

出力電圧可変型シリーズ/スイッチングレギュレータ TL499A

1. はじめに

TIでは従来電池で駆動する9V固定出力型スイッチング・レギュレータTL496を発売いたしており、すでにポータブル機器の電源やパワー・フェイル時のバッテリー・バックアップ・システム用レギュレータとして幅広くご使用載いております。しかしながらTL496は9V固定出力でスイッチング・レギュレータの入力電圧範囲が1.1V~3.0Vと狭くその用途も特定のシステムに限られてしまいます。

今回発表したTL499Aはこれらの不足点を補うべく開発された電圧レギュレータで、出力電圧が可変でき温度安定性、入力電圧範囲及び変換効率の面で改良が加えられております。本冊子ではこのデバイスの応用回路例についてご紹介致します。

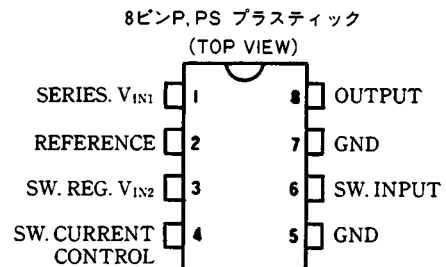
2. TL499Aの概要

TL499Aはユーザーが要求する任意の出力電圧が得られる様に設計されたバイポーラ・モノリシック構造のレギュレータ用ICであり、出力電圧は2本の外付抵抗を用いて2.9V~30Vまでの範囲で設定できます。内部構成の主なファンクション・ブロックはシリーズ・レギュレータとスイッチング・レギュレータであり、それぞれ単独で使用することができます。また入力電圧によってスイッチング動作とシリーズ動作が自動的に切り替わり負荷に対して連続的に安定した電圧を供給することができる為、停電時のバッテリー・バックアップ・システム等の用途に最適です。またスイッチング電流コントロール端子からGND間に適当な抵抗を挿入しスイッチング電流を制限する事により最適な変換効率を得る事ができます。

3. TL499Aの特長

- ステップアップ・スイッチング・レギュレータ内蔵
- 出力電圧を2.9V~30Vまで調整可能
- スwitching動作時の入力電圧範囲が広い
1.1V~10V
- 外部抵抗によりスイッチング電流が調整可能
- 外付部品が少ない
- 整流素子内蔵
- シリーズ/スイッチング動作自動切換え機能

4. TL499Aのピン配置図



5. TL499Aのブロック・ダイアグラム

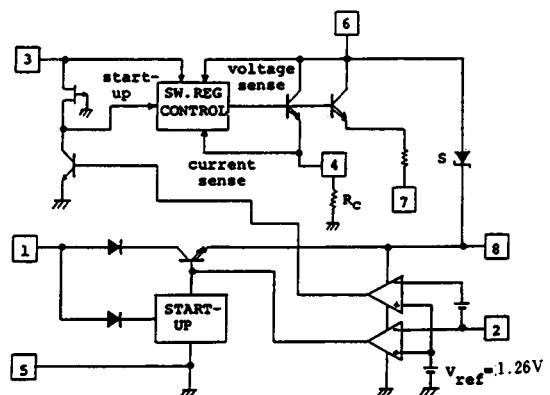


図1. TL499Aのブロック・ダイアグラム

6. TL499ACPの電気的特性

6-1. 絶対最大定格 (特記無き場合、 T_A = 全動作温度範囲)

項目	記号	ピン番号	定格	単位
出力電圧 (注1)	V_{OUT}	8	35	V
入力電圧	スイッチング・レギュレータ (注1、2)	V_{IN2}	10	V
	シリーズ・レギュレータ入力 (注1)	V_{IN1}	35	
ダイオード逆電圧 (注1)		8	35	V
スイッチング入力電流	I_{SW}	6	1.0	A
ダイオード電流		8	1.0	A
全損失 ($T_A \leq 25^\circ\text{C}$) (注3)	Pパッケージ	P_D	975	mW
	PSパッケージ		446	
動作温度範囲 (注2)	T_{OPE}		-20 ~ 85	$^\circ\text{C}$
保存温度範囲	T_{STC}		-65 ~ 150	$^\circ\text{C}$
許容リード端子温度 1.6mm/10秒			260	$^\circ\text{C}$

注1) 全ての電圧は、回路のGND端子を基準とする。

注2) $T_A \leq 70^\circ\text{C}$ の動作温度範囲では、 ΔV は $\Delta V \geq 1.2\text{V}$ を満足しなければならない。
 $T_A \leq 85^\circ\text{C}$ の動作温度範囲では、 ΔV は $\Delta V \geq 1.9\text{V}$ を満足しなければならない。
 但し、 $\Delta V = V_{OUT}$ (8ピン) - V_{IN2} (3ピン)

注3) 25°C を越える動作温度範囲では、負荷軽減曲線を参照の事。

6-2. 推奨動作条件 (図2.参照)

項目	記号	MIN.	NOM.	MAX.	単位
シリーズ・レギュレータ入力電圧	V_{IN1}	4.5	—	32.0	V
スイッチング・レギュレータ入力電圧	V_{IN2}	1.1	—	10	V
電流制限抵抗	R_C	150	—	1000	Ω
ピーク・スイッチング電流	I_{SW}	—	—	500	mA
出力電圧	V_{OUT}	2.9	—	30.0	V
フィルタ・キャパシタ	C_1	100	—	470	μF
インダクタ ($r_{in} \leq 0.1\Omega$)	L	50	—	150	μH
パス・コン	C	—	0.1	—	μF
スイッチング動作時入出力間電位差 (注2)	V	1.2	—	28.9	V
スイッチング動作時出力電流	I_{OUT}	—	—	100	mA
動作温度範囲 (注2)	T_{OPE}	-20	—	85	$^\circ\text{C}$

6-3. 電気的特性 (特記無き場合、 T_A = 全温度範囲)

シリーズ・レギュレータ部

項目	記号	測定条件	MIN	TYP	MAX	単位
シリーズ・レギュレータ 出力電流 (8ピン)	I_O				100	mA
ドロップアウト電圧 (8ピン)		$V_{IN1} = 15\text{V}$, $I_{OUT} = 50\text{mA}$			1.8	V
スタンバイ電流 (1ピン)		$V_{IN1} = 15\text{V}$, $V_{OUT} = 9.0\text{V}$, $R_{E2} = 4.7\text{k}\Omega$		0.8	1.2	mA

スイッチング・レギュレータ部

項目	記号	測定条件	MIN	TYP	MAX	単位
変動電圧 (8ピン) (注4)	V_{FL}			+2	+3	%
出力電流 (8ピン) (図2の推奨回路による、 $T_A = 25^\circ\text{C}$)	I_O	$R_C = 150\Omega$, $V_{IN2} = 1.1\text{V}$, $V_{OUT} = 12\text{V}$	10			mA
		$R_C = 150\Omega$, $V_{IN2} = 1.5\text{V}$, $V_{OUT} = 15\text{V}$	15			
		$R_C = 150\Omega$, $V_{IN2} = 6.0\text{V}$, $V_{OUT} = 30\text{V}$ (注5)	65			
スタンバイ電流		$V_{IN2} = 3.0\text{V}$, $V_{OUT} = 90\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		15	80	μA

出力部

項目	記号	測定条件	MIN	TYP	MAX	単位
基準出力電圧 (2ピン)	V_{REF}	$V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 3.0\text{V}$, $I_{OUT} = 1\text{mA}$	1.20	1.26	1.32	V
基準出力電圧温度変動		$\Delta T_A = -20^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$		0.5	1	%
出力レギュレーション		$I_{OUT} = 1\text{mA} \sim 50\text{mA}$		1	3	%

注4) 変動電圧は、シリーズ動作時の出力電圧とスイッチング動作時の出力電圧差のパーセンテージで表わされる。

従って、 $V_{FL} = \frac{V_{OUT}(\text{シリーズ}) - V_{OUT}(\text{スイッチング})}{V_{OUT}(\text{シリーズ})} \times 100\%$

注5) SOパッケージのTL499ACPSでは45mA (Min)

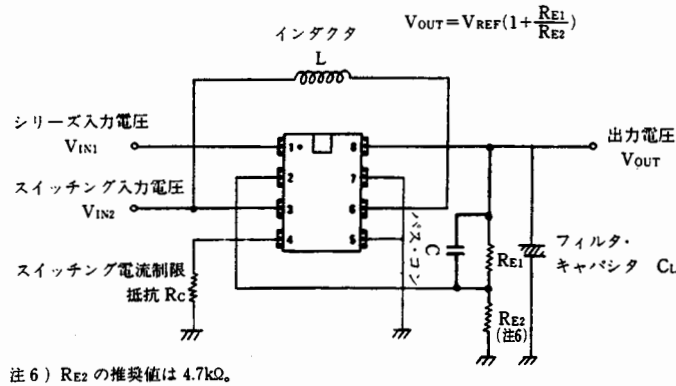


図2. TL499Aの基本接続回路

7. TL499Aの動作原理

図1にTL499Aのブロック・ダイアグラムを示す。TL499Aは大別してシリーズ・レギュレータ部、スイッチング・レギュレータ部及び電圧コントロール回路より構成されている。TL496が9V固定出力のシリーズ/スイッチング・レギュレータで、スイッチング動作時の入力電圧範囲が1.1V~3.0Vであるのに対して、TL499Aは出力電圧を2.9V~30Vまで外付抵抗 R_{E1} 及び R_{E2} を用いて任意に設定する事ができる。またステップアップ・スイッチング・レギュレータ・モード動作時の入力電圧範囲は、1.1V~10Vの間で動作させる事ができる。

