

# STABILIZATORY NAPIĘCIA STAŁEGO O DZIAŁANIU IMPULSOWYM

## Cel ćwiczenia:

- samodzielne zaprojektowanie i obliczenie niektórych parametrów impulsowego zasilacza napięcia stałego
- zapoznanie się z działaniem i właściwościami niestabilizowanych i stabilizowanych zasilaczy impulsowych

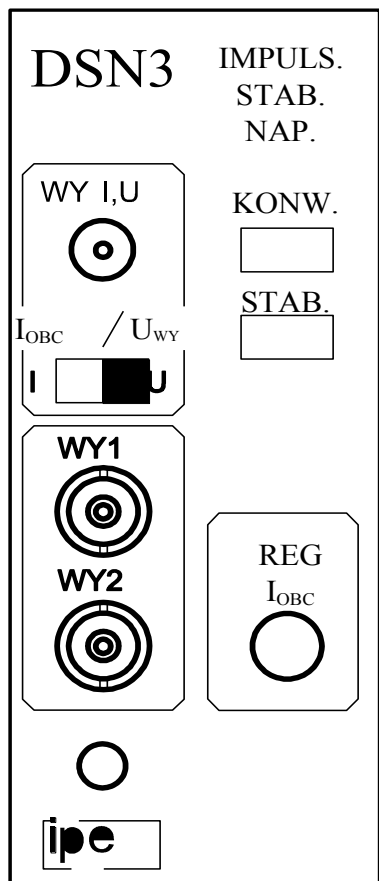
## Opis badanych układów

Tradycyjny zasilacz składa się z transformatora sieciowego, prostownika oraz stabilizatora napięcia stałego o pracy ciągłej. Zalety tak zbudowanych zasilaczy to bardzo dobra stabilizacja napięcia wyjściowego, znikomo mały poziom generowanych zakłóceń oraz prostota budowy. Niestety, zasilacze o pracy ciągłej cechuje niewielka sprawność energetyczna, rzadko przekraczająca 50 - 60%. Tracona moc musi zostać rozproszona w postaci ciepła, co przy realizacji zasilaczy o dużej mocy wymaga zastosowania radiatorów o znacznych wymiarach i, nierzadko, wymuszonego chłodzenia. Strata znacznej części mocy oznacza zwiększony koszt eksploatacji zasilacza, a silne nagrzewanie elementów regulacyjnych ( tranzystorów) powoduje zmniejszanie niezawodności układu. Należy również pamiętać o dużych wymiarach i wadze transformatora sieciowego. Wszystko to sprawia, że w zakresie średnich i dużych mocy (od kilkudziesięciu watów) należy stosować rozwiązania zasilaczy pozwalające na radykalne zwiększenie sprawności energetycznej (warto sobie uświadomić, że zwiększenie sprawności zasilacza o mocy 1 kW zaledwie o 1% oznacza zmniejszenie mocy strat o 10 W!) oraz zmniejszenie wymiarów i masy.

Rozwiązaniem, umożliwiającym spełnienie wspomnianych warunków jest zasilacz impulsowy, do którego moc ze źródła zasilania jest dostarczana w sposób przerywany (impulsowo), natomiast pobór mocy z wyjścia odbywa się tak, jak w klasycznym zasilaczu o pracy ciągłej. Tak zrealizowany zasilacz umożliwia, teoretycznie, bezstratne przetwarzanie napięcia na napięcie niższe, (ewentualnie, w odróżnieniu od zasilacza o pracy ciągłej - wyższe) od wejściowego, co bezpośrednio wynika z równania, opisującego zasadę pracy idealnego zasilacza impulsowego:

$$P_{WE} = \int_0^T U_{WE} i_{WE} (t) dt = U_{WY} I_{WY} = P_{WY}$$

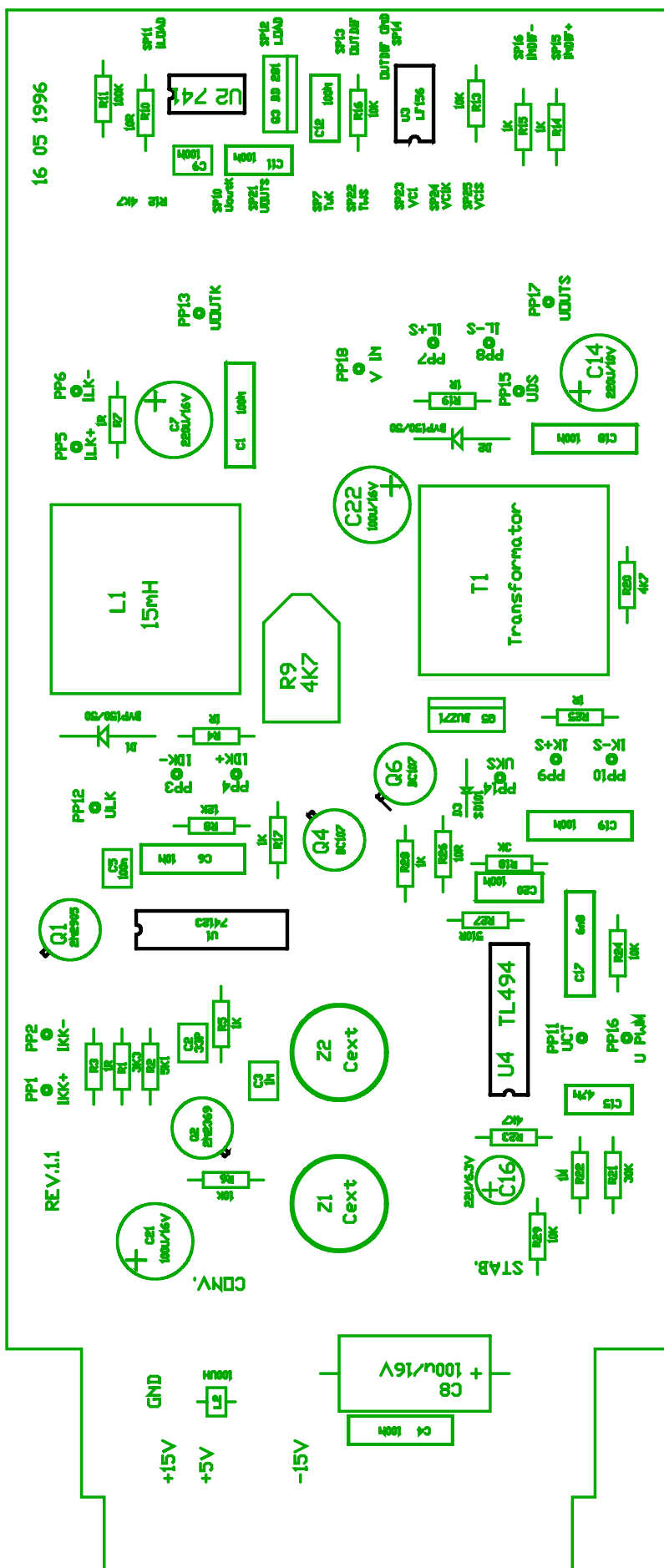
gdzie  $i_{WE} = 0$  w czasie od  $\delta T$  do  $T$ .



Rys.1. Widok płyty czołowej wkładki DSN3.

(nie trudno zauważyć, że jeżeli prąd  $i_{WE}$  płynie przez cały czas oraz  $U_{WE} > U_{WY}$  - jak to ma miejsce w zasilaczu o pracy ciągłej - to zawsze  $P_{WE} > P_{WY}$ , co oznacza konieczność występowania strat mocy).

W ćwiczeniu są badane dwa podstawowe układy zasilaczy impulsowych. Ich moc jest co prawda, nietypowo, bardzo mała, jednakże mimo to można zaobserwować pewne zjawiska charakterystyczne dla zasilaczy o pracy przerywanej. Na przykład, w niestabilizowanym



Rys.2. Widok płytki drukowanej wkładki DSN3.

konwerterze napięcia stałego można obserwować skutki jego niedociążenia (gwałtowny wzrost napięcia wyjściowego powyżej nominalnego), a także efekty nasycania się rdzenia cewki (objawiające się niekontrolowanym, chwilowym wzrostem jej prądu).

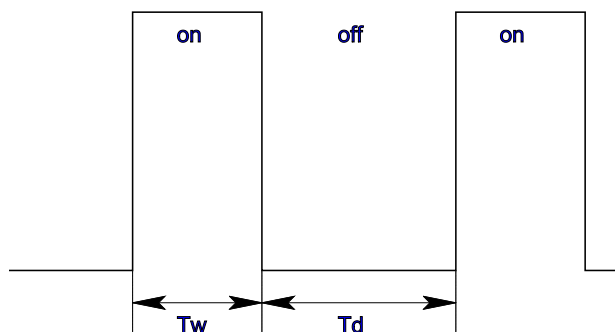
### Opis wkładki DSN3

Widok płyty czołowej wkładki DSN3 jest pokazany na rys.1.

