広瀬智文、矢作末吉
「DC-DCコンパクタ用薄型インダクタの開発」
- 1999.4 日刊工業新聞社 電子技術4月号 牧野俊夫 「低損失ICスイッチングレギュレータ」

YDSシリーズの特性を十分に理解して頂くため
可能な限り多くの情報を記載しましたが、技術的な
お問い合わせは下記までご連絡ください。

TEL : 044-411-2171 (代)

ダイヤル 044-435-4553

FAX : 044-435-4588

URL : <http://www.ijnet.or.jp/yec/>

株式会社ユタカ電機製作所

電源事業部 開発統括部 新商品開発グループ

1999年(平成11年) 8月1日 YDS-500シリーズの原理と応用 初版発行

YDS-500 AP 1999/08-01

アプリケーションノート YDS-500シリーズの原理と応用（初版）

発行日： 1999年（平成11年）8月1日

編集・発行： 株式会社 ユタカ電機製作所

〒211-0022 神奈川県川崎市中原区荻宿228番地

電話 044-411-2171（代）

印刷所： 株式会社 セイブンドー

YDSシリーズ一覧表

シリーズ名	特 徴	出力電圧	出力電流
YDS-R3	超小型品	3V, 5V, 12V	0.4A
YDS-100T	薄型品	3V, 5V, 12V	1A
YDS-1R5	小型高効率	5V, 12V	1.5A
YDS-100/200	ペーシックモデル	5V, 12V	1A/2A
YDS-S2	低漏れ磁束	5V, 12V	1A/2A/3A
YDS-300	3A出力品	3V, 5V, 12V	3A
YDS-500	5A出力品	3V, 5V, 12V	5A
YDN-R5/100	マイナス出力	-5V, -12V	0.5A/1A


株式会社
YUTAKA

新日本製鐵グループ

ユタカ電機製作所

YUTAKA ELECTRIC MFG. CO., LTD.

電源営業Gr 〒369-1412 埼玉県秩父郡皆野町皆野 1 6 3 2 TEL 0494-62-3732 FAX 0494-62-3731

大阪営業所 〒540-0036 大阪市中央区船越町1-3-4ツリ-モト宝永 TEL 06-6945-0818 FAX 06-6943-8804

本 社 〒211-0022 神奈川県川崎市中原区荻宿 2 2 8 TEL 044-435-4547 FAX 044-435-4556

工 場 秩父 / 新潟 / マレーシア

本資料の内容は改良のため、無断で変更することがあります。ご使用に当たっては、最新の資料をご請求ください。