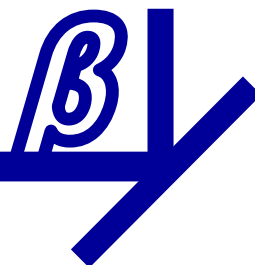


BT374x



高速电流模式PWM控制器

主要特色

- 低启动电流： $<300\mu\text{A}$
- 电流模式控制：可达到 500kHz
- 引脚与UC3842系列相兼容
- 带迟滞的欠压锁存
- 精确的电压基准
- 大电流图腾柱输出
- 精确的振荡器频率
- 输出高电平钳位： 18.5V
- 内置前沿消隐电路

应用范围

- 离线转换器
- DC/DC转换器

简要描述

BT374x 是一款 8 引脚、电流模式 PWM 控制器。它是业界标准的 UC3842 的改良型引脚兼容版本。BT374x 专为离线式及 DC/DC 转换器应用而设计。它内置精确的参考基准、高增益误差放大器、电流检测比较器和高电流图腾柱输出级，非常适合驱动功率 MOSFET。BT374x 的启动电流低于 $300\mu\text{A}$ 。在正常工作状态下，驱动输出高电平被钳位至 18.5V ，以保护功率管。在欠压锁存期间，驱动输出和基准输出被拉至低电平。

