

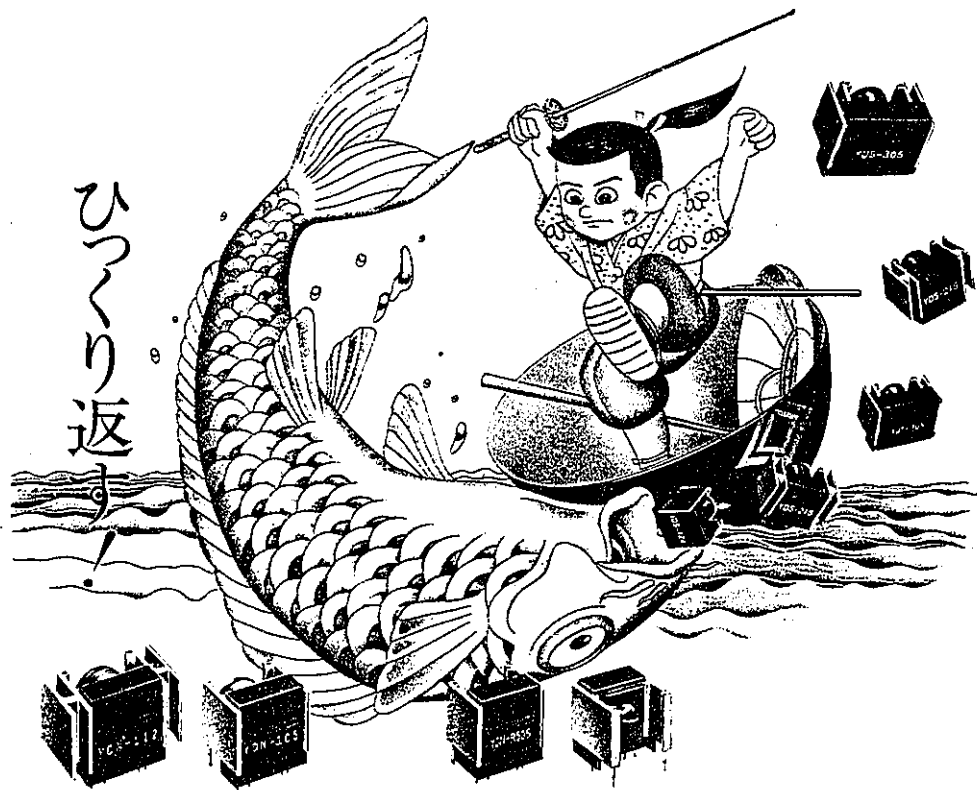
アプリケーションノート

YDN-R5/100シリーズ

の原理と応用

非絶縁反転型DC/DCコンバータ

(初版)



新日本製鐵グループ
YEC 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「YDN-R5/100シリーズ」の解説書として、作成しました。YDNシリーズはYDSシリーズの姉妹品で、プラスの入力電圧をグランド共通で反転させマイナス電圧を安定化するために最適です。本書はYDNシリーズの動作をわかりやすく説明したものです。

以下のYDNシリーズの技術資料としてご利用頂けます。

- ①. YDN-R5シリーズ
- ②. YDN-100シリーズ

YDN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。

1996年 6月 株式会社ユタカ電機製作所
電源事業部 電源営業・開発部 SPS開発グループ

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。ご使用に当たっては、最新の資料をご請求下さい。
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。

目 次

	ページ
1. 概 要	1
2. 最大定格	1
3. 電気特性	1
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
YDNシリーズの効率曲線	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	10
11. 入力コンデンサ	11
12. 出力コンデンサ	15
13. 過渡応答特性	18
14. 短絡保護回路	19
15. チョーク・コイル	19
16. 土出力への応用	22
17. 信頼性に関する項目	24
18. 使用上の注意	25
19. 引用、参考文献一覧	27

1. 概要

「YDN-R5/100シリーズ」はプラスの入力電圧をGND共通で、反転させてマイナス電圧を安定化する、非絶縁型の反転型DC/DCコンバータ（バックブースト・チョッパー：BUCK-BOOST CHOPPER）です。以下のような特徴があります。

- ①. プラスの入力電圧に対して、同一GNDより低いマイナス電圧を出力します。
- ②. スイッチング方式なので、ドロップパーと比較して変換効率が高い。
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。
- ③. 出力電圧の可変が可能で、（推奨可変範囲内で上昇、下降いずれも可能です。）
- ④. 一般の三端子レギュレータ、79××シリーズのように、入力出力に電解コンデンサを付けるだけで動作します。（基本機能はGND共通で反転するので異なります。）
- ⑤. 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。
- ⑥. 短絡保護回路を内蔵しています。（連続短絡は避けて下さい。）

本書は「YDN-R5/100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

右にYDN-R5
/100シリーズの
最大定格を示します。

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	0.5/1.0	A
動作温度 Operating Temperature	Top	-10~+70	℃
保存温度 Storage Temperature	Tstg	-20~+120	℃

第1表. 最大定格

3. 電気特性

以下にYDN-R5/100シリーズの電気特性を示します。

(Ta = 25℃)

項目	記号	規格値												単位
		YDN-R505			YDN-R512			YDN-105			YDN-112			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
直流入力電圧範囲	Vin	10	—	35	10	—	35	10	—	35	10	—	35	V
設定出力電圧	Vout	-4.9	-5.0	-5.1	-11.7	-12.0	-12.3	-4.9	-5.0	-5.1	-11.7	-12.0	-12.3	V
出力電流	Iout	0.5						1.0						A
出力電圧変動	Vline	100			150			100			150			mV
	Vload	150			200			150			250			