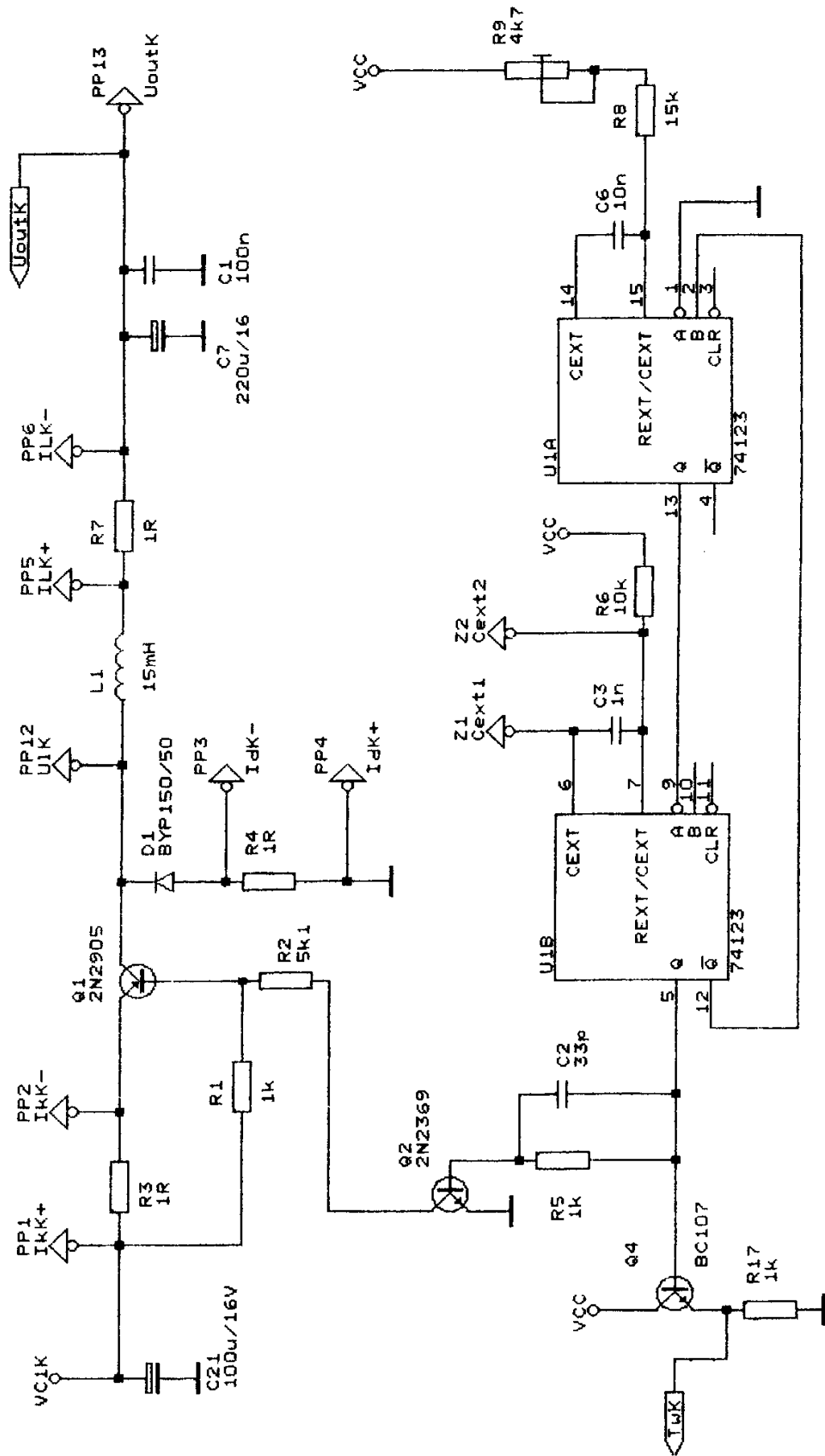
Na płycie drukowanej wkładki DSN3 (rys.2) znajdują się dwa układy impulsowych zasilaczy napięcia stałego. Pierwszy z nich (opisany na płycie drukowanej jako "KONW.") to prosty, beztransformatorowy, niestabilizowany konwerter napięcia stałego w układzie współbieżnym (*forward converter*). Schemat konwertera został pokazany na rys. 4. Konwerter przetwarza napięcie stałe +15V na napięcie o mniejszej wartości, którą możesz wybrać (prawie) dowolnie. Wartość napięcia wytwarzanego na wyjściu zasilacza impulsowego zależy od współczynnika wypełnienia fali impulsów sterujących okresowym włączaniem klucza (jego rolę pełni tu tranzystor Q1). Do wytwarzania fali impulsów służy w opisywanym konwerterze generator astabilny, zbudowany z dwóch przerzutników monostabilnych (tę rolę pełni układ U1 - 74123).

Przebieg generowanego sygnału impulsowego przedstawiono na rys.3. Czas trwania  $T_w$  impulsu włączającego klucz Q1 możesz zmieniać, dołączając do zacisków Z1 i Z2 kondensator  $C_{ext}$ , natomiast czas "przerwy"  $T_d$  jest ściśle określony i równy 50  $\mu s$ .

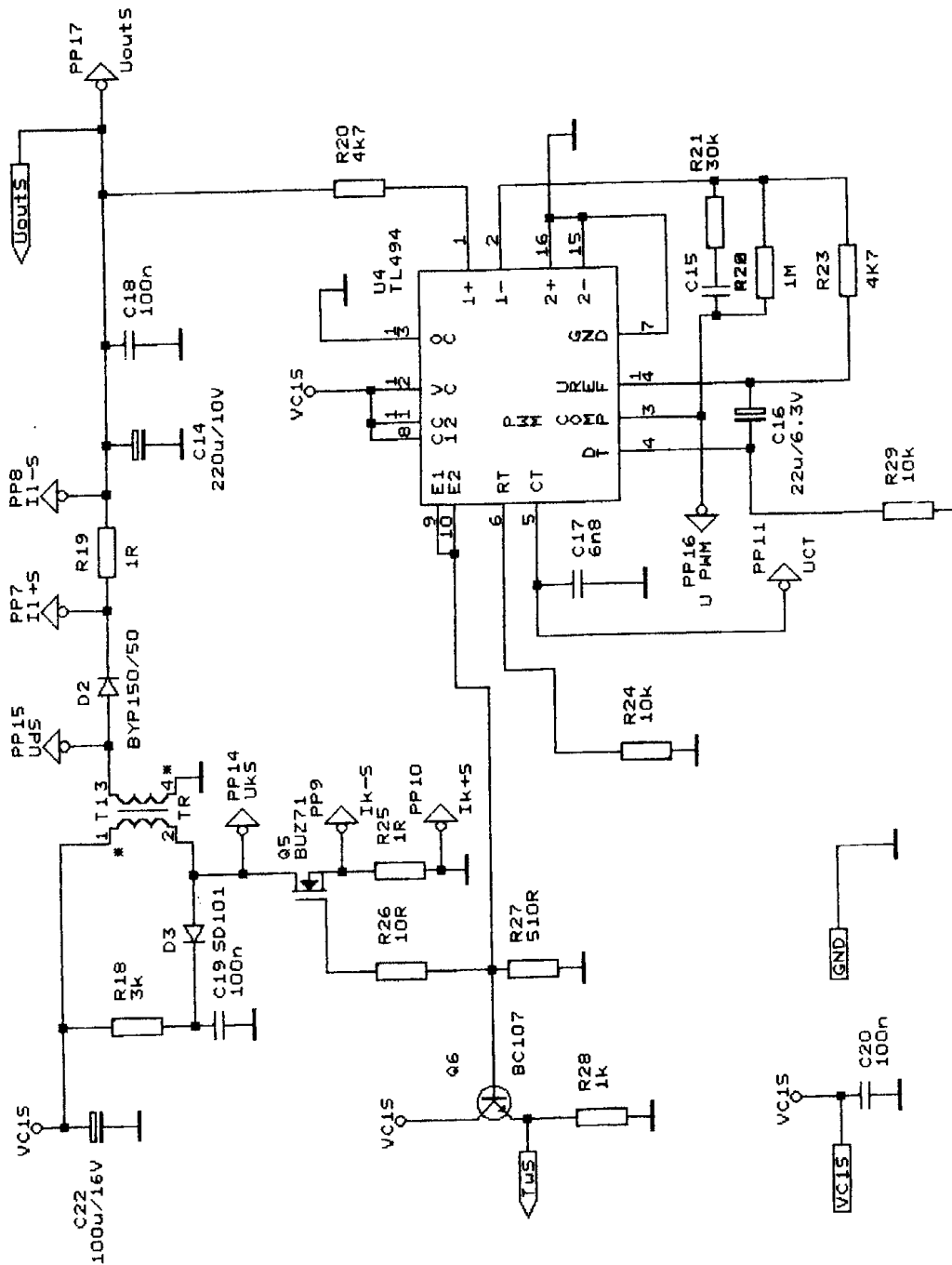
Drugi z układów ("STAB"), znajdujący się na płycie wkładki DSN3, to stabilizowany zasilacz impulsowy z transformatorem i scalonym sterownikiem TL 494 (U4). Zasilacz zrealizowano w układzie przeciwbieżnym (*flyback converter*) z unipolarnym tranzystorem mocy jako kluczem. W zasilaczu został zastosowany układ tzw. "miękkiego startu". Schemat zasilacza przedstawiono na rys.5. Dane katalogowe sterownika TL 494 są zawarte w niniejszej instrukcji - na ich podstawie możesz przeanalizować zasadę działania opisanego stabilizatora impulsowego. Stabilizator jest zasilany napięciem +15V, a na swoim wyjściu wytwarza napięcie stabilizowane +5V. W tym układzie nie ma możliwości zmiany napięcia wyjściowego.