BT374x 采用 SOP8L 封装。

典型应用

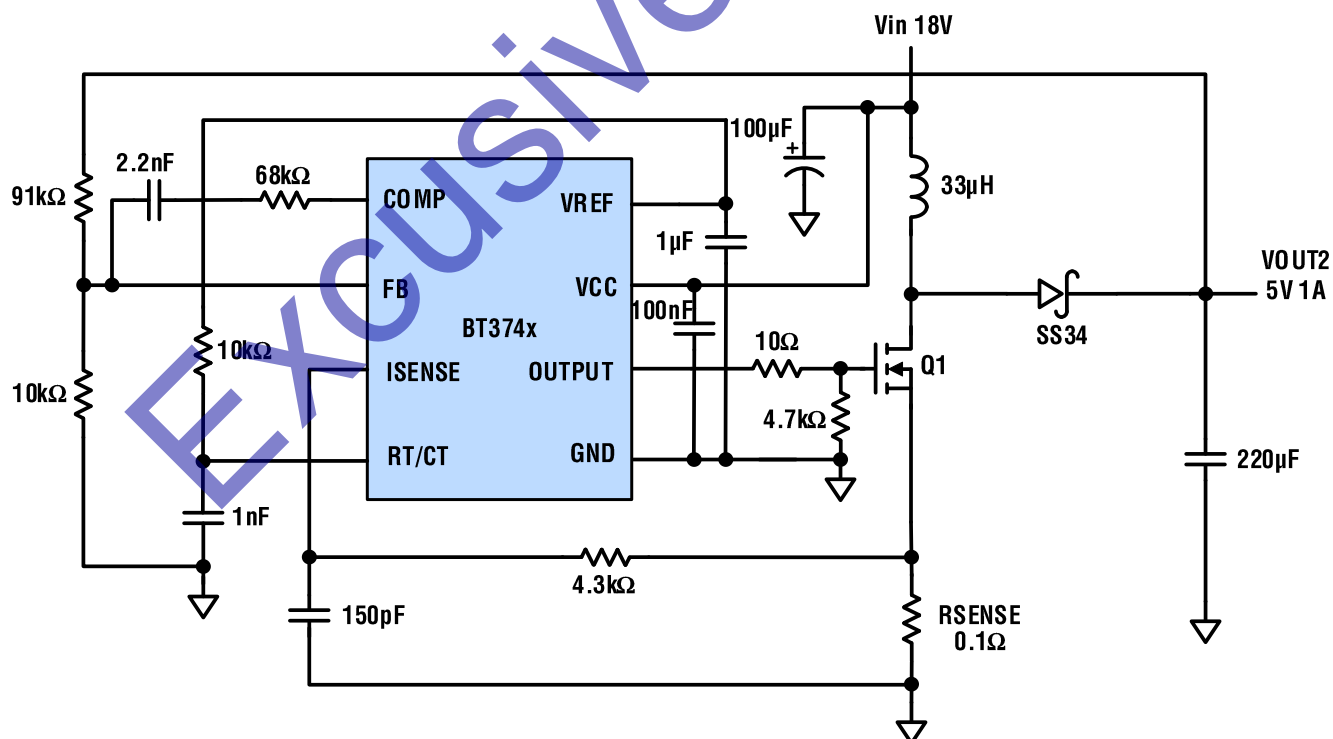


图 1 升压型典型应用

BT374xdh

BT374x

额定极限

供电电压 35V
输出电流 $\pm 1A$
输出能量（单周期电容负载） 5 μJ
模拟输入电压（PIN2 和 PIN3） -0.3 V to 5V

运放输出下拉电流 10mA
工作温度 -45°C to 125°C
存储温度 -65°C to 150°C
引脚温度（焊接 10 秒） 300°C

引脚配置

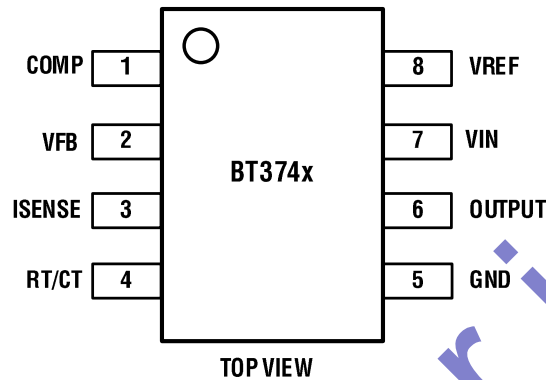


图 2 BT374x SOP8L 封装的引脚配置

引脚功能

COMP (PIN1): 误差放大器补偿端，也是误差放大器的输出端，可用来调节环路稳定性。误差放大器被内部限流，因此可以强制将其拉到 0V，从而实现零占空比。

VFB (PIN2): 电压反馈端，也是误差放大器的反相输入端。输出电压通过电阻分压与同相输入端的 2.5V 基准比较，进而调节 COMP 电压。

ISENSE (PIN3): 电流检测端，也是电流比较器的输入端。

RT/CT (PIN4): 振荡器频率设置端。通过调节 RT、CT 可以控制振荡器的频率。

GND (PIN5): 接地引脚。

OUTPUT (PIN6): 大电流图腾柱输出端。可驱动 $\pm 1A$ 电流到外部 MOSFET 的栅电容。

VIN (PIN7): 电源输入端。为整个芯片提供电源。

VREF (PIN8): 5V 基准电压输出，需外接 0.1 μF 的电容。与外部的 RT 相连为振荡器提供充电电流，同时也为大部分内部电路提供偏置。

参数指标

如无特殊说明，测试温度 25°C，VIN=15V，RT=10K，CT=3.3nF，C_{VREF}=0.1μF，C_{OUTPUT}=1nF。

参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
基准部分					
基准输出电压	I _{VREF} =1mA, 25°C	4.95	5	5.05	V
线性调整率	12V<VIN<25V		0.4	2	mV/V
负载调整率	1mA<I _{VREF} <20mA		6	20	mV
短路输出电流			75		mA
总的输出变化	负载、线性、温度	4.801		5.098	V
振荡器部分					
振荡频率	RT=10K, CT=3.3nF	44	47	50	kHz
	RT=13K, CT=500pF	259	262	265	kHz
线性调整率	12V<VIN<25V		0.2%	1%	
振荡幅度	Peak to Peak	1.5	1.63	1.75	V
放电电流	RT/CT=2V		8.13		mA
误差放大器部分					
VFB 电压	V _{COMP} =2.5V	2.46	2.5	2.54	V
VFB 输入电流	注 1			10	nA
开环电压增益	2V<V _{COMP} <4V	80	95		dB
单位增益带宽	注 1		1.6		MHz
电源抑制比	12V<VIN<25V	64	84		dB
COMP 脚灌入电流	V _{FB} =2.7, V _{COMP} =1.5V	1		5.2	mA
COMP 脚灌出电流	V _{FB} =2.3, V _{COMP} =5V	0.2		0.9	mA
输出高电平	V _{FB} =2.3, RL=15K, COMP to GND	4.7	5		V
输出低电平	V _{FB} =2.7, RL=15K, COMP to VREF		0.8	1	V
电流检测部分					
增益	V _{FB} =0V	2.85	3	3.15	V/V
最大检测阈值	V _{COMP} =5V	0.9	1	1.1	V
输入偏置电流	V _{ISENSE} =0V		-5	-8	μA
传输延迟	V _{ISENSE} STEP 0V TO 2V	30	40	50	ns
消隐时间	注 1	100	130	160	ns

BT374x

参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
驱动输出部分					
输出高电平	$I_{SOURCE}=20mA$	11.5	12		V
	$I_{SOURCE}=200mA$	10.5	11.5		V
输出低电平	$I_{SINK}=20mA$		0.06	0.1	V
	$I_{SINK}=200mA$		0.6	1	V
钳位电压		16.5	17	17.5	V
输出电压的上升时间	$C=1nF$		50	70	ns
输出电压的下降时间	$C=1nF$		50	70	ns
欠压锁存部分					
启动电压		15	16	17	V
维持电压		9	10	11	V
PWM 部分					
最大占空比	BT3741	92%	94%	97%	
	BT3742	46%	47%	48%	
最小占空比			0		
整个器件					
启动电流	$V_{IN}=14V$		250	500	μA
工作电流	$V_{FB}=V_{ISENSE}=0V$		2	2.5	mA
Zener 电压	$I_{VIN}=25mA$	30	34		V