7-1. シリーズ・レギュレータ

図3にシリーズ・レギュレータの基本ブロック・ダイアグラムを示す。シリーズ・レギュレータの名称はレギュレーションに使われるコントロール素子に由来している。出力電圧のレギュレーションはシリーズ素子を変調することにより行なわれる。一般にこのシリーズ素子はトランジスタであり、あたかも可変抵抗の様に動作する。入力電圧が変動するとシリーズ素子の等価コンダクタンスが変化する。

この等価コンダクタンスと負荷電流の積は入力電圧の

T_A - Free Air Temperature ($^{\circ}C$)

変動を補償するべく電位差を生じる。

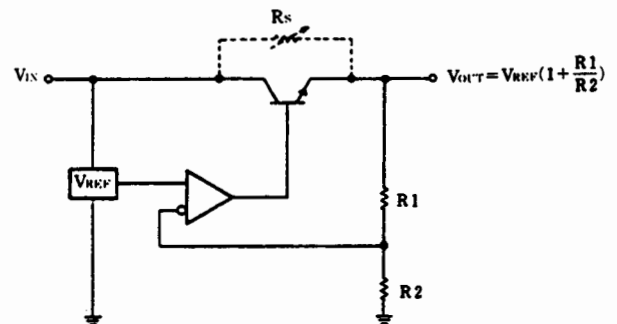


図3. シリーズ・レギュレータの基本構成

以上がシリーズ・レギュレータの基本動作であるが、数式で表わすと次の様になる。

$$\text{出力電圧は、 } V_{OUT} = V_{REF}(1 + R_1/R_2)$$

$$V_{DIFF} = I_{LOAD} \cdot R_s$$

$$V_{OUT} = V_{IN} - I_{LOAD} \cdot R_s$$

入力電圧の変動に対して、

$$\Delta R_s = \Delta V_{IN} / I_{LOAD}$$

負荷電流の変動に対しても、

$$\Delta R_s = \frac{\Delta I_{LOAD} \cdot R_s}{I_{LOAD} + \Delta I_{LOAD}}$$

図4にシリーズ入力電圧に対するレギュレーション特性を示す。

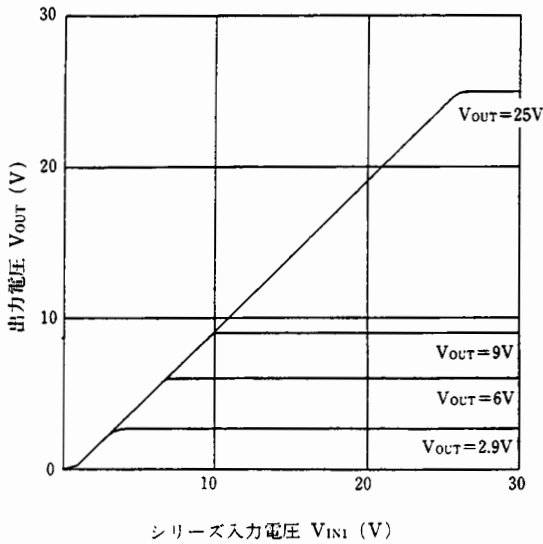


図4. シリーズレギュレータレギュレーション特性

図5にTL499Aのシリーズレギュレータ部の内部等価回路図を示す。TL499Aのシリーズレギュレータは前述の基本シリーズレギュレータと全く同じ動作を行なう。基準電圧は1.26V(Typ)であり、出力電圧を設定する抵抗は2ピン/8ピン間及び2ピン/5ピン間に接続される。シリーズレギュレータの出力電圧は2.9V~30Vまで設定可能であり、許容全損失範囲内で出力電流は100mAまでレギュレーション可能である。また、2ピン/5ピン間抵抗RE2は4.7kΩが推奨される。

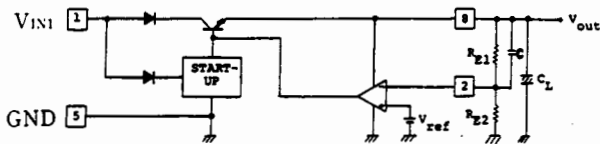


図5. シリーズレギュレータの内部等価回路図

7-2. ステップアップ・スイッチングレギュレータ

高い変換効率を得られるスイッチング方式を採用した定電圧レギュレータの動作原理は図6の様な基本回路を解析する事で理解できる。

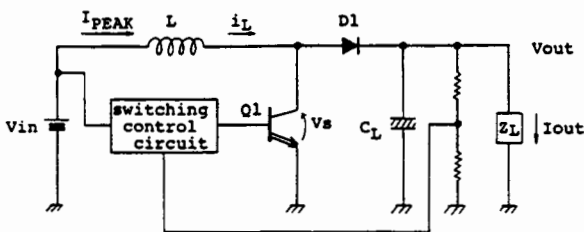


図6. ステップアップ・スイッチングレギュレータの基本構成

スイッチング・トランジスタQ1は安定な出力電圧を得るためにコントロール回路によりスイッチング周波数でデューティ・サイクルが制御され“ON”及び“OFF”動作を行なう。

シリーズレギュレータの制御素子であるパス・トランジスタはそのリニア動作領域に於いて常に連続動作しているのに対して、このトランジスタは“ON”状態のときのみ常に飽和しており、その他のときは完全に“OFF”状態にあるためシリーズレギュレータの損失に比べてスイッチング・トランジスタの損失は非常に小さなものとなる。

ダイオードD1はフライホイール・ダイオードでスイッチング・トランジスタQ1が“OFF”状態のときインダクタンスLの電流経路を形成する。Q1が“ON”している充電サイクルの間インダクタンスLの両端にはVIN-Vs (VINは入力電圧、Vsはスイッチング・トランジスタの飽和電圧)の電圧が印加されインダクタンス電流がリニアに増加する。

このときのピーク電流は、

$$I_{PEAK} = \frac{V_{IN} - V_s}{L} \cdot t_{ON}$$

で表わされる。

出力電圧VOUTは入力電圧VINより高く設定されておりダイオードD1は逆バイアスされるのでインダクタンス電流ILは負荷側には流れず、負荷コンデンサには充電されない。ステップ・アップ回路に於いてスイッチング時のピーク電流は負荷が重い場合相当大きなものとなる。

次にQ1が“OFF”している放電サイクルの間ダイオードD1は順方向にバイアスされインダクタンスは負荷コンデンサに蓄積したエネルギーを放電する。

この充放電サイクルに於けるインダクタンス両端の電位差はVOUT-VINであり、その時の放電時間は、

$$t_{discharge} = \frac{I_{PEAK} \cdot L}{V_{OUT} - V_{IN}}$$

で表わされる。

充放電時間比tcharge/tdischargeを入出力電圧差の増加に等しいとすれば放電時間はこの電圧差が入力電圧より大きい状態に於いて減少し充電時間よりも小さくなる。

$$\frac{t_{charge}}{t_{discharge}} = \frac{\Delta V}{V_{IN}}$$

$$(\Delta V = V_{OUT} - V_{IN})$$

スイッチング損失をまったく考えなければ理想の変換

効率は次の様になる。

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \cdot 100\%$$

$$P_{OUT} = V_{OUT} \cdot I_{OUT}$$

$$P_{IN} = V_{IN} \cdot I_{IN}$$

$$\eta = \frac{V_{OUT} \cdot I_{OUT}}{V_{IN} \cdot I_{IN}} \cdot 100\%$$

TL499Aのスイッチング・レギュレータ部の変換効率は電流制限抵抗 R_C の値を変えることによりその状態での最大効率が設定できる。図7に電流制限抵抗対変換効率の特性曲線の一例を示す。

