

4.5V–60V、3.5A、高效率、 同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

概述

MAX17504是一款高效率、高电压、同步整流降压型转换器；内置双MOSFET，可工作在4.5V至60V的输入电压范围。它可提供高达3.5A的电流以及0.9V至90% V_{IN} 输出电压。全输出电压范围的内置补偿，无需外部元件。反馈(FB)调节精度在-40°C至+125°C温度范围内为 $\pm 1.1\%$ 。器件采用紧凑的(5mm x 5mm) TQFN无铅(Pb)封装，带裸焊盘。提供仿真模型。

器件采用峰值电流模式架构，带有MODE功能，可采用脉宽调制(PWM)、脉冲频率调制(PFM)或非连续模式(DCM)等控制模式。PWM工作模式在任何负载条件下都保持固定频率工作，这在对开关频率敏感的应用中非常有用。PFM工作模式没有负向电感电流以及轻载条件下额外的跳脉冲，以提高效率。DCM工作模式不采用跳脉冲，而是在轻载条件下仅禁止负向电感电流，采用固定工作频率能工作比PFM模式的轻载更低负载条件下。DCM工作模式的效率介于PWM和PFM模式之间。内置低导通电阻的MOSFET确保满载时的高效率，同时也简化了PCB的布线。

可编程软启动功能可使用户降低输入浪涌电流。器件有一个输出使能/欠压锁定引脚(EN/UVLO)，允许用户在输入电压达到相应要求时开启。输出电压成功达到稳压范围时，经过一定延时，开漏的RESET引脚给系统输出一个电源就绪指示信号。

应用

- 工业电源
- 分布式电源调节
- 基站电源
- 壁挂式变压稳压器
- 高压单板系统
- 通用负载板上电源

优势和特性

- 减少外围器件，降低总体成本
 - 无需肖特基同步电路，提高效率、降低成本
 - 内部补偿，在任意输出电压下均可稳定工作
 - 全陶瓷电容设计：超小尺寸布局，外部元件只有8个
- 减少DC-DC稳压器物料清单
 - 4.5V至60V宽输入电压范围
 - 0.9V至90% V_{IN} 输出电压
 - 整个温度范围内提供高达3.5A电流
 - 200kHz至2.2MHz可调节频率，附带外部同步
 - 采用20引脚、5mm x 5mm、TQFN封装
- 降低功耗
 - 峰值效率高于90%
 - PFM和DCM模式，轻载时保持高效率
 - 关断电流仅为2.8 μ A (典型值)。
- 工作可靠
 - 打嗝模式限流和自动重启
 - 内置输出电压监测(开漏RESET引脚)
 - 电阻可编程EN/UVLO门限
 - 可调软启动和预偏置上电电压
 - -40°C至+125°C工作温度范围

订购信息在数据资料的最后给出。

相关型号以及配合该器件使用的推荐产品，请参见：china.maximintegrated.com/MAX17504.related。

MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、 同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

Absolute Maximum Ratings

V_{IN} to PGND	-0.3V to +65V	LX Total RMS Current	±5.6A
EN/UVLO to SGND	-0.3V to +65V	Output Short-Circuit Duration	Continuous
LX to PGND.....	-0.3V to ($V_{IN} + 0.3V$)	Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$) (multilayer board)	
BST to PGND	-0.3V to +70V	TQFN (derate 33.3mW/°C above $T_A = +70^\circ\text{C}$).....	2666.7mW
BST to LX.....	-0.3V to +6.5V	Operating Temperature Range.....	-40°C to +125°C
BST to V_{CC}	-0.3V to +65V	Junction Temperature.....	+150°C
FB, CF, RESET, SS, MODE, SYNC,		Storage Temperature Range.....	-65°C to +160°C
RT to SGND	-0.3V to +6.5V	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
V_{CC} to SGND.....	-0.3V to +6.5V	Soldering Temperature (reflow).....	+260°C
SGND to PGND.....	-0.3V to +0.3V		

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.

Package Thermal Characteristics (Note 1)

TQFN

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA})	30°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC}).....	2°C/W

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to china.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

Electrical Characteristics

($V_{IN} = V_{EN/UVLO} = 24V$, $R_{RT} = 40.2k\Omega$ (500kHz), $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $V_{PGND} = V_{SGND} = V_{MODE} = V_{SYNC} = 0V$, LX = SS = RESET = open, V_{BST} to $V_{LX} = 5V$, $V_{FB} = 1V$, $T_A = T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ\text{C}$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
INPUT SUPPLY (V_{IN})						
Input Voltage Range	V_{IN}		4.5		60	V
Input Shutdown Current	I_{IN-SH}	$V_{EN/UVLO} = 0V$ (shutdown mode)		2.8	4.5	μA
Input Quiescent Current	I_{Q_PFM}	$V_{FB} = 1V$, MODE = RT = open		118		
		$V_{FB} = 1V$, MODE = open		162		
	I_{Q_DCM}	DCM mode, $V_{LX} = 0.1V$		1.16	1.8	mA
I_{Q_PWM}	Normal switching mode, $f_{SW} = 500kHz$, $V_{FB} = 0.8V$		9.5			
ENABLE/UVLO (EN/UVLO)						
EN/UVLO Threshold	V_{ENR}	$V_{EN/UVLO}$ rising	1.19	1.215	1.24	V
	V_{ENF}	$V_{EN/UVLO}$ falling	1.068	1.09	1.111	
EN/UVLO Input Leakage Current	I_{EN}	$V_{EN/UVLO} = 0V$, $T_A = +25^\circ\text{C}$	-50	0	+50	nA
LDO						
V_{CC} Output Voltage Range	V_{CC}	$6V < V_{IN} < 60V$, $I_{VCC} = 1mA$	4.75	5	5.25	V
		$1mA \leq I_{VCC} \leq 25mA$				
V_{CC} Current Limit	$I_{VCC-MAX}$	$V_{CC} = 4.3V$, $V_{IN} = 6V$	26.5	54	100	mA
V_{CC} Dropout	V_{CC-DO}	$V_{IN} = 4.5V$, $I_{VCC} = 20mA$	4.2			V

MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、 同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

Electrical Characteristics (continued)

($V_{IN} = V_{EN}/UVLO = 24V$, $R_{RT} = 40.2k\Omega$ (500kHz), $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $V_{PGND} = V_{SGND} = V_{MODE} = V_{SYNC} = 0V$, $LX = SS = \overline{RESET} = \text{open}$, V_{BST} to $V_{LX} = 5V$, $V_{FB} = 1V$, $T_A = T_J = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{CC} UVLO	V_{CC_UVR}	V_{CC} rising	4.05	4.2	4.3	V
	V_{CC_UVF}	V_{CC} falling	3.65	3.8	3.9	
POWER MOSFET AND BST DRIVER						
High-Side nMOS On-Resistance	R_{DS-ONH}	$I_{LX} = 0.3A$		165	325	m Ω
Low-Side nMOS On-Resistance	R_{DS-ONL}	$I_{LX} = 0.3A$		80	150	m Ω
LX Leakage Current	I_{LX_LKG}	$V_{LX} = V_{IN} - 1V$, $V_{LX} = V_{PGND} + 1V$, $T_A = +25^\circ C$	-2		+2	μA
SOFT-START (SS)						
Charging Current	I_{SS}	$V_{SS} = 0.5V$	4.7	5	5.3	μA
FEEDBACK (FB)						
FB Regulation Voltage	V_{FB_REG}	MODE = SGND or MODE = V_{CC}	0.89	0.9	0.91	V
		MODE = open	0.89	0.915	0.936	
FB Input Bias Current	I_{FB}	$0 < V_{FB} < 1V$, $T_A = +25^\circ C$	-50		+50	nA
MODE						
MODE Threshold	V_{M-DCM}	MODE = V_{CC} (DCM mode)	$V_{CC} - 1.6$			V
	V_{M-PFM}	MODE = open (PFM mode)	$V_{CC}/2$			
	V_{M-PWM}	MODE = GND (PWM mode)	1.4			
CURRENT LIMIT						
Peak Current-Limit Threshold	$I_{PEAK-LIMIT}$		4.4	5.1	5.85	A
Runaway Current-Limit Threshold	$I_{RUNAWAY-LIMIT}$		4.9	5.7	6.7	A
Valley Current-Limit Threshold	$I_{SINK-LIMIT}$	MODE = open or MODE = V_{CC}	-0.16	0	+0.16	A
		MODE = GND		-1.8		
PFM Current-Limit Threshold	I_{PFM}	MODE = open	0.6	0.75	0.9	A
RT AND SYNC						
Switching Frequency	f_{SW}	$R_{RT} = 102k\Omega$	180	200	220	kHz
		$R_{RT} = 40.2k\Omega$	475	500	525	
		$R_{RT} = 8.06k\Omega$	1950	2200	2450	
		$R_{RT} = \text{OPEN}$	460	500	540	
SYNC Frequency Capture Range		f_{SW} set bt R_{RT}	1.1 x f_{SW}		1.4 x f_{SW}	kHz
SYNC Pulse Width			50			ns
SYNC Threshold	V_{IH}		2.1			V
	V_{IL}				0.8	

MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、 同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

Electrical Characteristics (continued)

($V_{IN} = V_{EN/UVLO} = 24V$, $R_{RT} = 40.2k\Omega$ (500kHz), $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $V_{PGND} = V_{SGND} = V_{MODE} = V_{SYNC} = 0V$, $LX = SS = \overline{RESET} = open$, $V_{BST} to V_{LX} = 5V$, $V_{FB} = 1V$, $T_A = T_J = -40^\circ C to +125^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{FB} Undervoltage Trip Level to Cause Hiccup	$V_{FB-HICF}$		0.56	0.58	0.6	V
HICCUP Timeout		(Note 3)		32768		Cycles
Minimum On-Time	t_{ON-MIN}				135	ns
Minimum Off-Time	$t_{OFF-MIN}$		140		160	ns
LX Dead Time				5		ns
\overline{RESET}						
\overline{RESET} Output Level Low		$I_{\overline{RESET}} = 1mA$			0.4	V
\overline{RESET} Output Leakage Current		$T_A = T_J = +25^\circ C$, $V_{\overline{RESET}} = 5.5V$	-0.1		+0.1	μA
V_{OUT} Threshold for \overline{RESET} Assertion	V_{FB-OKF}	V_{FB} falling	90.5	92	94	%
V_{OUT} Threshold for \overline{RESET} Deassertion	V_{FB-OKR}	V_{FB} rising	93.8	95	97.2	%
\overline{RESET} Deassertion Delay After FB Reaches 95% Regulation				1024		Cycles
THERMAL SHUTDOWN						
Thermal Shutdown Threshold		Temperature rising		165		$^\circ C$
Thermal Shutdown Hysteresis				10		$^\circ C$

Note 2: All limits are 100% tested at +25°C. Limits over temperature are guaranteed by design.

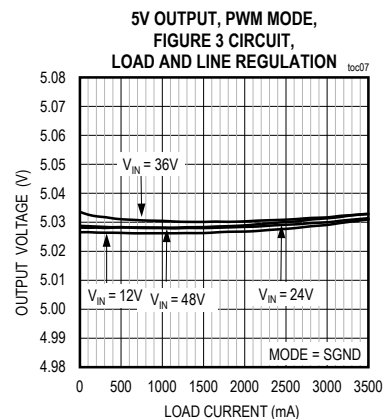
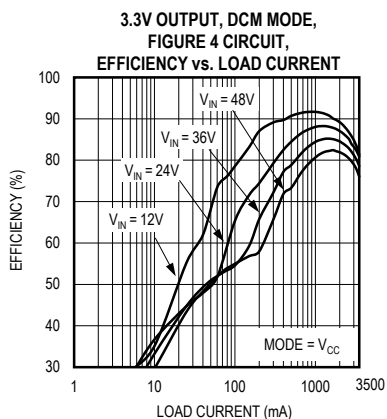
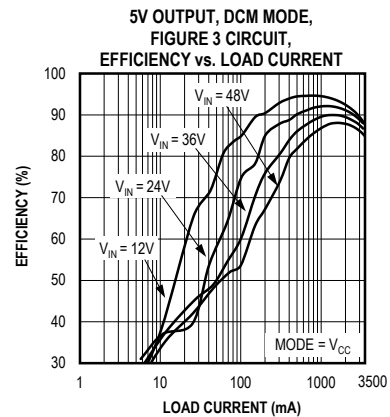
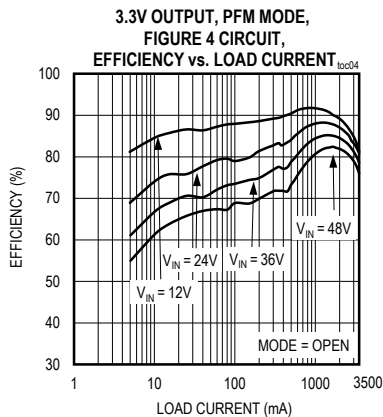
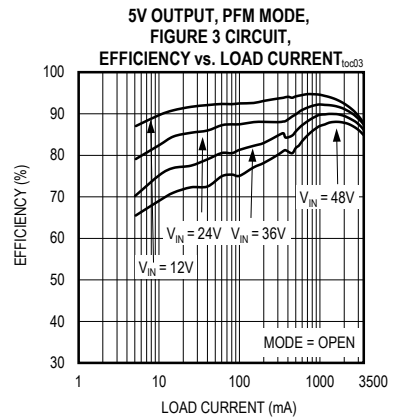
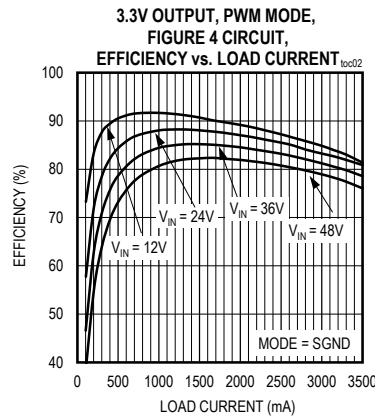
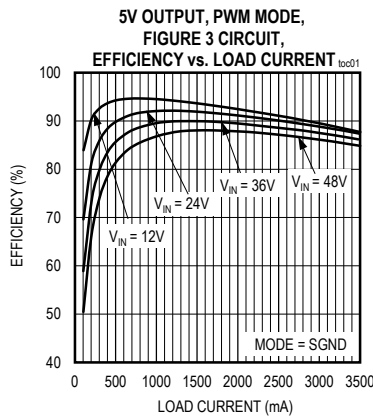
Note 3: See the [Overcurrent Protection/HICCUP Mode](#) section for more details.

MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

典型工作特性

($V_{IN} = V_{EN}/V_{VLO} = 24V$, $V_{PGND} = V_{SGND} = 0V$, $C_{VIN} = 2 \times 2.2\mu F$, $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $C_{BST} = 0.1\mu F$, $C_{SS} = 12,000pF$, $RT = MODE = open$, $T_A = T_J = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.)