注 1: 设计额定参数。

内部框图

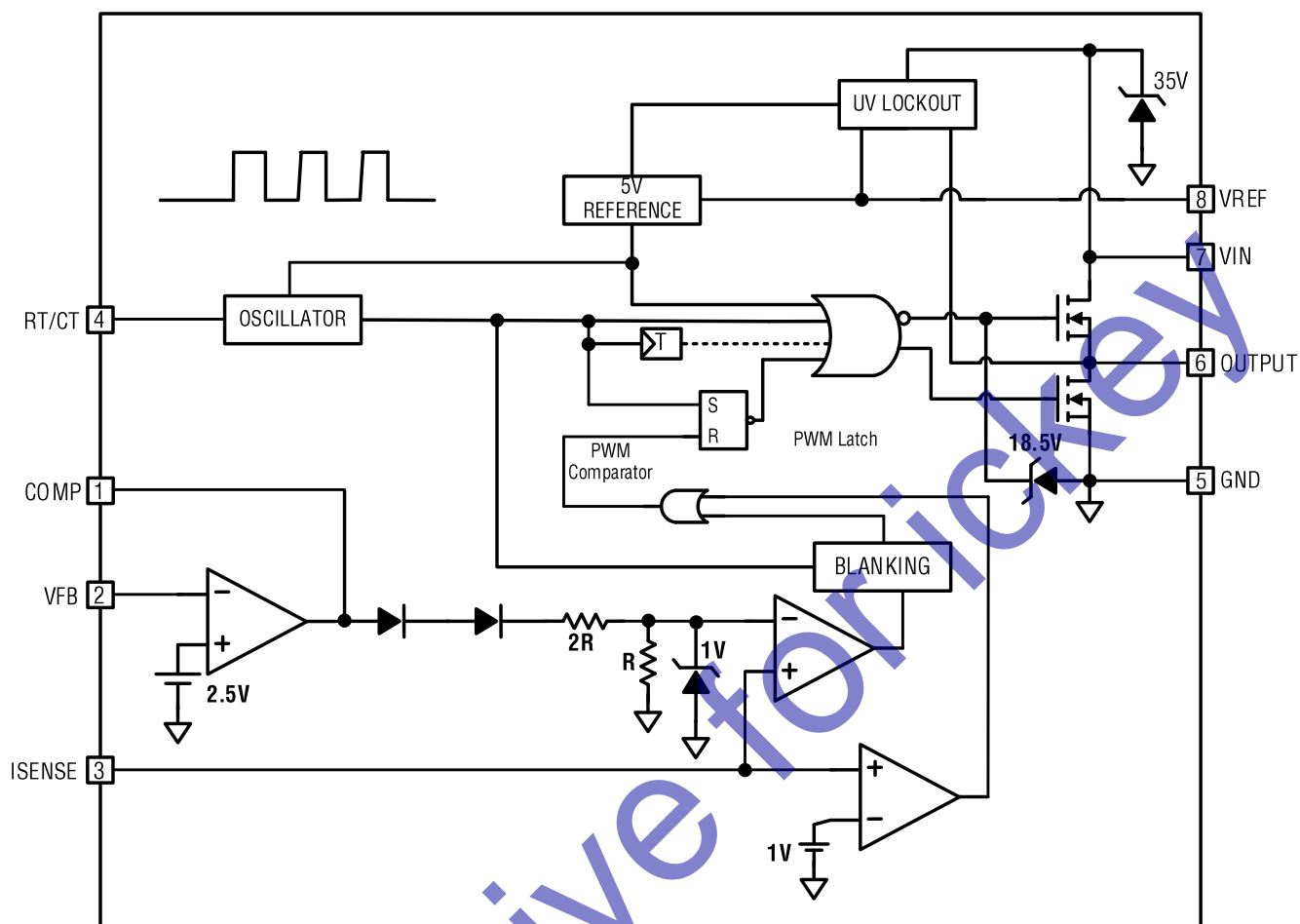


图 3 BT374x 原理框图

振荡器

BT374x 为固定频率电流模式脉宽调制器，其振荡器频率和振荡器放电电流都是可调节的。振荡器频率是通过选择不同的 RT、CT 来设定的，这个 RC 组合将决定芯片的频率和最大占空比。电阻 RT 从 VREF（引脚 8）连接到了引脚 RT/CT（引脚 4），CT 从 RT/CT 连接到地。CT 的充电电流是由 RT 的值决定的，放电电流则是 RT 电流与 BT374x 放电电流的差值，该放电电流可以被调节到 8mA。RT 阻值较大时，放电时间由放电电流和 CT 的值来确定；RT 阻值越小，其对放电时间的影响越大。在每个振荡周期，电容器 CT 会被充电到大约 2.8V，放电到大约 1.1V。CT 充电期间，开关打开；放电期间，开关关闭。最大占空比受 CT 放电时间控制。对于给定一个目标频率，RT 和 CT 有许多组合，但是只有一个组合能够在该频率下产生特定的死区时间。振荡器频率和死区时间可以通过下面的公式计算得到：

振荡器上升时间： $t_r=0.583 \times RC$

振荡器放电时间： $t_d=\frac{3.46 \times RC}{0.0164R-11.73}$

振荡器周期： $T_{OSC}=t_r+t_d$

振荡器频率： $f_{OSC}=\frac{1}{T_{OSC}}$

最大占空比： $D_{MAX}=\frac{t_r}{T_{OSC}}=\frac{T_{OSC}t_d}{T_{OSC}}$

在振荡器的整个工作频率范围内，以上公式可以把频率精确计算到±5%左右，这是因为振荡器跳变电平与频率恒定，并且内部振荡器的频率和放电电流可以调节。为了能够获得更准确的结果，可能需要进行一些细微的调整。注意，振荡器的最大占空比与输出的最大占空比之间会有一些细微差别，因为输出限制了上升和下降时间，振荡器的频率最大可达到 500kHz。

误差放大器

BT374x 内置一个直流增益 90dB，单位增益带宽达到 1.6MHz，相位裕度达到 80°的全补偿误差放大器，其同相输入端被连接到 2.5V 的

基准电压，反相输入端 VFB（引脚 2）和输出端 COMP（引脚 1）连接到外部。非隔离输出端的反馈电路一般是通过电阻分压到误差放大器的反相输入端。

误差放大器的输出可用于外部环路补偿，其输出灌电流和吸电流被限制到约 6mA 和 0.8mA。电流模式脉宽调制器中，开关电流的峰值是误差放大器输出电压的函数，在 BT374x 中，误差放大器的输出先降两个二极管的压降 1.4V，再通过电阻分压到电流比较器的反相输入端。当误差放大器的输出端电压低于 1.4V 时，输出级的占空比为 0。当误差放大器的输出端达到 5V 时，电流比较器的输入端被钳位到 1V。

电流比较器和 PWM 锁存

BT374x 是电流模式控制，在正常工作状态下，OUTPUT（引脚 6）在每个振荡器周期开始时打开，与振荡器波形的上升沿同步；当电流比较器的输入端 ISENSE（引脚 3）检测其电流达到一个阈值，与误差放大器的输出比较后使芯片的 OUTPUT 关闭。一旦输出关闭，就会锁存到下一个周期信号来临才会再次打开。因此，峰值电流与误差放大器的输出电压成正比并进行周期性控制。开关的峰值电流一般是通过在输出 MOSFET 的源极放置检流电阻来检测。

这个电阻把检测到的开关电流转换为电压并反馈到电流比较器的输入端。在正常工作状态下，电感的峰值电流等同于开关的峰值电流，可以表示为：

$$I_{PK}=\frac{V_{PIN1}-1.4V}{3R_S}$$

在非正常工作状态下，电流比较器的最大阈值被钳位到 1V，由于受到误差放大器反相输入端的限制，此时峰值电流可以表示为：

$$I_{PK(MAX)}=\frac{1V}{R_S}$$

消隐电路

BT374x 有一个独特的特性是其内置有电流比较器输出端的前沿消隐电路。对于电流模式的 PWM 电路，都有一个共同的问题，即由于电流检测输入端的噪声影响而引起的不稳定因素。噪声问题的主要原因是变压器绕组间电容和二极管反向恢复时间引起的前沿电流尖峰，在稳压器电路中，这个尖峰电流可能会在电流比较器中提前触发而引起系统的不稳定。

在 BT374x 中将电流比较器的输出信号在开关打开后的一定时间内进行消隐，这样就可以有效消除 PWM 模式的前沿尖峰电流引起的误触发的问题。

欠压锁存

BT374x 包含一个欠压锁存模块，当电源电压低于阈值电压时，该模块会产生一信号关闭基准电压和输出模块。在电源电压低于启动电压前，电路的静态电流小于 $300\mu\text{A}$ ，这样就可以使离线变换器启动限流电阻引起的功率损耗最小化。在欠压锁存期间，基准电压 VREF 和输出端 OUTPUT 均被拉低。