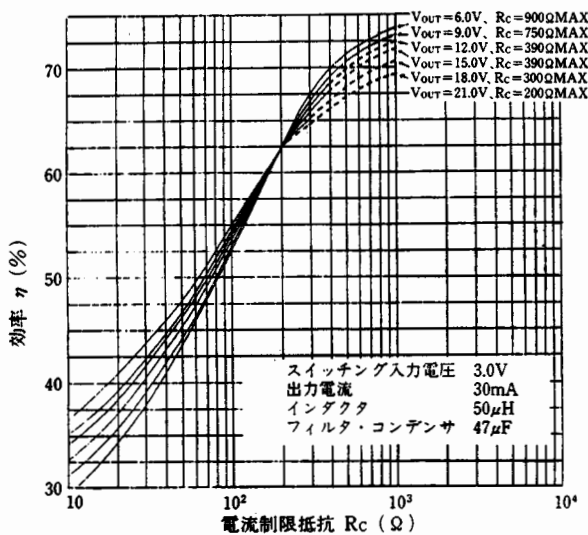


図7. 変換効率 対 電流制限抵抗の特性

7-3. スイッチング電流制限抵抗

TL499Aのスイッチング電流は4番(スイッチング電流コントロール)端子と5番端子(GND)間に150Ωから1kΩの抵抗を挿入することにより制限することができ

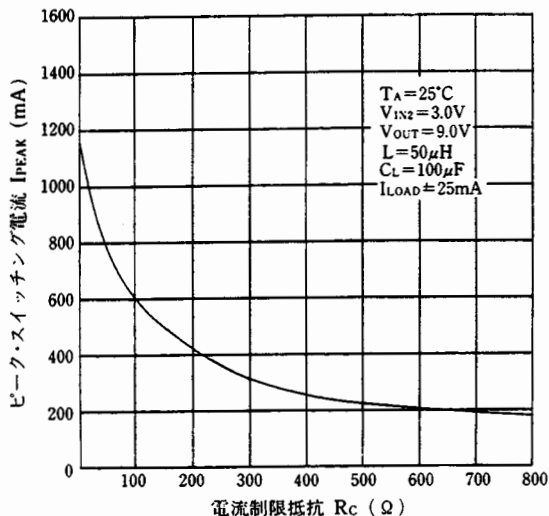


図8. ピーク・スイッチング電流 対 電流制限抵抗 R_C -1

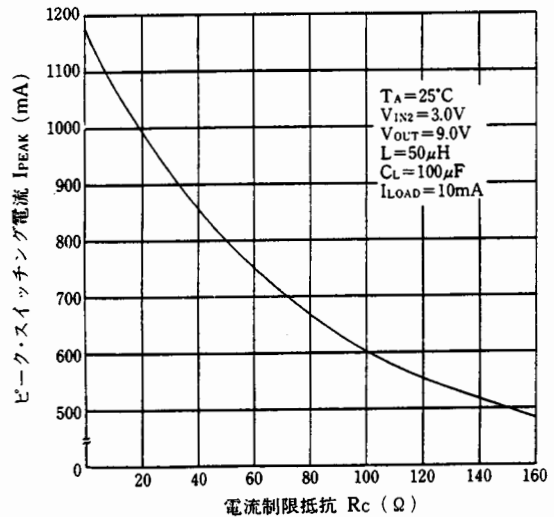


図9. ピーク・スイッチング電流 対 電流制限抵抗 R_C -2

る。これは3番端子に必要以上のスイッチング電流が流れ込むことを避けTL499A内部の損失を極力低減することにより応用回路の諸条件(V_{IN} 、 V_{OUT} 、 I_{OUT} 、 L 等)を考慮した上で最適な変換効率が得られるように設けられたものである。スイッチング電流は出力電流やインダクタンス L 等により若干影響を受けるが、大部分は、この電流制限抵抗 R_C によって決定される。図8及び図9に電流制限抵抗 R_C 対最大ピーク・スイッチング電流の特性グラフを示す。実際の内部動作はスイッチング・トランジスタのコレクタ電流を検出して設定値以上流れるとトランジスタを“OFF”する回路が作動する。

7-4. 出力電圧の設定方法

図2にTL499Aの基本接続回路を示す。TL499Aは約1.26Vの基準電圧源を内蔵しており出力電圧の設定はこの基準電圧及び外付抵抗 R_{E1} 及び R_{E2} による図10に示す様な非反転フィード・バックにより設定される。誤差増幅器を含むコントロール回路ではシリーズ・レギュレータ又はスイッチング・レギュレータ・モード動作時に、設定された出力電圧を保持するために負荷の変動を検出しシリーズ・レギュレータまたはスイッチング・レギュレータのバイアス回路にその情報をフィード・バックす

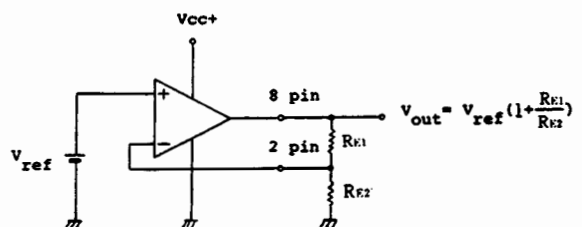


図10. 非反転フィード・バック回路

ることで、安定した電圧のコントロールが行なわれる。

図11に $R_{E2}=4.7k\Omega$ としたときの R_{E1} 対出力電圧の特性曲線を示す。

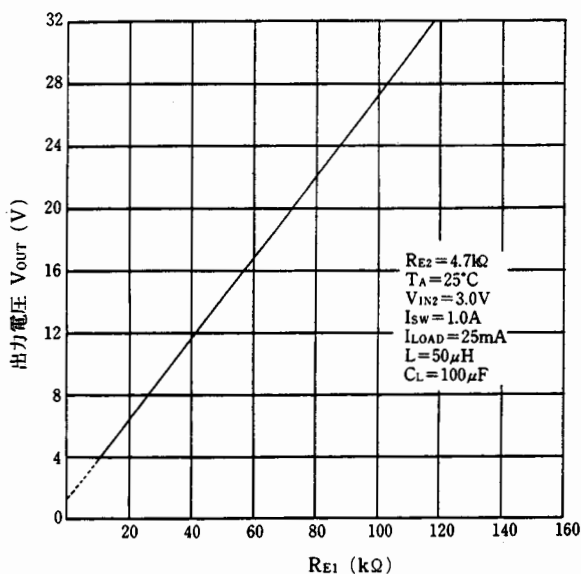


図11. 出力電圧 対 R_{E1} の特性曲線

8. スイッチング・レギュレータ部の設計手順

8-1. 電池による動作

図24にスイッチング・レギュレータ・モード動作時に諸条件を考慮した上で最適効率を得るための設計手順を示す。スイッチング・レギュレータ・モードで動作させた場合、時間の経過と共に入力電圧源として用いているバッテリーの初期特性が失われ徐々に電圧降下が生じ、スイッチング電流が増加する。スイッチング電流が増えるとバッテリーの電圧は更に低下するためバッテリーの特性は急速に悪化する。

図12に代表的な蓄電池及び乾電池の規格及び特性を示す。この様にバッテリーを用いたスイッチング・モード動作時に規定された連続動作時間内で安定したレギュレーションを行なわせるためにはバッテリーの放電特性ならびにレギュレータの負荷特性を十分考慮した上で電流制限抵抗の値を設定する必要がある。この電流制限抵抗 R_c の推奨値は $150\Omega \sim 1k\Omega$ である。

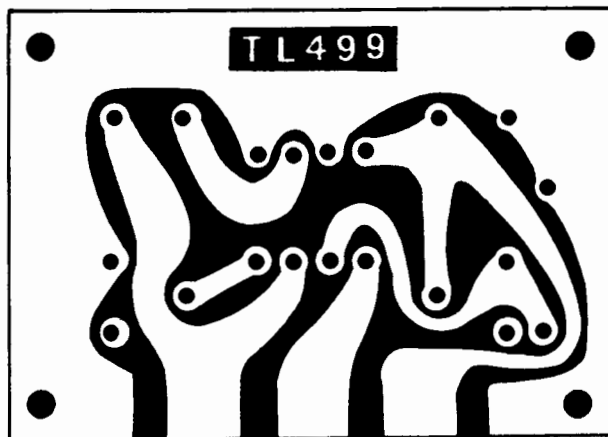
8-2. スイッチング動作時の負荷電流の制限

TL499Aは入出力電圧の組合せが幅広く設定できるために負荷側に供給できる出力電流も電流制限抵抗 R_c の値に

より幅広く変化する。電流制限抵抗 R_c は $150\Omega \sim 1k\Omega$ の範囲で使用しなければならないが、この制限によりTL499Aは高効率で出力リップル電圧の少ない安定動作が期待できる。表1～表10に R_c の値をパラメータとした入出力電圧設定に対する供給可能な負荷電流の特性表を示す。この表に記載された電流値は負荷電流を10mAから徐々に増加させたときに基準電圧（2番）端子の電圧が10mV降下したときの負荷電流の値である。

負荷電流を規定以上流した場合、当然ロード・レギュレーションは悪化し設定した出力電圧は得られなくなる。

またTL499Aは図8及び図9に示す様に電流制限抵抗 R_c によって設定されたピーク・スイッチング電流が入力側で供給できない場合スイッチング動作が開始できず、シリーズ・レギュレータ動作からバッテリー・バック・アップ動作に切替わる使用法以外の（スイッチング・モードのみ使用する場合）アプリケーションではバッテリーの選択には十分注意する必要がある。