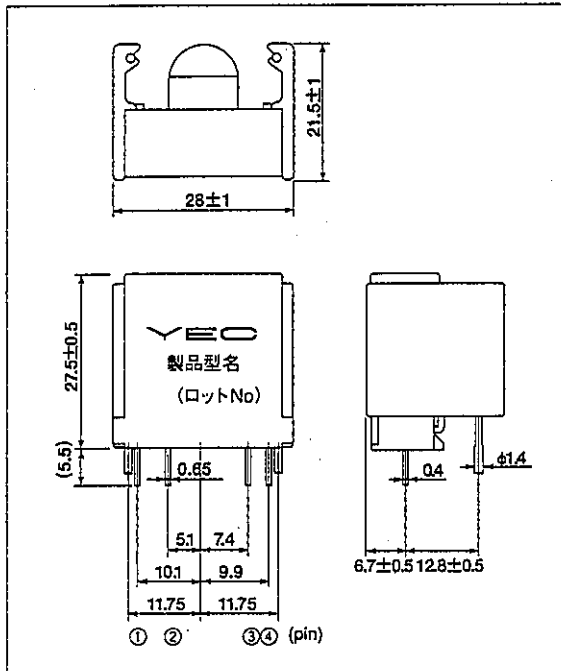
第2表. 電気特性

4. 外形寸法

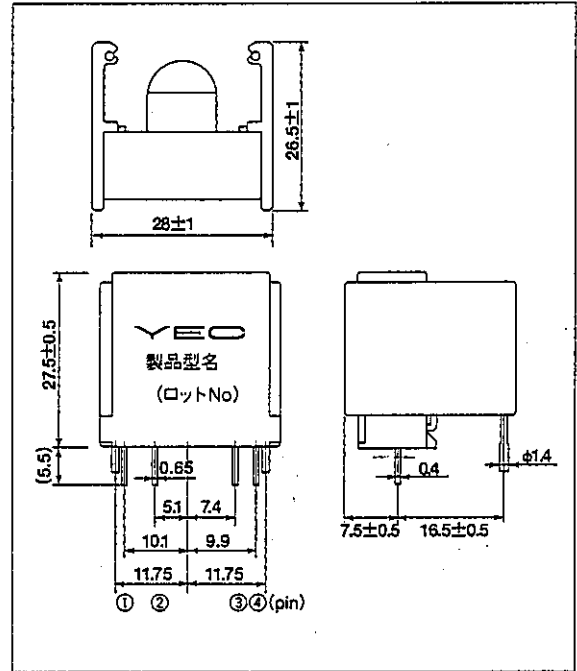
以下にYDN-R5/100シリーズの外形寸法図を示します。

各々のモデルで外形寸法が若干異なりますので、ご注意ください。

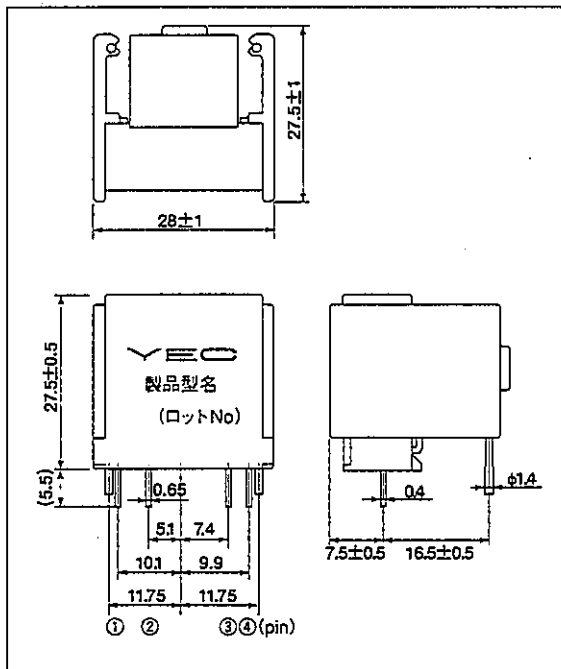
YDN-R505



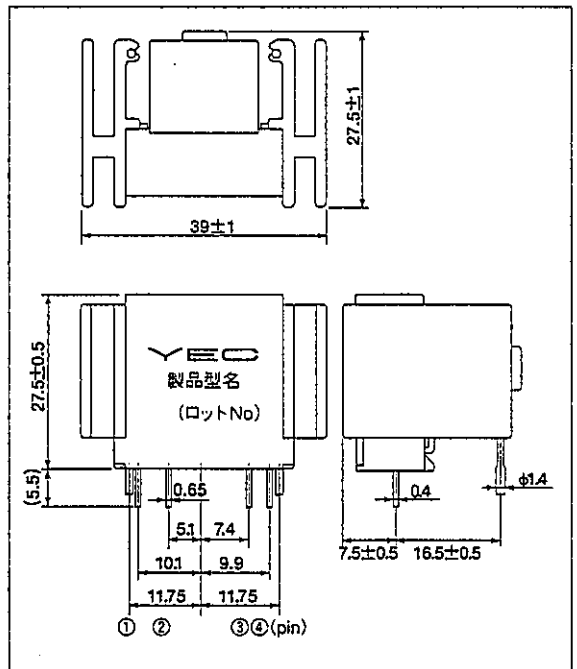
YDN-R512



YDN-105



YDN-112



- ①. Vin ②. GND ③. Vout ④. Vadj

第1図. 外形寸法図

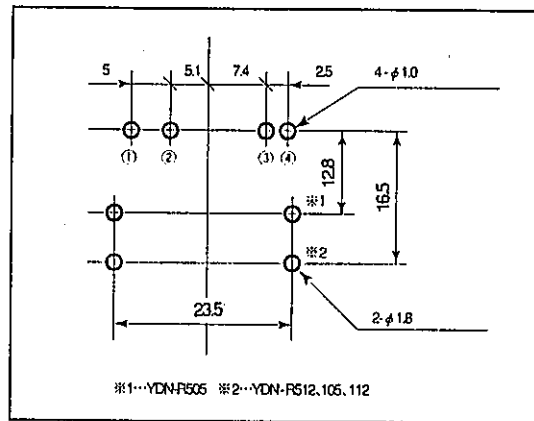
5. 実装方法

①. 基板取付穴寸法

以下にYDN-R5/100シリーズの基板取付穴寸法図を示します。

リード・ピンの穴径は1.0φ、放熱フィン固定ピンは1.8φです。

YDN-R505だけはリード・ピンと放熱フィン固定ピンの距離が短くなっています。



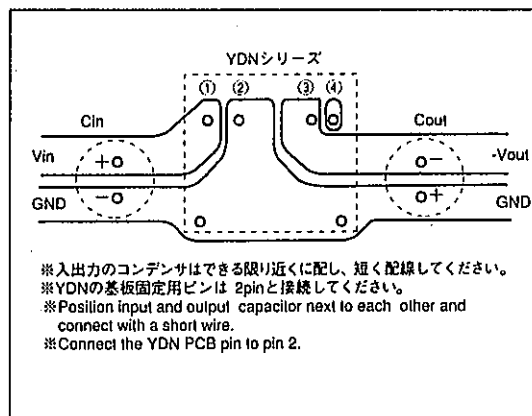
第2図. 基板取付穴寸法図

(Bottom View)

②. 参考パターン

以下にYDN-R5/100シリーズの参考パターン図を示します。

放熱フィン固定ピンは2番ピン(GND)と接続して下さい。



標準コンデンサ容量

Cin : 1000μF

Cout : 1000μF

第3図. 参考パターン図

(Bottom View)

6. 動作原理

YDN-R5/100シリーズは、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。トランジスタのスイッチング動作による脈流電圧を、チョーク・コイルと出力コンデンサで平滑します。

スイッチ素子にバイポーラ・トランジスタを使用し、実績の高いスイッチング・レギュレータ用のPWM-ICを用いて出力電圧の安定化を行なう、他励方式のバックブースト・チョッパー型レギュレータです。（特許申請中）

①. ON状態

出力電圧「Vout」を「R3,R7」で分圧した電圧をPWM-ICの定電圧オペ・アンプに入力し、他の入力端子の基準電圧($V_{ref} \approx 1.0V$)と比較してPWM制御されます。

バイポーラ・トランジスタ「Q1」がONすると、入力電源をチョーク・コイル「L1」と「Q1」で短絡し、「L1」にエネルギーを蓄積します。出力電圧「Vout」はまだ上昇しません。

②. OFF状態

次に「Q1」がOFFすると、「L1」に蓄積されたエネルギーを負荷側へ放出し、フライホイール・ダイオード「D1」の極性によって「Vout」が上昇し、規定値より高くなった時に、定電圧オペ・アンプの制御により「Q1」はOFFします。

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. 短絡保護回路

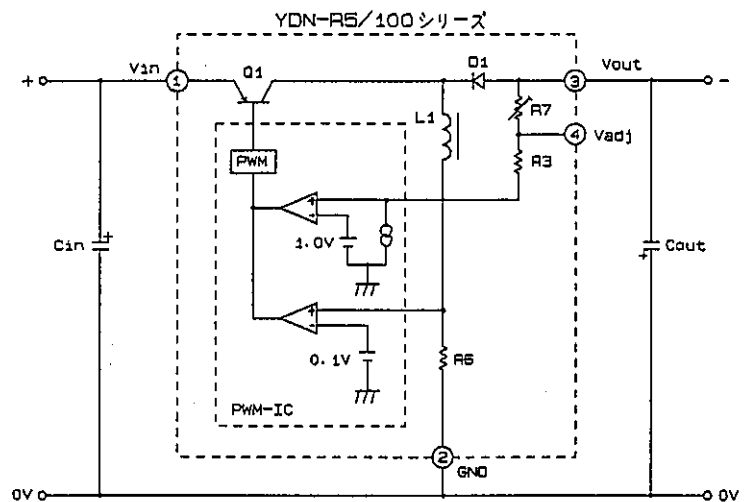
出力端子の短絡保護は抵抗「R6」で検出します。電圧降下が約0.1VになるとPWM-ICの過電流オペ・アンプがこれを検出して「Q1」をOFFし、出力電圧を垂下します。

動作点電流は約130%です。

（連続短絡は避けて下さい。）

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20kHz一定で変化しません。



（但しCin、Coutは外付け）

第4図. 等価回路

7. 最高周囲温度

YDN-R5/100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するので、次のように計算法で求めます。