输出级

BT374x 有单个大电流图腾柱输出级。输出级可以驱动 $\pm 1\text{A}$ 的输出电流，这种驱动方式可以快速地驱动外置 MOSFET 开关。在驱动 1nF 的

电容时，输出电压的上升时间和下降时间的典型值分别是 50ns 、 50ns 。在输出模块中做了一个 18.5V 的钳位电路，用来保护 MOSFET 开关的栅极。

基准部分

BT374x 内置 $\pm 1\%$ 误差的 5V 基准电压源，为内部的多个模块供电（逻辑、振荡器等），振荡器的充电电流也是由 VREF 提供，电流比较器的钳位电压也是由其通过电阻分压得到。该基准电压可提供 20mA 电流给外部电路，但是需要注意的是，以这种方式使用 VREF 电压，将显著增加器件的功耗并导致减少有效的工作温度范围。

设计/版图考虑

BT374x 可以快速产生 1A 峰值的脉冲输出电流，由于其输出级的驱动电流上升下降时间只有 50ns ，应确保外置 MOS 管尽可能的靠近芯片 OUTPUT 引脚。

电路的版图布局中，反馈电压、振荡器和驱动电流模块应该有独立的接地路径，直接接到 GND（引脚 5），这样可以减小脉冲电流带来的噪声问题。

VIN（引脚 7）应该接一个 $0.1\mu\text{F}$ 的旁路电容，这个电容与芯片靠的越近越好。大电流通路 & 反馈电压网络尽可能的用隔离环隔开。

表 1 典型应用性能概述

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压范围	IOUT=0A ~ 1A	85		265	V(ac)
输出电压	IOUT=0A ~ 1A, VOUT=85Vac ~ 265Aac	12-0.1%	12	12+0.1%	V
输出纹波	VIN=85Vac ~ 265Aac V, VOUT=12V, IOUT=0A ~ 1A			150	mV
最大负载电流	VIN=85Vac ~ 265Aac	0	1		A
启动电压	IOUT=0A ~ 1A		85		V(ac)
开关频率	RT=12k, CT=1000p		140		kHz
静态工作电流	正常模式		3		mA
	休眠模式			1	mA

VCC 供电

VCC 为芯片的供电引脚，一旦在供电引脚上加了电压，芯片内部的带隙基准模块就会开始工作，会有 200uA 的电流从 VCC 流进芯片。当输入电压大于芯片最大耐压时，可以用串联电阻的方法，使用输出供电。如图：

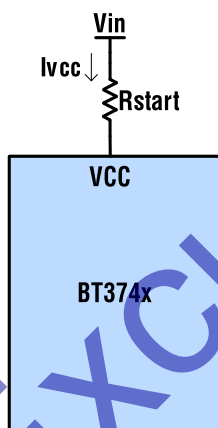


图 5 VCC 供电电路

串联电阻的选择方法：

电阻上的压降不能太大使得供电电压不足

$$(V_{IN}-16V) / R_{VCC} > I_{VCC}$$

为了减少小的扰动对芯片的影响，建议在 VCC 引脚上并联至少 0.1μF 去耦电容到地。

工作频率选择

通常从 VREF 连接 RC，VREF 通过电阻给电容充电，可产生三角波。为了使 VREF 电压稳定，

需要在 VREF 引脚上并联 0.1μF 或更大的电容到地。频率选择如下图：

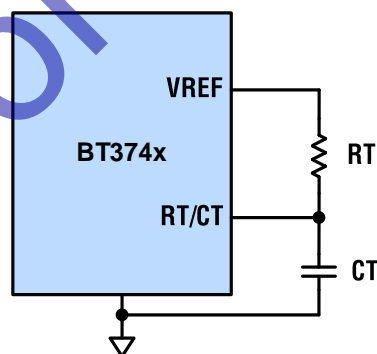


图 6 工作频率电路

本次应用选择 140kHz 开关频率。高开关频率虽然可以减小体积，但也会增加芯片驱动损耗、开关损耗和变压器磁芯损耗，需要折中选择。RT=12kΩ，CT=1000pF。

驱动

芯片内部通过一个图腾柱结构产生驱动波形，BT374x 的 OUTPUT 引脚有 1A 的驱动能力。通过在 OUTPUT 引脚和 NMOS 栅极串联驱动电阻来减小 EMI。建议串联 10Ω 电阻。

因为 MOS 的栅极在芯片未启动时是悬空的，存在误导通的可能，在 MOS 栅极接一个 4.7kΩ 电阻到地可以防止这个现象发生。

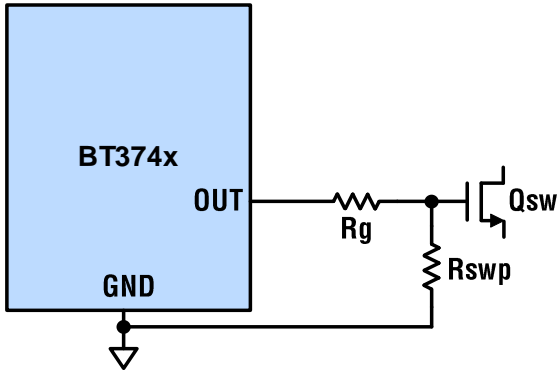


图 7 栅极驱动电路

电流采样

通过芯片引脚 ISENSE 进行电流采样。ISENSE 最大采样电压为 1V，所以在选择采样电阻时要满足

$$I_{INMAX} \times R_{SENSE} < 1V$$

开关打开的瞬间，会在 R_{SENSE} 上产生电压尖峰，这将可能产生误触发。在 ISENSE 引脚和 R_{SENSE} 中间串联 RC 滤波可以解决这个问题。选择 $R=4.3k\Omega$ ， $C=150pF$ 。