Rys.3 Impulsy sterujące włączaniem klucza Q1.



Rys.4. Schemat ideowy konwertera napięcia stałego.

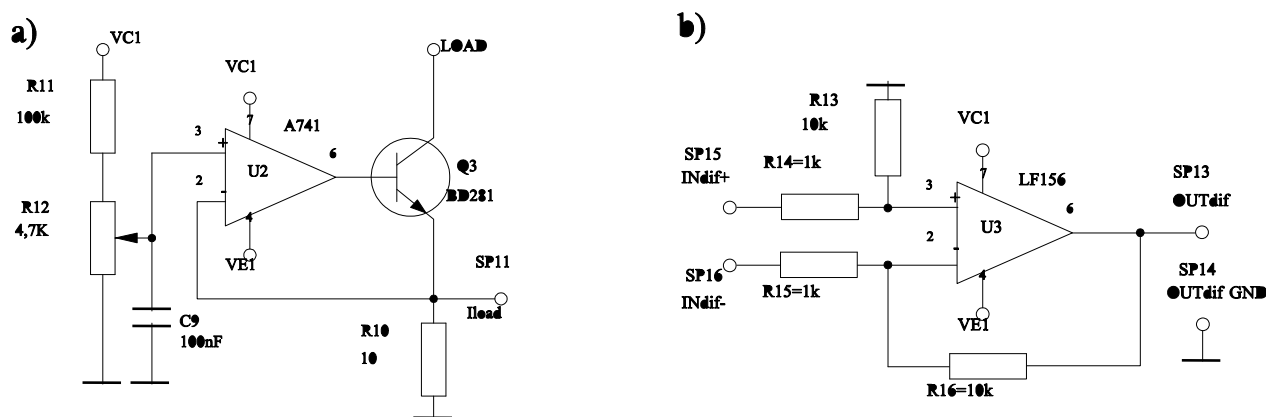


Rys.5. Schemat ideowy impulsowego stabilizatora napięcia stałego z układem TL494.

Oprócz badanych układów zasilaczy, na płytce wkładki DSN3 umieszczono dwa ważne układy pomocnicze. Jeden z nich, o schemacie jak na rys.6a, to regulowane źródło prądowe, umożliwiające obciążanie wyjść zasilaczy prądem od 0 do około 70 mA. Prąd źródła można regulować przy pomocy potencjometru (opisanego na płycie czołowej wkładki "REG IOBC"). Wartość płynącego prądu możesz odczytać, dołączając woltomierz do wyjścia "WY I,U", pamiętając że pomiar polega na mierzeniu spadku napięcia na oporniku pomiarowym  $10\Omega$  (R10).

Drugi układ pomocniczy to wzmacniacz różnicowy o wzmacnieniu 10 V/V,

zrealizowany przy użyciu wzmacniacza operacyjnego LF 156 (rys.6b). Wzmacniacz jest przeznaczony do obserwacji przebiegów na opornikach pomiarowych  $1\Omega$ , służących do odwzorowania kształtów prądów w różnych punktach obu zasilaczy. Zastosowanie wzmacniacza różnicowego umożliwiło obserwację przebiegów na opornikach, których żadna końcówka nie jest dołączona do masy - można więc obejrzeć np. prąd klucza Q1 lub diody D2. Do dołączenia wzmacniacza do badanego układu służy "sonda" - wtyk, który można nasunąć na "szpilki", obok odpowiednich oporników pomiarowych. Pamiętaj wszakże, że prawidłowy obraz przebiegu uzyskasz jedynie wtedy, gdy dokonasz połączenia odpowiednich wejść wzmacniacza różnicowego z odpowiednimi końcówkami opornika pomiarowego. Dla ułatwienia, jedną z końcówek opornika oznaczono na płytce zawsze jako "+" i należy ją łączyć z czerwonym przewodem "sondy" wzmacniacza różnicowego. Wyjście wzmacniacza jest dołączone do gniazda "WY1", umieszczonego na płycie czołowej wkładki - możesz do tego gniazda dołączyć wejście oscyloskopu.



Rys.6. Schematy ideowe układów pomocniczych: a) źródła prądowego, b) wzmacniacza różnicowego.

Zamontowany na płycie czołowej wkładki przełącznik "KONW/STAB" przełącza badane układy zasilaczy. Dołącza on napięcie wejściowe  $+15\text{ V}$  do odpowiedniego układu zasilacza, dołącza doń obciążające źródło prądowe oraz dołącza do gniazda "WY2" sygnał, będący obrazem przebiegu impulsowego sterującego tranzystorem kluczującym aktualnie włączanego zasilacza. Jeśli sygnał ten zostanie użyty do wyzwalania podstawy czasu oscyloskopu (ustaw wyzwalanie wewnętrzne z kanału, w którym obserwujesz wspomniany sygnał), to można "zgrać" oscylogramy z poszczególnymi fazami pracy zasilacza (włączaniem i wyłączaniem tranzystora kluczującego).

Przełącznik " $I_{OBC}/U_{WY}$ " służy do dołączenia woltomierza (połączonego z gniazdem "WY I,U") bądź do węzła, w którym panuje napięcie wyjściowe odpowiedniego zasilacza, bądź do węzła, którego napięcie odpowiada ustawionemu przez Ciebie prądowi obciążenia.

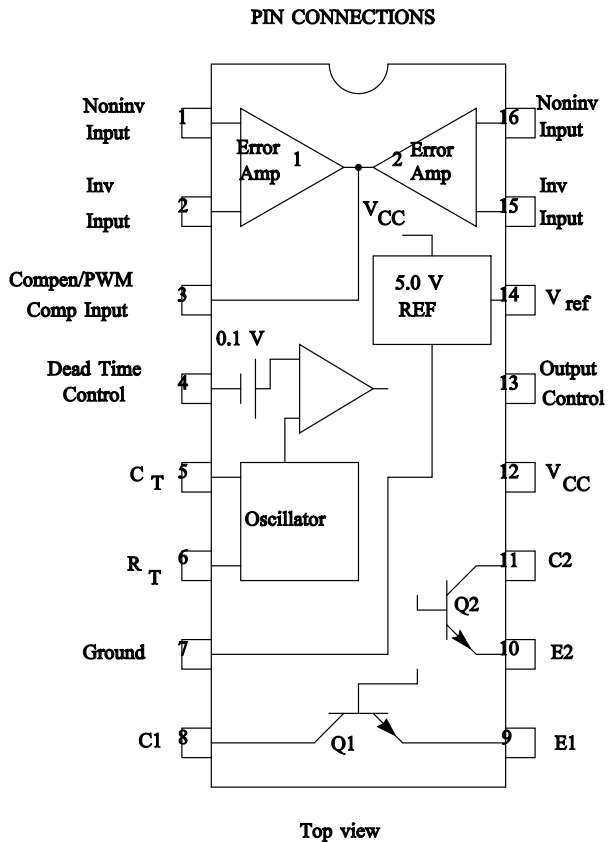
## TL494

### SWITCHMODE PULSE WIDTH MODULATION CONTROL CIRCUIT

The TL494 is a fixed frequency pulse width modulation control circuit designed primarily for SWITCHMODE power supply control.