①. 計算法

- 出力電圧により機種を選定します。
- 使用する入力電圧と出力電流を決定します。
- 第6図、第7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〈1式〉に代入します。
- 以下の式で内部ロス(W)を算出します。

$$\text{内部ロス (W)} = \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \times | \text{出力電圧 (V)} | \times \text{出力電流 (A)} \cdots \langle 1 \text{式} \rangle$$

- 右図の「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。

また周囲温度の上限は、以下の式で算出できます。

$$T_a(^{\circ}\text{C}) = (5.5 - \text{内部ロス (W)}) \div 0.05 \cdots \langle 2 \text{式} \rangle \quad \text{YDN-R505} \quad \text{但し } W=2.0 \sim 4.0\text{W}$$

$$T_a(^{\circ}\text{C}) = 102 - 16 \times \text{内部ロス (W)} \cdots \langle 3 \text{式} \rangle \quad \text{YDN-R512/105} \quad \text{但し } W=2.0 \sim 4.5\text{W}$$

$$T_a(^{\circ}\text{C}) = (69 - 8 \times \text{内部ロス (W)}) \div 0.7 \cdots \langle 4 \text{式} \rangle \quad \text{YDN-112} \quad \text{但し } W=2.5 \sim 6.0\text{W}$$

- 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ることは絶対さけてください。

②. 算出例

- 機種：YDN-105

- 入力電圧：10V

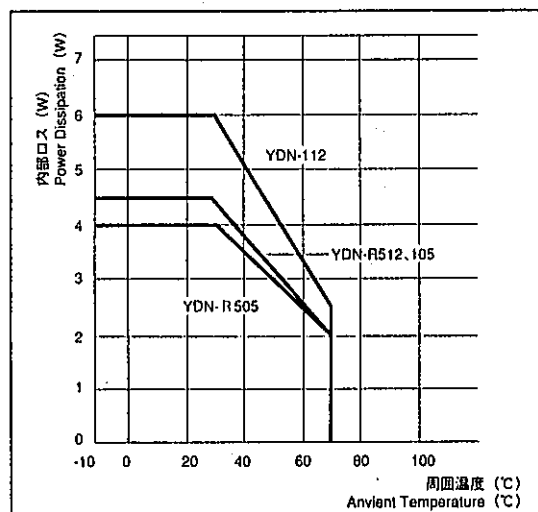
出力電流：1.0A

- 効率：約74%、

$$\therefore \eta = 74 \div 100 = 0.74$$

- 内部ロス = $\left(\frac{1}{0.74} - 1 \right) \times | -5\text{V} | \times 1\text{A} \approx 1.76\text{W}$

- 最高周囲温度は減定格曲線より 70 $^{\circ}\text{C}$ までとなります。



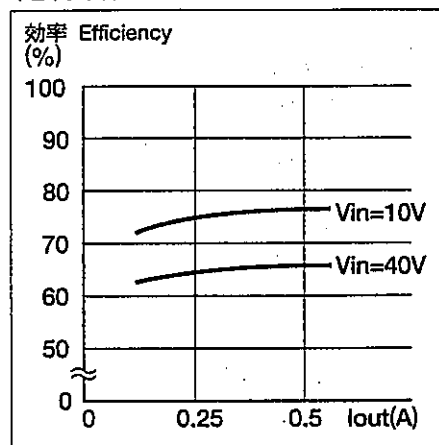
第5図. 減定格曲線

③. 効率曲線

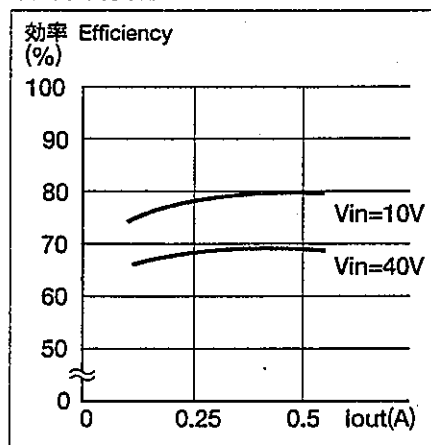
以下にYDN-R5/100シリーズの効率曲線を示します。

a. YDN-R5シリーズ

YDN-R505



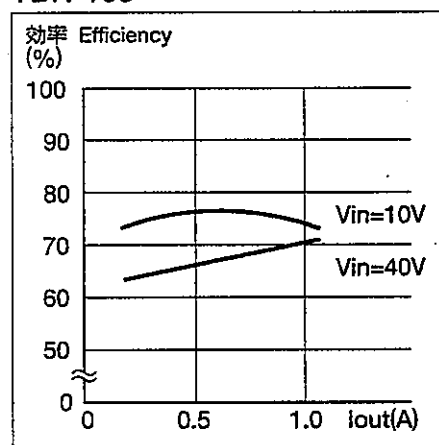
YDN-R512



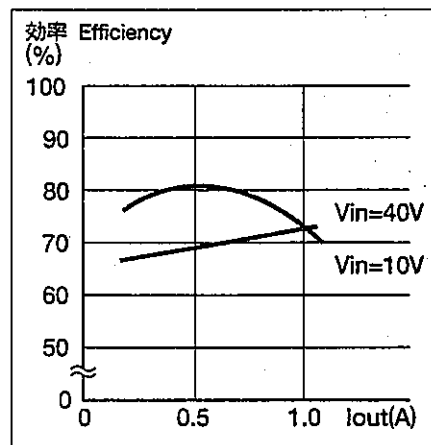
第6図. YDN-R5シリーズの効率曲線 (Ta=25°C 代表例)

b. YDN-100シリーズ

YDN-105



YDN-112



第7図. YDN-100シリーズの効率曲線 (Ta=25°C 代表例)

本ICは、常温の定格負荷状態で表面温度が約50~60°Cとなります。

8. 内部ロスと表面温度

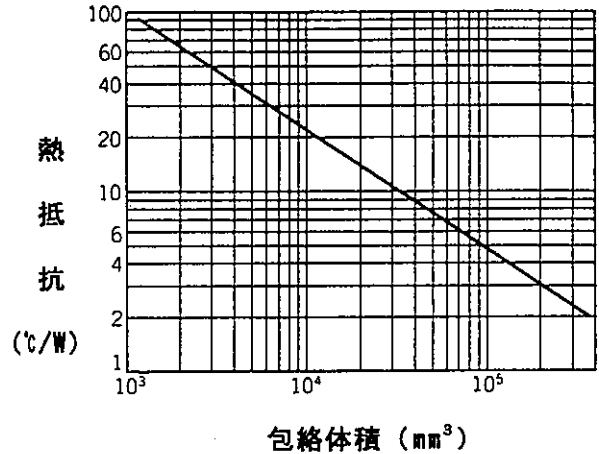
電子機器の表面温度は、熱源である内部ロスと冷却機である放熱フィンで決められ、周囲温度 T_a に対する温度上昇 ΔT の合計で求められます。

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。(°C/W)

これを YDN-R5/100 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。



第8図. 放熱フィンの包絡体積と熱抵抗

機種名	H(mm)×W(mm)×D(mm)	包絡体積(mm³)	R_a (°C/W)
YDN-R505	21×28×21.5	12642.0	約20.0
YDN-R512, YDN-105	21×28×26.5	15582.0	約16.5
YDN-112	21×39×26.5	21703.5	約13.0

第3表. YDN-R5/100シリーズの放熱フィンの熱抵抗

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。

$$\text{温度上昇 } \Delta T (\text{°C}) = \text{内部ロス (W)} \times \text{熱抵抗 (°C/W)} \quad \dots \dots \dots \langle 5 \text{式} \rangle$$

$$\text{表面温度 } T_c (\text{°C}) = \text{温度上昇 } (\Delta T) + \text{周囲温度 } (T_a) \quad \dots \dots \dots \langle 6 \text{式} \rangle$$