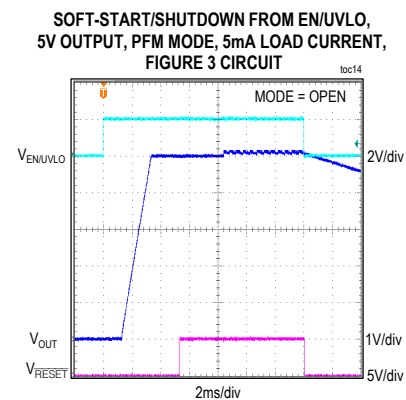
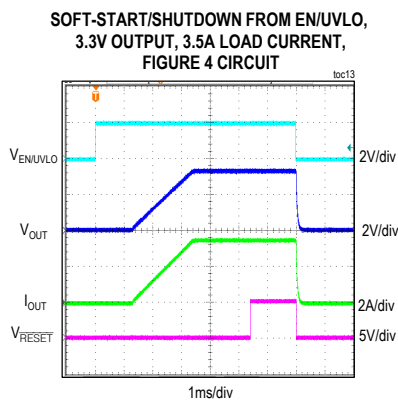
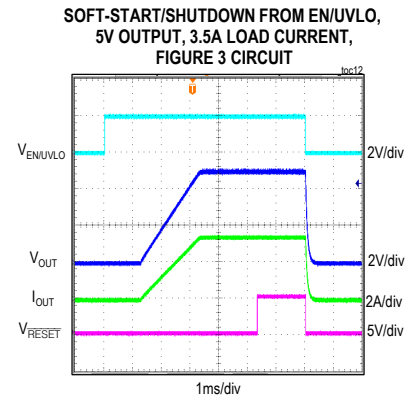
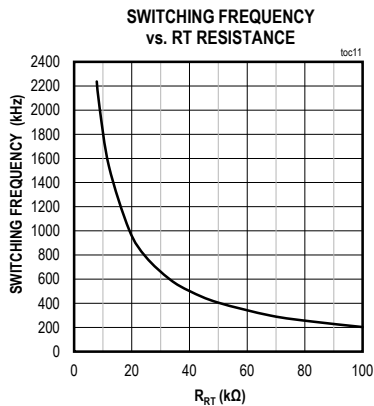
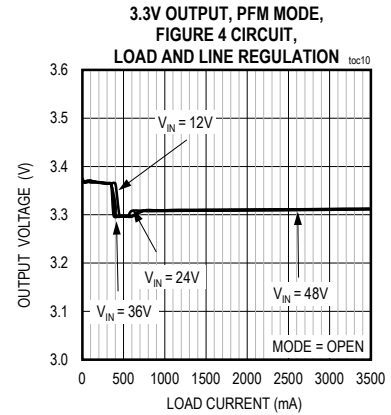
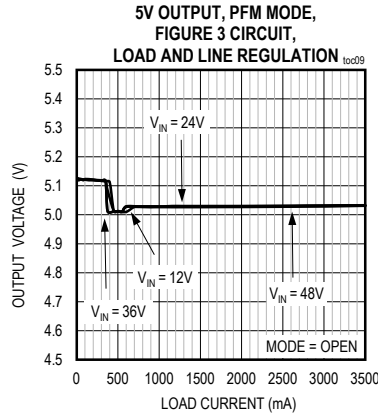
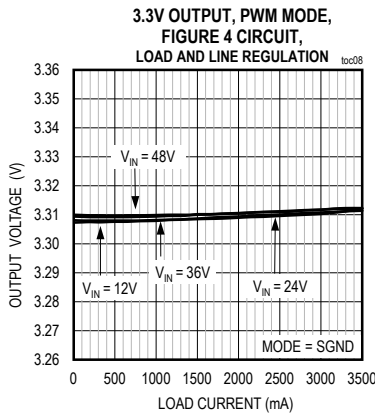


MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、 同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

典型工作特性(续)

($V_{IN} = V_{EN/UVLO} = 24V$, $V_{PGND} = V_{SGND} = 0V$, $C_{VIN} = 2 \times 2.2\mu F$, $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $C_{BST} = 0.1\mu F$, $C_{SS} = 12,000pF$, $R_T = \text{MODE} = \text{open}$, $T_A = T_J = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.)



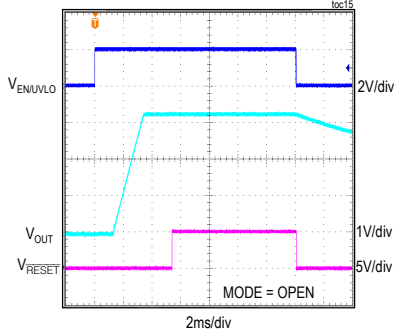
MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、 同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

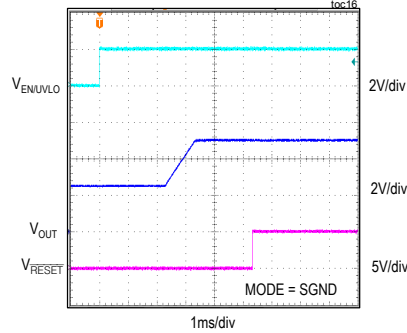
典型工作特性(续)

($V_{IN} = V_{EN/UVLO} = 24V$, $V_{PGND} = V_{SGND} = 0V$, $C_{VIN} = 2 \times 2.2\mu F$, $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $C_{BST} = 0.1\mu F$, $C_{SS} = 12,000pF$, $RT = MODE = open$, $T_A = T_J = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.)

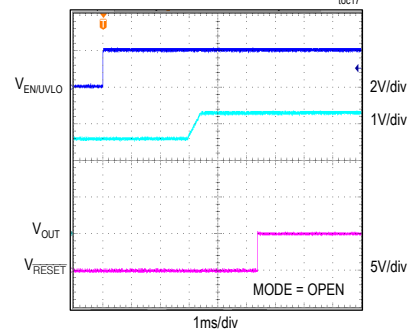
SOFT-START/SHUTDOWN FROM EN/UVLO,
3.3V OUTPUT, PFM MODE, 5mA LOAD CURRENT,
FIGURE 4 CIRCUIT



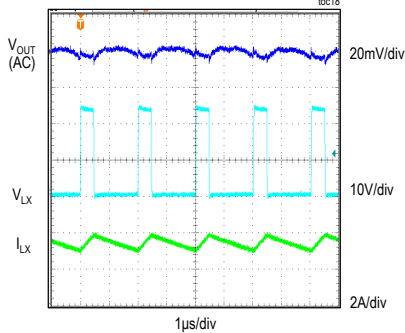
SOFT-START WITH 2.5V PREBIAS,
5V OUTPUT, PWM MODE,
FIGURE 3 CIRCUIT



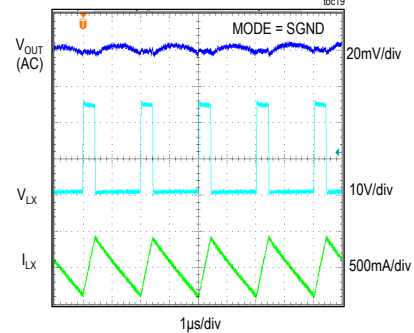
SOFT-START WITH 2.5V PREBIAS,
3.3V OUTPUT, PFM MODE,
FIGURE 4 CIRCUIT



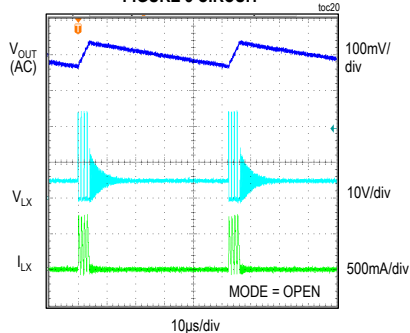
STEADY-STATE SWITCHING WAVEFORMS,
5V OUTPUT, 3.5A LOAD CURRENT,
FIGURE 3 CIRCUIT



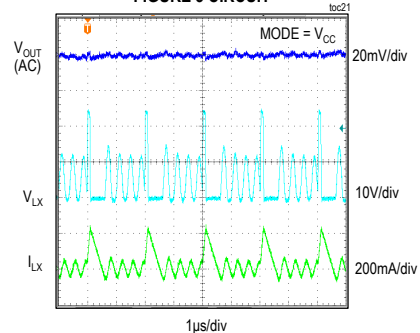
STEADY-STATE SWITCHING WAVEFORMS,
5V OUTPUT, PWM MODE, NO LOAD,
FIGURE 3 CIRCUIT



STEADY-STATE SWITCHING WAVEFORMS,
5V OUTPUT, PFM MODE, 25mA LOAD,
FIGURE 3 CIRCUIT



STEADY-STATE SWITCHING WAVEFORMS,
5V OUTPUT, DCM MODE, 25mA LOAD,
FIGURE 3 CIRCUIT



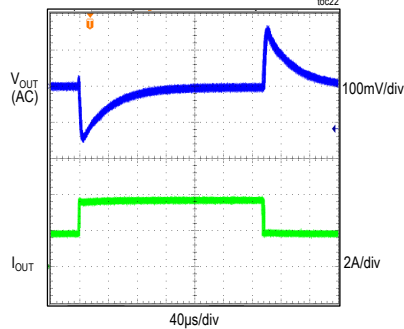
MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、 同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

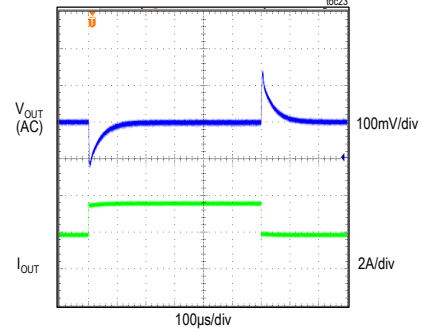
典型工作特性(续)

($V_{IN} = V_{EN}/V_{VLO} = 24V$, $V_{PGND} = V_{SGND} = 0V$, $C_{VIN} = 2 \times 2.2\mu F$, $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $C_{BST} = 0.1\mu F$, $C_{SS} = 12,000pF$, $RT = MODE = open$, $T_A = T_J = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.)

