

## 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

### 概述

MAX17499/MAX17500电流模式PWM控制器包含了设计宽输入电压、隔离或非隔离电源所需的所有控制电路。MAX17499适用于低输入电压(9.5V直流至24V直流)电源；MAX17500适用于通用输入(85V交流至265V交流整流电压)电源或电信(-36V直流至-72V直流)电源。

IC内置一个误差放大器，能够用来调整第三绕组的输出电压，从而实现主侧稳定的隔离电源，无需光电耦合器。输入欠压锁定(UVLO)可以用来设置输入电源启动电压，确保在电压跌落的情况下正确操作。带有210 $\mu$ s内部延迟的漏极开路UVLO指示输出可对二次侧控制器进行顺序控制。输入电源启动电压可用外部分压器设定。UVLO/EN输入能够关断器件。内部数字软启动消除了输出电压过冲。

MAX17500内置自举UVLO，具有较大的滞回，启动时最低需要23.6V的电压。MAX17499内部没有自举UVLO，可采用最低9.5V的电压直接偏置。

IC的开关频率由外部电阻设置。MAX17499A/MAX17500A具有50%的最大占空比，而MAX17499B/MAX17500B具有75%的最大占空比。这些器件均采用10引脚 $\mu$ MAX<sup>®</sup>封装，工作在-40°C至+85°C温度范围。

选型指南在数据资料的最后给出。

$\mu$ MAX是Maxim Integrated Products, Inc.的注册商标。

### 特性

- ◆ 电流模式控制
- ◆ 高达625kHz的可编程开关频率
- ◆ 精确的UVLO门限(1%)
- ◆ 带有内部延迟的漏极开路UVLO指示输出
- ◆ 36V至72V的电信电压范围
- ◆ 通用离线输入电压范围  
85V交流至265V交流整流电压(MAX17500)
- ◆ 9.5V至24V输入电压(MAX17499)
- ◆ 数字软启动
- ◆ 具有较大滞回电压的内部自举UVLO (MAX17500)
- ◆ 内部误差放大器，带有精度为1.5%的基准
- ◆ 50 $\mu$ A (典型值)启动电源电流
- ◆ 50%最大占空比(MAX17499A/MAX17500A)
- ◆ 75%最大占空比(MAX17499B/MAX17500B)
- ◆ 60ns逐周期限流传输延迟
- ◆ 微型10引脚 $\mu$ MAX封装

### 应用

1/2、1/4和1/8砖电源模块  
 高效、隔离电信电源  
 网络/服务器  
 隔离型不间断电源  
 12V升压和SEPIC调节器  
 隔离、非隔离型高亮度LED电源  
 工业电源变换

### 订购信息

PART	D <sub>MAX</sub> (%)	STARTUP VOLTAGE (V)	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX17499AEUB+	50	9.5	-40°C to +85°C	10 $\mu$ MAX
MAX17499BEUB+	75	9.5	-40°C to +85°C	10 $\mu$ MAX
MAX17500AEUB+	50	22	-40°C to +85°C	10 $\mu$ MAX
MAX17500BEUB+	75	22	-40°C to +85°C	10 $\mu$ MAX

警告：IC设计工作在高压，须谨慎操作。

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

# 电流模式PWM控制器, 可调节开关频率

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN to GND .....	-0.3V to +30V
IN Clamp (internal shunt) Current .....	5mA
V <sub>CC</sub> to GND .....	-0.3V to +13V
FB, COMP, UVLO/EN, RT, CS to GND .....	-0.3V to +6V
UFLG to GND .....	-0.3V to +30V
NDRV to GND .....	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)

Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
10-Pin $\mu$ MAX (derate 5.6mW/°C above +70°C) .....	444.4mW
Operating Temperature Range .....	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range .....	-65°C to +150°C
Junction Temperature .....	+150°C
Lead Temperature (soldering, 10s) .....	+300°C
Soldering Temperature (reflow) .....	+260°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>IN</sub> = +12V (for MAX17500, bring V<sub>IN</sub> up to 23.6V for startup), 10nF bypass capacitors at IN and V<sub>CC</sub>, R12 = 15k $\Omega$  (MAX17499A/MAX17500A), R12 = 7.5k $\Omega$  (MAX17499B/MAX17500B), R15 = 1k $\Omega$ , C6 = 100nF (see the *Typical Application Circuit*), NDRV = open, V<sub>UVLO/EN</sub> = +1.4V, V<sub>FB</sub> = +1.0V, COMP = open, V<sub>CS</sub> = 0V, T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>UVLO/STARTUP</b>						
Bootstrap UVLO Wake-Up Level	V <sub>SUVR</sub>	V <sub>IN</sub> rising (MAX17500 only)	19.68	21.6	23.60	V
Bootstrap UVLO Shutdown Level	V <sub>SUVF</sub>	V <sub>IN</sub> falling (MAX17500 only)	9.05	9.74	10.43	V
UVLO/EN Wake-Up Threshold	V <sub>ULR2</sub>	UVLO/EN rising	1.218	1.23	1.242	V
UVLO/EN Shutdown Threshold	V <sub>ULF2</sub>	UVLO/EN falling	1.14	1.17	1.20	V
UVLO/EN Input Current	I <sub>UVLO</sub>	V <sub>UVLO/EN</sub> $\leq$ 2V	-50		+50	nA
UVLO/EN Hysteresis				60		mV
IN Supply Current In UVLO	I <sub>START</sub>	V <sub>IN</sub> = 19V, MAX17500 only when in bootstrap UVLO		50	90	$\mu$ A
IN Input Voltage Range	V <sub>IN</sub>	MAX17499 only	9.5		24.0	V
UVLO/EN to UFLG Propagation Delay (Figure 3)		UVLO/EN steps up from 1V to 1.4V		3		$\mu$ s
		UVLO/EN steps down from 1.4V to 1V		0.6		
UVLO/EN to NDRV Propagation Delay (Figure 3)	t <sub>EXTR</sub>	UVLO/EN steps up from 1V to 1.4V		3	10	ms
	t <sub>EXTF</sub>	UVLO/EN steps down from 1.4V to 1V	150	210	300	
Bootstrap UVLO Propagation Delay	t <sub>BUVR</sub>	V <sub>IN</sub> steps up from 9V to 24V (MAX17500 only)		5		$\mu$ s
	t <sub>BUVF</sub>	V <sub>IN</sub> steps down from 24V to 9V (MAX17500 only)		1		
UFLG Low Output Voltage	V <sub>UFLG</sub>	I <sub>UFLG</sub> = 5mA sinking			0.8	V
UFLG High Output Leakage Current		V <sub>UFLG</sub> = 25V		0.1	1	$\mu$ A
<b>INTERNAL SUPPLY</b>						
V <sub>CC</sub> Regulator Set Point	V <sub>CCSP</sub>	V <sub>IN</sub> = 10.8V to 24V, sinking 1 $\mu$ A to 20mA from V <sub>CC</sub>	7.0		10.5	V
IN Supply Current After Startup	I <sub>IN</sub>	V <sub>IN</sub> = 24V		2	4	mA
Shutdown Supply Current		UVLO/EN = low		50	90	$\mu$ A

# 电流模式PWM控制器, 可调节开关频率

MAX17499/MAX17500

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{IN} = +12V$  (for MAX17500, bring  $V_{IN}$  up to 23.6V for startup), 10nF bypass capacitors at IN and  $V_{CC}$ ,  $R_{12} = 15k\Omega$  (MAX17499A/MAX17500A),  $R_{12} = 7.5k\Omega$  (MAX17499B/MAX17500B),  $R_{15} = 1k\Omega$ ,  $C_6 = 100nF$  (see the *Typical Application Circuit*), NDRV = open,  $V_{UVLO/EN} = +1.4V$ ,  $V_{FB} = +1.0V$ , COMP = open,  $V_{CS} = 0V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>GATE DRIVER</b>						
Driver Output Impedance	$R_{ON(LOW)}$	Measured at NDRV sinking 100mA		2	4	$\Omega$
	$R_{ON(HIGH)}$	Measured at NDRV sourcing 20mA		4	10	
Driver Peak Sink Current				1		A
Driver Peak Source Current				0.65		A
<b>PWM COMPARATOR</b>						
Comparator Offset Voltage	$V_{PWM}$	$V_{COMP} - V_{CS}$	1.24	1.38	1.54	V
CS Input Bias Current	$I_{CS}$	$V_{CS} = 0V$	-4		+4	$\mu A$
Comparator Propagation Delay	$t_{PWM}$	Change in $V_{CS} = 0.1V$		60		ns
<b>CURRENT-LIMIT COMPARATOR</b>						
Current-Limit Trip Threshold	$V_{CS}$		900	1000	1100	mV
CS Input Bias Current	$I_{CS}$	$V_{CS} = 0V$	-4		+4	$\mu A$
Propagation Delay from Comparator Input to NDRV	$t_{PDCS}$	100mV overdrive		60		ns
<b>IN CLAMP VOLTAGE</b>						
IN Clamp Voltage	$V_{INC}$	2mA sink current (Note 2)	24.1	26.1	29.0	V
<b>ERROR AMPLIFIER</b>						
Voltage Gain		$R_{LOAD} = 100k\Omega$		80		dB
Unity-Gain Bandwidth		$R_{LOAD} = 100k\Omega$ , $C_{LOAD} = 200pF$		2		MHz
Phase Margin		$R_{LOAD} = 100k\Omega$ , $C_{LOAD} = 200pF$		65		Degrees
FB Input Offset Voltage				$\pm 1$		mV
COMP High Voltage		$I_{COMP} = 0A$	2.8			V
COMP Low Voltage		$I_{COMP} = 0A$			1.1	V
Source Current			0.5			mA
Sink Current			0.5			mA
Reference Voltage	$V_{REF}$	(Note 3)		1.230		V
Reference Voltage Accuracy			-1.5		+1.5	%
FB Input Bias Current			-50		+50	nA
COMP Short-Circuit Current				8		mA
<b>DIGITAL SOFT-START</b>						
Soft-Start Duration	$t_{SS}$			1984		NDRV cycles
		$f_{SW} = 350kHz$		5.6		ms
Reference Voltage Steps During Soft-Start				31		Steps
Reference Voltage Step				39.67		mV