③. 計算例

YDN-105

入力電圧: 10V

出力電流: 1A

変換効率: 74%

周囲温度: 25°C

$$\text{内部ロス } W = \left(\frac{1}{0.74} - 1 \right) \times | -5V | \times 1A \approx 1.76W$$

$$\text{温度上昇 } \Delta T = 1.76W \times 16.5\text{°C/W} \approx 29.0\text{°C}$$

$$\text{表面温度 } T_c = 29\text{°C} + 25\text{°C} = 54\text{°C}$$

∴ YDN-105の表面温度は、常温で約54°Cとなります。

9. 出力電圧の可変方法

YDN-R5/100シリーズの出力電圧は、-5Vと-12Vの2種類を準備していますが、4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。

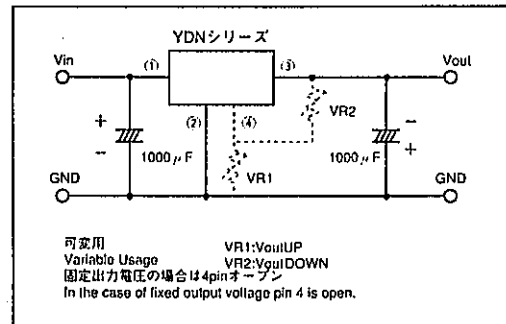
①. 可変方法

右図に外部接続図を示します。

出力電圧の絶対値を上昇する場合は「VR1」だけを追加します。

また出力電圧の絶対値を下降する場合は「VR2」だけを追加します。

これは、第4図の等価回路から「R3」又は「R7」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。



第9図. 外部接続図

②. 推奨可変範囲

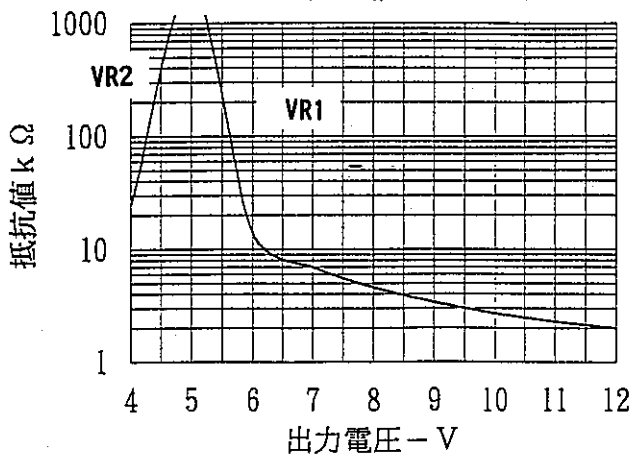
基本的にはどのYDNシリーズも出力電圧を4~20Vまで可変可能ですが、必要とする電圧に近いYDNシリーズを選定します。

機種名	可変範囲
YDN-*05	-4V~-12V
YDN-*12	-5V~-15V

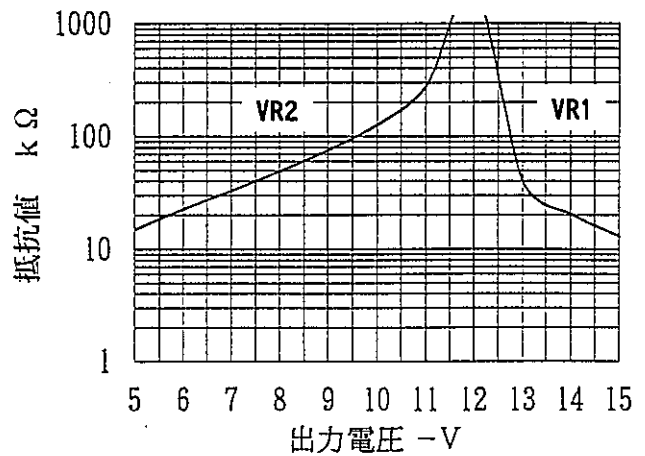
第4表. 推奨可変範囲

③. グラフ

第10図の「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「R7」は基準電圧 ($V_{ref} \approx 1V$) の誤差 (約±7%) 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下さい。



YDN-*05



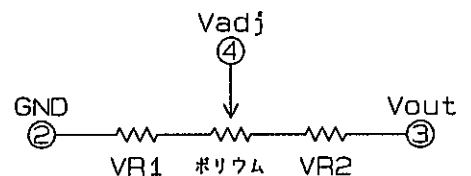
YDN-*12

第10図. 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。

機種名	VR1	ポリウム	VR2
YDN-*05	3.9kΩ	10kΩ	10kΩ
YDN-*12	6.8kΩ	10kΩ	6.8kΩ



第5表. 出力電圧を±10%可変する定数と回路

抵抗及びポリウムの消費電力は、最大で約10mW程度です。ポリウムだけのご使用は、4番ピンを2番ピンもしくは3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). 4番ピンは出力電圧を高抵抗で分圧しています。このため4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4番ピンの配線は、なるべく短くして下さい。

b). 3番-4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

YDN-R5/100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

$$\text{入力電流 (A)} = \frac{|\text{出力電圧 (V)}| \times \text{出力電流 (A)}}{\text{効 率 } (\eta)} \div \text{入力電圧 (V)} \quad \cdot \cdot \cdot \text{〈7式〉}$$

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

②. 算出例

YDN-105を使用して出力電圧-5V、出力電流1.0A、入力電圧が10V及び35Vの場合の計算例を以下に示します。

a). 入力電圧が10Vでは効率曲線から、効率は約74%なので0.74を代入します。

$$\text{入力電流} = \frac{|-5\text{V}| \times 1.0\text{A}}{0.74} \div 10\text{V} \approx 0.68\text{A}$$

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0.8A程度のものとします。

b). 入力電圧が35Vでは効率曲線から近似し、効率は約66%なので0.66を代入します。

$$\text{入力電流} = \frac{|-5\text{V}| \times 1.0\text{A}}{0.66} \div 35\text{V} \approx 0.188\text{A}$$

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0.2A程度のものとします。

★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下さい。

③. 無負荷入力電流

以下の表にYDN-R5/100シリーズの無負荷入力電流の参考値を示します。

機 種 名	Vin=Min	Vin=Max	機 種 名	Vin=Min	Vin=Max
YDN-R505	約3mA	約3mA	YDN-105	約3mA	約3mA
YDN-R512	約4mA	約3mA	YDN-112	約4mA	約3mA

第6表. 無負荷時の入力電流 (Ta=25°C 参考値)

1.1. 入力コンデンサ

YDN-R5/100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。

YDN-R5/100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。

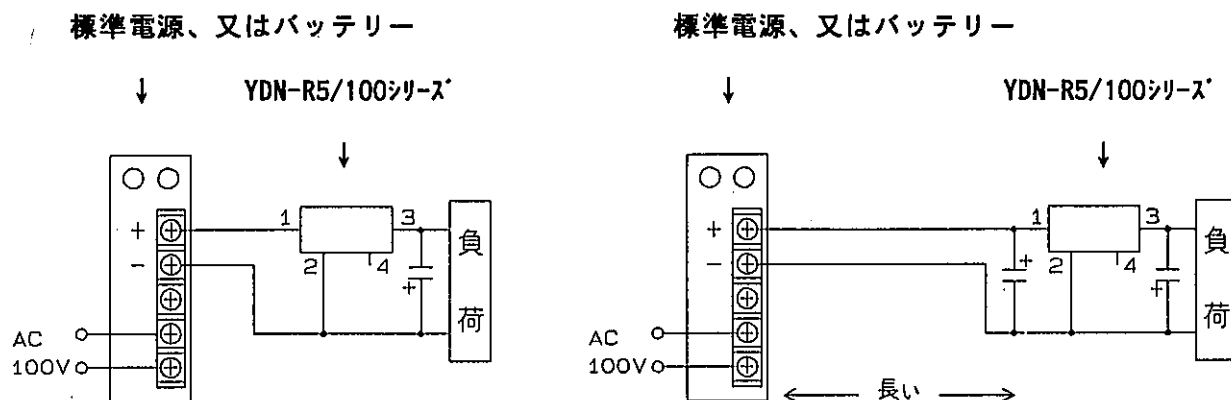
- ①. 標準電源、又はバッテリーを入力として使用する。
- ②. 商用トランス+整流平滑回路を入力として使用する。
- ③. 多出力電源の内部部品として使用する場合。