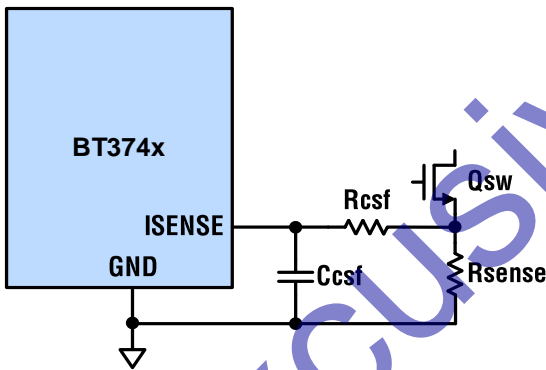


图 8 前沿消隐电路

软启动

BT374x 没有内置软启动，为了避免输出过冲，可在外部搭建。通过将 COMP 电压缓慢上升，来缓慢的增加占空比，而不是瞬间将占空比拉到最大。

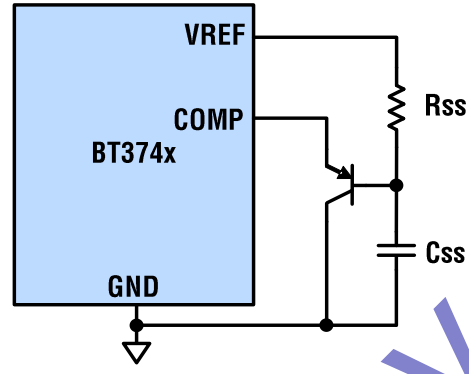


图 9 软启动电路

输入电容

输入电容不仅可以抑制差模噪声，还可以给输入提供能量，使得 MOS 漏极电压平缓。

可用经验法 $3\mu F/W$ 选择，选择比 $36\mu F$ 大一些的电容更适合，本次设计中选择 $47\mu F$ 的电解电容。

在很多时候常用大容值电解电容与小容值陶瓷电容并联作为输入电容。

变压器设计

反激电路的变压器可以把初级认为是一个电感，所以可以直接用电感计算方法计算反激变压器初级电感值。

选择最小输入电压 $85Vac$ ，即 $120Vdc$ 。

匝比 $N=8$ ， $f_{sw}=140k$ ，纹波系数 $r=0.6$ ， $P_{OUT}=12W$ ，假设效率为 80% ，电感由下面公式得出

$$L_p = \frac{V_{INMIN}^2 \times \eta}{P_{OUT} \times r \times f} \times \left(\frac{\frac{P_{OUT}}{\eta} \times N}{\frac{P_{OUT}}{\eta} \times N + I_{OUT} \times V_{INMIN}} \right)^2$$

RCD 吸收回路

在开关关断瞬间在开关管漏极会产生漏感尖峰，使用 RCD 电路可以吸收电压尖峰，保护 MOS 管不被击穿。还可以减小 EMI 影响。通常钳位电容值大，电阻值小。该应用中选择 $680pF$ 和 $300k$ 。

很多情况下由于漏感和 MOS 寄生电容间的 LC 振荡。会在 SW 波形上产生衰减振荡，这种振荡会产生严重的 EMI 干扰。可以在 MOS 漏极

加上 RC 串联到地，减小 LC 谐振频率，吸收能量，但会影响效率，需折中考虑。

输出电容

输出电容在开关管导通的情况下给输出提供能量，所以输出电容中流出的能量非常大，需要选择比理论值大得多的电容。在输出电容中的电流很大，在选择电容的时候，还需要特别关注电容的额定电流值。

通常还会在输出并上小容值陶瓷电容进行滤波。

本次应用设计中使用 $220\mu\text{F}$ 和 $100\mu\text{F}$ 的电解并上 $10\mu\text{F}$ 、 $2.2\mu\text{F}$ 、 $1\mu\text{F}$ 陶瓷电容。

短路保护

因为 BT374x 本身不带短路保护，所以大部分应用需要外加保护电路。在此提供一种保护电路，供参考。原理是把 VFB 拉高，使得 OUT

没有输出，开关保持关断一段时间，辅助供电掉电，芯片关闭。再次尝试启动，如果仍然短路，则再次关闭开关。

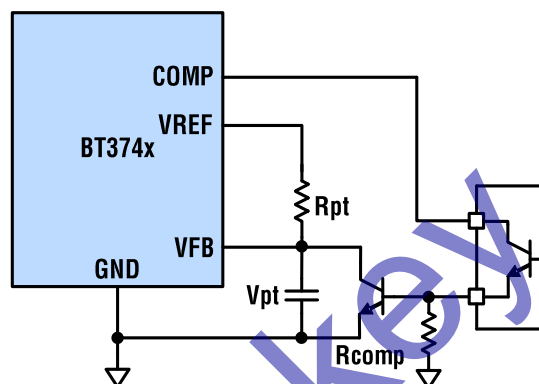


图 10 短路保护电路

因为芯片的静态电流很小，VIN 高的时候无法把电容的电压降到 10V 以下，所以需要帮芯片将 VIN 供电切断。可参考 BT374x DEMO 应用说明书。

Exclusive for

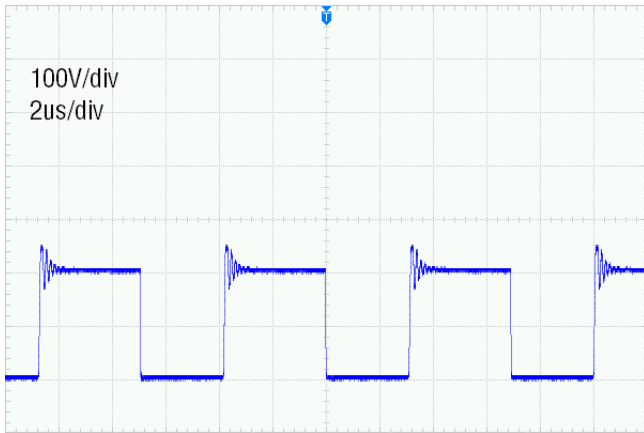


图 11 开关点电压波形
(VIN=85Vac, VOUT=12V, IOU=1A)