# 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{IN} = +12V$  (for MAX17500, bring  $V_{IN}$  up to 23.6V for startup), 10nF bypass capacitors at IN and  $V_{CC}$ , R12 = 15k $\Omega$  (MAX17499A/MAX17500A), R12 = 7.5k $\Omega$  (MAX17499B/MAX17500B), R15 = 1k $\Omega$ , C6 = 100nF (see the *Typical Application Circuit*), NDRV = open,  $V_{UVLO/EN} = +1.4V$ ,  $V_{FB} = +1.0V$ , COMP = open,  $V_{CS} = 0V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>OSCILLATOR</b>						
Oscillator Frequency Range	$f_{OSC}$		50		2500	kHz
Oscillator Frequency Accuracy		$f_{OSC} = 200kHz$ to 800kHz	-10		+10	%
		$f_{OSC} = 50kHz$ to 2500kHz	-20		+20	
NDRV Switching Frequency (Note 4)	$f_{SW}$	MAX17499A/MAX17500A, $f_{SW} = f_{OSC}/2$	25		625	kHz
		MAX17499B/MAX17500B, $f_{SW} = f_{OSC}/4$	12.5		625.0	
Maximum Duty Cycle	$D_{MAX}$	MAX17499A/MAX17500A		50		%
		MAX17499B/MAX17500B		75		

**Note 1:** All devices are 100% tested at  $T_A = +85^{\circ}C$ . All limits over temperature are guaranteed by characterization.

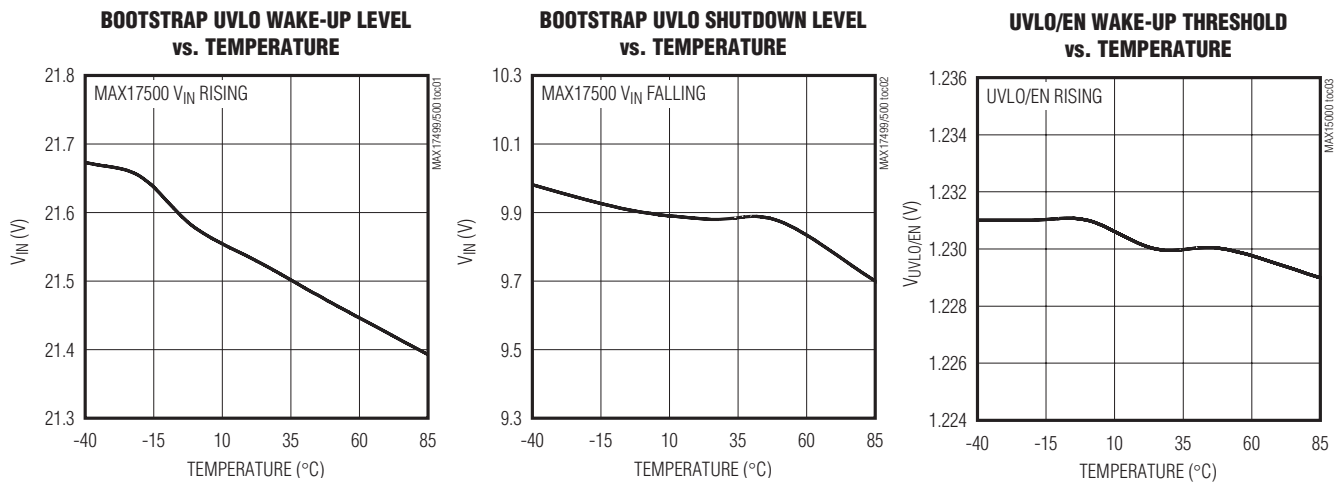
**Note 2:** The MAX17500 is intended for use in universal input power supplies. The internal clamp circuit at IN is used to prevent the bootstrap capacitor (C1 in Figure 1) from charging to a voltage beyond the absolute maximum rating of the device when UVLO/EN is low (shutdown mode). Externally limit the maximum current to IN (hence to clamp) to 2mA maximum when UVLO/EN is low. Clamp currents higher than 2mA may result in a clamp voltage higher than 30V, thus exceeding the absolute maximum rating for IN. For the MAX17499, do not exceed the 24V maximum operating voltage of the device.

**Note 3:**  $V_{REF}$  is measured with FB connected to COMP (see the *Functional Diagram*).

**Note 4:** The oscillator in the MAX17499A/MAX17500A is capable of operating up to 2500kHz. However, the NDRV switching frequency is limited to operate up to 625kHz. Thus, the oscillator frequency for the MAX17499A/MAX17500A must be limited to 1250kHz (maximum).

## 典型工作特性

( $V_{UVLO/EN} = +1.4V$ ,  $V_{FB} = +1V$ , COMP = open,  $V_{CS} = 0V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

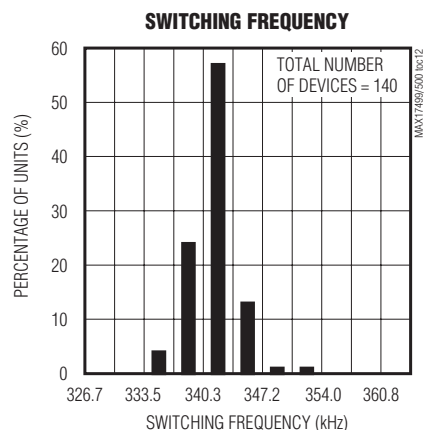
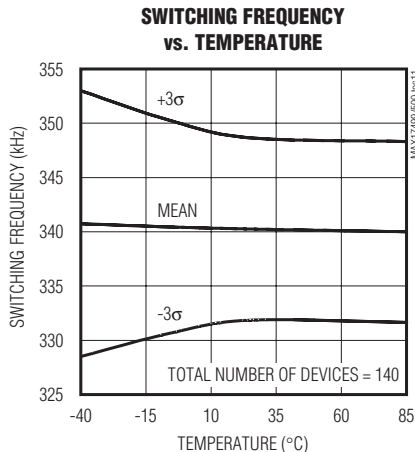
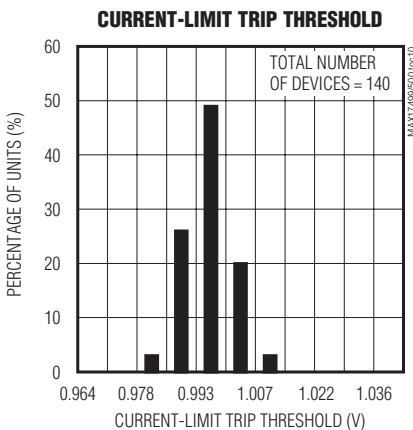
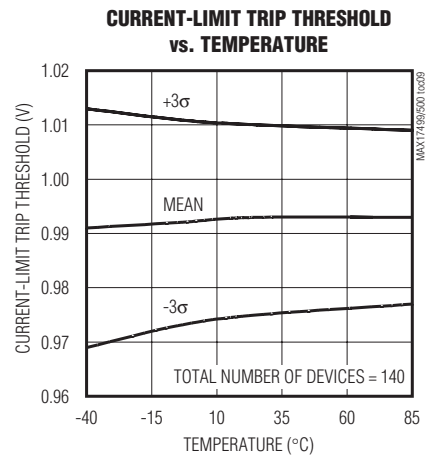
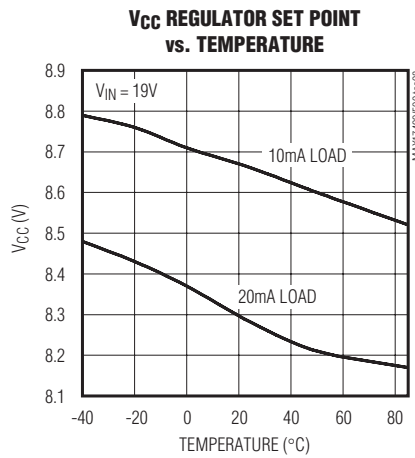
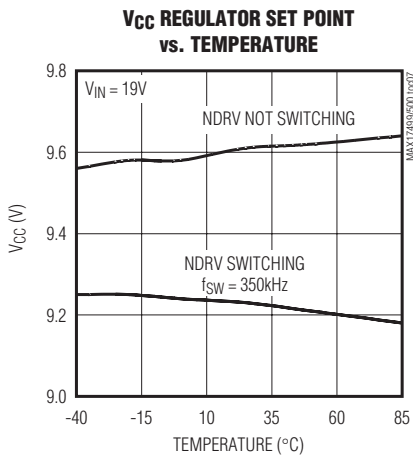
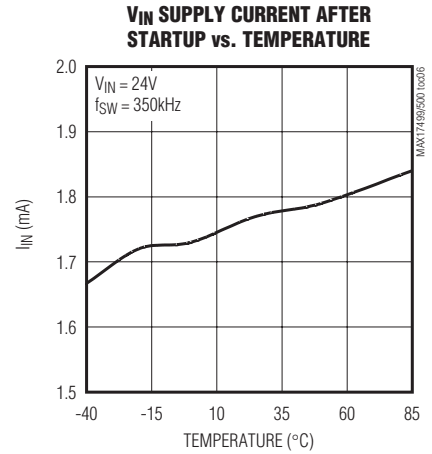
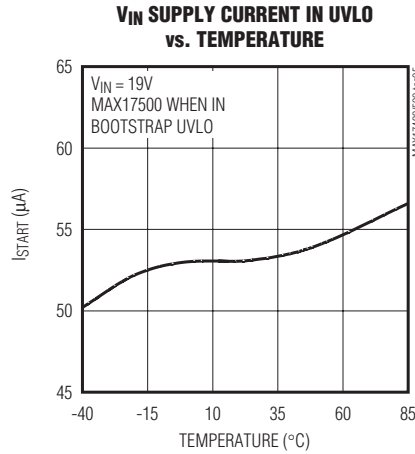
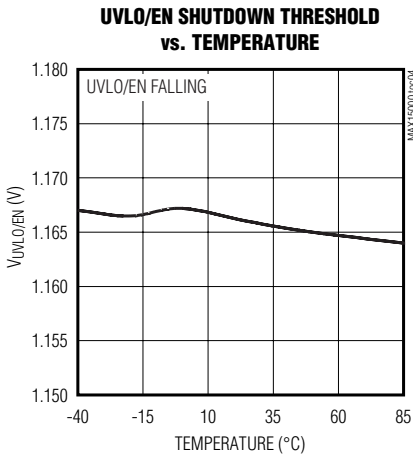