8-3. 推奨パターン・レイアウト

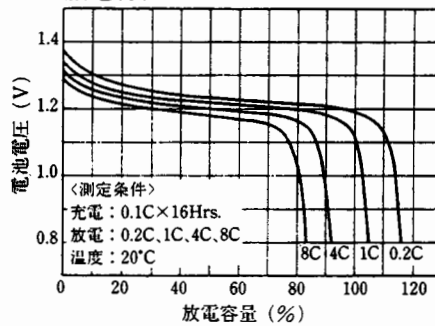
密閉形ニッケル・カドミウム蓄電池 (三洋電機株式会社カタログ抜粋)

定格

1. 標準タイプ

機種	公称電圧 (V)	公称容量 (mAh)	標準充電		急速充電		内部抵抗 (mΩ)	外形寸法				重量 (約g)
			電流 (mA)	時間 (hr.)	電流 (mA)	時間 (hr.)		チューブ込み		素電池		
								直径D (mm)	高さh (mm)	直径D (mm)	高さh (mm)	
N-50AAA	1.2	50	5	15	15	4~6	55.0	10.5 ^{-0.5}	16.0 ⁰	10.0±0.2	15.0±0.3	4
N-75P	1.2	75	7.5	23	23	4~6	45.0	13.0 ^{-0.5}	14.5 ⁰	12.5±0.2	14.0±0.3	6
N-110AA	1.2	110	11	33	33	4~6	30.0	14.5 ^{-0.5}	17.0 ⁰	14.0±0.2	16.7±0.2	8
N-120TA	1.2	120	12	36	36	4~6	34.0	7.8 ^{-0.5}	42.5 ⁰	7.5±0.2	41.8±0.3	7
N-150N	1.2	150	15	45	45	4~6	27.0	12.0 ^{-0.5}	29.5 ⁰	11.5±0.2	28.5±0.3	9
N-200AAA	1.2	200	20	60	60	4~6	21.0	10.5 ^{-0.5}	44.5 ⁰	10.0±0.2	43.7±0.3	10
N-200A	1.2	200	20	60	60	4~6	20.0	17.0 ^{-0.5}	17.0 ⁰	16.5±0.2	16.3±0.3	11
N-270AA	1.2	270	27	81	81	4~6	15.0	14.5 ^{-0.5}	30.0 ⁰	14.0±0.2	29.5±0.3	14
N-500A	1.2	500	50	150	150	4~6	9.0	17.0 ^{-0.5}	28.0 ⁰	16.5±0.2	27.8±0.2	20
N-600AA	1.2	600	60	180	180	14~16	12.0	14.2 ^{-0.5}	50.0 ⁰	13.8±0.2	49.5±0.3	24
N-600AAL	1.2	600	60	180	180	14~16	12.0	14.2 ^{-0.5}	48.7 ⁰	13.8±0.2	48.2±0.3	24
N-650SC	1.2	650	65	—	—	—	6.0	23.0 ^{-0.5}	26.0 ⁰	22.0±0.3	25.8±0.2	29
N-1000SC	1.2	1000	100	—	—	—	4.8	23.0 ^{-0.5}	34.0 ⁰	22.0±0.3	33.0±0.3	42
N-1100C	1.2	1100	110	—	—	—	4.6	26.0 ^{-0.5}	30.0 ⁰	25.2±0.3	29.8±0.2	44
N-1300SC	1.2	1300	130	—	—	—	4.2	23.0 ^{-0.5}	43.0 ⁰	22.0±0.3	42.0±0.3	50
N-2000C	1.2	2000	200	—	—	—	4.1	26.0 ^{-0.5}	50.0 ⁰	25.2±0.3	49.0±0.3	80
N-4000D	1.2	4000	400	—	—	—	3.3	34.0 ^{-0.5}	61.0 ⁰	32.3±0.3	60.0±0.4	160
N-6PT	7.2	120	12	24	7~8	210.0	17.0 (W) × 26.0 (L) × 48.5 (H)	—	—	—	—	42

放電特性



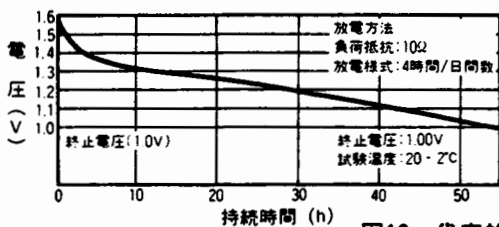
補償付マンガン乾電池 (松下電池工業株式会社抜粋)

定格

品番	外形寸法 (mm)	重量 (g)	公称電圧 (V)	公称容量
SUM-1 (NG) (ネオハイトップ)	34.0φ × 61.5	106	1.5	10Ω 1日4時間間歇放電 (1.0V迄) 標準56.5時間 20Ω 1日4時間間歇放電 (0.9V迄) 標準123時間
SUM-2 (NG) (ネオハイトップ)	26.0φ × 50.0	51	1.5	10Ω 1日2時間間歇放電 (1.0V迄) 標準23.5時間 40Ω 1日4時間間歇放電 (0.9V迄) 標準108時間
SUM-3 (NG) (ネオハイトップ)	14.5φ × 50.5	20	1.5	10Ω 1日1時間間歇放電 (1.0V迄) 標準6.7時間 75Ω 1日4時間間歇放電 (0.9V迄) 標準68時間
SUM-1 (DG) (ハイトップ)	34.0φ × 61.5	99	1.5	10Ω 1日4時間間歇放電 (1.0V迄) 標準42時間 20Ω 1日4時間間歇放電 (0.9V迄) 標準98時間
SUM-2 (DG) (ハイトップ)	26.0φ × 50.0	47	1.5	10Ω 1日2時間間歇放電 (1.0V迄) 標準18.2時間 40Ω 1日4時間間歇放電 (0.9V迄) 標準87時間
SUM-3 (DG) (ハイトップ)	14.5φ × 50.5	19	1.5	10Ω 1日1時間間歇放電 (1.0V迄) 標準5.2時間 75Ω 1日4時間間歇放電 (0.9V迄) 標準58時間

特性

SUM-1 (NG)



SUM-2 (NG)

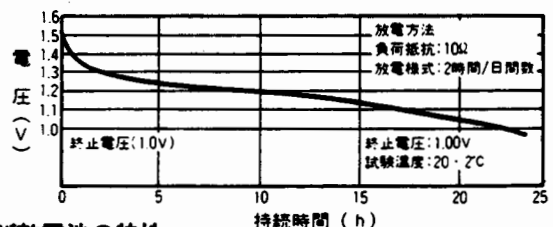


図12. 代表的蓄電池及び乾電池の特性

9. 推奨負荷電流表 (TL499ACP DIPパッケージ)

9-1 スwitching動作時推奨負荷電流表

入出力電圧値が設定されたときの最大出力電流値を表1から表5に示します。

表1. スwitching動作時推奨負荷電流($R_C: 150\Omega$ のとき)

V _{OUT} -出力電圧 (V)	単位 (mA)											
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10
30									65	90	90	
25								50	80	100	100	
20						20	25	30	80	100	100	100
15				15	20	30	45	55	100	100	100	100
12	10	15	20	25	30	40	55	70	100	100	100	100
10	15	20	25	30	35	45	65	80	100	100		
9.0	20	25	25	35	40	50	70	90	100	100		
6.0	30	35	40	45	55	75	95	100				
5.0	35	40	45	55	70	85	100	100				
4.5	35	45	50	60	75	95	100	100*				
3.0	55	65*	75*	95*	100*							
2.9	60*	70*	75*	100*	100*							

表4. スwitching動作時推奨負荷電流($R_C: 510\Omega$ のとき)

V _{OUT} -出力電圧 (V)	単位 (mA)												
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10	
30										30	50	50	
25										25	40	75	75
20										40	55	90	90
15								15	20	55	70	100	100
12						10	15	25	35	65	80	100	100
10						10	20	25	30	40	70	85	
9.0	10	10	10	15	20	25	35	45	75	100			
6.0	15	20	20	25	30	35	50	60					
5.0	20	20	25	30	35	45	55	70					
4.5	20	25	30	35	40	50	65	90*					
3.0	35	35*	40*	50*	75*								
2.9	35*	35*	40*	55*	80*								

表2. スwitching動作時推奨負荷電流($R_C: 200\Omega$ のとき)

V _{OUT} -出力電圧 (V)	単位 (mA)											
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10
30									50	100	100	
25								50	70	100	100	
20						15	25	30	70	90	100	100
15				10	15	25	35	45	90	100	100	100
12	10	10	15	20	25	35	45	60	100	100	100	100
10	15	20	20	25	30	40	55	70	100	100		
9.0	20	20	25	30	35	45	60	80	100			
6.0	25	30	35	45	50	65	90	100				
5.0	30	35	40	55	60	75	100	100				
4.5	35	40	45	55	65	85	100	100*				
3.0	50	55*	65*	80*	90*							
2.9	50*	60*	65*	85*	100*							

表5. スwitching動作時推奨負荷電流($R_C: 1k\Omega$ のとき)