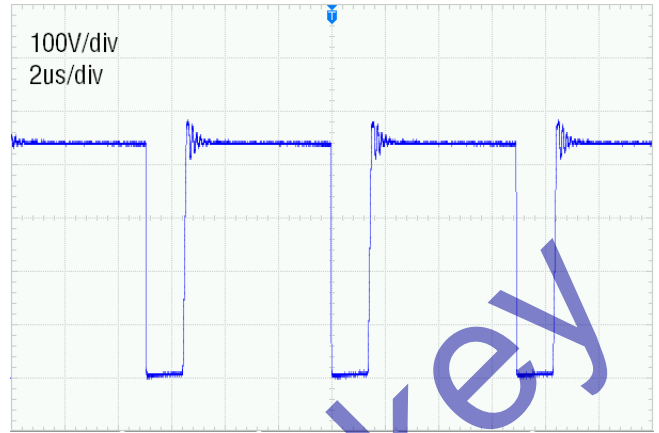


图 12 开关点电压波形
(VIN=255Vac, VOUT=12V, IOU=1A)

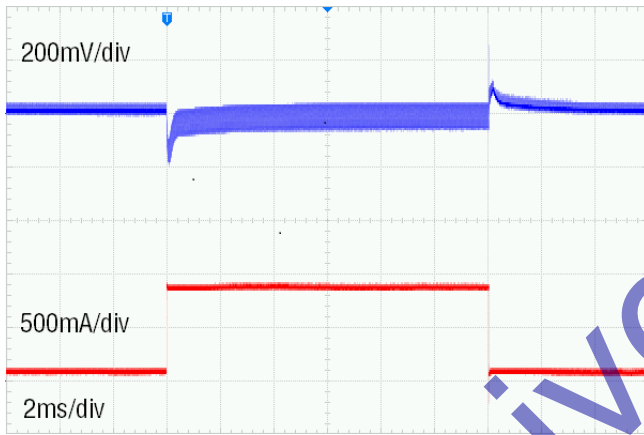


图 13 220Vac/12V 0.1A to 0.9A 负载响应

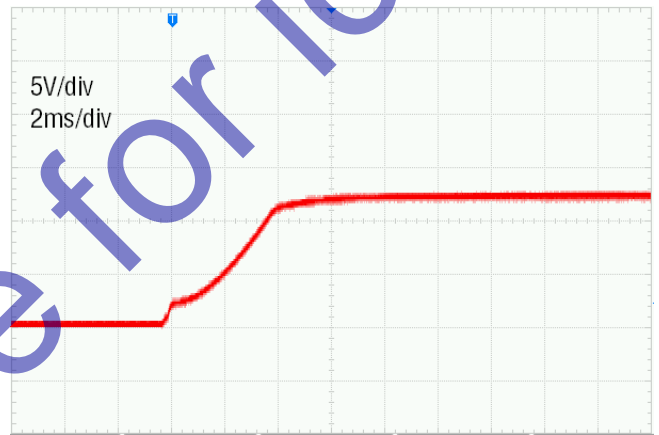


图 14 VOUT 启动波形

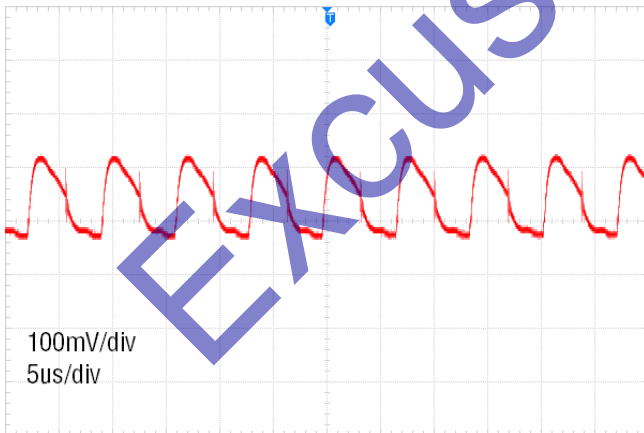


图 15 输出电压纹波
(VIN=85Vac, VOUT=12V, IOU=1A)

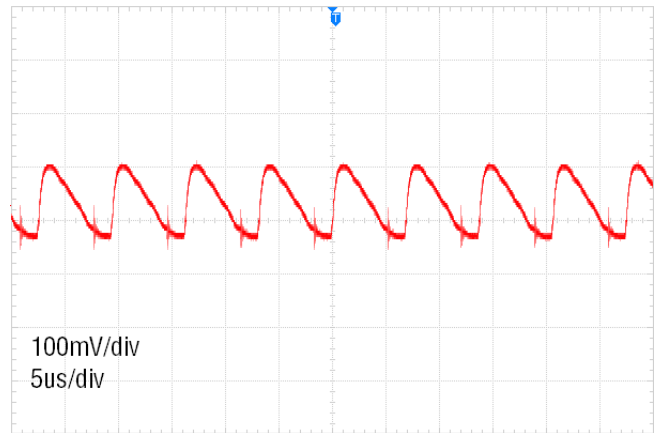


图 16 启动输出电压响应
(VIN=255Vac, VOUT=12V, IOU=1A)