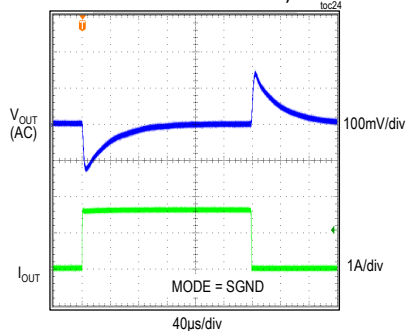
5V OUTPUT, PWM MODE, FIGURE 3 CIRCUIT
(LOAD CURRENT STEPPED
FROM 1.75A TO 3.5A)



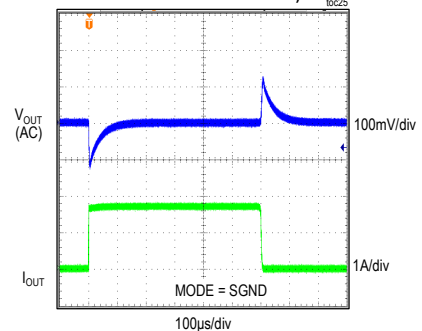
3.3V OUTPUT, PWM MODE, FIGURE 4 CIRCUIT
(LOAD CURRENT STEPPED
FROM 1.75A TO 3.5A)



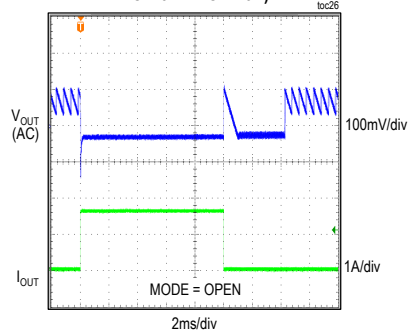
5V OUTPUT, PWM MODE, FIGURE 3 CIRCUIT
(LOAD CURRENT STEPPED
FROM NO LOAD TO 1.75A)



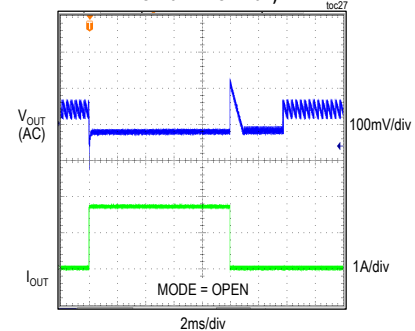
3.3V OUTPUT, PWM MODE, FIGURE 4 CIRCUIT
(LOAD CURRENT STEPPED
FROM NO LOAD TO 1.75A)



5V OUTPUT, PFM MODE, FIGURE 3 CIRCUIT
(LOAD CURRENT STEPPED
FROM 5mA TO 1.75A)



3.3V OUTPUT, PFM MODE, FIGURE 4 CIRCUIT
(LOAD CURRENT STEPPED
FROM 5mA TO 1.75A)

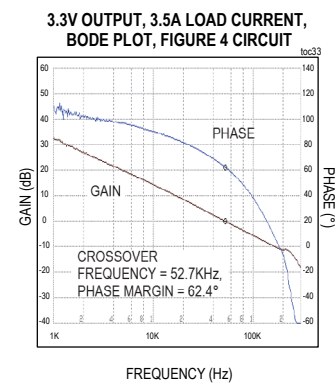
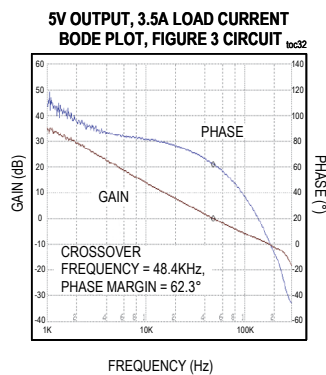
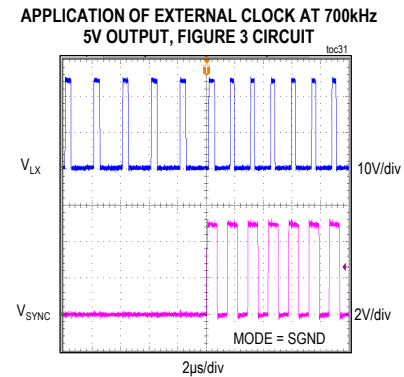
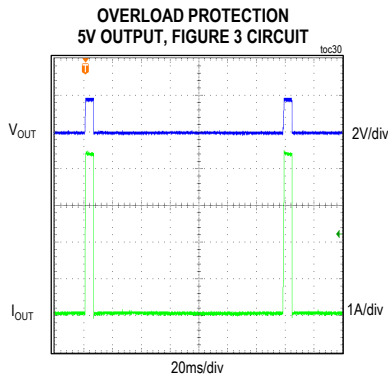
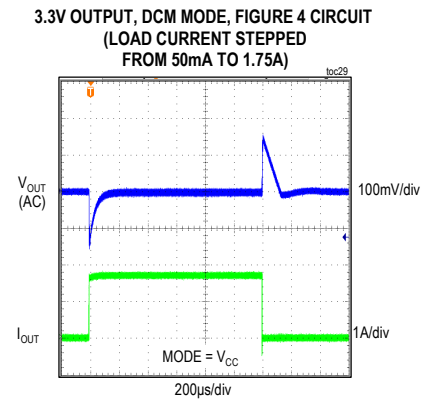
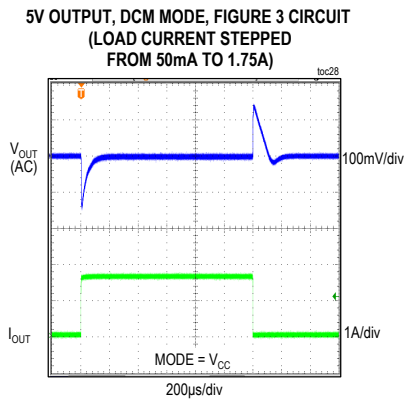


MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

典型工作特性(续)