This device features:

- Complete Pulse Width Modulation Control Circuitry
- On-Chip Oscillator with Master or Slave Operation
- On-Chip Error Amplifiers
- On-Chip 5.0 V Reference
- Adjustable Dead-Time Control
- Uncommitted Output Transistors Rated to 500 mA Source or Sink
- Output Control for Push-Pull or Single-Ended Operation
- Undervoltage Lockout



MAXIMUM RATINGS (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted)

Bląd! Nie zdefiniowano zakładki. Rating	Symbol	TL494C	TL494I	TL494M	Unit
Power Supply Voltage	$V_{CC}$	42			V
Collector Output Voltage	$V_{C1}, V_{C2}$	42			V
Collector Output Current (Each transistor)(Note1)	$I_{C1}, I_{C2}$	500			mA
Amplifier Input Voltage Range	$V_{IR}$	-0.3 to +42			V
Power Dissipation @ $T_A \leq 45^\circ\text{C}$	$P_D$	1000			mW
Operating Junction Temperature Plastic Package	$T_J$	125		-	$^\circ\text{C}$
Ceramic Package		150			
Storage temperature Range Plastic Package	$T_{stg}$	-55 to +125		-	$^\circ\text{C}$
Ceramic Package		-65 to +150			
Operating Ambient Temperature Range	$T_A$	0 to +70	-25 - +85	-55 - +125	$^\circ\text{C}$

NOTES: 1. Maximum thermal limits must be observed.

#### THERMAL CHARACTERISTICS

<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b> Characteristics	Symbol	N Suffix	J Suffix	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\Theta JA}$	80	100	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Derating Ambient Temperature	$T_A$	45	50	$^{\circ}\text{C}$

#### RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b> Condition Value	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Power Supply Voltage	$V_{CC}$	7.0	15	40	V
Collector Output Voltage	$V_{C1}, V_{C2}$	-	30	40	V
Collector Output Current (Each transistor)	$I_{C1}, I_{C2}$	-	-	200	mA
Amplified Input Voltage	$V_{in}$	-0.3	-	$V_{CC}-2.0$	V
Current Into Feedback Terminal	$I_{fo}$	-	-	0.3	mA
Reference Output Current	$I_{ref}$	-	-	10	mA
Timing Resistor	$R_T$	1.8	30	500	$k\Omega$
Timing Capacitor	$C_T$	0.0047	0.001	10	$\mu\text{F}$
Oscillator Frequency	$f_{osc}$	1.0	40	200	kHz

#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_{CC}=15\text{V}$ , $C_T=0.01\mu\text{F}$ , $R_T=12k\Omega$ unless otherwise noted)

For typical values  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ , for min, max values  $T_A$  is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b> Characteristics	Symbol	TL494C,I			TL494M			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
<b>REFERENCE SECTION</b>								
Reference Voltage ( $I_O=1.0\text{mA}$ )	$V_{ref}$	4.75	5.0	5.25	4.75	5.0	5.25	V
Line Regulation ( $V_{CC}=7.0$ to $40\text{V}$ )	$Reg_{line}$	-	2.0	25	-	2.0	25	mV
Load Regulation ( $I_O=1.0$ to $10\text{mA}$ )	$Reg_{line}$	-	3.0	15	-	3.0	15	mV
Short Circuit Output Current ( $V_{ref}=0\text{V}$ )	$I_{SC}$	15	35	75	15	35	75	mA
<b>OUTPUT SECTION</b>								



Błąd! Nie zdefiniowano zakładki. Characteristics	Symbol	TL494C,I			TL494M			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Collector Off-State Current ( $V_{CC}=40V$ , $V_{CE}=40V$ )	$I_{C(off)}$	-	2.0	100	-	2.0	100	$\mu A$
Emitter Off-State Current ( $V_{CC}=40V$ , $V_C=40V$ , $V_E=0V$ )	$I_{E(off)}$	-	-	-100	-	-	-150	$\mu A$
Collector-Emitter Saturation Voltage (Note 2) Common-Emitter ( $V_E=0V$ , $I_C=200mA$ ) Emitter-Follower ( $V_C=15V$ , $I_C=200mA$ )	$V_{sat(C)}$ $V_{sat(E)}$	- -	1.1 1.5	1.3 2.5	- -	1.1 1.5	1.5 2.5	V
Output Control Pin Current Low State ( $V_{OC}\leq 0.4V$ ) High State ( $V_{OC}=V_{ref}$ )	$I_{OCL}$ $I_{OCH}$	- -	10 0.2	- 3.5	- -	10 0.2	- 3.5	$\mu A$ mA
Output Voltage Rise Time Common-Emitter Emitter-Follower	$t_r$	- -	100 100	200 200	- -	100 100	200 200	ns
Output Voltage Fall Time Common-Emitter Emitter-Follower	$t_f$	- -	25 40	100 100	- -	25 40	100 100	ns

NOTE: 2.Low duty cycle pulse techniques are used during testing maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.

Błąd! Nie zdefiniowano zakładki. Characteristics	Symbol	TL494			Unit
		Min	Typ	Max	
<b>ERROR AMPLIFIER SECTION</b>					
Input Offset Voltage ( $V_{O(Pin3)}=2.5V$ )	$V_{IO}$	-	2.0	10	mV
Input Offset Current ( $V_{O(Pin3)}=2.5V$ )	$I_{IO}$	-	5.0	250	nA
Input Bias Current ( $V_{O(Pin3)}=2.5V$ )	$I_{IB}$	-	-0.1	-1.0	$\mu A$
Input Common Mode Voltage Range ( $V_{CC}=40V$ , $T_A=25^\circ C$ )	$V_{ICR}$	-0.3 to $V_{CC}-2.0$			V
Open-Loop Voltage Gain ( $\Delta V_O=3.0V$ , $V_O=0.5$ to $3.5V$ , $R_L=2.0k\Omega$ )	$A_{VOL}$	70	95	-	dB
Unity-Gain Crossover Frequency ( $V_O=0.5$ to $3.5V$ , $R_L=2.0k\Omega$ )	$f_c$	-	350	-	kHz
Phase Margin at Unity-Gain ( $V_O=0.5$ to $3.5V$ , $R_L=2.0k\Omega$ )	$\Phi_m$	-	65	-	deg
Common Mode Rejection Ratio ( $V_{CC}=40V$ )	CMMR	65	90	-	dB
Power Supply Rejection Ratio ( $\Delta V_{CC}=33.0V$ , $V_O=2.5 V$ , $R_L=2.0k\Omega$ )	PSRR	-	100	-	dB
Output Sink Current ( $V_{O(Pin3)}=0.7V$ )	$I_{O-}$	0.3	0.7	-	mA
Output Source Current ( $V_{O(Pin3)}=3.5V$ )	$I_{O+}$	2.0	-4.0	-	mA
<b>PWM COMPARATOR SECTION (Test Circuit Figure 11)</b>					
Input Threshold Voltage (Zero Duty Cycle)	$V_{TH}$	-	2.5	4.5	V
Input Sink Current ( $V_{(Pin3)}=0.7V$ )	$I_L$	0.3	0.7	-	$\mu A$
<b>DEAD-TIME CONTROL SECTION (Test Circuit Figure 11)</b>					
Input Bias Current (Pin 4) ( $V_{Pin4}=0$ to $5.25V$ )	$I_{IB(DT)}$	-	-2.0	-10	$\mu A$
Maximum Duty Cycle, Each Output, Push-Pull Mode ( $V_{Pin4}=0$ , $C_T=0.01\mu F$ , $R_T=12k\Omega$ ) ( $V_{Pin4}=0$ , $C_T=0.001\mu F$ , $R_T=12k\Omega$ )	$DC_{max}$	45 -	48 45	50 50	%
Input Threshold Voltage (Pin 4) (Zero Duty Cycle) (Maximum Duty Cycle)	$V_{TH}$	- 0	2.8 -	3.3 -	V
<b>OSCILLATOR SECTION</b>					
Frequency ( $C_T=0.001\mu F$ , $R_T=30k\Omega$ )	$f_{osc}$	-	40	-	kHz
Standard Deviation of Frequency ( $C_T=0.001\mu F$ , $R_T=30k\Omega$ )	$\sigma f_{osc}$	-	3.0	-	%