★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の入力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、YDN-R5/100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番ピン、2番ピン間)になるべく近く、実装することをお勧めします。



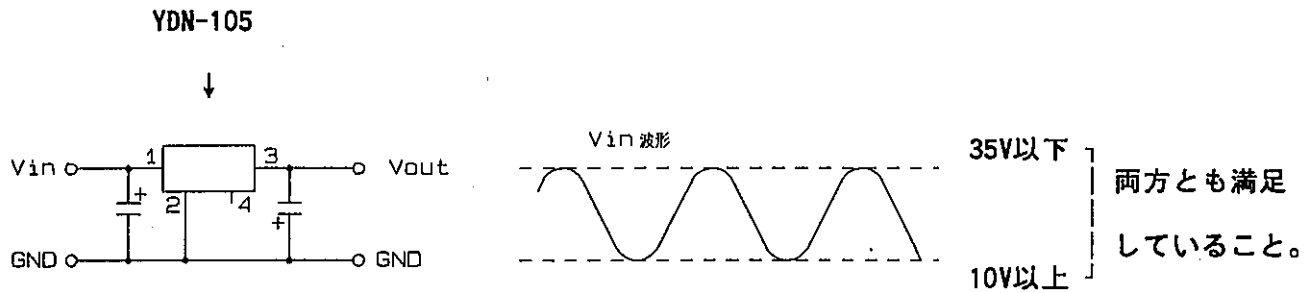
ケーブルが短い場合は基本的に入力コンデンサ不要 ケーブルが長い場合は入力コンデンサ必要

第11図. 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

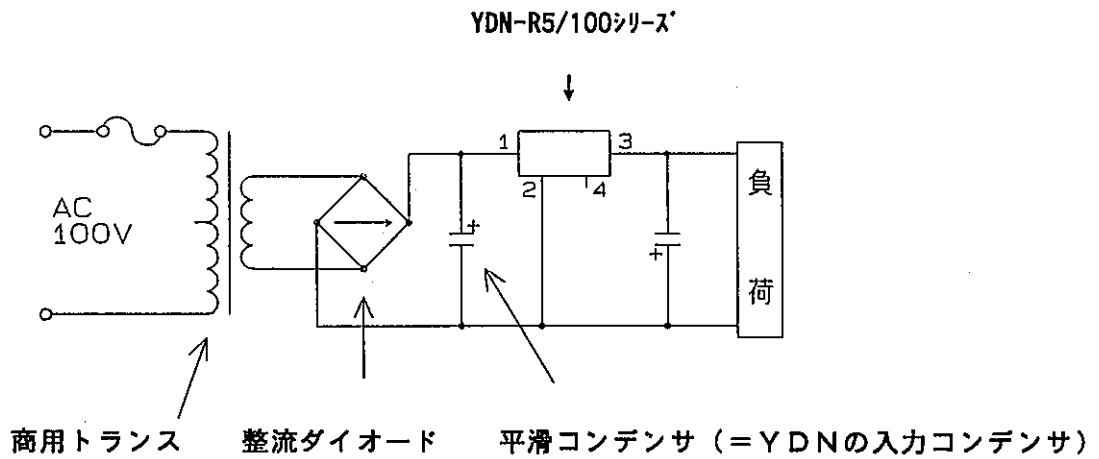
YDN-R5/100シリーズの入力コンデンサは、平滑用のコンデンサで代用できます。
 但し、リップル電圧は下図に示すように下限値が「直流入力電圧範囲の Min値」以上で、
 上限値も同様に「直流入力電圧範囲の Max値」以下とします。



第12図. 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。



第13図. 商用トランス+整流平滑での使用方法

c). 静電容量

容量値は標準コンデンサ容量の1000 μ Fではなく、d). O.H.Schade のグラフ、及び 10. 入力電流 の項目を参照の上、選定して下さい。

d) . 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。

$$C (\mu F) = \frac{\omega C R L}{\omega \cdot R L} \dots \langle 8 \text{式} \rangle$$

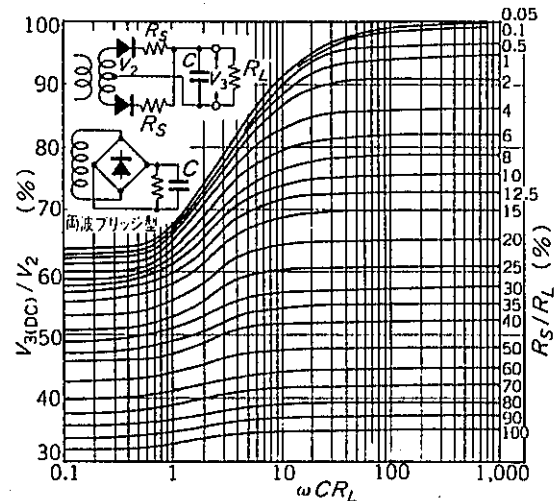
但し記号は以下です。

$\omega C R L$: 近似的に 20 ~ 30

ω : $2 \pi f$

f = 周波数 = 50 Hz

$R L$: 負荷抵抗



第14図. O.H.Schade のグラフ

YDN-112を入力電圧20V、出力12V1Aで使用する場合の例を以下に示します。

変換効率 = 約72% (第7図のYDN-112の効率曲線より)

YDNの入力電流 (=平滑コンデンサの出力電流)は<7式>から以下で求められます。

$$\text{入力電流} = \frac{\text{出力電圧} \times \text{出力電流}}{\text{変換効率}} \div \text{入力電圧} = \frac{|-12V| \times 1A}{0.72} \div 20V \approx 0.83A$$

平滑コンデンサの負荷抵抗となるRLは次で求められます。

$$\begin{aligned} \text{負荷抵抗 } R L &= \text{平滑コンデンサの電圧} \div \text{平滑コンデンサの出力電流} \\ &= 20V \div 0.83A \approx 24 \Omega \end{aligned}$$

$\omega C R L$ を「25」と仮定すれば平滑コンデンサの容量は<8式>から以下となります。

$$C = \frac{\omega C R L}{\omega \cdot R L} = \frac{25}{2 \times \pi \times 50 \text{Hz} \times 24 \Omega} \approx 3300 \mu F$$

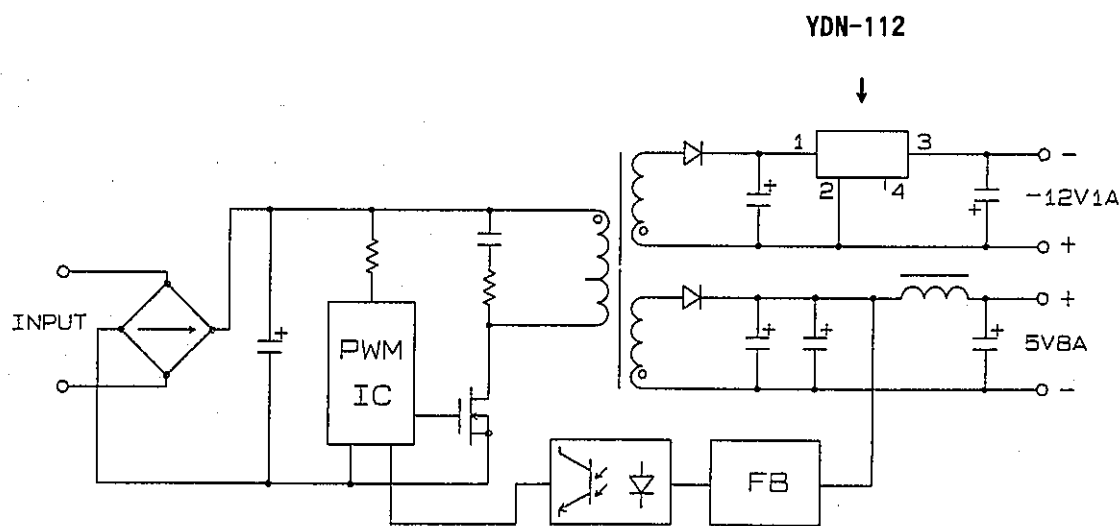
平滑コンデンサの容量は余裕をもって、算出値より大きな値にします。

(本例では、一般的な静電容量値として4700μF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、1A程度のものがが必要です。)