# 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

典型工作特性(续)

( $V_{UVLO/EN} = +1.4V$ ,  $V_{FB} = +1V$ , COMP = open,  $V_{CS} = 0V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

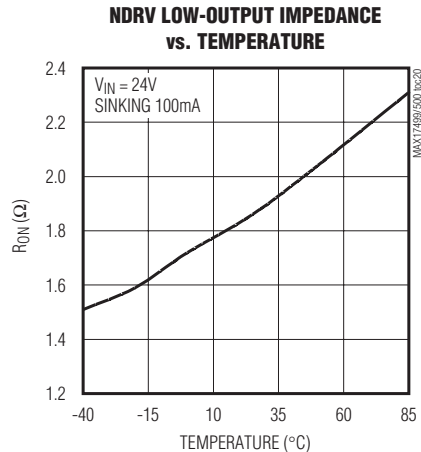
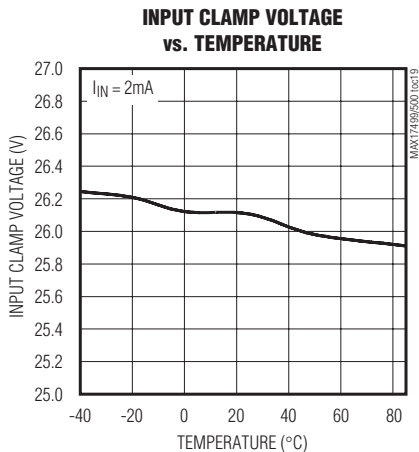
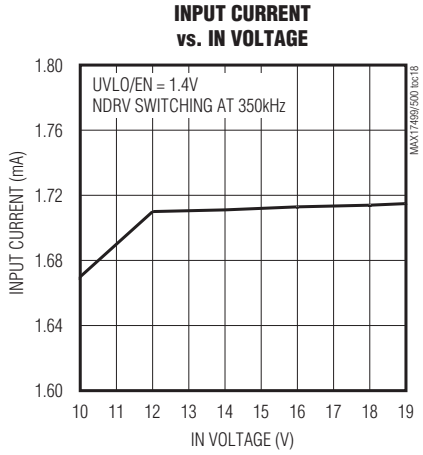
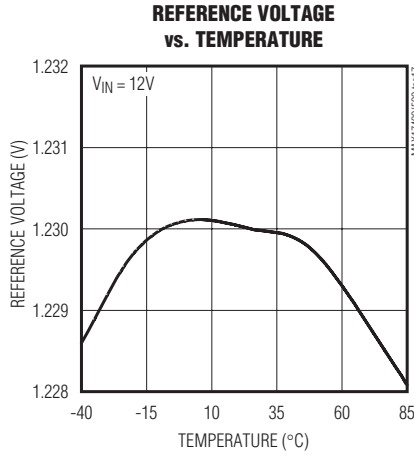
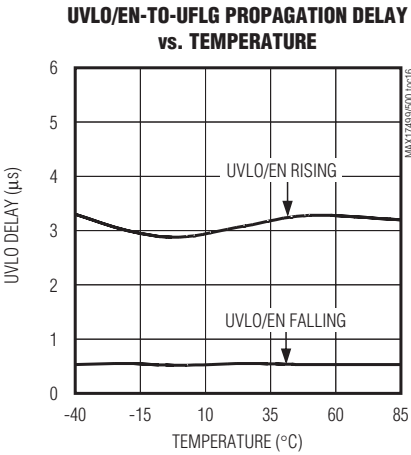
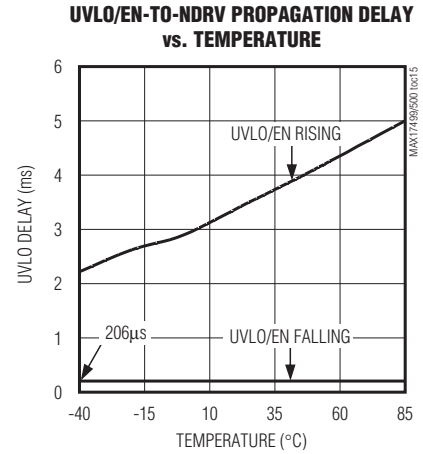
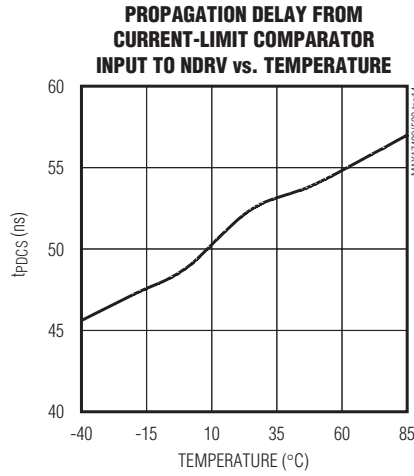
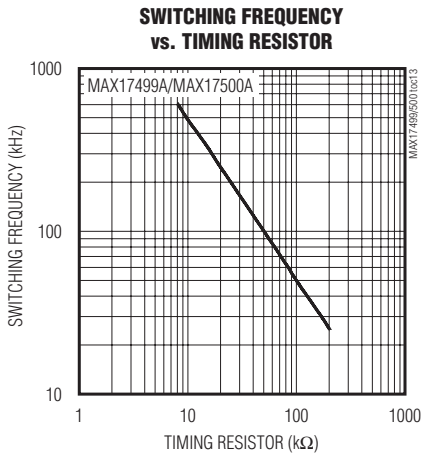
MAX17499/MAX17500



# 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

典型工作特性(续)

( $V_{UVLO/EN} = +1.4V$ ,  $V_{FB} = +1V$ , COMP = open,  $V_{CS} = 0V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

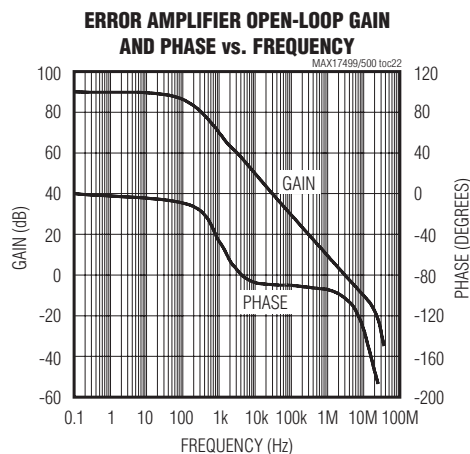
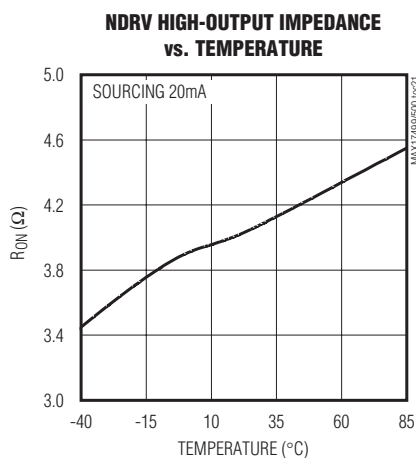