Błąd! Nie zdefiniowano zakładek. Characteristics	Symbol	TL494			Unit
		Min	Typ	Max	
Frequency Change with Voltage ( $V_{CC}=7.0$ to $40V$ , $T_A=25^{\circ}C$ )	$\Delta f_{osc}(DV)$	-	0.1	-	%
Frequency Change with Temperature ( $\Delta T_A= T_{low}$ to $T_{high}$ , $C_T=0.01\mu F$ , $R_T=12k\Omega$ )	$\Delta f_{osc}(DT)$	-	-	12	%
UNDERVOLTAGE LOCKOUT SECTION					
Turn-On Threshold ( $V_{CC}$ increasing, $I_{ref}=1.0mA$ )	$V_{th}$	5.5	6.43	7.0	V
TOTAL DEVICE					
Standby Supply Current (Pin 6 at $V_{ref}$ . All other inputs and outputs open) ( $V_{CC}=15V$ ) ( $V_{CC}=40V$ )	$I_{CC}$	-	5.5	10	mA
		-	7.0	15	
Average Supply Current ( $C_T=0.01\mu F$ , $R_T=12k\Omega$ , $V_{(Pin4)}=2.0V$ , $V_{CC}=15V$ )	-	-	7.0	-	mA

## APPLICATIONS INFORMATION

### Description

The TL494 is a fixed-frequency pulse width modulation control circuit, incorporating the primary building blocks required for the control of a switching power supply. (See Figure 1.) An internal-linear sawtooth oscillator is frequency-programmable by two external components,  $R_T$  and  $C_T$ . The approximate oscillator frequency is determined by:  $f_{osc} = \frac{1.1}{R_T C_T}$  **Błąd! Nieznany argument**

**przełącznika..** For more information refer to Figure 3.

Output pulse width modulation is accomplished by comparison of the positive sawtooth waveform across capacitor  $C_T$  to either of two control signals. The NOR gates, which drive output transistors Q1 and Q2, are enabled only when the flip-flop clock-input line is in its low state. This happens only during that portion of time when the sawtooth voltage is greater than the control signals. Therefore, an increase in control-signal amplitude causes a corresponding linear decrease of output pulse width. (Refer to the Timing Diagram shown in Figure 2.)

The control signals are external inputs that can be fed into the dead-time control, the error amplifier inputs, or the feedback inputs. The dead-time control comparator has an effective 120 mV input offset which limits the minimum output dead time to approximately the first 4% of the sawtooth-cycle time. This would result in a maximum duty cycle on a given output of 96% with the output control grounded, and 48% with it connected to the reference line. Additional dead time may be imposed on the output by setting the dead-time control input to a fixed voltage, ranging between 0 V to 3.3 V.

# TL494

Figure 1. Block Diagram

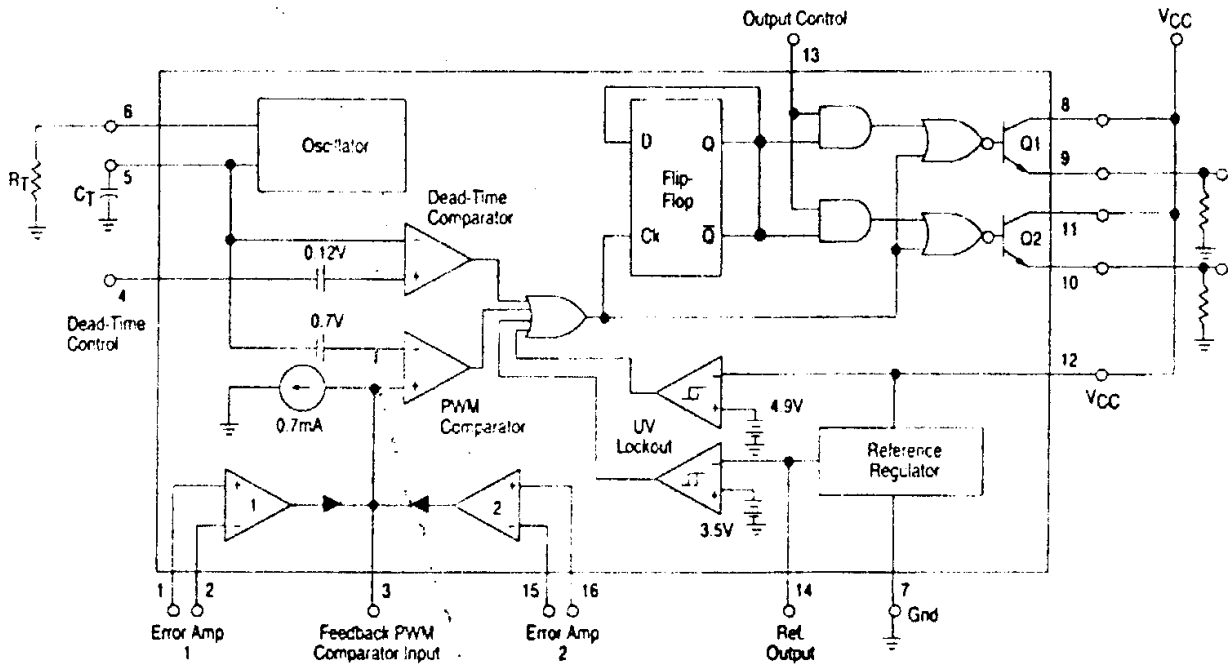
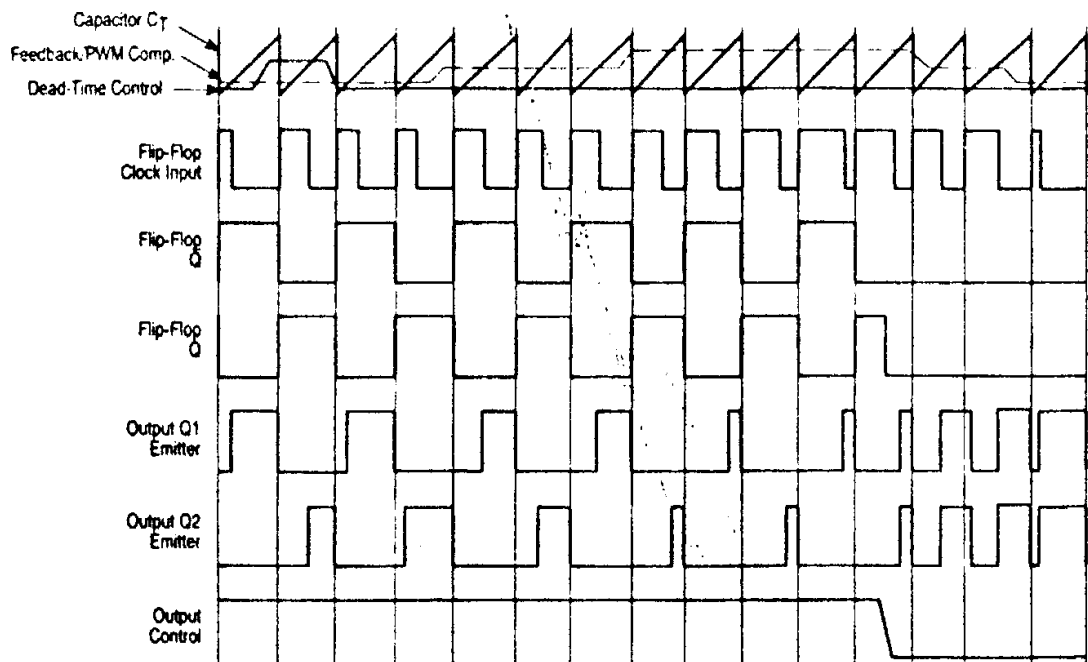


Figure 2. Timing Diagram



Functional Table

Błąd! Nie zdefiniowano zakładek. Input/Output Controls	Output Function	$f_{out}/f_{osc}$
Grounded	Single-ended PWM @ Q1 and Q2	1.0
@ $V_{ref}$	Push-pull operation	0.5

The pulse width modulator comparator provides a means for the error amplifiers to adjust the output pulse width from the maximum percent on-time, established by the dead time control input, down to zero, as the voltage at the feedback pin varies from 0.5 V to 3.5 V. Both error amplifiers have a common mode input range from -0.3 V to ( $V_{CC}-2V$ ), and may be used to sense power-supply output voltage and current. The error-amplifier outputs are active high and are ORed together at the noninverting input of the pulse-width modulator comparator. With this configuration, the amplifier that demands minimum output on time, dominates control of the loop.

When capacitor  $C_T$  is discharged, a positive pulse is generated on the output of the dead-time comparator, which clocks the pulse-steering flip-flop and inhibits the output transistors, Q1 and Q2. With the output-control connected to the reference line, the pulse-steering flip-flop directs the modulated pulses to each of the two output transistors alternately for push-pull operation. The output frequency is equal to half that of the oscillator. Output drive can also be taken from Q1 or Q2, when single-ended operation with the maximum on-time of less than 50% is required. This is desirable when the output transformer has a ringback winding with a catch diode used for snubbing. When higher output-drive currents are required for single-ended operation, Q1 and Q2 may be connected in parallel, and the output-mode pin must be tied to ground to disable the flip-flop. The output frequency will now be equal to that of the oscillator.