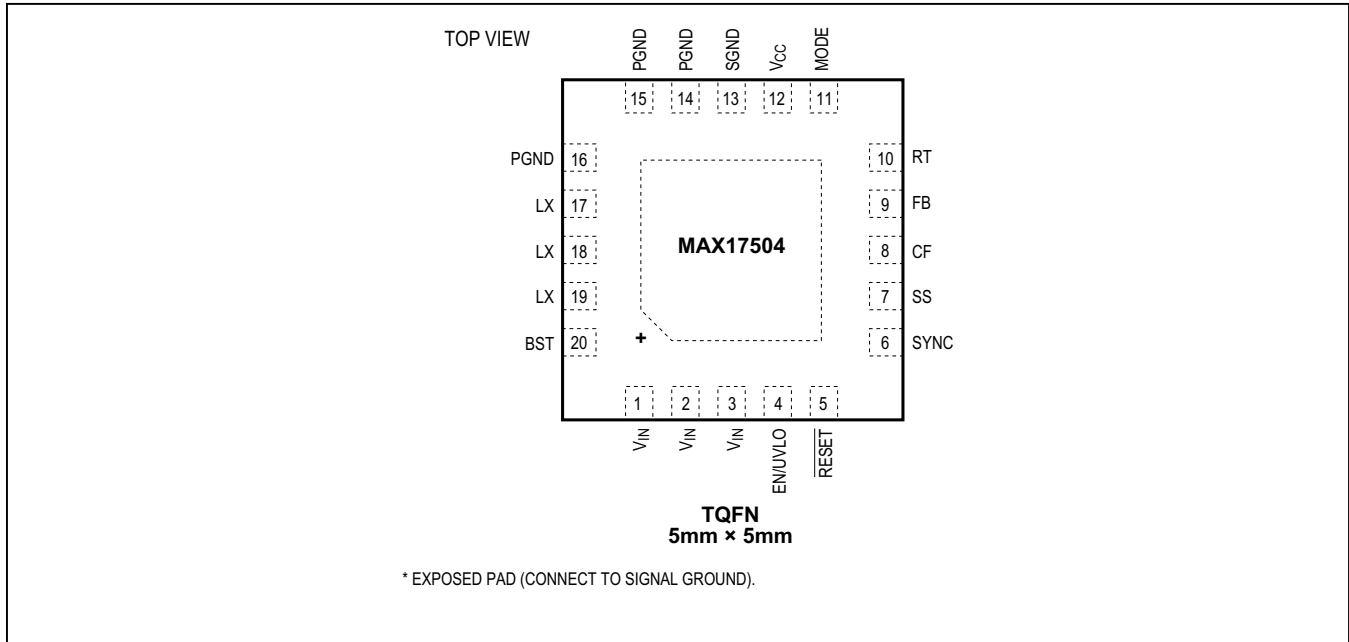
($V_{IN} = V_{EN}/V_{VLO} = 24V$, $V_{PGND} = V_{SGND} = 0V$, $C_{VIN} = 2 \times 2.2\mu F$, $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $C_{BST} = 0.1\mu F$, $C_{SS} = 12,000pF$, $RT = MODE = open$, $T_A = T_J = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.)



MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

引脚配置



引脚说明

引脚	名称	功能
1, 2, 3	V _{IN}	电源输入，4.5V至60V输入电压范围。将V _{IN} 引脚连接在一起。利用两个2.2μF陶瓷电容将该引脚连接至PGND，进行去耦；电容尽量靠近V _{IN} 和PGND引脚放置。布局示例请参考MAX17504评估板数据资料。
4	EN/UVLO	使能/欠压锁定。EN/UVLO为电平驱动，高电平时，电压输出使能；连接至V _{IN} 和SGND之间的电阻分压器中心，用于设置输入电压达到多少时MAX17504开启。上拉至V _{IN} 时，器件始终开启。
5	RESET	开漏/复位输出。如果FB电压下降到设定值的92%以下，则将RESET输出拉至低电平；FB电压上升到设定值的95%并保持1024个时钟周期后，RESET跳变为高电平。
6	SYNC	通过该引脚可与外部时钟同步。更详细信息请参见外部频率同步章节。
7	SS	软启动输入。在SS和SGND之间连接电容，设置软启动时间。
8	CF	开关频率低于500kHz时，在CF和FB之间连接电容。如果开关频率等于或高于500kHz，使CF保持开路。详情请参见环路补偿章节。
9	FB	反馈输入。将FB连接至输出与SGND之间外部电阻分压器的中心抽头，用于设置输出电压。更多详细信息请参见调节输出电压部分。
10	RT	在RT和SGND之间连接电阻，设置稳压器的开关频率。使RT保持开路时，开关频率为默认500kHz。更多详细信息请参见设置开关频率(RT)部分。
11	MODE	MODE引脚用于将MAX17504配置为PWM、PFM或DCM工作模式。MODE浮空时，为PFM工作模式(轻载时跳脉冲)；将MODE连接至SGND时，全部负载条件下均为固定频率PWM工作模式；将MODE连接至V _{CC} 时，为DCM工作模式。更多详细信息请参见MODE设置部分。

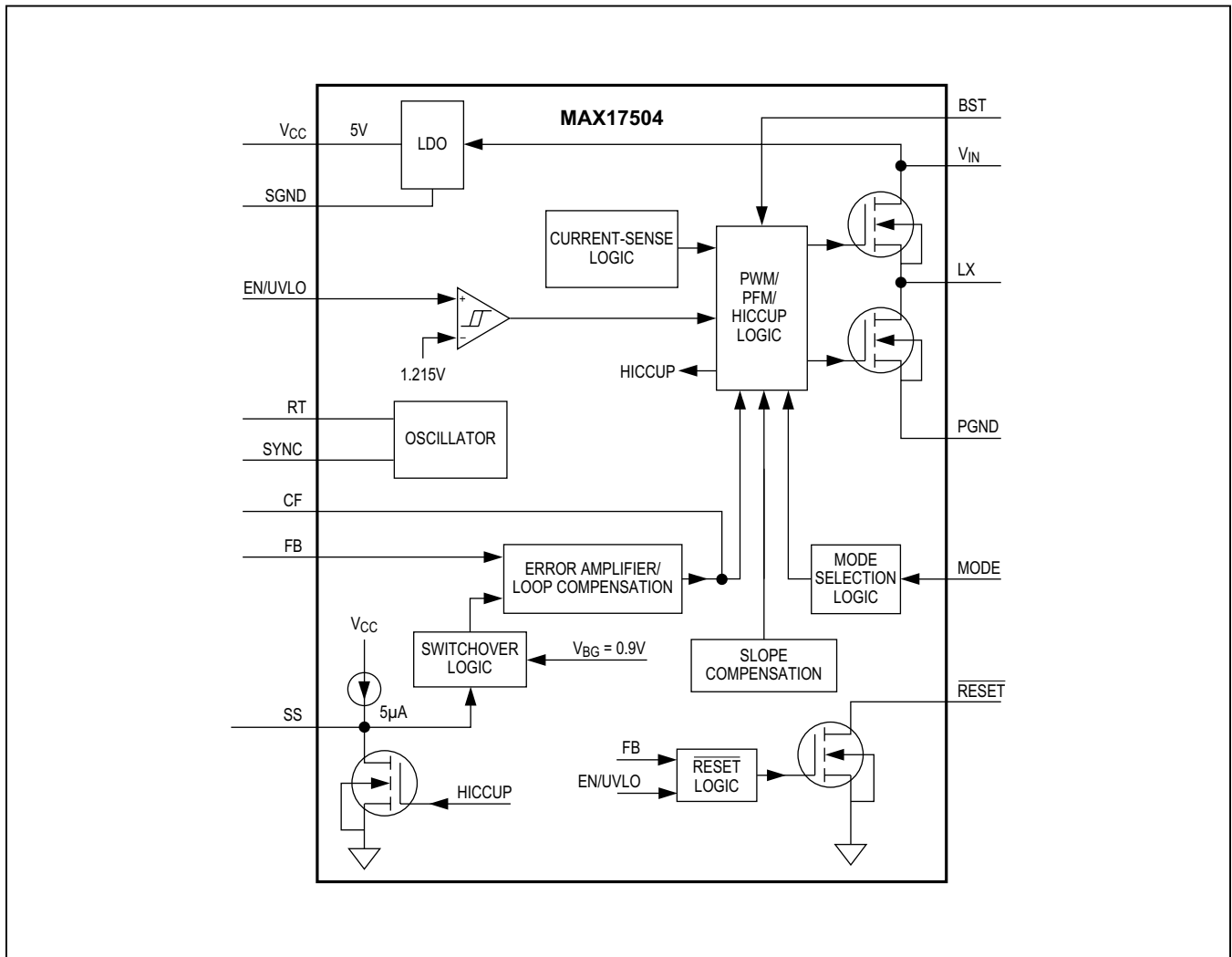
MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

引脚说明(续)

引脚	名称	功能
12	V _{CC}	5V LDO输出。利用2.2μF陶瓷电容将V _{CC} 旁路至SGND。
13	SGND	模拟地。
14, 15, 16	PGND	电源地。在外部将PGND引脚连接至电源区域。在V _{CC} 旁路电容地回路中将SGND和PGND引脚连接在一起。请参考MAX17504评估板的布局布线。
17, 18, 19	LX	开关节点。将LX引脚连接至电感的开关侧。
20	BST	升压飞电容。在BST和LX之间连接0.1μF陶瓷电容。
—	EP	裸焊盘，连接至SGND引脚。连接至IC下方较大的覆铜区域，以改善散热性能。在裸焊盘下方增加散热过孔。布局示例请参考MAX17504评估板数据资料。