# 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

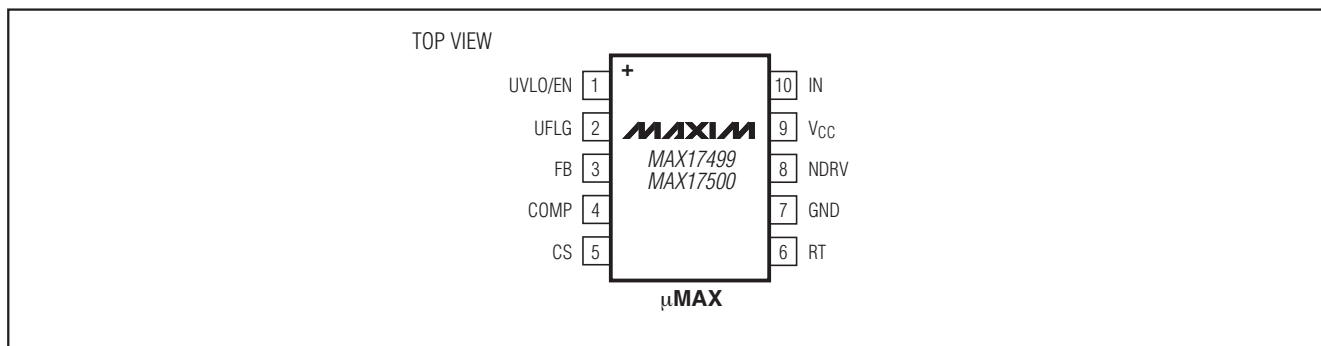
MAX17499/MAX17500

典型工作特性(续)

( $V_{UVLO/EN} = +1.4V$ ,  $V_{FB} = +1V$ , COMP = open,  $V_{CS} = 0V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



引脚配置



引脚说明

引脚	名称	功能
1	UVLO/EN	外部可编程欠压锁定。UVLO/EN设定输入电源启动电压，将UVLO/EN连接至GND可禁用器件。UVLO/EN电压降至1.17V以下后，经过210μs NDRV停止开关工作。
2	UFLG	漏极开路欠压指示输出。UVLO/EN电压降至门限以下时，UFLG置低。
3	FB	误差放大器反相输入。
4	COMP	误差放大器输出。
5	CS	电流检测输入。用于PWM调节和逐周期限流的电流检测连接，接检测电阻的高端。需要一个RC滤波器消除上升沿尖峰。限流触发电压为1V。
6	RT	振荡器定时电阻输入。需要一个RC网络降低抖动(参见典型应用电路)。

# 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

引脚说明(续)

引脚	名称	功能
7	GND	接地。
8	NDRV	连接外部n沟道MOSFET栅极。
9	V <sub>CC</sub>	栅极驱动电源。内部电路从IN产生稳定电压，通过一只连接至GND的10nF或更大的电容对V <sub>CC</sub> 去耦。
10	IN	IN电源。通过一只连接至GND的10nF或更大的电容去耦。对于自举工作(MAX17500)，在输入电源与IN之间接一个启动电阻。偏置绕组电源也连接至IN (参见典型应用电路)。对于MAX17499，IN直接连接到9.5V至24V电源。
—	EP	裸焊盘。

## 详细说明

MAX17499/MAX17500电流模式PWM控制器适用于隔离和非隔离型电源。器件通过UVLO/EN输入提供精确的可编程输入开启电压，该功能可避免在输入电压跌落到最小值以下时电源进入失效状态。由于开关电源在输入电压跌落时，为了保持稳定的输出电压会大幅提升输入电源电流，因此该功能非常重要。除了外部调整UVLO功能外，MAX17500还提供具有较大滞回电压(11.9V)的自举UVLO功能，具有非常低的启动电流和工作电流，有助于构建高效的通用输入电源。器件的开关频率可由外部电阻设置。

MAX17500适用于通用输入(85V交流至265V交流整流电压)或电信(-36V直流至-72V直流)电源；MAX17499适用于低输入电压(9.5V直流至24V直流)电源。器件内部在IN端提供一个钳位电路，以防止输入电压超过绝对最大额定值(参见*Electrical Characteristics*表的注释2)。当器件通过一个电流泄漏电阻(图1中的R1)从高输入电压启动，并且UVLO/EN输入为低电平时，输入钳位。钳位电路能够安全吸收2mA电流。

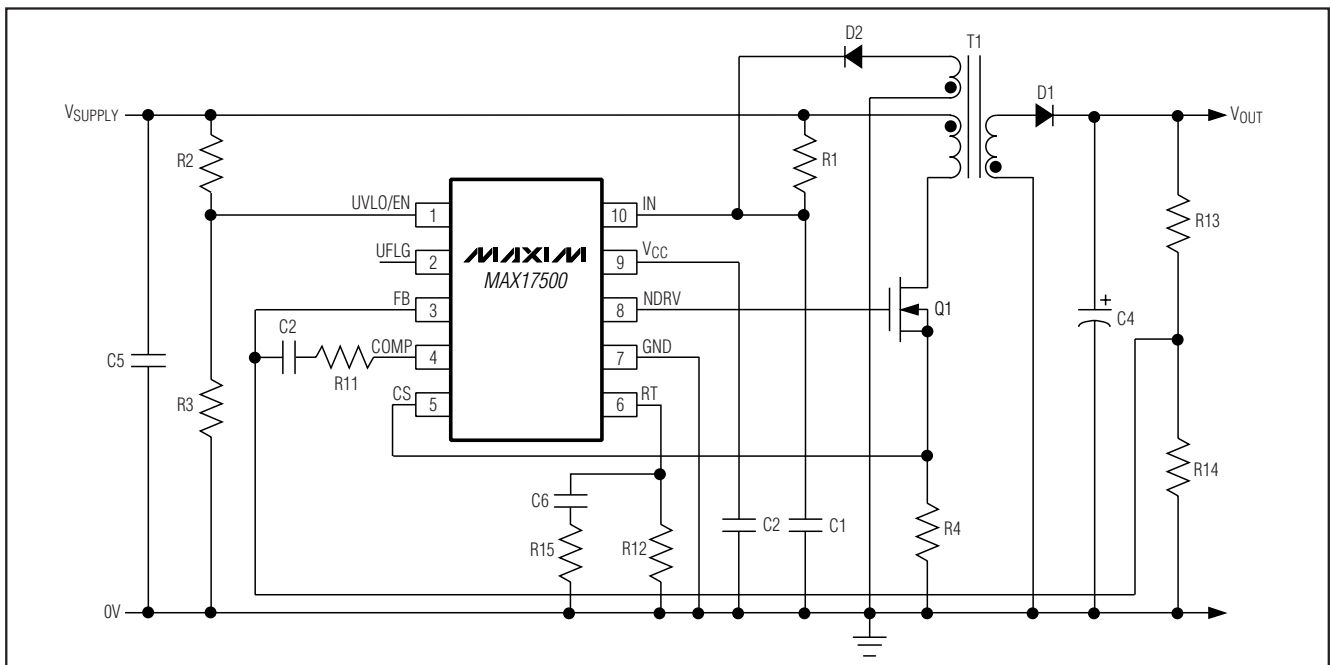


图1. 非隔离电源，可编程输入电源开启电压



## 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

MAX17500电源设计采用大阻值启动电阻R1，对储能电容C1进行充电(参见图1)。在初始化过程中，电压低于内部自举UVLO门限时，器件典型静态电流仅为50 $\mu$ A。这种低启动电流和较大的自举UVLO滞回有助于降低R1的功耗，即使R1连接在通用交流输入电压(265V交流)的高侧。

器件包括逐周期限流功能，当超过内部设置的1V门限时关断外部MOSFET的栅极驱动。MAX17500工作在自举模式时，如果电源输出短路，第三绕组电压会降至内部设置的门限以下，致使UVLO关断外部功率MOSFET的栅极驱动。这将通过软启动重新开启一次上电过程。

### 电流模式控制环路

电流模式控制相对于电压模式控制有两个优点：第一，控制器具有前馈功能，能够对输入电压的变化进行逐周期调节；第二，根据电流模式控制器的稳定性要求，只需一个单极点系统，而电压模式控制则是一个双极点系统。

器件采用电流模式控制环路，将误差放大器输出(COMP)与CS上的电流检测电压进行比较。当电流检测信号低于CPWM比较器的同相输入时，CPWM比较器的输出为低电平，且开关在每个时钟周期导通。当电流检测信号高于CPWM的反相输入时，CPWM比较器的输出变为高电平，断开开关。

### 欠压锁定

器件提供一个UVLO/EN输入。UVLO门限为1.23V，带60mV滞回。启动任何工作之前，UVLO/EN上的电压必须超过1.23V。UVLO电路保持CPWM比较器、ILIM比较器、振荡器和输出驱动器关断，以降低电流消耗(参见功能框图)。

使用UVLO/EN输入对输入电源启动电压进行编程。例如，对于36V至72V的电信电压范围，较合理的启动电压一般为34V。使用下列公式计算电阻分压器的R2和R3(参见图1)：

$$R3 \cong \frac{V_{ULR2} V_{IN}}{500 I_{UVLO} (V_{IN} - V_{ULR2})}$$

$$R2 = \frac{V_{IN} - V_{ULR2}}{V_{ULR2}} R3$$

其中， $I_{UVLO}$ 是UVLO/EN输入电流(50nA，最大值)， $V_{ULR2}$ 是UVLO/EN唤醒门限(1.23V)。 $V_{IN}$ 是保证电源启动时的输入电源电压。计算R3，以减小R2上的压降误差，该误差来自UVLO/EN的输入偏置电流。