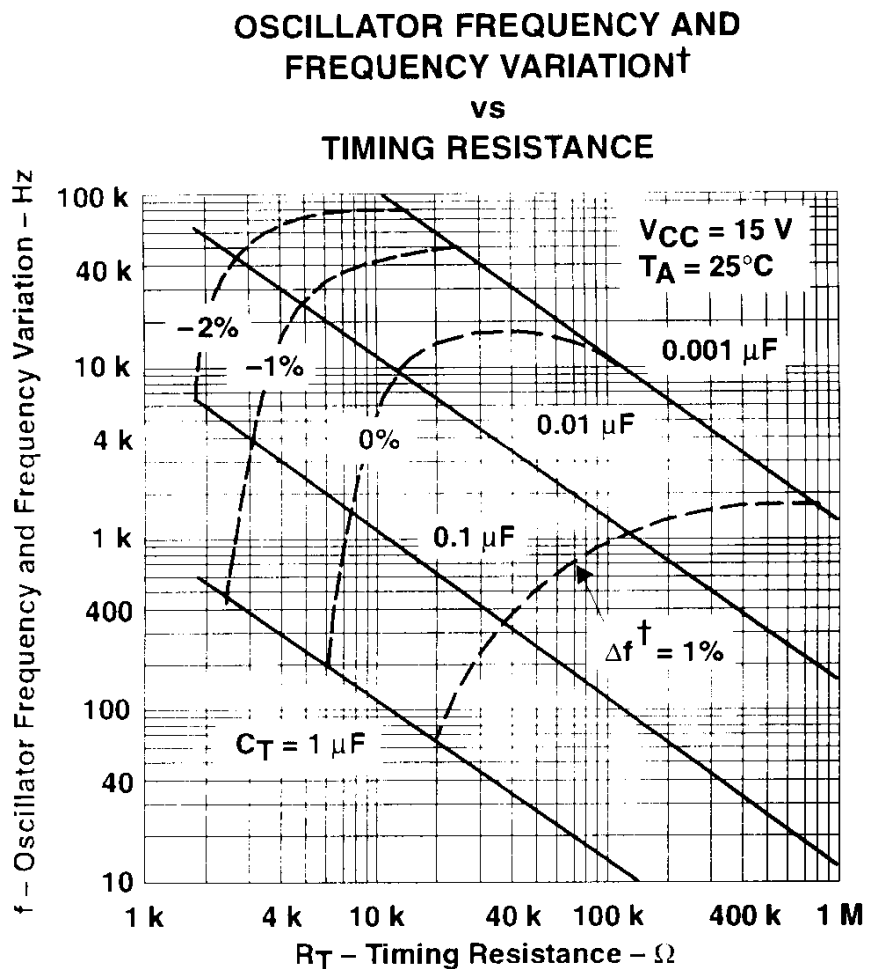


Figure 3.

The TL494 has an internal 5.0 V reference capable of sourcing up to 10 mA of load current for external bias circuits. The reference has an internal accuracy of  $\pm 5.0\%$  with a typical thermal drift of less than 50 mV over an operating temperature range of  $0^\circ$  to  $70^\circ\text{C}$ .

## TL494

Figure 4. Open-Loop Voltage Gain and Phase versus Frequency

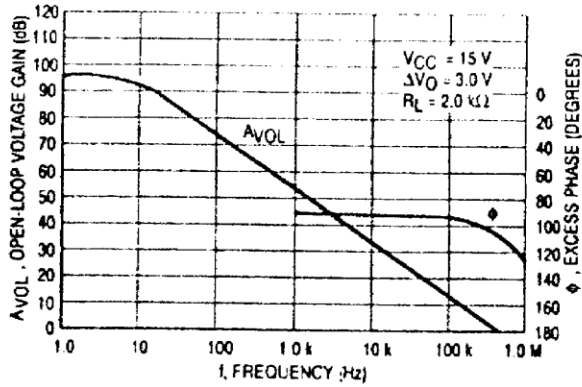


Figure 5. Percent Dead-Time versus Oscillator Frequency

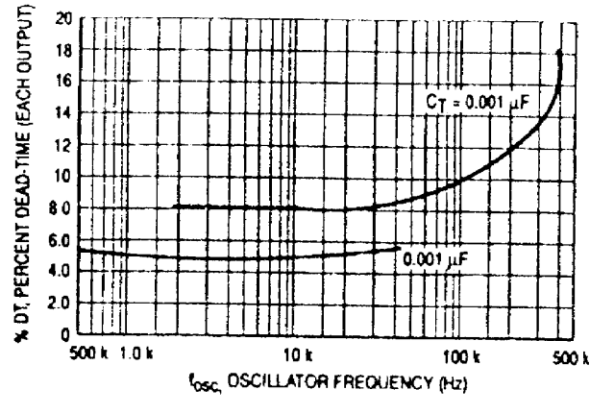


Figure 6. Percent Duty Cycle versus Dead-Time Control Voltage

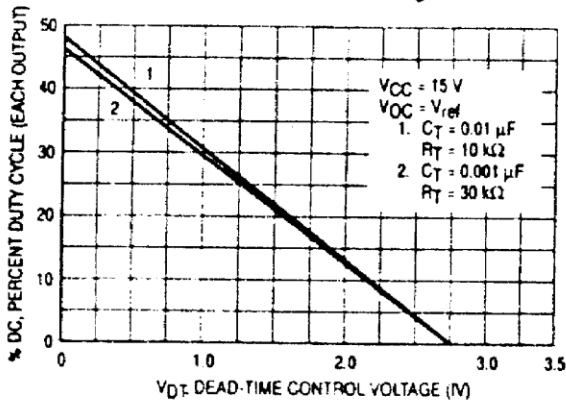


Figure 7. Emitter-Follower Configuration Output Saturation Voltage versus Emitter Current

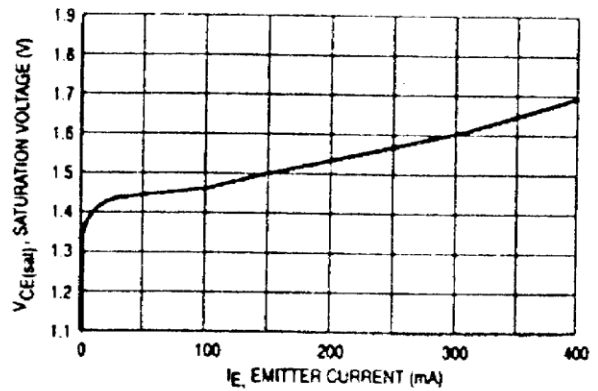


Figure 8. Common-Emitter Configuration Output Saturation Voltage versus Collector Current

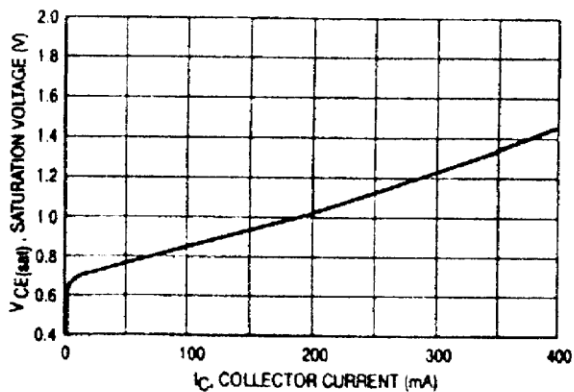
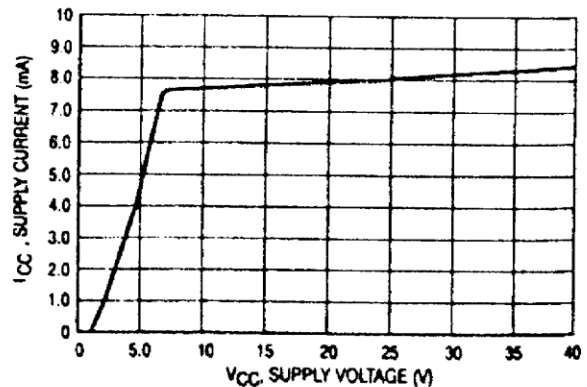