V _{OUT} -出力電圧 (V)	単位 (mA)											
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10
30										35	35	
25										35	50	50
20										35	60	60
15								10	30	45	65	65
12								20	40	45	85	85
10								15	25	40	55	
9.0						10	10	15	25	30	45	60
6.0	10	10	10	15	20	20	30	35				
5.0	10	15	15	20	20	25	35	40				
4.5	15	15	15	20	25	30	40	45*				
3.0	20	25*	25*	30*	35*							
2.9	20*	25*	25*	30*	45*							

表3. スwitching動作時推奨負荷電流($R_C: 300\Omega$ のとき)

V _{OUT} -出力電圧 (V)	単位 (mA)											
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10
30									40	70	70	
25								40	55	100	100	
20						10	15	20	55	70	100	100
15				10	10	20	30	35	75	95	100	100
12	10	10	10	15	20	25	35	45	95	100	100	100
10	15	15	15	20	25	30	45	55	100	100		
9.0	15	15	20	25	30	35	50	60	100	100		
6.0	25	25	30	35	45	55	70	90				
5.0	30	30	35	45	50	65	85	100				
4.5	30	35	40	45	55	70	95	100*				
3.0	45	50*	55*	70*	90*							
2.9	45*	50*	60*	75*	95*							

共通測定条件

- RE2 = 4.7k Ω
- CL = 330 μ F
- L = 50 μ H ($r_{in} \leq 0.1\Omega$)
- C = 0.1 μ F
- TA = 25°C

* ΔV は次の条件を満足して下さい。
 TA $\leq 70^\circ\text{C}$ で $1.2\text{V} \leq \Delta V$
 TA $\leq 85^\circ\text{C}$ で $1.9\text{V} \leq \Delta V$
 ただし、 $\Delta V = V_{OUT} - V_{IN2}$

9-2 スイッチング動作時推奨負荷電流表 (TL499ACPS SOパッケージ)

入出力電圧値が設定されたときの最大出力電流値を表6から表10に示します。

表6. スイッチング動作時推奨負荷電流($R_c: 150\Omega$ のとき)

		単位 (mA)																					
V _{OUT} -出力電圧 (V)	30															45	55	60					
	25															50	60	70	75				
	20														20	25	30	75	80	95	100		
	15														15	20	30	40	55	100	100	100	100
	12	10	15	20	25	30	40	55	70	100	100	100	100										
	10	15	20	25	30	35	45	65	80	100	100												
	9.0	20	25	25	35	40	50	70	90	100	100												
	6.0	30	35	40	45	55	75	95	100														
	5.0	35	40	45	55	70	85	100	100														
	4.5	35	45	50	60	75	95	100	100*														
3.0	55	65*	75*	95*	100*																		
2.9	60*	70*	75*	95*	100*																		
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10											
	V _{IN2} -入力電圧 (V)																						

表9. スイッチング動作時推奨負荷電流($R_c: 510\Omega$ のとき)

		単位 (mA)																						
V _{OUT} -出力電圧 (V)	30																15	35	50					
	25																15	25	50	65				
	20																25	35	70	85				
	15																15	20	40	55	100	100		
	12																10	15	20	25	55	70	100	100
	10																10	15	20	25	35	65	85	
	9.0	10	10	10	10	15	20	20	30	35	75	100												
	6.0	15	15	20	25	25	35	45	55															
	5.0	20	20	25	30	35	40	55	70															
	4.5	20	20	25	30	35	45	55	70*															
3.0	30	30*	35*	40*	40*																			
2.9	30*	30*	35*	40*	40*																			
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10												
	V _{IN2} -入力電圧 (V)																							

表7. スイッチング動作時推奨負荷電流($R_c: 200\Omega$ のとき)

		単位 (mA)																					
V _{OUT} -出力電圧 (V)	30															45	85	85					
	25															50	60	100	100				
	20															15	25	30	70	85	100	100	
	15															10	15	25	35	45	90	100	100
	12	10	10	15	20	25	35	45	55	100	100	100	100										
	10	15	20	20	25	30	40	55	70	100	100												
	9.0	20	20	25	30	35	45	60	75	100	100												
	6.0	25	30	35	45	50	65	90	100														
	5.0	30	35	40	55	60	75	100	100														
	4.5	35	40	45	55	65	85	100	100*														
3.0	45	45*	50*	60*	70*																		
2.9	45*	45*	50*	60*	70*																		
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10											
	V _{IN2} -入力電圧 (V)																						

表10. スイッチング動作時推奨負荷電流($R_c: 1k\Omega$ のとき)

		単位 (mA)																					
V _{OUT} -出力電圧 (V)	30																5	10					
	25																5	15	20				
	20																10	30	35				
	15																5	15	20	50	65		
	12																10	20	25	65	80		
	10																10	15	30	45			
	9.0																5	5	10	10	15	35	50
	6.0	5	5	10	10	10	10	15	20	25													
	5.0	10	10	10	10	10	15	20	25	35													
	4.5	10	10	10	10	15	15	20	30	35*													
3.0	15	15*	20*	20*	25*																		
2.9	15*	15*	20*	20*	25*																		
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10											
	V _{IN2} -入力電圧 (V)																						

表8. スイッチング動作時推奨負荷電流($R_c: 300\Omega$ のとき)

		単位 (mA)																						
V _{OUT} -出力電圧 (V)	30															30	65	70						
	25															35	45	85	95					
	20															10	15	20	45	60	100	100		
	15															10	10	20	25	35	70	90	100	100
	12	10	10	10	15	20	25	35	45	90	100	100	100											
	10	10	15	15	20	25	30	40	50	100	100													
	9.0	15	15	20	20	25	35	45	60	100	100													
	6.0	20	25	25	35	40	50	70	85															
	5.0	25	30	35	40	50	60	80	100															
	4.5	30	35	40	45	50	65	80	100*															
3.0	45	45*	50*	55*	60*																			
2.9	45*	50*	50*	55*	60*																			
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	9.0	10												
	V _{IN2} -入力電圧 (V)																							

共通測定条件

$R_{E2} = 4.7k\Omega$
 $C_L = 330\mu F$
 $L = 50\mu H (r_{in} \leq 0.1\Omega)$
 $C = 0.1\mu F$
 $T_A = 25^\circ C$

* ΔV は次の条件を満足して下さい。 $T_A \leq 70^\circ C$ で $1.2V \leq \Delta V$ $T_A \leq 85^\circ C$ で $1.9V \leq \Delta V$ ただし、 $\Delta V = V_{OUT} - V_{IN2}$

9. 応用回路例

9-1. バッテリー・バックアップ回路

TL499Aは1番端子に直流電圧 ($V_{IN1}=4.5V\sim 32.0V$) を印加した場合シリーズ・レギュレータとして動作する。このときの出力電圧はステップ・アップ・スイッチング・レギュレータ回路で作られる電圧より高くなる。これはシリーズ・レギュレータ回路のフィード・バック検出電圧がスイッチング回路の検出電圧より高くなっているためであり、この出力電圧差（電気的特性の項目では変動電圧）は出力電圧の2%(TYP.)、3%(MAX.)で規定される。

シリーズ・レギュレータ回路が動作しているときにはスイッチング回路は“OFF”状態となっている。図13に出力電圧対変動電圧特性図を示す。図14に電源トランスを用いたバッテリー・バックアップ回路図を示す。

図14の回路で1番端子に V_{IN} (4.5V ~ 32.0V) の電圧が加わり、8番端子にシリーズ・レギュレータの電圧が出力されるとスイッチング回路は“OFF”となり、電池から流れ込む電流はごくわずかになる。シリーズ入力電圧対スイッチング入力電流（電気的特性表の項目はスタンバイ電流）の特性を図16に示す。

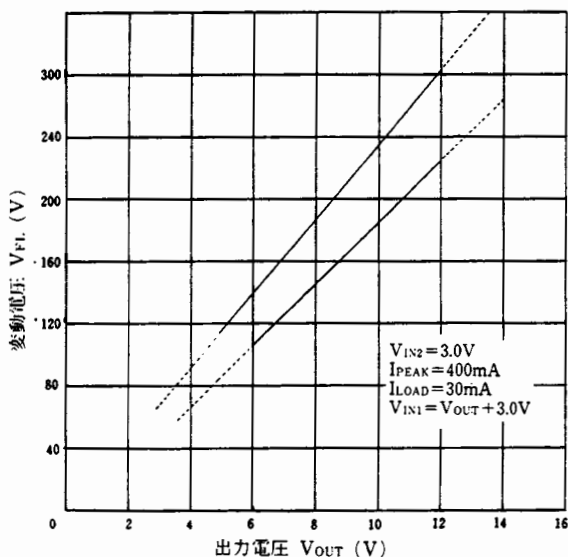


図13. 変動電圧 対 出力電圧特性

9-2. 充電回路を組み入れる場合の注意点

充電電池の特性や充電時間により充電電流は異なりますが過充電された場合や電池が取除かれた場合、TL499Aの入力に過電圧が加わるので図16の様にツェナ・ダイオード等で保護回路を挿入する事が推奨される。