### MAX17500自举UVLO

这两款器件除了提供外部可编程UVLO功能外，MAX17500还包含一个内部自举UVLO，该功能在设计高压电源时非常有用(参见功能框图)，能够在器件上电初始化期间产生自举。当 $V_{IN}$ 超出21.6V的自举UVLO门限时，MAX17500开始启动。启动期间，UVLO电路保持CPWM比较器、ILIM比较器、振荡器和输出驱动器关断，以降低电流消耗。一旦 $V_{IN}$ 达到21.6V，UVLO电路开启CPWM和ILIM比较器、振荡器，并允许输出驱动器进行开关工作。如果 $V_{IN}$ 降至1.17V以下，UVLO电路关断CPWM比较器、ILIM比较器、振荡器和输出驱动器，使MAX17500返回至低电流启动模式。

### 启动工作

当IN电压超过9.5V以及UVLO/EN输入大于1.23V时，MAX17499启动。但是，MAX17500不仅需要满足MAX17499规定的启动条件，IN上的电压还要超出21.6V的自举UVLO门限。

## 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

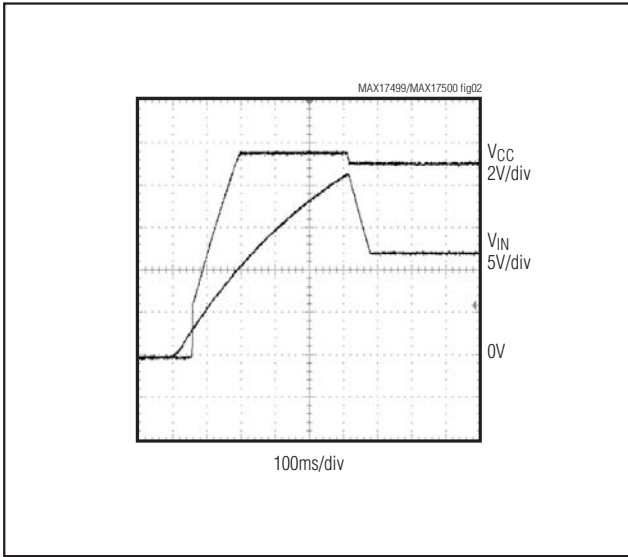


图2. MAX17500在自举模式(图1)下，启动期间的 $V_{IN}$ 和 $V_{CC}$

对于MAX17500，IN电压一般来自变压器的第三绕组。但是，在启动时变压器还不能提供能量，因此，需要一个特殊的自举过程。图2所示为启动过程中的 $V_{IN}$ 和 $V_{CC}$ 电压，开始时， $V_{IN}$ 和 $V_{CC}$ 均为0V。加上输入电源电压后，启动

电阻R1对C1充电，达到中间电压值。在这一点，内部稳压器开始对C2充电(参见图1)。MAX17500仅通过R1消耗 $50\mu\text{A}$ 的电流，其余输入电流对C1和C2充电。当 $V_{CC}$ 电压达到大约9.5V时，C2停止充电，而C1上的电压继续上升，直到达到21.6V的唤醒电压为止。一旦 $V_{IN}$ 超过自举UVLO门限，NDRV开启MOSFET，将能量传递给第二和第三绕组输出。如果第三绕组输出电压超过了9.74V(自举UVLO的低门限值)，则启动完成，并开始正常工作。如果在启动完成之前， $V_{IN}$ 降至9.74V以下，器件返回至低电流UVLO。在这种情况下，应增大C1值，以存储足够的能量，建立第三绕组的电压。

### UVLO标志(UFLG)

器件具有漏极开路欠压标志输出(UFLG)。使用光耦时，UFLG输出可用于二次侧控制器的排序。在UVLO/EN电压降至1.17V以下至NDRV停止开关操作之前会有 $210\mu\text{s}$ 的延迟，从而使UFLG输出能够在器件关断之前改变状态(图3)。

UVLO/EN电压超过门限时，UFLG为高阻抗。当UVLO/EN电压低于门限时，UFLG为低电平。UFLG不受自举UVLO的影响(MAX17500)。

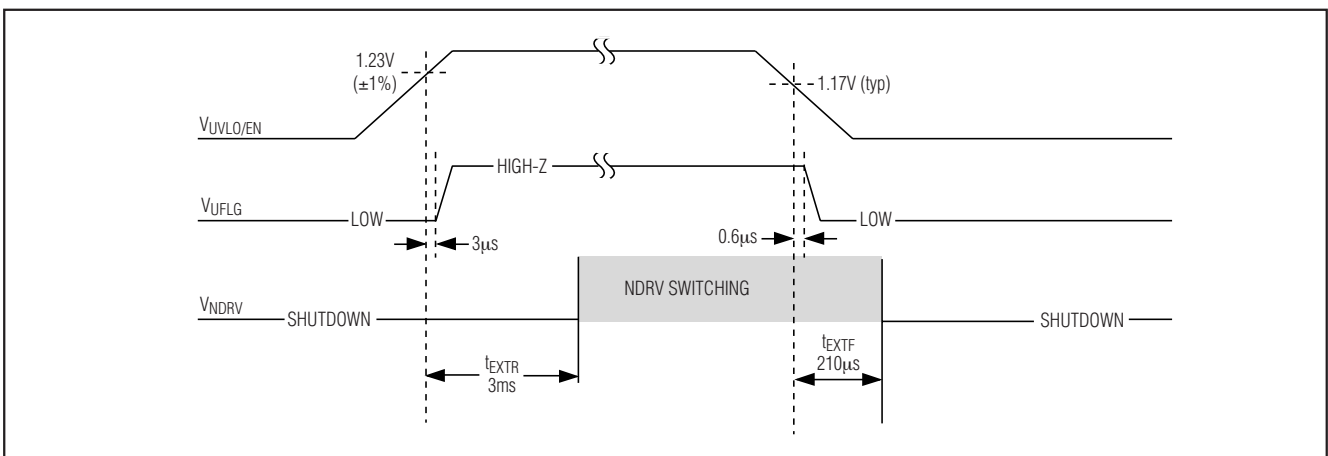


图3. UVLO/EN和UFLG工作时序

## 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

### 软启动

器件的软启动功能允许输出电压以受控方式爬升，避免了电压过冲。器件基准在内部连接至误差放大器，通过软启动实现对重载和轻载条件下输出电压的控制。退出UVLO后(对于MAX17500， $V_{IN}$ 大于21.6V；对于MAX17499， $V_{IN}$ 大于9.5V，且UVLO/EN电压大于1.23V)，开始软启动。在1984个NDRV开关周期内，放大器同相节点的电压从0上升到1.23V。使用下面的公式计算软启动时间( $t_{SS}$ )：

$$t_{SS} = \frac{1984}{f_{NDRV}}$$

其中， $f_{NDRV}$ 是NDRV输出的开关频率。图4所示为MAX17500电源设计在启动过程中的软启动稳压输出。

### n沟道MOSFET开关驱动器

NDRV输出驱动一个外部n沟道MOSFET。内部稳压器输出( $V_{CC}$ )大约设置在9V，用于驱动NDRV。对于通用电源输入电压范围，所采用的MOSFET必须能够承受最高输入电源电压的直流电平和变压器原边反射电压之和。大多数应用采用非连续、反激拓扑，需要额定电压为600V的MOSFET。NDRV能够源出/吸收650mA/1000mA以上的峰值电流，因此应选用在该电流条件下具有可接受的导通损耗和开关损耗的MOSFET。

### 振荡器/开关频率

通过RT的外部电阻对器件内部振荡器频率进行编程，频率设置范围为50kHz至2.5MHz。MAX17499A/MAX17500A输出开关频率是可编程振荡器频率的一半，占空比为50%。MAX17499B/MAX17500B输出开关频率是可编程振荡器频率的四分之一，占空比为75%。