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、YDN-R5/100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 の項目を参照して下さい。)



第15図. 多出力電源での使用方法

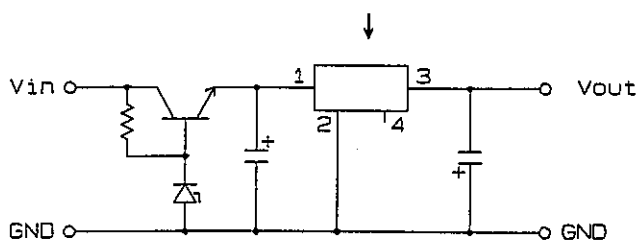
c). 入力電圧の超過対策

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。

負荷変動が多い場合

(入力段にドロップを追加する。)

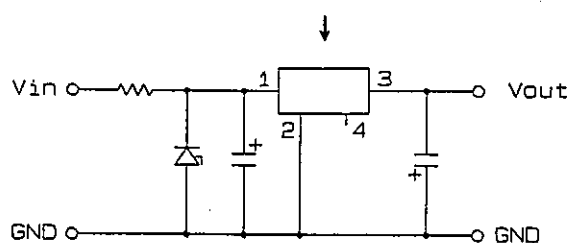
YDN-R5/100シリーズ



負荷変動の少ない場合

(直列抵抗の電圧降下を利用する。)

YDN-R5/100シリーズ



第16図. 入力電圧が高い場合

1.2. 出力コンデンサ

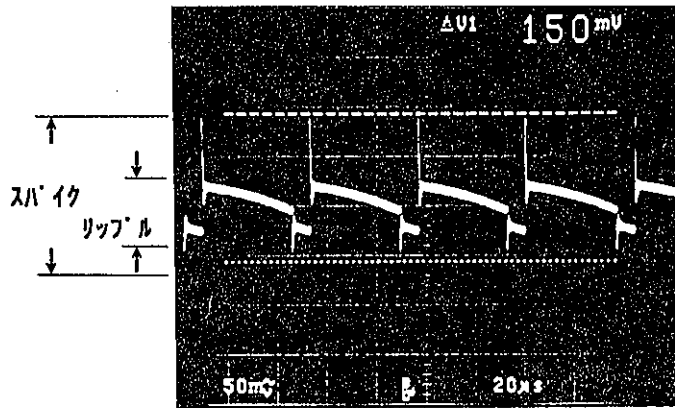
出力コンデンサは、YDN-R5/100シリーズの出力インピーダンスを下げて安定動作させるために必要な部品です。

「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下さい。

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、電流の急瞬な変化によって発生する「スパイク電圧」に分かれます。



以下に本ICの参考データを示します。

写真1. 出力ノイズ

		I _{out} =0.1A		I _{out} =0.25A		I _{out} =0.5A	
機種名	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
YDN-R505	10V	26mV	49mV	41mV	61mV	72mV	87mV
	35V	41mV	83mV	54mV	84mV	64mV	80mV
YDN-R512	10V	40mV	45mV	62mV	67mV	101mV	118mV
	35V	52mV	60mV	64mV	72mV	90mV	102mV
		I _{out} =0.2A		I _{out} =0.5A		I _{out} =1A	
機種名	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
YDN-105	10V	39mV	62mV	73mV	90mV	146mV	167mV
	35V	57mV	91mV	65mV	86mV	117mV	125mV
YDN-112	10V	58mV	65mV	101mV	114mV	184mV	217mV
	35V	61mV	79mV	97mV	105mV	132mV	140mV

第7表. リップル・スパイク (Ta=25°C 参考値)

*1 コンデンサ: LXF50VB470M×2 日本ケミコン製 *2 測定器: DRM-101 リップル・ボルトメータ 計測技研製

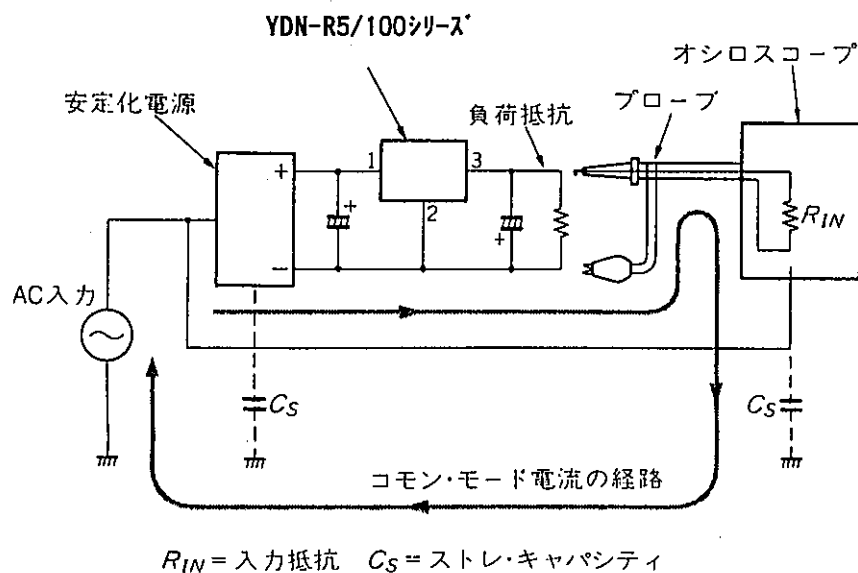
(測定端子に コモンモード・ノイズ除去用フィルム・コンデンサ 0.47μF付加、リップルレゾ2、測定帯域20MHzです。)

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、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、引用文献のEIAJ RC-9002A等を参照して下さい。）



第17図. コモンモードノイズの発生

③. パルス負荷への対応

YDN-R5/100シリーズの定格出力電流は0.5A/1.0A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。

$$\text{保持時間 } t \text{ (s)} = -C \cdot R \cdot \ln(V_t/V) \quad \dots \dots \dots \langle 9 \text{式} \rangle$$

但し、C：出力コンデンサの容量 [μF]

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：YDN-105

最大電流：2.0A \rightarrow ($\therefore R = |-5\text{V}| \div (2\text{A} - 1\text{A}) = 5\Omega$)

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

出力容量：1000 μF

$$\therefore t = -1000 \times 10^{-6} \times 5\Omega \times \ln(-4.5\text{V}/-5\text{V}) \approx 527\mu\text{s}$$

標準的な出力コンデンサの容量1000 μF 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2Aを約527 μs 供給することが可能です。

この場合に、出力コンデンサのリップル電流は、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、許容リップル電流の値を十分にディレーティングして、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YDN-R5/100シリーズの参考値と、代表的な動作波形を示します。

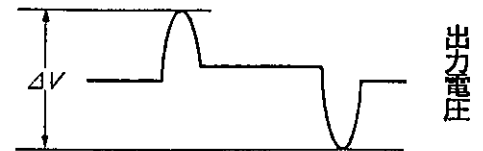
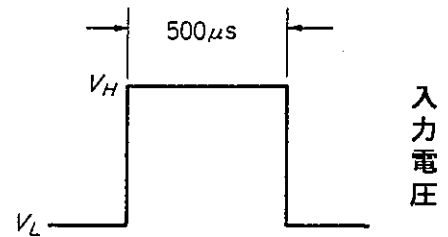
①. 入力の過渡応答特性