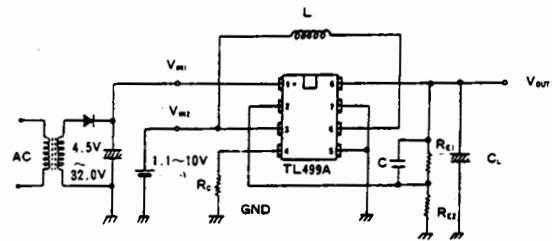


図14. バッテリー・バックアップ回路

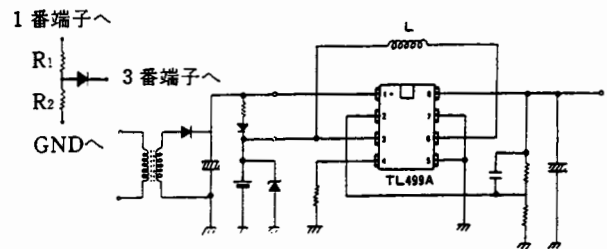


図15. 充電保護回路

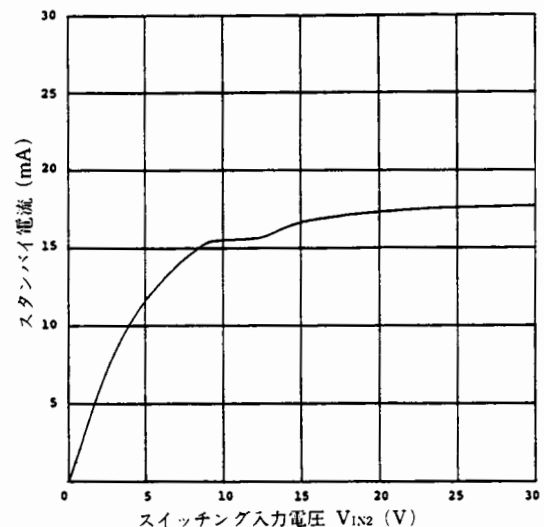


図16. TL499Aのスタンバイ電流特性

9-3. スwitching回路のインヒビット方法

TL499Aのスイッチング回路は図17に示す様に外部から8番端子にスイッチング出力より約1.0V位高い電圧を加える事により“OFF”することができる。しかしこの方法では外部電圧源が重負荷に対して電圧降下を生じ、負荷電流以上の電流容量を有する電源が必要となりあまり実用的ではない。これに対して図18の回路は2番端子（基準電圧）に V_{REF} 出力以上の電圧を印加することにより確実にスイッチング回路を“OFF”させる事ができる。このとき2番端子に流れ込む電流は負荷に無関係であり推奨される入力電圧範囲は $V_{REF}+0.2V\sim V_{IN1}-2.0V$ である。図19に外部より印加される2番端子電圧対シンク電流の特性グラフを示す。

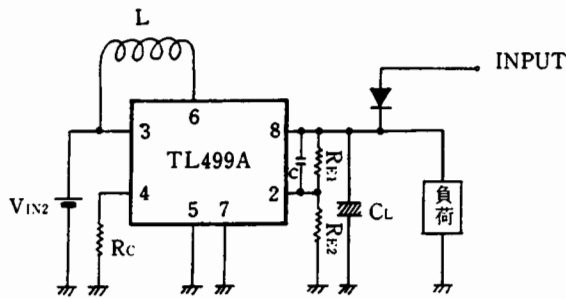


図17. 8 番端子を用いたスイッチング・インヒビット回路

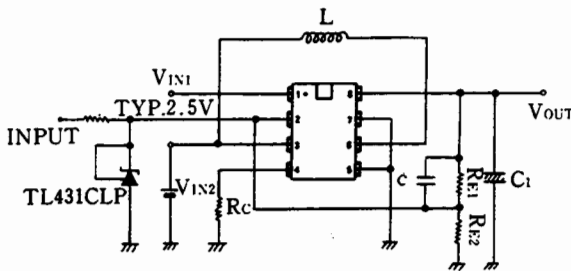


図18. 2 番端子を用いたスイッチング・インヒビット回路

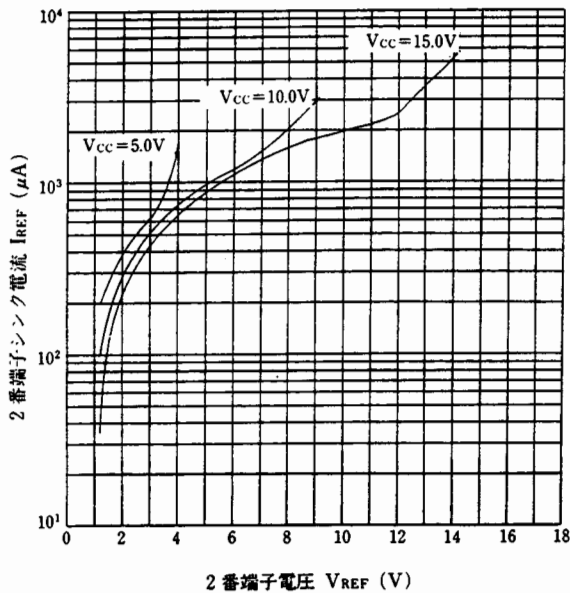


図19. シンク電流 対 2 番端子電圧特性

11. スwitchingレギュレータ設計上の注意点

11-1. コイル定数の選び方

一般にスイッチングレギュレータ用コイルは内部抵抗の小さなものを選ばないと効率が悪くなる。

TL499Aに使用するコイルは約1.0Aのピーク・スイッチング電流でも飽和せず高周波特性の良いものを選択する必要がある。またコイルのQが高過ぎるとスイッチング波形にリンキングを生じ易くなり効率が悪くなる。

したがってリップル・ノイズが過大な場合はコイルの内部抵抗を増やすと良いが当然効率は悪くなる。コストが安く比較的特性の良いコイルはドラム・コアを使用したもので次の表に例記する。EIコアやリングコアを使用したコイルは内部抵抗値が小さく特性も良いが割高になる。表11に標準的なドラムコア・コイルの諸特性を示す。

11-2. スwitchingトランジスタの発振周波数及びパルス幅について

TL499のスイッチングトランジスタの波形は、概略次の様な3つの部分に大別され、その基本動作は、TL497Aに類似した点がある。

1. インダクタにエネルギーを蓄積する
トランジスタの"ON"時間 t_{ON}
2. 負荷側にエネルギーを放出する
トランジスタの"OFF"時間 t_{OFF}
3. エネルギー変換を停止する
トランジスタの"静止"時間 t_{QUI}

またTL499Aの諸条件を変化させた場合

1) 負荷電流 I_{LOAD} を増やすとパルス列が増える。したがって休止時間が減る。更に負荷電流を増やすとパルス列のピーク電圧が低下し(規定された)出力電圧を維持できなくなる。

2) 休止時間のコレクタ電圧はスイッチング入力電圧に等しい。

3) スwitchingトランジスタの休止時間(t_{QUI})は誤差アンプが決定する。

4) 出力電圧をより高く設定するとパルス列が増える。

5) スwitching入力電圧を下げるとパルス列が増える。

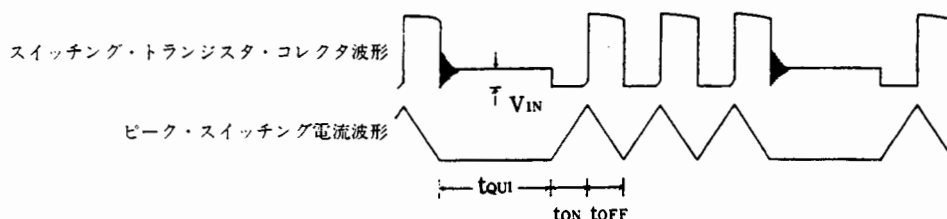
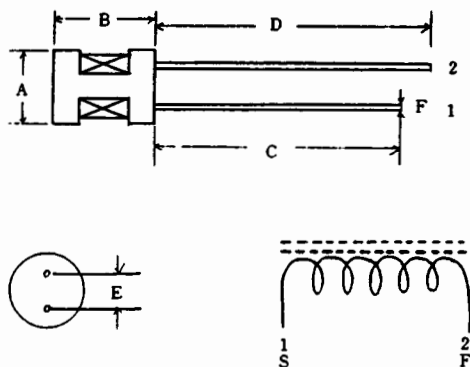