方框图



MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

详细说明

MAX17504是一款高效率、高电压、同步整流降压型转换器；内置双MOSFET，可工作在4.5V至60V的输入电压范围。它可提供高达3.5A的电流以及0.9V至90% V_{IN} 输出电压。全输出电压范围的内置补偿，无需外部元件。反馈(FB)调节精度在-40°C至+125°C温度范围内为±1.1%。

器件采用峰值电流模式控制架构。内部的一个传导误差放大器在内部节点产生积分误差电压，误差电压通过PWM比较器、高边检流放大器和斜率补偿发生器设置占空比。在每个时钟的上升沿，上端的MOSFET开启并保持导通，直到达到适当的或者最大的占空比，或者是到峰值限流被检测到。在上端的MOSFET导通期间，电感电流上升。在开关周期的后半周期，上边的MOSFET断开，下边的MOSFET导通。电感电流下降的同时释放储能，为输出提供电流。

器件有个MODE引脚，用于将器件置于PWM、PFM或DCM工作模式。器件集成了可调的输入欠压锁定、可调的软启动、开路复位，以及外部频率同步功能。

模式选择(MODE)

当 V_{CC} 和EN/UVLO电压超过相应UVLO上升门限，同时内部电压都准备就绪、允许LX进行开关工作时，MODE引脚的逻辑状态就被锁定。如果MODE引脚在上电时开路，器件在轻载时工作在PFM模式；如果MODE引脚在上电时接地，器件在所有负载条件下工作在固定频率的PWM模式；如果MODE引脚在上电时连接至 V_{CC} ，器件在轻载时工作在固定频率的DCM模式。常规工作期间，MODE引脚的状态变化将不予理睬。

PWM工作模式

PWM模式下，允许电感电流出现负值。PWM工作模式在任何负载条件下都固定频率工作，这对开关频率敏感的应用是有好处。然而，相对于PFM和DCM工作模式，PWM模式在轻载条件下效率较低。

PFM工作模式

PFM工作模式可消除负向电感电流以及轻载下额外的跳脉冲，以获得高效率。PFM模式，每个时钟周期的电感电流峰值强制为固定的750mA，直到输出上升到标称电压的102.3%。一旦输出达到标称电压的102.3%后，上边和下边的FET都关断，器件进入深度休眠状态，直到负载将输出放电至标称电压的101.1%。在深度休眠状态下，大部分内部模块被关断，以节约静态电流。当输出下降至标称电压的101.1%以下时，器件退出深度休眠模式，开启全部内部所有的电路，再次开始向输出提供能量脉冲的过程，直到输出达到标称输出电压的102.3%。

PFM模式的优点是轻载时效率较高，因为它消耗的静态电流较低；缺点是相对于PWM或DCM工作模式，输出电压纹波较高，并且轻载时开关频率不固定。

DCM工作模式

DCM工作模式不采用跳脉冲，而是在轻载条件下仅禁止负向电感电流，所以采用固定频率可工作在比PFM模式的更轻的负载条件下。DCM工作模式的效率介于PWM和PFM模式之间。

线性调节器(V_{CC})

内部线性调节器(V_{CC})提供一个5V标称电源，它为内部电路及下边MOSFET驱动器供电。线性稳压器的输出(V_{CC})必须用2.2 μ F陶瓷电容旁路至SGND。MAX17504采用欠压锁定电路，当 V_{CC} 下降至3.8V (典型值)以下时，就禁止内部线性稳压器。

设置开关频率(R_T)

MAX17504的开关频率可利用 R_T 和SGND之间的电阻设置，范围为200kHz至2.2MHz。开关频率(f_{SW})与 R_T 引脚电阻(R_{RT})的关系如下式：

$$R_{RT} \cong \frac{21 \times 10^3}{f_{SW}} - 1.7$$

式中， R_{RT} 的单位为k Ω ， f_{SW} 的单位为kHz。RT引脚开路时，器件工作在500kHz默认开关频率。关于几个常见开关频率对应的RT电阻值，请参见表1。

4.5V–60V、3.5A、高效率、 同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

表1. 开关频率及对应RT电阻

SWITCHING FREQUENCY (kHz)	RT RESISTOR (kΩ)
500	OPEN
200	102
400	49.9
1000	19.1
2200	8.06

输入电压工作范围

给定输出电压的最小和最大输入电压计算如下：

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT} + (I_{OUT(MAX)} \times (R_{DCR} + 0.15))}{1 - (f_{SW(MAX)} \times t_{OFF(MAX)})} + (I_{OUT(MAX)} \times 0.175)$$

$$V_{IN(MAX)} = \frac{V_{OUT}}{f_{SW(MAX)} \times t_{ON(MIN)}}$$

式中， V_{OUT} 为稳态输出电压， $I_{OUT(MAX)}$ 为最大负载电流， R_{DCR} 为电感的直流电阻， $f_{SW(MAX)}$ 为最大开关频率， $t_{OFF(MAX)}$ 为最差工作条件下的最小关断时间(160ns)， $t_{ON(MIN)}$ 为最差工作条件下的导通时间(135ns)。

外部频率同步(SYNC)

MAX17504的内部振荡器可同步至SYNC引脚上的外部时钟信号。外部同步时钟频率必须介于 $1.1 \times f_{SW}$ 至 $1.4 \times f_{SW}$ 之间，其中 f_{SW} 为RT电阻设定的频率。外部时钟脉宽为高电平的最小时间应大于50ns。详细信息请参见[Electrical Characteristics](#)表中的RT和SYNC部分。

过流保护/打嗝模式

MAX17504具有可靠的过流保护机制，在过载和输出短路的条件下有效保护器件。当上边的开关电流超过5.1A(典型值)的内部限定值时，逐周期间的峰值限流电路将断开上边的MOSFET。高输入电压、短路条件(输出电压不足以恢复降压转换器导通期间建立的电感电流)下，上边开关5.7A(典型值)失控电流检测门限将为器件提供有效保护。一旦达到失控电流门限，则触发打嗝模式。此外，完成软启动后，如果反馈电压在任何时间因为故障条件而下降到0.58V(典型值)，同样触发打嗝模式。打嗝模式下，在打嗝超时周期(32,768个时钟周期)内暂停开关工作，保护转换器；达到打嗝超时周期后，再次尝试软启动。注意，当在过载条件下尝试软启动时，如果反馈电压未超过0.58V，器件以设定开关频率的一半进行开关操作。打嗝工作模式确保输出短路条件下保持低功耗。

RESET输出

MAX17504包括一个RESET比较器，以监测输出电压。开漏RESET输出需要外部上拉电阻，稳压器输出升高至标称稳压值的95%以上，并保持1024个开关周期后，RESET跳变为高电平(高阻)。稳压器输出电压下降到标称稳压值的92%以下时，RESET跳变到低电平。热关断期间，RESET为低电平。

预偏置输出

当MAX17504开始进入预偏置输出时，上边和下边开关均关断，使转换器不从输出吸入电流，直至PWM比较器触发第一个PWM脉冲时，上边和下边开关才开始工作；然后输出电压平稳上升，接近内部基准设置的目标电压。

热关断保护

热关断保护限制MAX17504内部的总功耗，当器件结温超过+165°C时，芯片上内置的温度传感器关断器件，允许器件冷却。结温下降10°C后，温度传感器将器件再次打开。热关断期间会进行软启动复位。严格评估总体功耗(参见[功率耗散](#)部分)，以免在正常工作时时意外触发热关断保护。

4.5V–60V、3.5A、高效率、同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

应用信息

输入电容选择

输入滤波电容用于抑制输入端电源带来的尖峰电流，减小电路开关工作引起的输入噪声和电压纹波。输入电容的RMS电流(I_{RMS})由下式确定：

$$I_{RMS} = I_{OUT(MAX)} \times \frac{\sqrt{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}}{V_{IN}}$$