Figure 9. Standby Supply Current versus Supply Voltage



# TL494

Figure 10. Error-Amplifier Characteristics

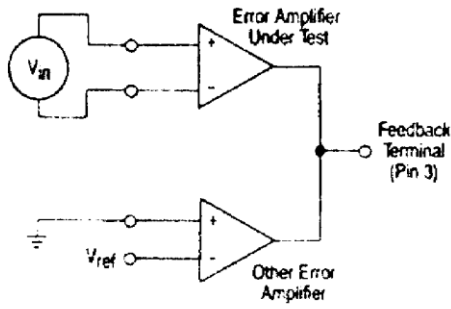


Figure 11. Dead-Time and Feedback Control Circuit

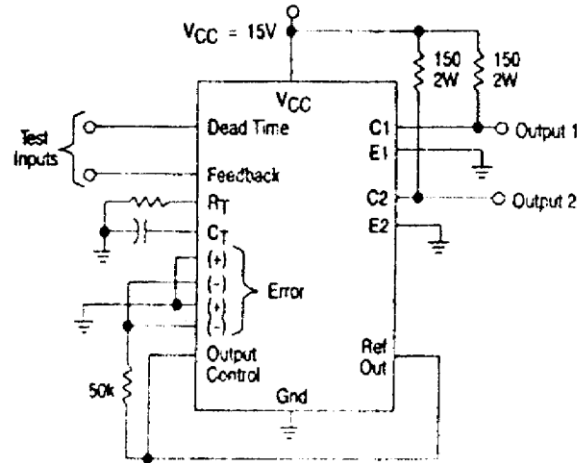


Figure 12. Common-Emitter Configuration Test Circuit and Waveform

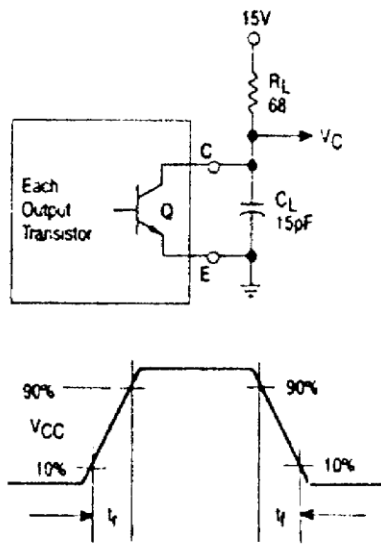
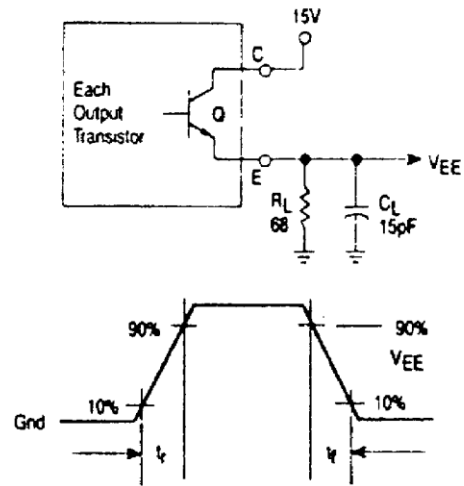


Figure 13. Emitter-Follower Configuration Test Circuit and Waveform



# TL494

Figure 14. Error-Amplifier Sensing Techniques

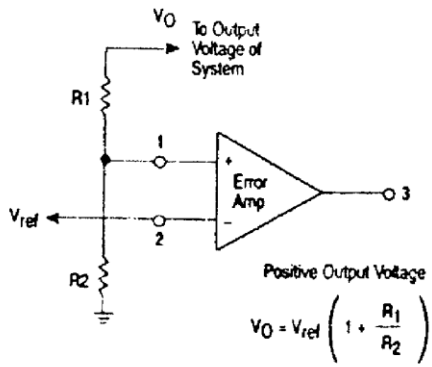


Figure 15. Dead-Time Control Circuit

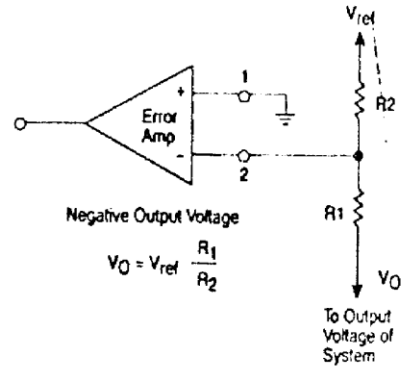
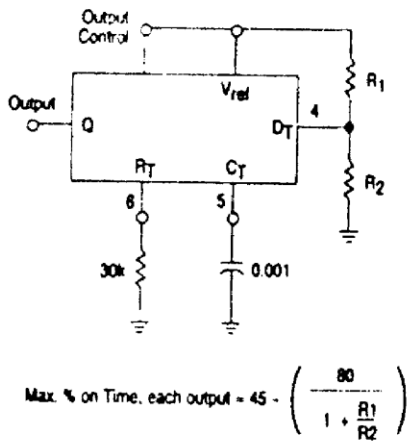


Figure 16. Soft-Start Circuit

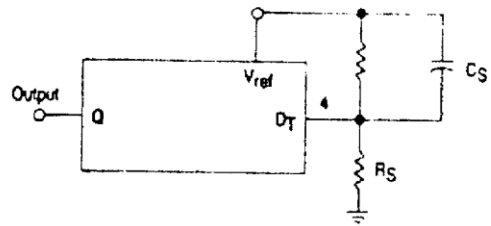
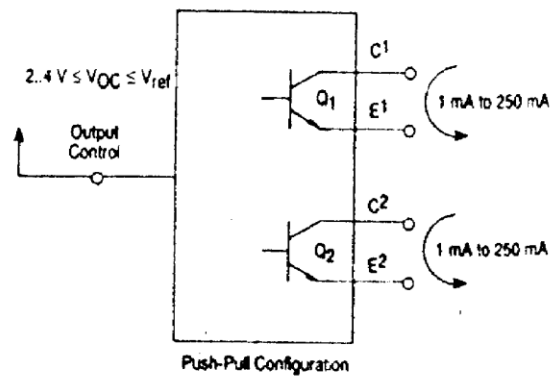
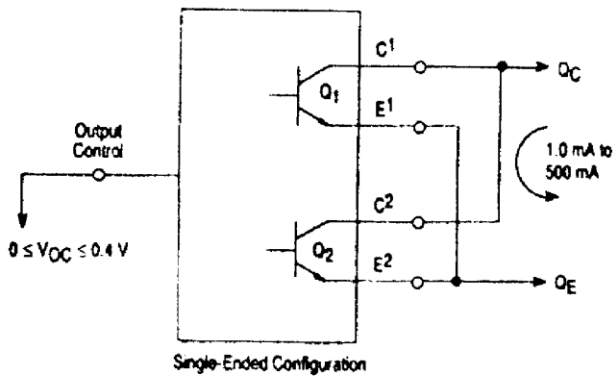