図20. TL499Aのスイッチング波形

表11. 標準的なドラム・コア型コイルの諸特性

品番	DR4-500K	K-500K	K-800K	K-101K	K-141K
主な諸元					
巻き数	(1-2) 43½	(1-2) 45½	(1-2) 55½	(1-2) 53½	(1-2) 62½
セットインダクタンス	50μH±10%以内	50μH±10%以内	80μH±10%以内	100μH±10%以内	140μH±10%以内
無負荷時Q	20以上	20以上	20以上	20以上	20以上
測定周波数	2.52 MHz	2.52 MHz	2.52 MHz	796 KHz	796 KHz
コア	ドラムコア 4×6 4B4	ドラムコア 6×8.5 L4	ドラムコア 6×8.5 L4	ドラムコア 8×10 L5	ドラムコア 8×10 L5
ワイア	0.12 2-UEW	0.4 UEW	0.35UEW	0.4 UEW	0.35UEW
コイル処理	高周波ワニス	高周波ワニス	高周波ワニス	高周波ワニス	高周波ワニス
その他	直流抵抗1.0Ω以下	直流抵抗0.092Ω	直流抵抗0.142Ω	直流抵抗0.135Ω	直流抵抗0.21Ω
型状寸法					
コア直径、A	4 mm	6 mm	6 mm	8 mm	8 mm
コア高さ、B	6 mm	8.5 mm	8.5 mm	10 mm	10 mm
リード線1、C	33±2 mm	20±5 mm	20±5 mm	33±5 mm	33±5 mm
リード線2、D	38±2 mm	20±5 mm	20±5 mm	33±5 mm	33±5 mm
リード線ピッチ、E	2±0.5 mm	3.5±1 mm	3.5±1 mm	4.5±1 mm	4.5±1 mm
リード線直径、F	0.6 mm				



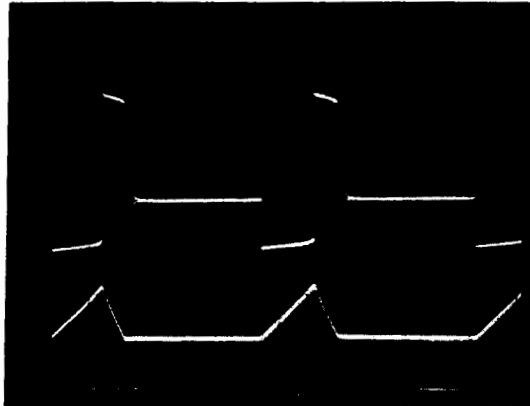
協同通信工業(株)製
 連絡先：横浜市神奈川区西神奈川1-14-1
 〒221 TEL.045(324)2244

12. スイッチングトランジスタ波形及び電流波形



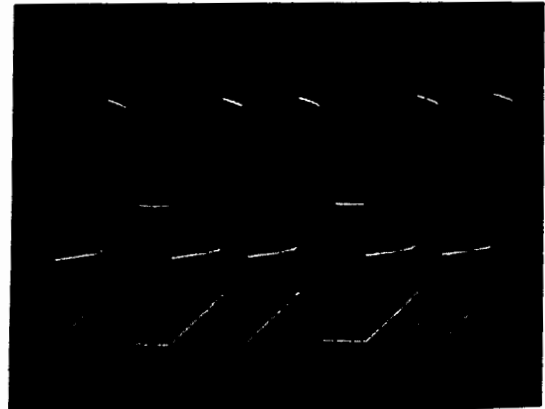
V_{IN}=5.0V
 V_{OUT}=10.0V
 L=50μH
 C_L=220μF/35V
 C=0.1μF
 R_C=150Ω
 I_{LOAD}=100mA
 水平軸：2 V/div
 垂直軸：20ms/div

図21. TL499Aのスイッチング出力電圧の立上がり/立下がり波形

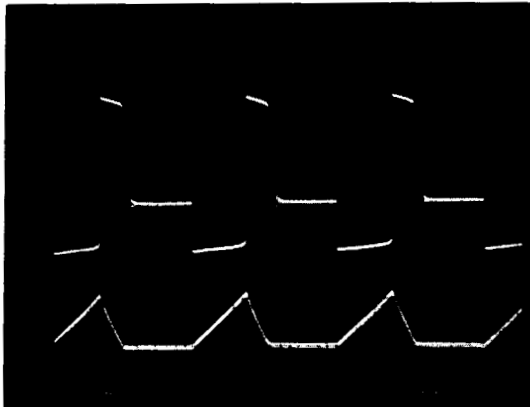


$V_{IN}=5.0V$ $C=0.1\mu F$
 $V_{OUT}=15.0V$ $I_{LOAD}=50mA$
 $R_C=150\Omega$ 水平軸：10 s/div
 $L=50\mu H$ 垂直軸：上：5 V/div
 $C_L=220\mu F/35V$ 下：1 A/div

図22-1. スイッチング電圧/電流波形

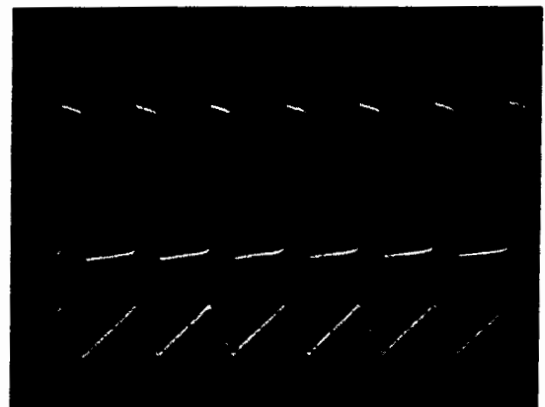


$V_{IN}=5.0V$ $C=0.1\mu F$
 $V_{OUT}=15.0V$ $I_{LOAD}=100mA$
 $R_C=150\Omega$ 水平軸：10 μs /div
 $L=50\mu H$ 垂直軸：上：5 V/div
 $C_L=220\mu F/35V$ 下：1 A/div

図22-3. スイッチング電圧/電流波形
(最大負荷の場合)

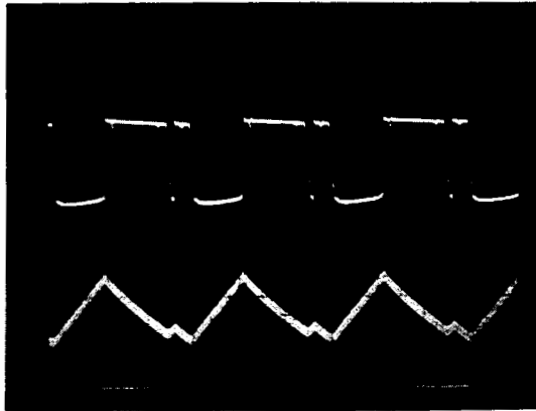
$V_{IN}=5.0V$ $C=0.1\mu F$
 $V_{OUT}=15.0V$ $I_{LOAD}=70mA$
 $R_C=150\Omega$ 水平軸：10 μs /div
 $L=50\mu H$ 垂直軸：上：5 V/div
 $C_L=220\mu F/35V$ 下：1 A/div

図22-2. スイッチング電圧/電流波形



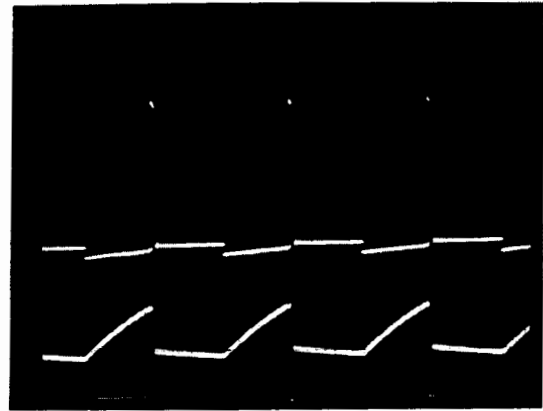
$V_{IN}=5.0V$ $I_{LOAD}=120mA$
 $V_{OUT}=15.0V$ 水平軸：10 μs /div
 $R_C=150\Omega$ 垂直軸：上：5 V/div
 $L=50\mu H$ 下：1 A/div
 $C_L=220\mu F/35V$ *この様な波形での使用は推奨さ
 $C=0.1\mu F$ れない。

図22-4. スイッチング電圧/電流波形
(過負荷の場合)



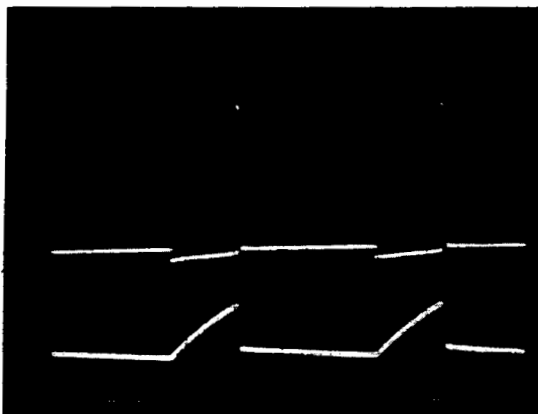
$V_{IN}=5.0V$ $I_{LOAD}=290mA$
 $V_{OUT}=7.80V$ 水平軸: $5\mu s/div$
(無負荷時: $15.0V$) 垂直軸: 上: $5V/div$
 $R_C=150\Omega$ 下: $0.4A/div$
 $L=50\mu H$ *この様な波形での使用は推奨され
 $C_L=220\mu F/35V$ れない。
 $C=0.1\mu F$

図22-5. スイッチング電圧/電流波形
(過負荷の場合)