MAX17499A/MAX17500A和MAX17499B/MAX17500B具有可编程的输出开关频率，其设置范围分别为25kHz至625kHz和12.5kHz至625kHz。利用下式确定合适的R12阻值(参见图1)，以便在NDRV输出上产生所需的输出开关频率( $f_{SW}$ )：

$$R12 = \frac{10^{10}}{2f_{SW}} \text{ 对于MAX17499A/MAX17500A}$$

$$R12 = \frac{10^{10}}{4f_{SW}} \text{ 对于MAX17499B/MAX17500B}$$

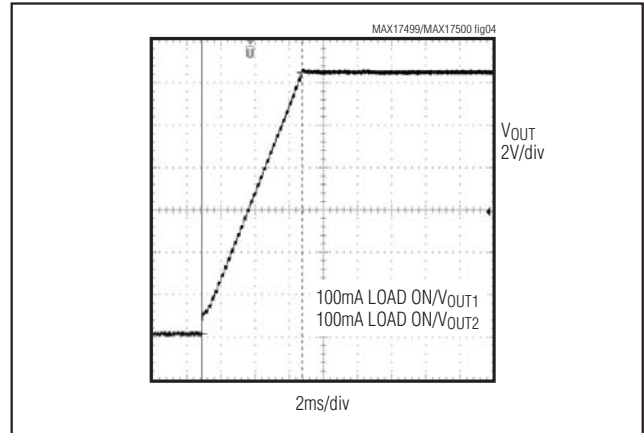


图4. 图6电路中初始化启动期间的原边软启动输出电压

其中，R12是连接在RT和GND之间的电阻(参见图1)。

如图1所示，将一个RC网络与R12并联。RC网络由一个100nF电容C6(实现稳定性)和电阻R15串联构成，电阻的作用是为了进一步降低抖动。使用下列公式确定R15的取值：

$$R15 = 88.9 \times (R12)^{\frac{1}{4}}$$

例如，如果R12是4k $\Omega$ ，则R15为707 $\Omega$ 。

### 内部误差放大器

器件具有一个内部误差放大器，在非隔离电源应用中対输出电压进行稳压(参见图1)。对于图1所示电路，使用下式计算输出电压：

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{R13}{R14}\right) V_{REF}$$

其中， $V_{REF} = 1.23V$ 。放大器的同相输入由内部连接至数字软启动电路，启动时，逐渐提升连接至该输入的基准电压。这样，在所有负载条件下，输出电压均能够按照所定义的方式爬升。

## 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

误差放大器还能够调节第三绕组输出，实现原边稳压的隔离电源(参见图6)。对于图6所示电路，采用下列公式计算输出电压：

$$V_{OUT} = \frac{N_S}{N_T} \left[ \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right) V_{REF} + V_{D6} \right] - V_{D2}$$

其中， $N_S$ 是第二绕组匝数， $N_T$ 是第三绕组匝数， $V_{D6}$ 和 $V_{D2}$ 是各个输出的二极管压降。

### 电流限制

连接在MOSFET源极和地之间的电流检测电阻(图1中的R4)设置电流限制。限流比较器的电压触发电平( $V_{CS}$ )为1V。使用下式计算R4：

$$R_4 = \frac{V_{CS}}{I_{PRI}}$$

其中， $I_{PRI}$ 是变压器原边的峰值电流，该电流还流经MOSFET。当该电流产生的电压(电流检测电阻上的电压)大于限流比较器门限时，MOSFET驱动器(NDRV)将在60ns(典型值)内切断电流。需要时，采用一个RC网络来消除检测波形的上升沿尖峰。角频率设置在2MHz至10MHz之间。

### 应用信息

#### MAX17500电源设计的启动时间考虑

MAX17500唤醒后，IN端的旁路电容C1立即提供电流(参见图1)。C1的大小以及第三绕组的连接配置决定了启动周期数。大容量C1会增加启动时间，但是在启动时也提供了支持更多周期数的栅极电荷。如果C1容量过小， $V_{IN}$ 可能会降至9.74V以下，这是因为NDRV没有足够的时间进行开关，在第三绕组输出上无法建立足够的器件供电电压。器件返回UVLO，不启动。C1和C2应采用低泄漏电容。

通常，即使是在低电源电压条件下(通用离线式应用的85V交流或电信应用的36V直流)，离线电源的启动时间也小于500ms。调整启动电阻R1，为器件提供最大启动偏置电流(90 $\mu$ A)和C1、C2的充电电流。旁路电容C2必须充电至9.5V，

C1必须充电至24V，所有这些必须在500ms内完成。考虑到MAX17500的内部软启动时间( $f_{SW} = 350$ kHz时，大约为5.6ms)，C1必须存储足够的电荷，以便在这一时间内为器件提供电流。使用下式计算所需的电容值：

$$I_G = Q_{GTOT} f_{SW}$$

$$C_1 = \frac{(I_{IN} + I_G)(t_{SS})}{V_{HYST}}$$

其中， $I_{IN}$ 是MAX17500启动后的内部电源电流(2mA)， $Q_{GTOT}$ 是Q1的总栅极电荷， $f_{SW}$ 是MAX17500的开关频率(350kHz)， $V_{HYST}$ 是自举UVLO的滞回电压(大约是12V)， $t_{SS}$ 是内部软启动时间(5.6ms)。

例如： $I_G = (8nC)(350kHz) \approx 2.8mA$

$$C_1 = \frac{(2mA + 2.8mA)(5.6ms)}{12V} = 2.24\mu F$$

选择一个2.2 $\mu$ F标准值(假设开关频率为350kHz)。

如果 $C_1 > C_2$ ，按下式计算R1：

$$I_{C1} = \frac{V_{SUVR} C_1}{(500ms)}$$

$$R_1 \approx \frac{V_{IN(MIN)} - V_{SUVR}}{I_{C1} + I_{START}}$$

其中， $V_{IN(MIN)}$ 是具体应用(电信36V)的最小输入电压， $V_{SUVR}$ 是自举UVLO唤醒电压(23.6V，最大值)； $I_{START}$ 是启动时的IN电源电流(90 $\mu$ A，最大值)。

例如：

$$I_{C1} = \frac{(24V)(2.2\mu F)}{(500ms)} = 0.105mA$$

$$R_1 \approx \frac{(36V) - (24V)}{(0.105mA) + (90\mu A)} = 61.5k\Omega$$

选择一个61.9k $\Omega$ 标准值。

## 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

如果允许较长的启动时间，R1取值可以大于上式所计算的数值，以降低电阻功耗。

上述启动方法适用于图1类似电路。在该电路中，第三绕组与输出绕组相位相同。因此，第三绕组在任何时间的电压都与输出电压成正比，并与输出电压经历相同的软启动周期。C1从21.6V至9.74V的最小放电时间必须大于5.6ms的软启动时间。

自举电源的另一种方法是使用与MOSFET导通时间同相的偏置绕组(参见图5)。这种情况下，IN端所需电容(C1)大大降低。但是，输入电压范围不能大于2:1 (原边绕组与偏置绕组的电压比)。