Figure 17. Output Connections for Single-Ended and Push-Pull Configurations





# TL494

Figure 18. Slaving Two or More Control Circuits

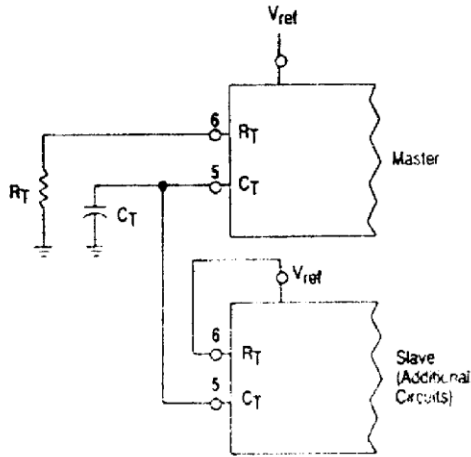


Figure 19. Operation with  $V_{in} > 40\text{ V}$  Using External Zener

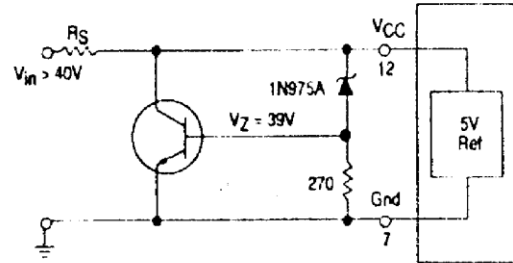
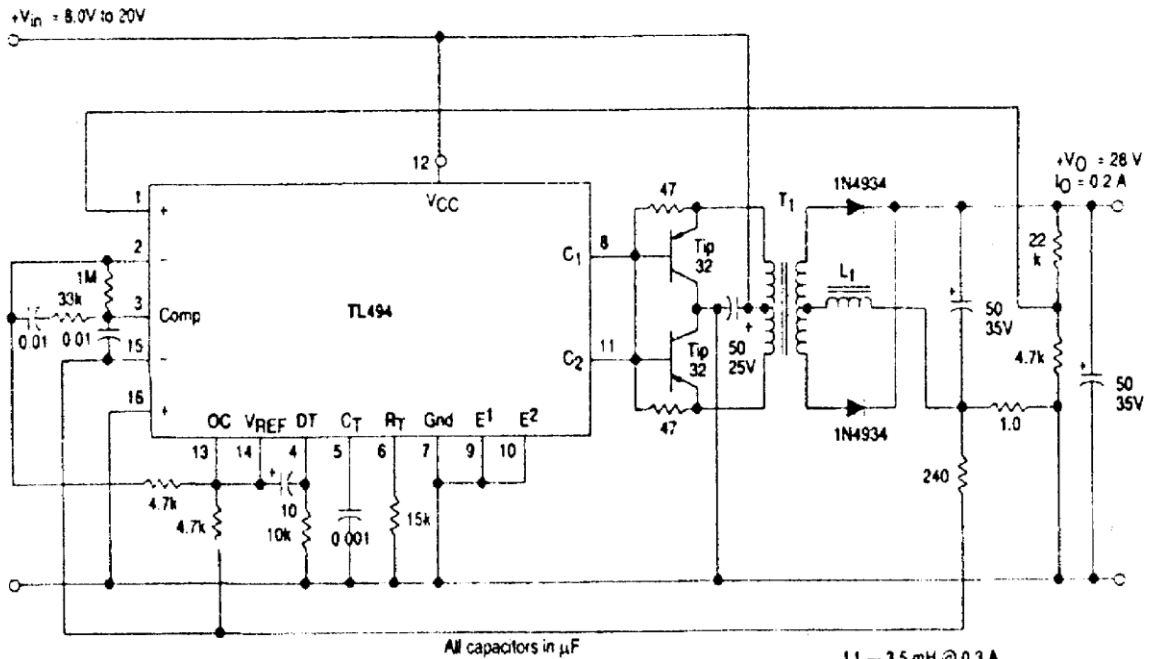


Figure 20. Pulse Width Modulated Push-Pull Converter



L1 — 3.5 mH @ 0.3 A  
 T1 — Primary: 20T C.T. #28 AWG  
 Secondary: 120T C.T. #36 AWG  
 Core: Ferroxcube 1408P L00-3CB

TEST	CONDITIONS	RESULTS
Line Regulation	$V_{in} = 10\text{ V to }40\text{ V}$	14 mV 0.28%
Load Regulation	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ mA to }1.0\text{ A}$	3.0 mV 0.06%
Output Ripple	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	65 mV P-P P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 28\text{ V}, R_L = 0.1\ \Omega$	1.6 A
Efficiency	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	71%

## **Sprzęt niezbędny do wykonania ćwiczenia**

wkładka dydaktyczna zasilaczy impulsowych (DSN3),  
oscylloskop analogowy,  
woltomierz cyfrowy,  
podwójna rama z zasilaczami,  
kondensatory wymienne.

## **Sposób wykonania ćwiczenia**

### **1. Przygotowanie do pracy w laboratorium (część projektowa ćwiczenia).**

1.1 Ustal napięcie wyjściowe beztransformatorowego konwertera napięcia stałego. Jego wartość ma być równa  $U_{wy} = 3 + 0,5x$  [V], gdzie  $x$  jest numerem zespołu, który stanowią w grupie laboratoryjnej. Oblicz współczynnik wypełnienia  $\delta$  impulsów sterujących kluczem Q1, pozwalający uzyskać wybraną wartość napięcia wyjściowego. Przyjmij, że wartość napięcia wejściowego konwertera jest równa 15V. Wiedząc, że przerwa między impulsami sterującymi zawsze trwa 50  $\mu$ s oblicz czas trwania tych impulsów.

Wyznacz, na podstawie znajomości działania i parametrów układu 74123 oraz schematu konwertera, pojemność, którą powinieneś dołączyć do tego układu. Zauważ, że na płytce jest wlutowany na stałe kondensator 1 nF, do którego będziesz równolegle dołączał pojemność  $C_{ext}$ . Znając indukcyjność cewki L1, oblicz tzw. krytyczny prąd obciążenia zaprojektowanego konwertera. Umieść wyniki obliczeń w sprawozdaniu z ćwiczenia.

Narysuj przebiegi prądów w cewce L1, kluczu Q1 i diodzie D1 dla obciążenia krytycznego oraz wybranych wartości pod- i nadkrytycznego prądu obciążenia konwertera.

Zaprojektuj schemat blokowy układu pomiarowego, umożliwiający badanie podstawowych parametrów zasilacza (napięcie wyjściowe, charakterystyka wyjściowa itd.).

1.2 Przeanalizuj działanie stabilizowanego zasilacza impulsowego na podstawie schematu i danych katalogowych układu TL 494 - istotne ustalenia powinny znaleźć się w sprawozdaniu. Oszacuj przewidywaną częstotliwość pracy zasilacza.

Opracuj schemat blokowy układu pomiarowego, analogicznie do p.1.1.

## 2. Praca w laboratorium (część doświadczalna ćwiczenia).

### 2.1. Badanie beztransformatorowego konwertera napięcia stałego

#### 2.1.1. Połącz układ pomiarowy zgodnie ze schematem blokowym opracowanym jako wynik realizacji p.1.1 instrukcji.

Zaobserwuj i przerysuj do sprawozdania kształt impulsów sterujących kluczem Q1, generowanych przez układ 74123 (na wyjściu "WY2" wkładki). Zaznacz na rysunku odpowiednie czasy. Obserwując kształt prądu klucza Q1, cewki L1 lub diody D1, określ prąd krytyczny konwertera. Zanotuj wynik, przerysuj do sprawozdania oscylogramy wspomnianych prądów dla tego oraz kilku różnych prądów obciążenia (w tym dla obciążenia prądem maksymalnym). Zaobserwuj i przerysuj kształt przebiegu napięciowego na kolektorze tranzystora Q1. Wszystkich obserwacji oscyloskopowych dokonaj używając dwóch kanałów oscyloskopu - w jednym z nich obserwuj impulsy sterujące kluczem Q1.

Ustaw prąd obciążenia konwertera nieznacznie większy od prądu krytycznego. Zmierz napięcie wejściowe i wyjściowe konwertera.

Wyjaśnij ewentualne rozbieżności otrzymanych wyników z wcześniej wykonanymi obliczeniami. Wyjaśnij kształty narysowanych przebiegów i przyczyny ich zmian przy zmianach prądu obciążenia.

#### 2.1.2. Zmierz charakterystykę wyjściową konwertera w całym zakresie możliwych do uzyskania zmian prądu obciążenia. Zanotuj wyniki, wykreśl tę charakterystykę. Wyjaśnij jej kształt.

*UWAGA! przy pomiarze charakterystyki wyjściowej konwertera odłącz od jego wyjścia pomiarowy wzmacniacz różnicowy. Ma on rezystancję wejściową około 10 k $\Omega$ , a więc jego dołączenie spowoduje pobór pewnego prądu z zasilacza, co może być przyczyną zafalszowania wyników - zwłaszcza w zakresie małych prądów obciążenia.*

### 2.2. Badanie impulsowego, stabilizowanego zasilacza napięcia stałego.

#### 2.2.1 Połącz układ pomiarowy według schematu z p.1.2. Zmierz napięcie wyjściowe zasilacza. Zaobserwuj i przerysuj do sprawozdania przebiegi napięć i prądów w odpowiednich punktach zasilacza (np. napięcie na drenie tranzystora Q5 w punkcie PP14 i na anodzie diody D2 w punkcie PP15, prąd tranzystora Q5 i diody D2, napięcie wyjściowe układu TL 494 na wyjściu "WY2", itd.). Obserwacji dokonaj dla różnych prądów obciążenia. Wyjaśnij, dlaczego obserwowane oscylogramy mają takie kształty oraz wyjaśnij przyczyny ich zmian w zależności od zmian prądu obciążenia.

Do czego służą elementy D3, R18, C19?

- 2.2.2. Zmierz charakterystykę wyjściową zasilacza, jednocześnie obserwując napięcie w punkcie PP16 (napięcie wyjściowe wzmacniacza błędu) oraz przebieg w punkcie PP11 (generator napięcia piłokształtnego). Wykreśl tę charakterystykę. Na podstawie schematu badanego zasilacza i danych katalogowych układu TL 494 skomentuj otrzymane wyniki i wyjaśnij działanie zasilacza.
- 2.2.3. Zaobserwuj tętnienia napięcia wyjściowego zasilacza. Skomentuj swe obserwacje.