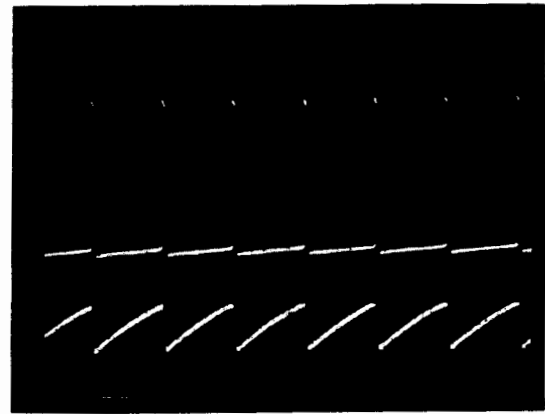
$V_{IN}=1.1V$ $C=0.1\mu F$
 $V_{OUT}=15.0V$ $I_{LOAD}=7.5mA$
 $R_C=150\Omega$ 水平軸: $50\mu s/div$
 $L=50\mu H$ 垂直軸: 上: $5V/div$
 $C_L=220\mu F/35V$ 下: $1A/div$

図23-2. スイッチング電圧/電流波形



$V_{IN}=1.1V$ $C=0.1\mu F$
 $V_{OUT}=15.0V$ $I_{LOAD}=5.0mA$
 $R_C=150\Omega$ 水平軸: $50\mu s/div$
 $L=50\mu H$ 垂直軸: 上: $5V/div$
 $C_L=220\mu F/35V$ 下: $1A/div$

図23-1. スイッチング電圧/電流波形



$V_{IN}=1.1V$ $I_{LOAD}=15.0mA$
 $V_{OUT}=15.0V$ 水平軸: $50\mu s/div$
 $R_C=150\Omega$ 垂直軸: 上: $5V/div$
 $L=50\mu H$ 下: $1A/div$
 $C_L=220\mu F/35V$ *この様な波形での使用は推奨され
 $C=0.1\mu F$ れない。

図23-3. スイッチング電圧/電流波形
(過負荷の場合)

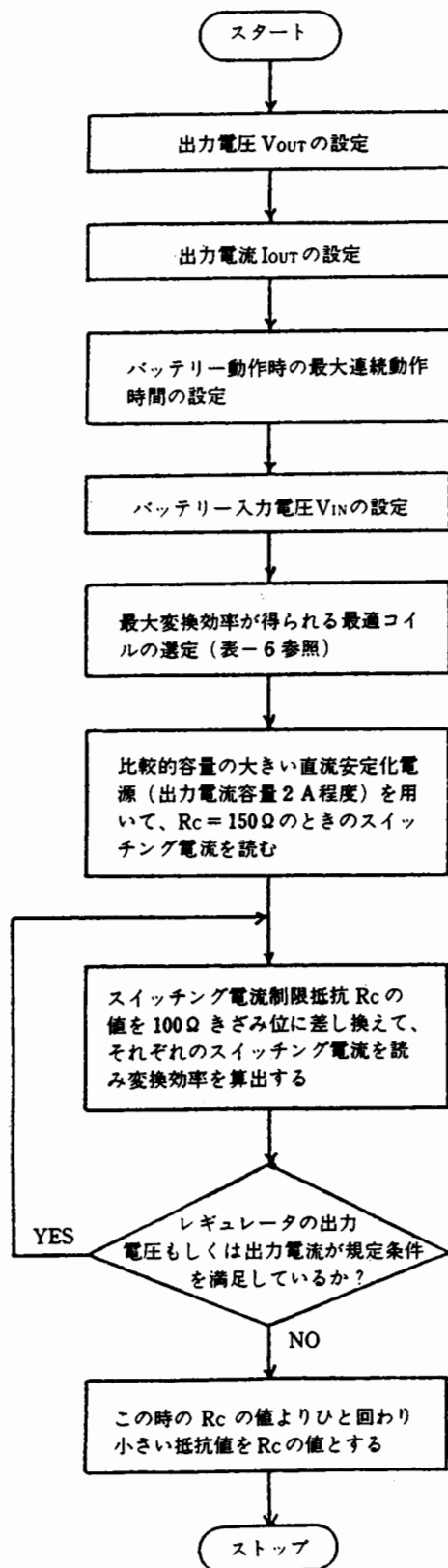


図24 スwitching・レギュレータ部の設計手順のフローチャート

備考

$$V_{OUT} = \text{CONSTANT}$$

$$I_{OUT} = \text{CONSTANT}$$

バッテリーの種類が決まる。

$$V_{IN} = \text{CONSTANT}$$

$L = 50\mu\text{H} \sim 150\mu\text{H}$ 程度が推奨される。また、フィルタ・キャパシタ C_L は $470\mu\text{F}$ 程度が推奨される。

このときの変換効率は約55%前後となる。
 $150\Omega \leq R_c \leq 1\text{k}\Omega$ 。最大出力電流は入出力電圧及び周辺定数を一定とした場合、図20のスイッチング波形で静止期間 t_{on} が存在する範囲で制限すること。

実験回路は図2に準ずる。

$$\text{変換効率: } \eta = \frac{V_{OUT} \cdot I_{OUT}}{V_{IN} \cdot I_{IN}} \cdot 100\%$$

バッテリーの放電特性を十分考慮した上で R_c の値を決定する必要がある。
 $100\Omega \sim 300\Omega$ 程度小さい値。

—TL499A設計及び使用上の注意—

TL499Aの特長を十分生かして御使用していただく為下記について御注意願います。

●パターン及びレイアウトについて

TL499Aはスイッチング動作時に高周波ピーク電流が流れるため周辺部品、CR等ではできる限りICの近くに配置し幅の広いパターン及び太いリード線で結線して下さい。グランド・ラインは放熱効果を持たせる意味で広く取って下さい。

●周辺部品について

1)コイル：L (50 μ H~150 μ H)

コイルはスイッチング・レギュレータの効率、性能を左右する最も大切な部品です。直流抵抗は0.1 Ω 以下が理想的でこの直流抵抗が大きいとスイッチングがスタート・アップしない事がありトラブルの原因となります。

2)デカップリング・コンデンサ：C_L (100 μ F~470 μ F)

デカップリング・コンデンサの容量を増やす事はリップル除去率を上げる事になりますが大きすぎるとスイッチング立上がり時の突入電流が大きくなるものとなり場合によってはスタート・アップしない事があります。

3)パス・コンデンサC (0.05 μ F~0.1 μ F)

パス・コンデンサは2ピン/8ピン間に挿入し出力リップル電圧を極力低減するためのコンデンサです。

4)スイッチング電流制限抵抗：R_c (150 Ω ~1k Ω)

150 Ω ~1k Ω の範囲内で御使用下さい。この値が小さすぎるとスイッチング電流が極度に増え効率が悪化し、大きすぎると内蔵増幅器の帰還量が減り安定した出力電圧の設定が得られません。

5)入力コンデンサ：C_{IN}

バッテリーの減電時や電源電圧の変動が大きい場合、ICと電源の距離が離れている場合等は入力コンデンサの使用が推奨されます。

6)メカニカル・スイッチ：S

メカニカル・スイッチを使用する場合は接触抵抗が小さく瞬時に切り替わる機構のものを使用して下さい。接触抵抗が大きい状態ではスイッチングが立上がらない事があります。

●ノイズ対策について

TL499Aは入出力電圧及び周辺部品の定数が一定ならば負荷電流の増加によってスイッチング・トランジスタの発振周波数が高くなります。スイッチング・ノイズはその周波数成分が幅広いいため対策は難しいが軽減する事はできます。実験的に得られたノイズ対策方法を列記すると、

- 1)ICとコイル及びコンデンサはできるだけ短く配線しアース・パターンを広くとる (推奨パターンを使用の事)。
- 2)入力インピーダンスの高い所やアンテナ部から遠ざける。
- 3)負荷電流を少なくする方向で検討し必要に応じて周辺部品の定数を変えてみる。
- 4)2ピン/8ピン間のパス・コンは必ず挿入しスイッチング入力側にもコンデンサを挿入する。
- 5)コイルから発生する磁界の方向を考え鉄板や珪素板などでシールドする。

●出力電流の設定について (表1~表5に記載された条件以外で使用する場合)

出力電流の設定は図20で示した様にスイッチング波形に静止期間 t_{QUI} が存在する範囲(出力電流を増やすと t_{QUI} が小さくなる)内で制限する事。この範囲内で使用する事により変換効率を高く、出力リップル雑音を小さくできます。

●出力の過負荷及び短絡について

出力が短絡されたり過負荷で使用した場合、動作は停止し入力電流はすべてスイッチング・トランジスタを通してグランドに筒抜けに流れます。

したがってIC内部で $V_{CESAT} \cdot I_{IN}$ (3ピン)に比例して発熱します。

この時の短絡電流はR_cによって全く制限されずICの熱破壊に至る危険があるため過負荷及び短絡は絶対に避けて下さい。

(リニア製品企画部 富永創樹)