对于“打嗝”模式故障保护，使偏置绕组与输出同相，输出短路时，电源工作在“打嗝”模式，并开始软启动。如果偏置绕组与MOSFET导通时间同相，电源不会出现“打嗝”。

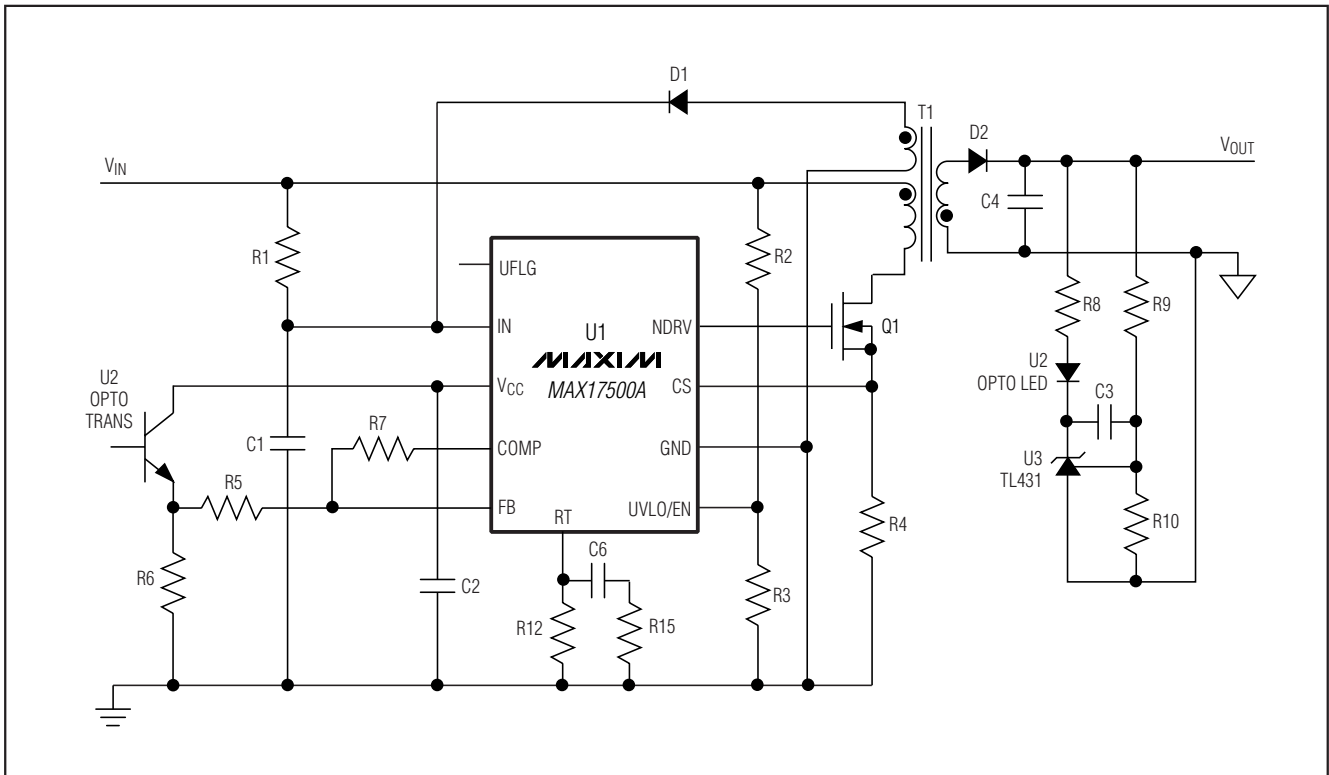


图5. 二次侧稳压隔离电源

# 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

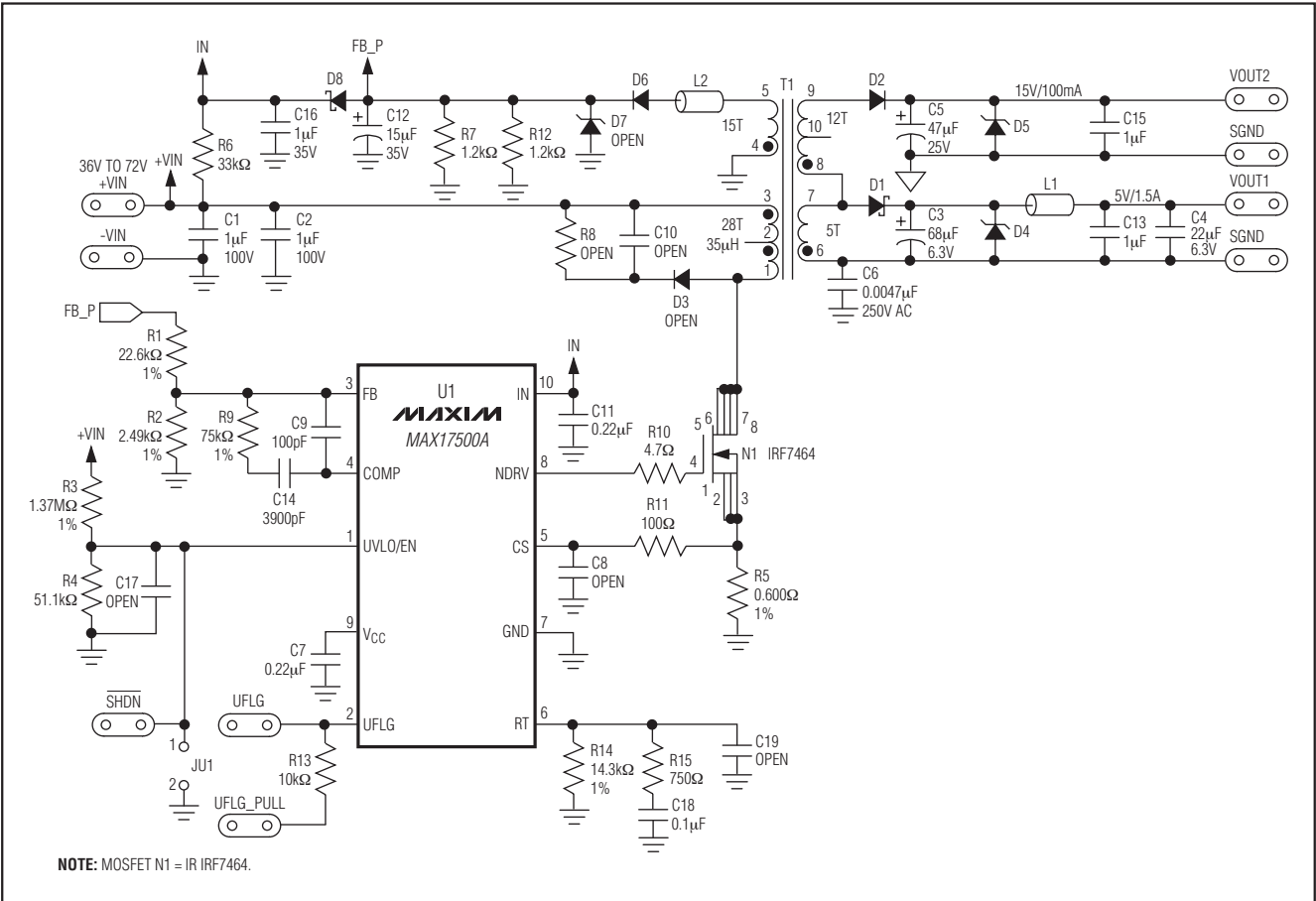


图6. 原边稳压的双路输出隔离电信电源

## 原边稳压的隔离电信电源

图6所示电路为工作在36V至72V电信电压范围的双路输出电源，这种电源的一个关键特性是原边稳压。第三绕组稳压为MAX17500提供偏置。

图6所示电路中，使用芯片电感L1和L2，以及R7 || R12与C12并联来改善交叉调节率(第三绕组和5V输出)。R7 || R12为第三绕组输出提供足够的负荷，在150mA至1.5A负载电流范围内，为5V输出提供±10%的负载调节(图7)。

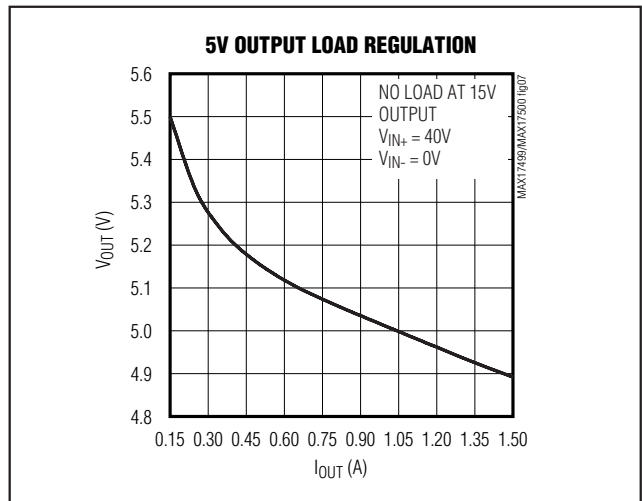


图7. 图6电路的输出电压调节

## 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

MAX17499/MAX17500

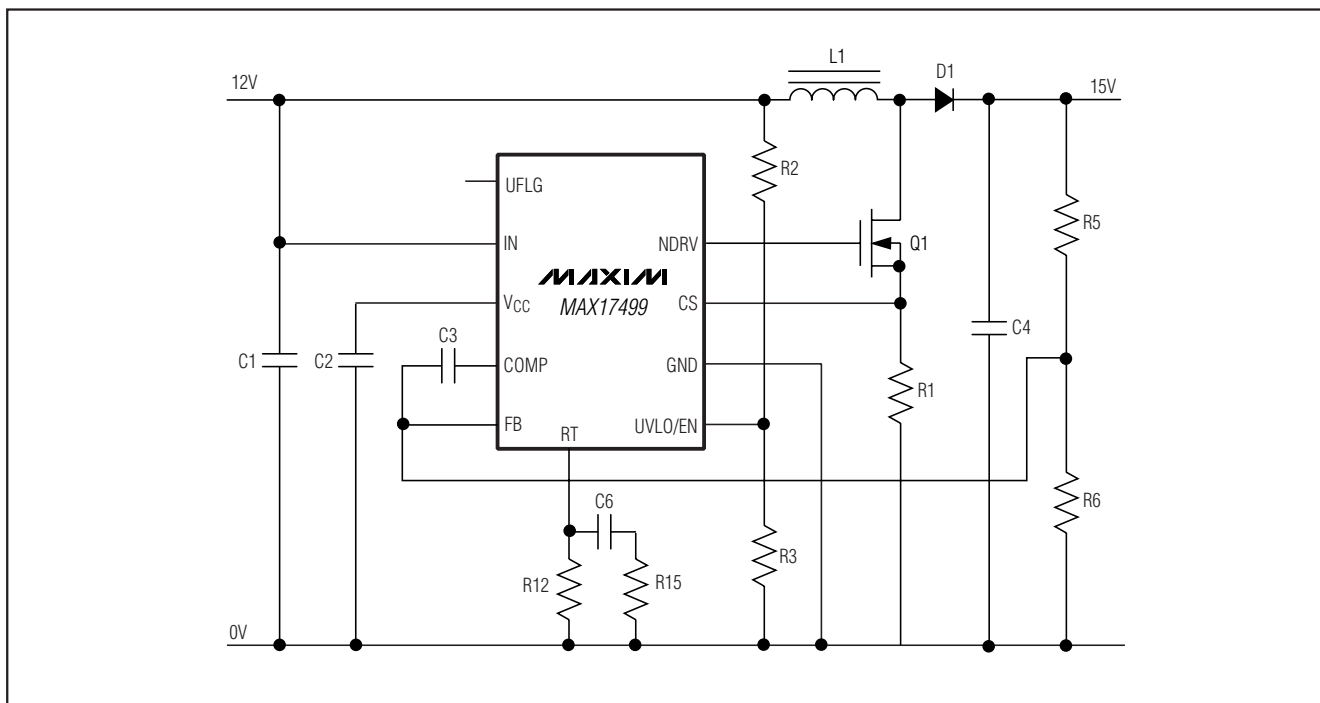


图8. 12V至15V输出升压调节器

图8所示为12V至15V输出升压调节器。

### 布局建议

开关电源一般有两种噪声源：较大的 $di/dt$ 回路以及较大的 $dV/dt$ 区域。例如，承载漏极电流的引线通常会构成具有较大 $di/dt$ 的回路。同样，MOSFET的散热区域也是一个较大 $dV/dt$ 的源，因此应尽量减小散热面积。所有流过开关