式中， $I_{OUT(MAX)}$ 为最大负载电流。输入电容等于输出电压的2倍时($V_{IN} = 2 \times V_{OUT}$)， I_{RMS} 的值最大，所以 $I_{RMS(MAX)} = I_{OUT(MAX)}/2$ 。

所选电容在RMS输入电流下的温升应低于+10°C，以确保最佳长期稳定性。在输入端使用低ESR、可承受高纹波电流的陶瓷电容。工业应用中，为了保证温度稳定性，建议使用X7R电容。采用下式计算输入电容：

$$C_{IN} = \frac{I_{OUT(MAX)} \times D \times (1-D)}{\eta \times f_{SW} \times \Delta V_{IN}}$$

式中， $D = V_{OUT}/V_{IN}$ 为控制器的占空比， f_{SW} 为开关频率， ΔV_{IN} 为允许的输入电压纹波， η 为效率。

在电源距离MAX17504输入较远的应用中，应该给陶瓷电容并联一个电解电容，在输入电源通路较长的情况下，能够抑制电源线电感和输入陶瓷电容引起的潜在自激。

电感选择

为配合MAX17504工作，必须规定三个关键电感参数：电感值(L)、电感饱和电流(I_{SAT})以及直流电阻(R_{DCR})。开关频率和输出电压决定电感值，关系如下：

$$L = \frac{V_{OUT}}{f_{SW}}$$

式中， V_{OUT} 和 f_{SW} 为标称值。

选择最接近计算值的低损耗电感，并且电感尺寸在可接受范围，直流电阻最低。电感饱和电流额定值(I_{SAT})必须足够高，以确保电流在峰值电流门限5.1A以上时才会发生饱和。

输出电容选择

工业应用中，考虑到温度稳定性的要求，X7R陶瓷输出电容为首选。输出电容的大小需要支持具体应用输出最大电流时50%的负载跃变，因此输出电压偏差能维持在输出电压变化的3%。最小输出电容可计算如下：

$$C_{OUT} = \frac{1}{2} \times \frac{I_{STEP} \times t_{RESPONSE}}{\Delta V_{OUT}}$$

$$t_{RESPONSE} \cong \left(\frac{0.33}{f_C} + \frac{1}{f_{SW}} \right)$$

式中， I_{STEP} 为负载电流步长， $t_{RESPONSE}$ 为控制器的响应时间， ΔV_{OUT} 为允许的输出电压偏差， f_C 为目标闭环交越频率， f_{SW} 为开关频率。如果开关频率小于或等于500kHz，选择 f_C 为 f_{SW} 的1/9；如果开关频率高于500kHz，选择 f_C 为55kHz。

软启动电容选择

MAX17504采用可调软启动的方法以降低浪涌电流。在SS引脚和SGND之间连接外部电容，设置软启动时间。所选的输出电容(C_{SEL})和输出电压(V_{OUT})决定软启动所要求的最小电容，关系如下：

$$C_{SS} \geq 28 \times 10^{-6} \times C_{SEL} \times V_{OUT}$$

软启动时间(t_{SS})与SS上所连接电容(C_{SS})的关系如下式：

$$t_{SS} = C_{SS} / (5.55 \times 10^{-6})$$

例如，为了实现2ms软启动时间，需在SS引脚和SGND之间连接一个12nF电容。

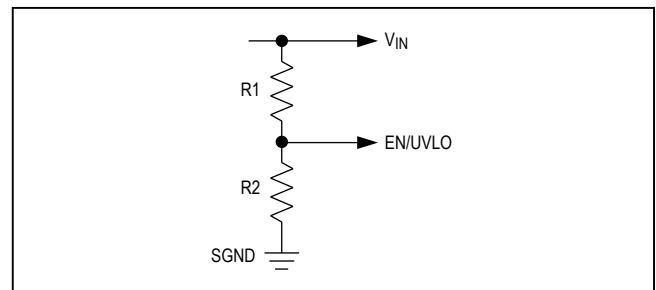


图1. 设置输入欠压锁定

MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

设置输入欠压锁定电平

MAX17504的输入欠压锁定电平是可调节的。利用 V_{IN} 和SGND之间连接的电阻分压器设置MAX17504的开启电压。将分压器的中间节点连接至EN/UVLO。

选择 R_1 为 $3.3M\Omega$ ，按下式计算 R_2 ：

$$R_2 = \frac{R_1 \times 1.215}{(V_{INU} - 1.215)}$$

式中， V_{INU} 为MAX17504开启电压。应确保 V_{INU} 高于 $0.8 \times V_{OUT}$ 。

环路补偿

MAX17504具有内部环路补偿。然而，如果开关频率低于500kHz，在CF引脚和FB引脚之间连接0402电容 C_6 。利用表2选择 C_6 的值。

调节输出电压

利用输出电容(V_{OUT})正端与SGND之间连接的电阻分压器设置输出电压(见图2)。将电阻分压器的中间节点连接至FB引脚。采用以下步骤选择电阻分压器的值：

利用下式计算输出与FB之间的电阻 R_3 ：

$$R_3 = \frac{216 \times 10^3}{f_C \times C_{OUT}}$$

式中， R_3 的单位为 $k\Omega$ ，交越频率 f_C 的单位为kHz，输出电容 C_{OUT} 的单位为 μF 。如果开关频率小于或等于500kHz，选择 f_C 为开关频率 f_{SW} 的1/9；如果开关频率高于500kHz，选择 f_C 为55kHz。

利用下式计算FB与SGND之间的电阻 R_4 ：

$$R_4 = \frac{R_3 \times 0.9}{(V_{OUT} - 0.9)}$$

功率耗散

应确保MAX17504结温在规定的电源工作条件下不超过 $+125^\circ C$ 。

特定工作条件下，按下式估算功率损耗导致器件温度升高值：

表2. 不同开关频率对应的 C_6 电容值

SWITCHING FREQUENCY RANGE (kHz)	C_6 (pF)
200 to 300	2.2
300 to 400	1.2
400 to 500	0.75

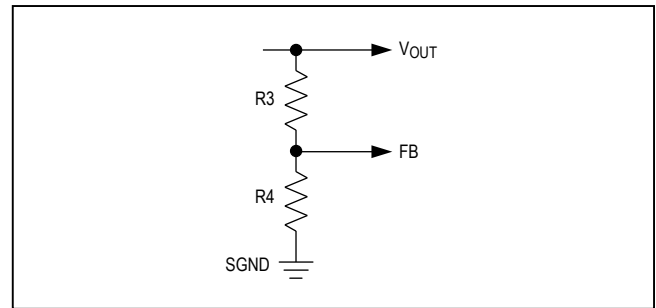


图2. 设置输出电压

$$P_{LOSS} = (P_{OUT} \times (\frac{1}{\eta} - 1)) - (I_{OUT}^2 \times R_{DCR})$$

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

式中， P_{OUT} 为输出功率， η 为电源转换效率， R_{DCR} 为输出电感的直流电阻(关于典型工作条件下效率的更多信息，请参见典型工作特性部分)。

对于多层电路板，封装的热性能参数由下式给出：

$$\theta_{JA} = 30^\circ C/W$$

$$\theta_{JC} = 2^\circ C/W$$

可利用下式估算MAX17504在任意给定最大环境温度(T_{A_MAX})下的结温：

$$T_{J_MAX} = T_{A_MAX} + (\theta_{JA} \times P_{LOSS})$$

如果热管理系统提供适当散热，则可确保MAX17504的裸焊盘维持在给定温度(T_{EP_MAX})，可利用下式估算最大环境温度下的结温：

$$T_{J_MAX} = T_{EP_MAX} + (\theta_{JC} \times P_{LOSS})$$

MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

PCB布局指南

所有承载脉冲电流的连线必须非常短，并尽可能宽。这些引线的电感必须保持在最小值，否则电流的 di/dt 大。由于电流承载环路的电感与环路的闭合面积成比例，缩小环路面积有助于减小寄生电感。此外，小电流环路面积也可降低EMI辐射。