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。

機種名	電圧変化(VL←→VH)	ΔV
YDN-R505	10V←→35V	150mV
YDN-R512	10V←→35V	200mV
YDN-105	10V←→35V	130mV
YDN-112	10V←→35V	100mV

第8表. 入力の過渡応答特性 (Ta=25°C 代表例)



第18図. 出力波形

Cin = 47 μF, Cout = 470 μF × 2

Iout = 定格電流

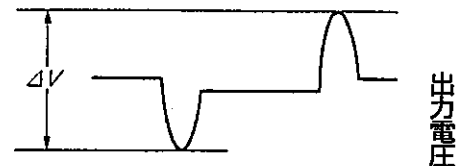
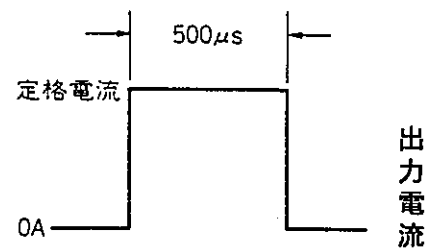
②. 出力の過渡応答特性

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。

機種名	電流の変化	ΔV
YDN-R505	0A←→0.5A	200mV
YDN-R512	0A←→0.5A	250mV
YDN-105	0A←→1A	230mV
YDN-112	0A←→1A	280mV

第9表. 出力の過渡応答特性 (Ta=25°C 代表例)



第19図. 出力波形

Cin = Cout = 470 μF × 2

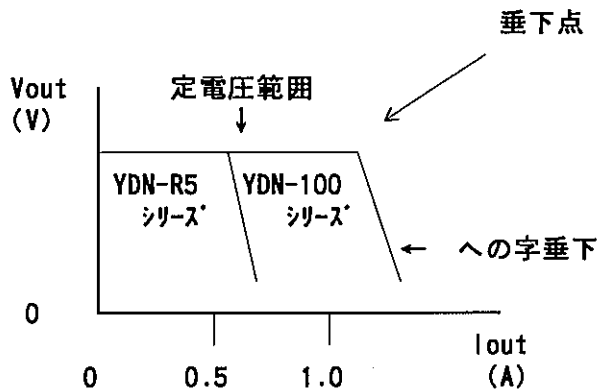
Vin = Vin Min

1.4. 短絡保護回路

YDN-R5/100シリーズは、自動復帰型の短絡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「への字垂下特性」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。(連続短絡は避けて下さい。)



垂下点の電流は、ファンクション・トリミングで約130%に設定してあります。また垂下点の温度係数はほとんどありません。

第20図. 短絡保護回路の特性 ($T_a=25^{\circ}\text{C}$ 代表例)

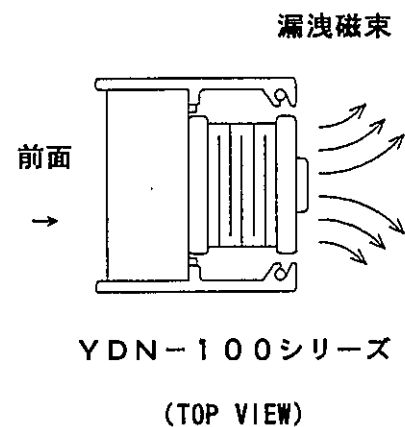
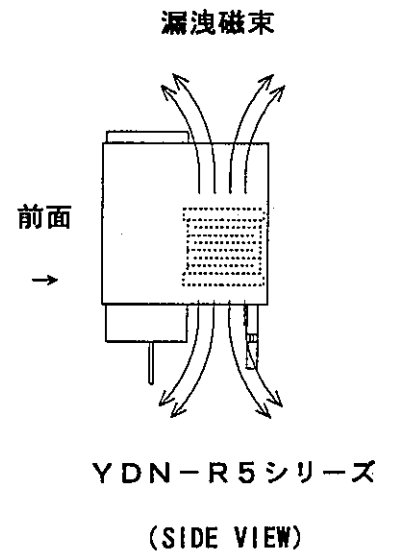
1.5. チョーク・コイル

①. 漏れ磁束について

YDN-R5/100シリーズのチョーク・コイル「L1」は、ドラム型のコアを使用しており、磁気回路が開ループなので図のように磁束の漏れが若干あります。

このため本チョーク・コイルの近くに、磁束の影響を受けやすい回路部品、特に磁気ヘッドやCRT等を配置すると、誤動作や画面揺れを発生する場合がありますので、距離を離して実装して下さい。

また本チョーク・コイルは、フェライト・コアを使用していますので、衝撃が加わりコアが割れた場合、インダクタンスが小さくなり、正常動作をしなくなりますので、落下など乱暴な扱いをしないで下さい。



第21図. 漏洩磁束

②. 臨界電流について

YDN-R5/100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。負荷電流に合致したモデルを選定して下さい。

a). 臨界電流の参考値

機種名	Vin=Min	Vin=Max	機種名	Vin=Min	Vin=Max
YDN-R505	約0.2A	約0.4A	YDN-105	約0.3A	約0.4A
YDS-R512	約0.4A	約0.3A	YDN-112	約0.3A	約0.8A

第10表. 臨界電流値(Ta=25°C 参考値)

b). 出力リプル電圧波形

以下にYDN-105において、出力電流が臨界電流以上の時の出力リプル電圧波形と、臨界電流以下の時の出力リプル電圧波形の一例を示します。

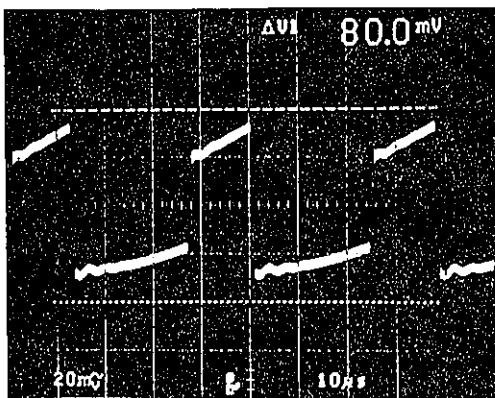


写真2. 臨界電流以上のリプル電圧

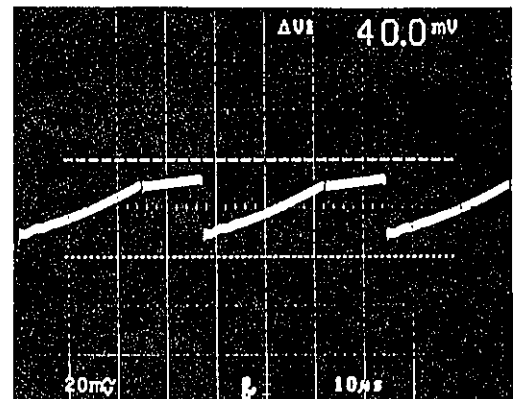
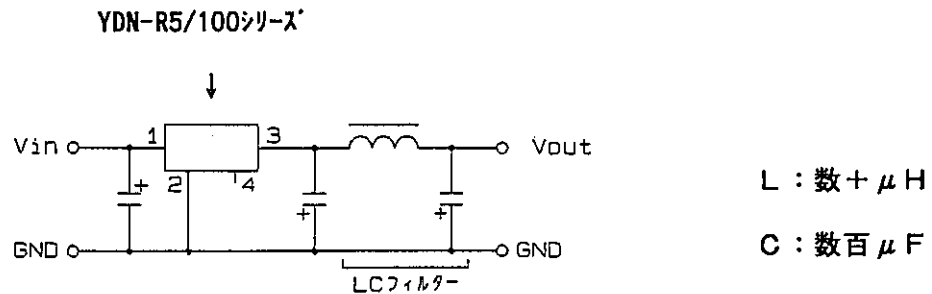