应用方案

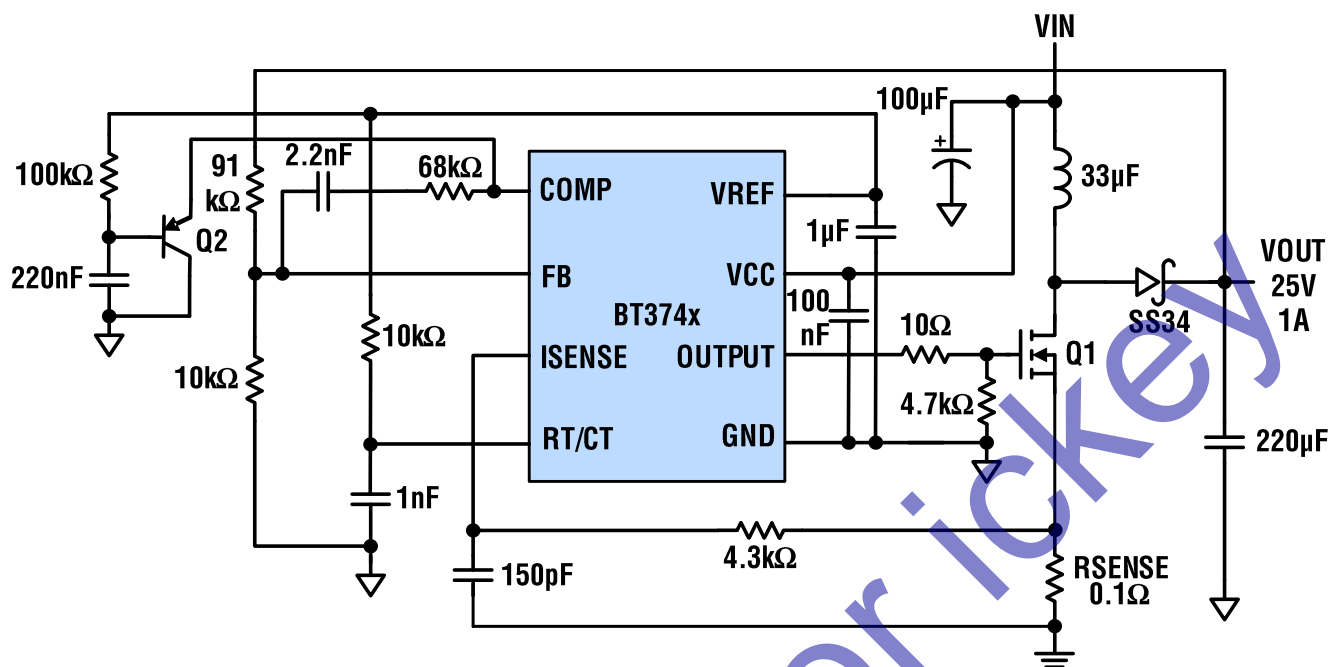


图 17 升压应用电路

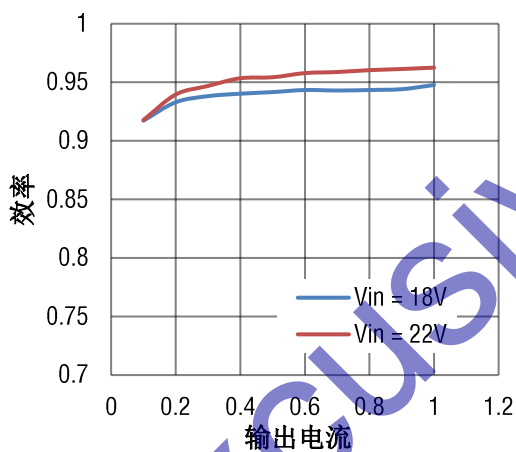


图 18 效率曲线

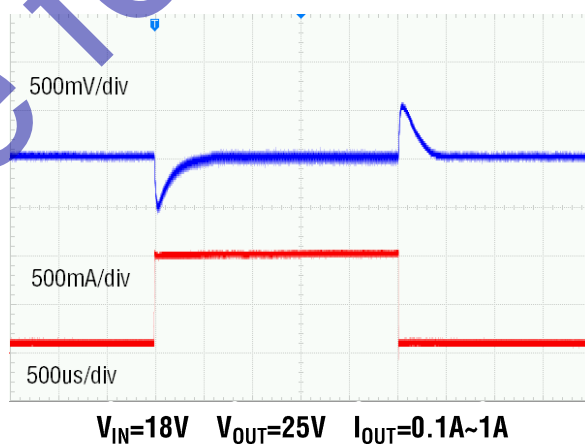


图 19 负载阶跃

BT374x

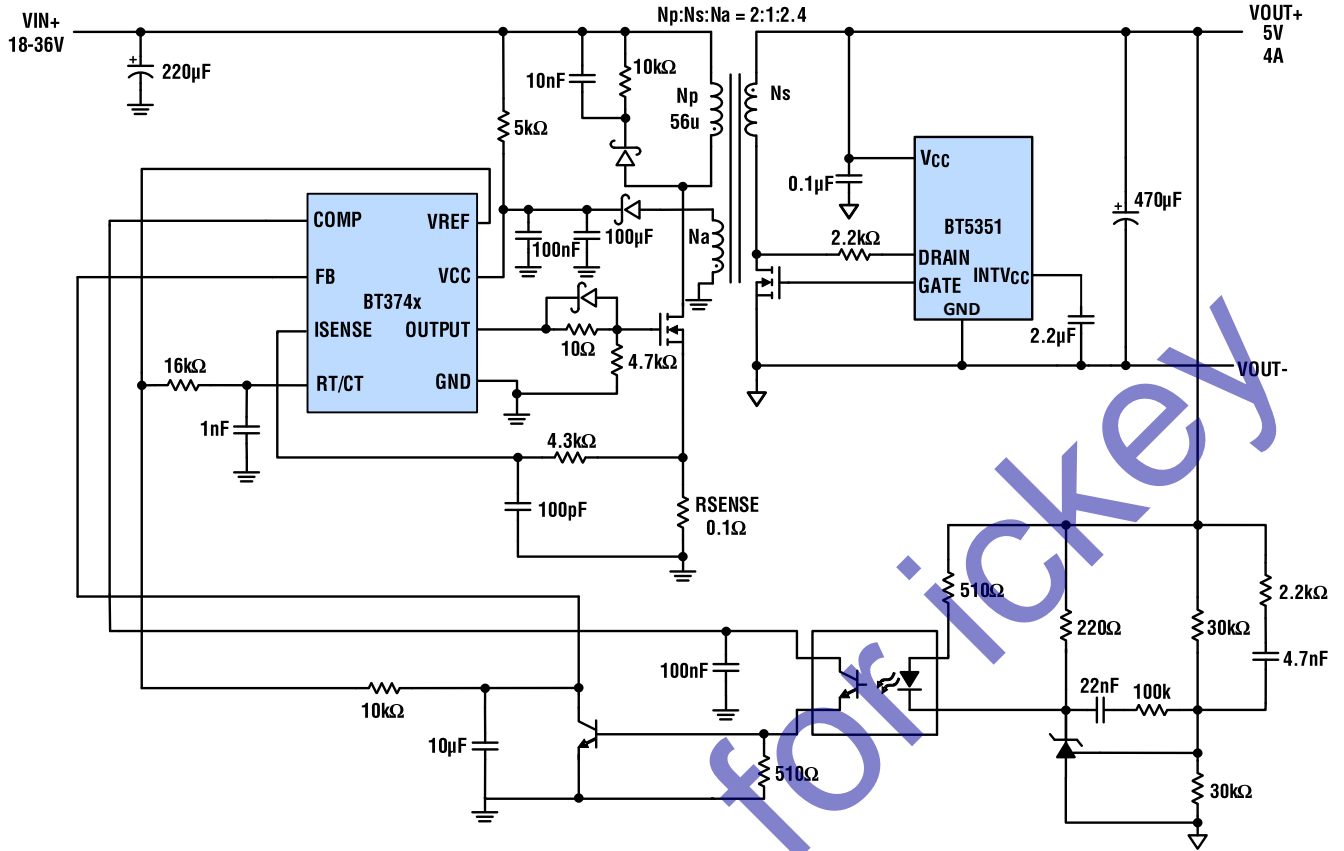


图 20 反激应用电路

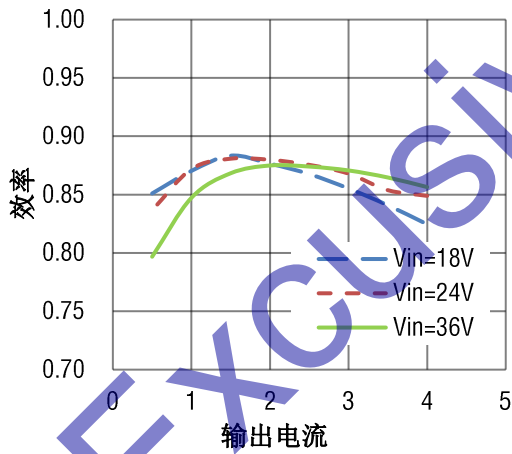
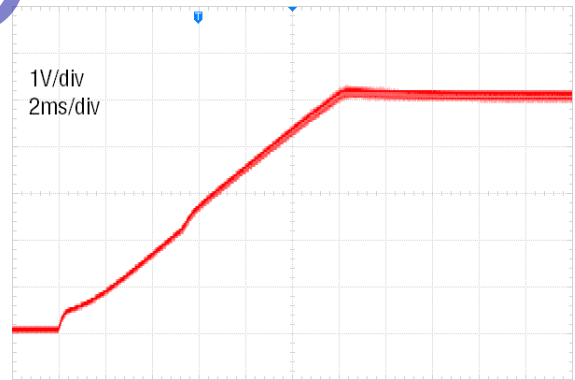


图 21 效率曲线



$V_{IN}=24V$ $V_{OUT}=5V$

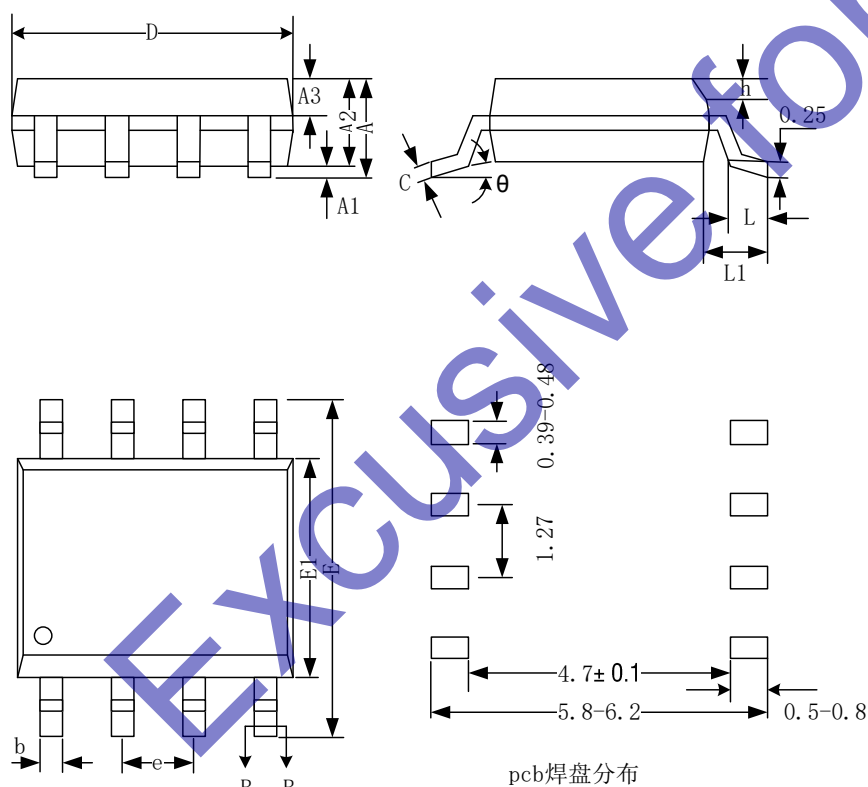
图 22 启动波形

订购信息

器件型号	订货型号	封装	最小包装	工作结温	器件标记
BT3741E	BT3741EG8#TRPBF	SOP8L	4000	-40°C to 85°C	BT3741
BT3741E	BT3741EG8#TPBF	SOP8L	100	-40°C to 85°C	BT3741
BT3741I	BT3741IG8#TRPBF	SOP8L	4000	-40°C to 125°C	BT3741
BT3741I	BT3741IG8#TPBF	SOP8L	100	-40°C to 125°C	BT3741
BT3742E	BT3742EG8#TRPBF	SOP8L	4000	-40°C to 85°C	BT3742
BT3742E	BT3742EG8#TPBF	SOP8L	100	-40°C to 85°C	BT3742
BT3742I	BT3742IG8#TRPBF	SOP8L	4000	-40°C to 125°C	BT3742
BT3742I	BT3742IG8#TPBF	SOP8L	100	-40°C to 125°C	BT3742

联系电话: 0512-68782149 邮箱: sales@batelab.com 网址: <http://www.batelab.com>

封装信息



符号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.75
A1	0.10	-	0.23
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.60	0.65	0.70
b	0.39	-	0.48
b1	0.38	0.41	0.43
c	0.21	-	0.26
c1	0.19	0.20	0.21
D	4.70	4.90	5.10
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.70	3.90	4.10
e	1.27BSC		
h	0.25	-	0.50
L	0.50	-	0.80
L1	1.05BSC		
θ	0	-	8°
L/F载体尺寸 (mil)	80*80	90*90	95*130