输入滤波陶瓷电容应尽量靠近IC的 V_{IN} 引脚，尽可能消除布线电感的影响，为IC提供干净的电源。 V_{CC} 引脚的旁路电容也要靠近引脚放置，以减小引线阻抗的影响。

在IC周围布线时，模拟小信号地和开关电流的功率地应分离；应该在开关信号最低的位置将其单点连接在一起，

通常是 V_{CC} 旁路电容的返回点。以保证模拟地不受大功率开关信号的影响。应尽量保证接地区域连续/不中断。不要在任何非连续接地区域的正上方布设承载大开关电流的引线。

PCB布局也影响设计的热性能。应在器件的裸焊盘下方提供大面积覆铜，通过多个过孔接至较大的接地区域，以有效散热。

为确保设计的一次通过率，请参考MAX17504评估板布局，可从以下网站下载：china.maximintegrated.com。

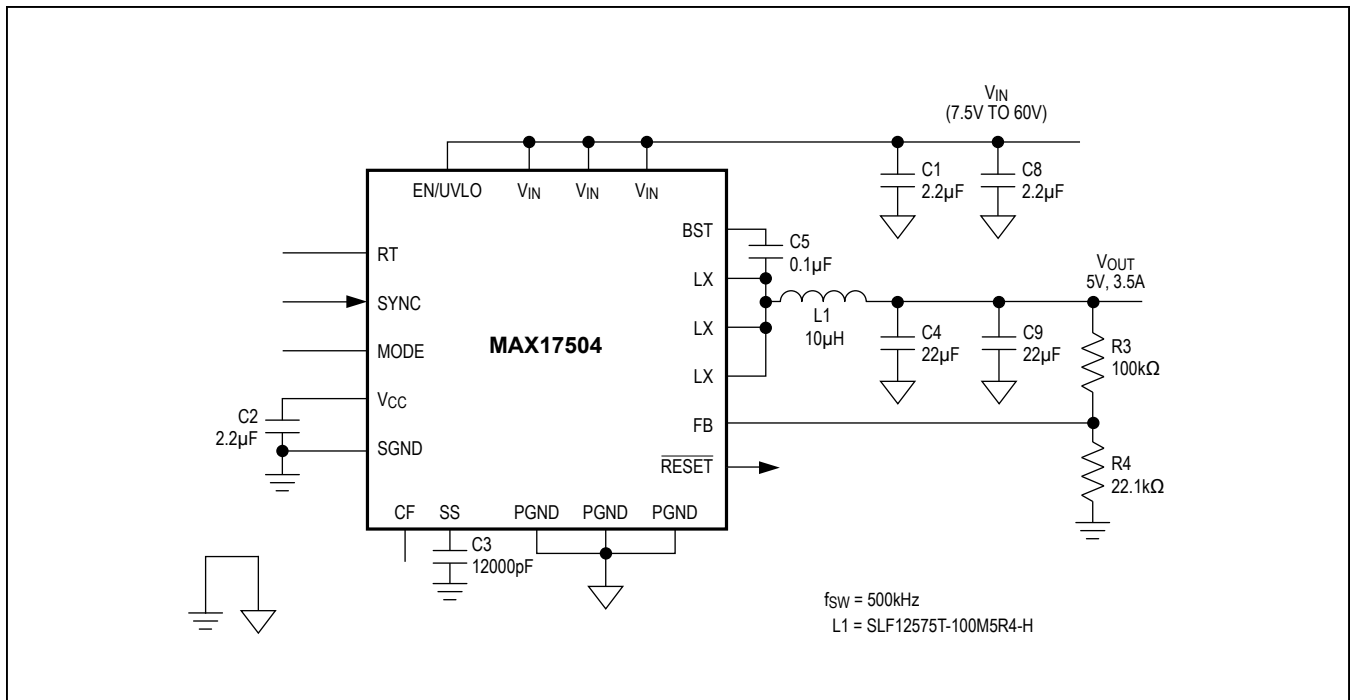


图3. 5V输出典型应用电路

MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、
同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

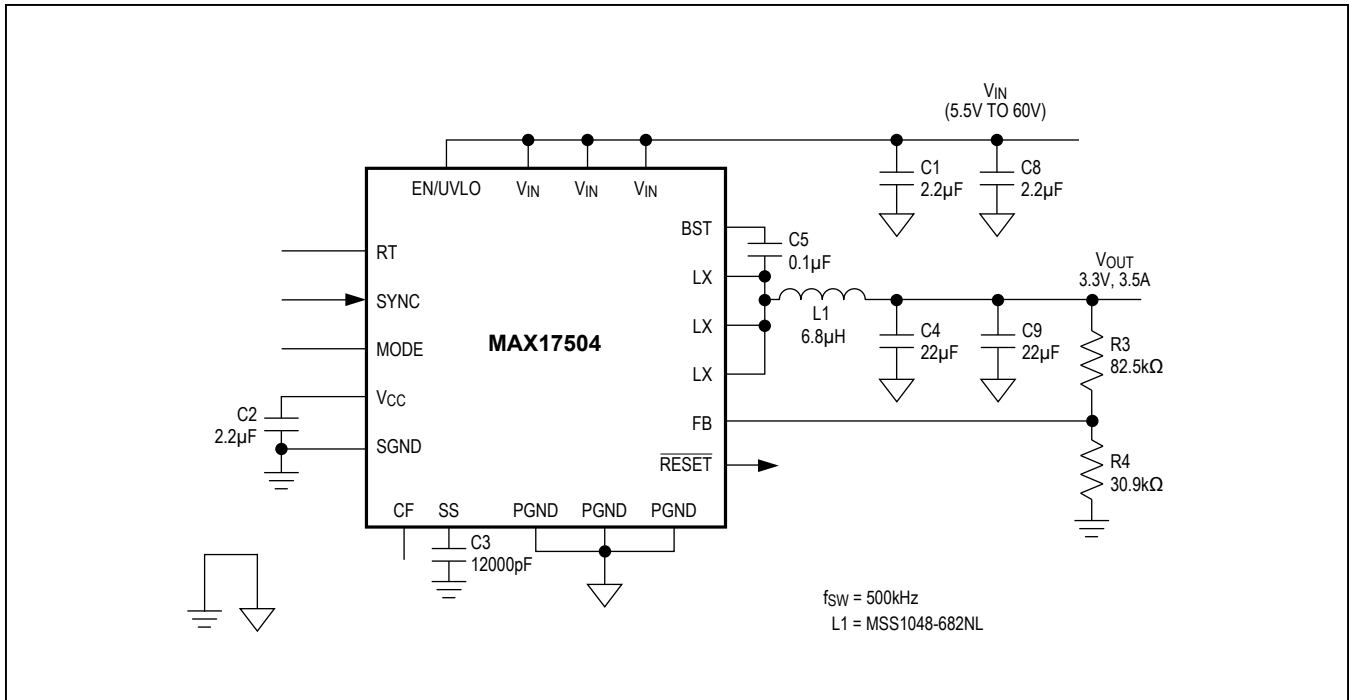


图4. 3.3V输出典型应用电路

订购信息

器件	引脚-封装
MAX17504ATP+	20 TQFN 5mm x 5mm

注：除非另外说明，所有器件均可工作在-40°C至+125°C温度范围。

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

芯片信息

PROCESS: BiCMOS

封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局(占位面积)，请查询china.maximintegrated.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
20 TQFN-EP*	T2055+4	21-0140	90-0009

*EP = 裸焊盘。

MAX17504

4.5V–60V、3.5A、高效率、 同步降压DC-DC转换器，带内部补偿

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	11/13	最初版本。	—
1	2/14	更新了TOC 32和33，以及典型应用电路特性。	9, 16, 17

Maxim北京办事处

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。电气特性表中列出的参数值(最小值和最大值)均经过设计验证，数据资料其它章节引用的参数值供设计人员参考。

Maxim Integrated 160 Rio Robles, San Jose, CA 95134 USA 1-408-601-10 00

18

© 2014 Maxim Integrated

Maxim标志和Maxim Integrated是Maxim Integrated Products, Inc.的商标。