写真3. 臨界電流以下のリプル電圧

c). 低ノイズへの対応

YDN-R5/100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下さい。



第22図. 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下さい。

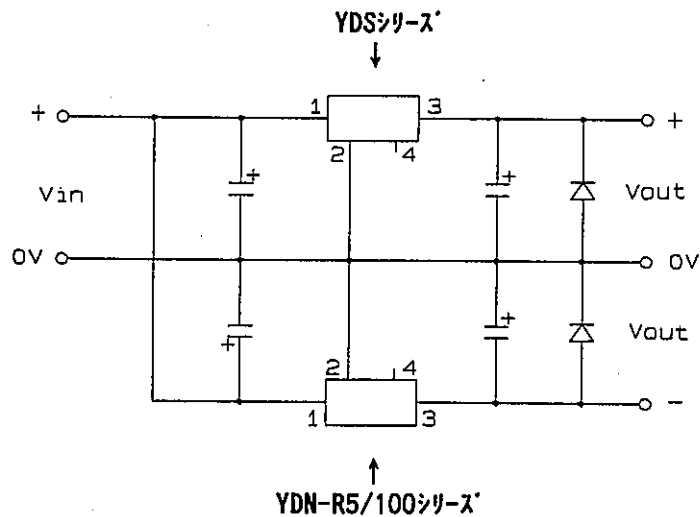
1.6. 土出力への応用

YDSの正出力品と応用して、土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下さい。

①. 正負出力の回路

本ICは、プラス出力のYDSシリーズを用いることにより、共通ラインから土出力の電源回路を構成することができます。出力コンデンサの極性に注意して下さい。



第23図. 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+側出力に向けてダイオードを入れて下さい。

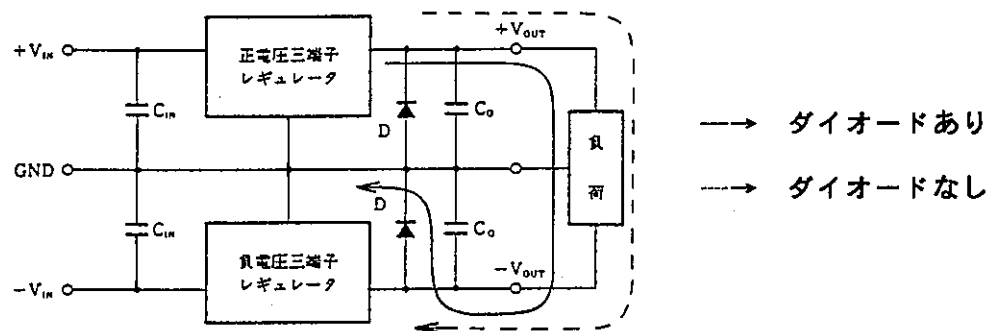
②. ラッチ・ダウンについて

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側のYDSシリーズ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。



第24図. 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の出力電流以上のものが妥当です。

1.7. 信頼性に関する事項

ここではYDN-R5/100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、ご連絡下さい。

機種名	fit数	平均故障間隔
YDN-R5/100シリーズ	122.98	928.3年

第11表. 平均故障間隔

②. 難燃性材料について

YDN-R5/100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。

部品名	材 料	メーカ	材 質	グレード
ケース	レオナFR-200相当	旭化成	ナイロン66	UL94V-0
コイル固定板	レオナFG-171相当	旭化成	ナイロン66	UL94V-0

第12表. モールド材の一覧表

1.8. 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下さい。

YDN-R5/100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下さい。

入力コンデンサがな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、ピーク電圧の絶対値が入力電圧に近い値となりますのでご注意下さい。

②. 基板固定用ピンはGNDピンと接続して下さい。

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2番ピンと接続して下さい。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。

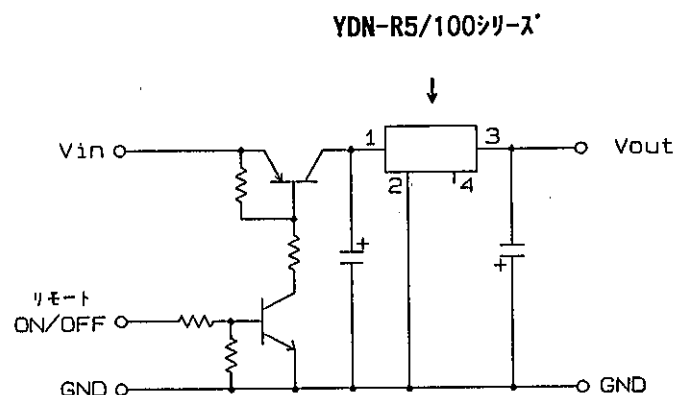
本ICは並列運転できません。並列運転による出力電流の増加は、まず出力電圧の絶対値が高い方から電流を出力し、垂下点を越えて過電流保護回路が動作して出力電圧の絶対値が低下すると、その後に出力電圧の絶対値が低いもう一方から電流を供給します。

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絶対値が高い本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下さい。

④. リモートON/OFF機能はありません。

本ICの4番ピン (V_{adj}) により、リモートON/OFFはできません。

リモートON/OFF回路が必要な場合には、右図の回路例を参考に追加して下さい。



第25図. リモートON/OFF

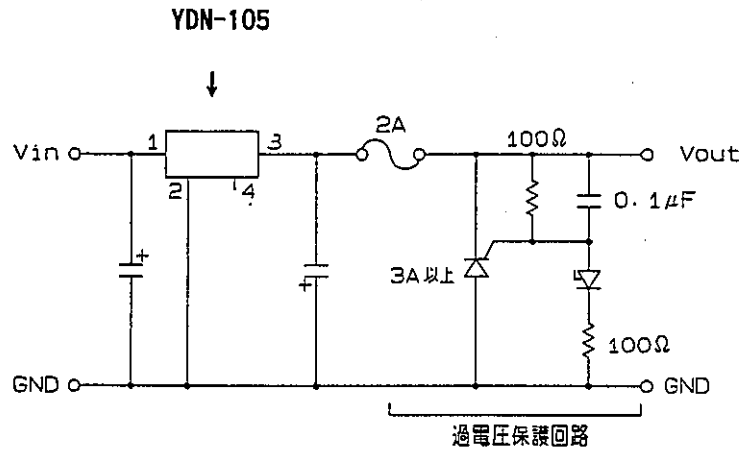
⑤. 浸漬洗浄はやめて下さい。

本ICをプリント基板に実装した後に、洗浄する必要がある場合は、はんだ付けしたリード端子部分のみの洗浄を行って下さい。

超音波洗浄を含んで、本ICを溶剤中に浸して洗浄すると、アルミ放熱フィンとセラミック基板を固定している接着剤の剥離の原因となり、動作時に熱破壊する場合があります。

⑥. 過電圧保護回路はありません。

本ICには、過電圧保護回路（OVP：Over Voltage Protection）を内蔵していません。必要に応じて以下の回路例を参考に追加して下さい。過電圧発生時にサイリスタをONさせて、ヒューズを切り、出力をOFFします。



ツェナー電圧の例

YDN-#05 : 5.6V

YDN-#12 : 13V

第26図. 過電圧保護回路

⑦. 単体試験ではコネクタに注意。

YDN-R5/100シリーズのICソケット等による単体試験において、入出力コンデンサに電圧が残ったまま本ICを抜き差しした場合、あるいは動作中にGND端子（2番ピン）がフローティングされた場合に、破損する場合がありますので、ご注意下さい。

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」
- 1980.2 日本電気 集積回路技術資料 IEP-578A 「三端子レギュレタ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マスタ」
- 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)
- 1987.11 日本電子機械工業会 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」
- 1988 NATIONAL SEMICONDUCTOR LINEAR DATABOOK 1988 「LM3578 SWITCHING REGULATOR」
- 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 日本電子機械工業会 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」

YDN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

INTERNET INFORMATION : <http://www.iiynet.or.jp/yec/>

株式会社ユタカ電機製作所

電源事業部 電源営業・開発部 SPS開発グループ

YDSシリーズ一覧表

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


 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.

電源営業Gr 〒369-14 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 大阪市中央区船越町1-3-4(ツリモン宝永) TEL 06-945-0818 FAX 06-943-8804
 本 社 〒211 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下さい。