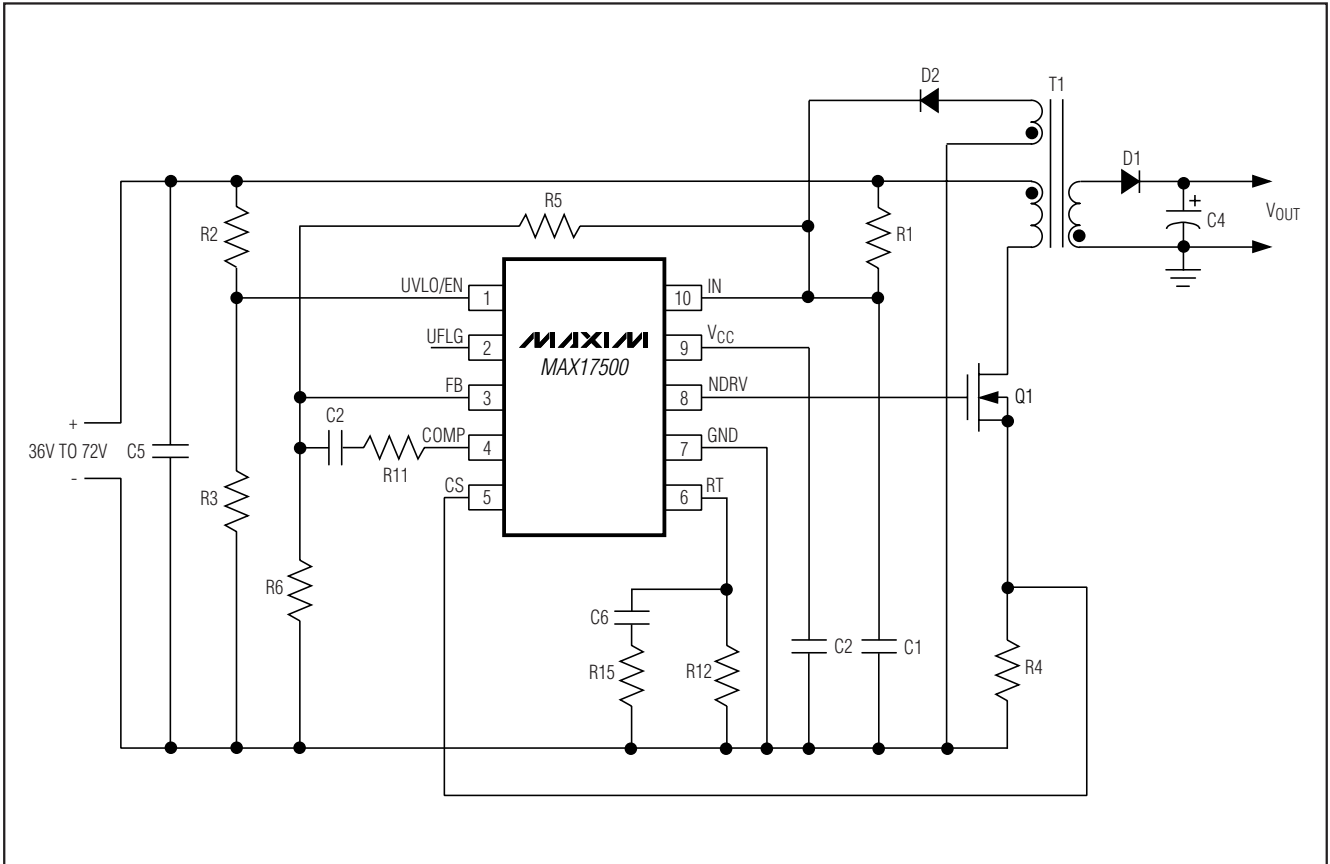
电流的PCB引线应尽可能短，以减小电流回路。合理使用地平线以达到最佳效果。 $\mu$ MAX封装引脚配置方便了与外部MOSFET的连接。

对于通用交流输入设计，应遵照相关的安全规范。离线式电源可能需要通过UL、VDE或其它类似机构的认证。为避免RT至NDRV的噪声耦合，RT应远离NDRV布线。

# 电流模式PWM控制器, 可调节开关频率

MAX17499/MAX17500

典型应用电路

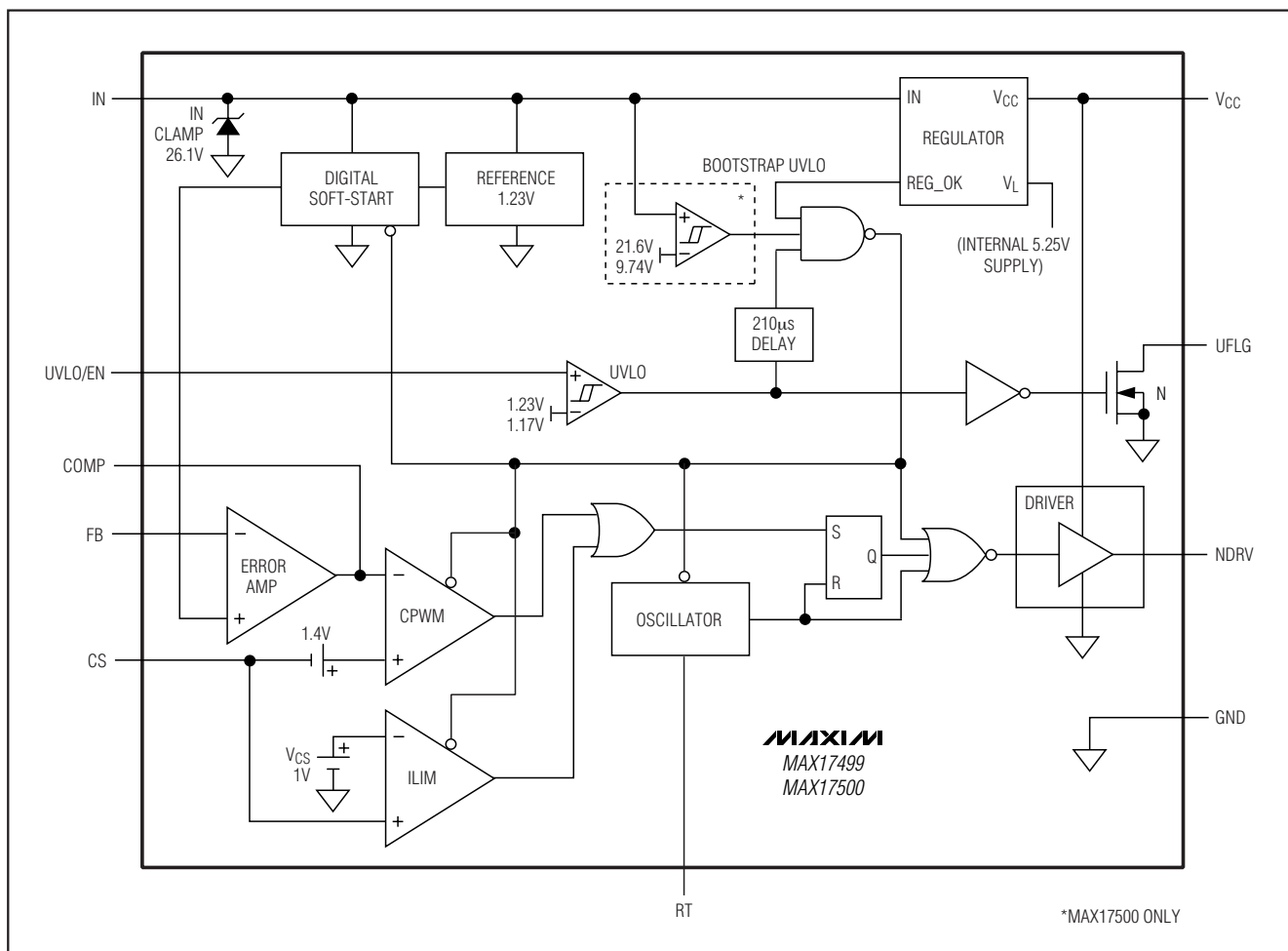




# 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

功能框图

MAX17499/MAX17500



## 选型指南

## 芯片信息

PART*	BOOTSTRAP UVLO	STARTUP VOLTAGE (V)	MAX DUTY CYCLE (%)
MAX17499A	No	9.5	50
MAX17499B	No	9.5	75
MAX17500A	Yes	22	50
MAX17500B	Yes	22	75

\*MAX17499不提供内部自举UVLO。只要 $V_{IN}$ 大于9.5V并且UVLO/EN高于1.23V，MAX17499便开始工作。

PROCESS: BiCMOS

## 封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局，请查询 [china.maxim-ic.com/packages](http://china.maxim-ic.com/packages)。请注意，封装编码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图中可能包含不同的尾缀字符，但封装图只与封装有关，与RoHS状态无关。

封装类型	封装编码	外形编号	焊盘布局编号
10 µMAX	U10+2	<a href="#">21-0061</a>	<a href="#">90-0330</a>

# 电流模式PWM控制器， 可调节开关频率

## 修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	9/10	最初版本。	—

## Maxim北京办事处

北京 8328信箱 邮政编码 100083

免费电话：800 810 0310

电话：010-6211 5199

传真：010-6211 5299

Maxim不对Maxim产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。Maxim保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。

18 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**