

## 原边控制高精度恒压/恒流PWM控制器 GC4532

### 概述:

GC4532是一个高精度恒压/恒流PWM控制电路集成芯片，主要应用于小功率AC/DC充电器和电源适配器中，该芯片是一款基于原边检测和调整的控制器，因此在应用时无需TL431和光耦。芯片内置了恒流/恒压两种控制方式，其典型的控制曲线如图1所示

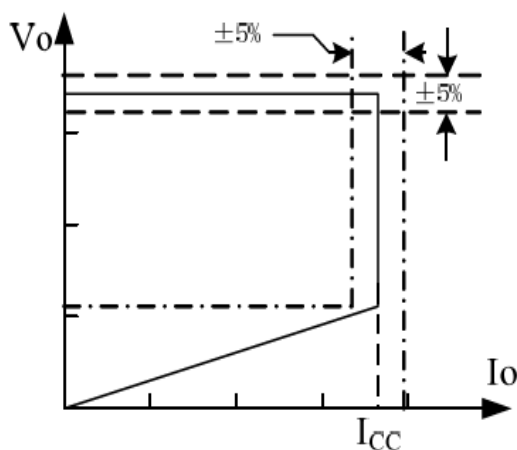
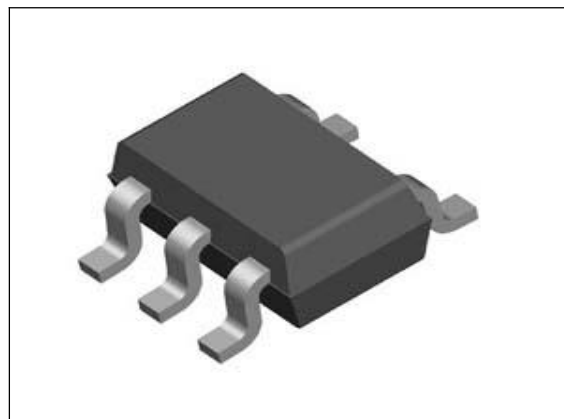


图1 典型CC/CV曲线

在恒流控制时，恒流值和输出功率可以通过CS引脚的限流电阻 $R_s$ 设定。在恒压控制时，芯片在INV脚采样辅助绕组的电压，从而调整输出。在恒压控制时还采用了多种模式的控制方式，这样既保证了芯片的高性能和高精度，又保证了高效率。此外，通过内置的线损补偿电路保证了较高的输出电压精度。

GC4532 具有软启动功能，同时为了保证芯片正常工作针对各种故障设计了一系列完善的保护措施，包括逐周期电流限制、过压保护（OVP）、电源钳位和欠压锁定功能。此外，芯片内部集成了频率抖动和软启

### 封装外形图



功能保证芯片有良好的 EMI 特性。

GC4532采用SOT23-6的封装形式。

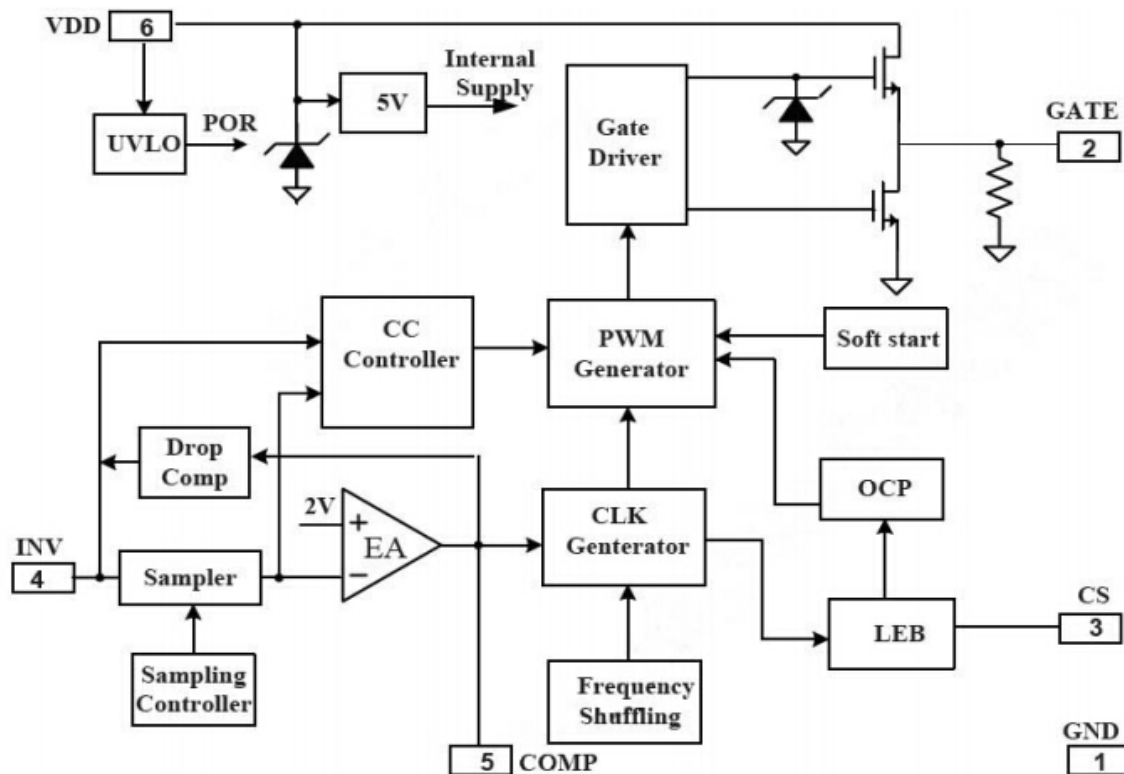
### 主要特点:

- ▲恒压和恒流精度可达5%
- ▲原边控制模式，无需TL431和光耦
- ▲非连续模式下的反激拓扑
- ▲具有软启动功能
- ▲内置前沿消隐电路(LEB)
- ▲恒压恒流调节可编程
- ▲恒流和输出功率可调
- ▲内置次级电压采样控制器
- ▲可调式线损补偿
- ▲基于系统稳定性的保护功能
  - 欠压锁定与滞后
  - 逐周期电流限制
  - 过压保护和电源箝位

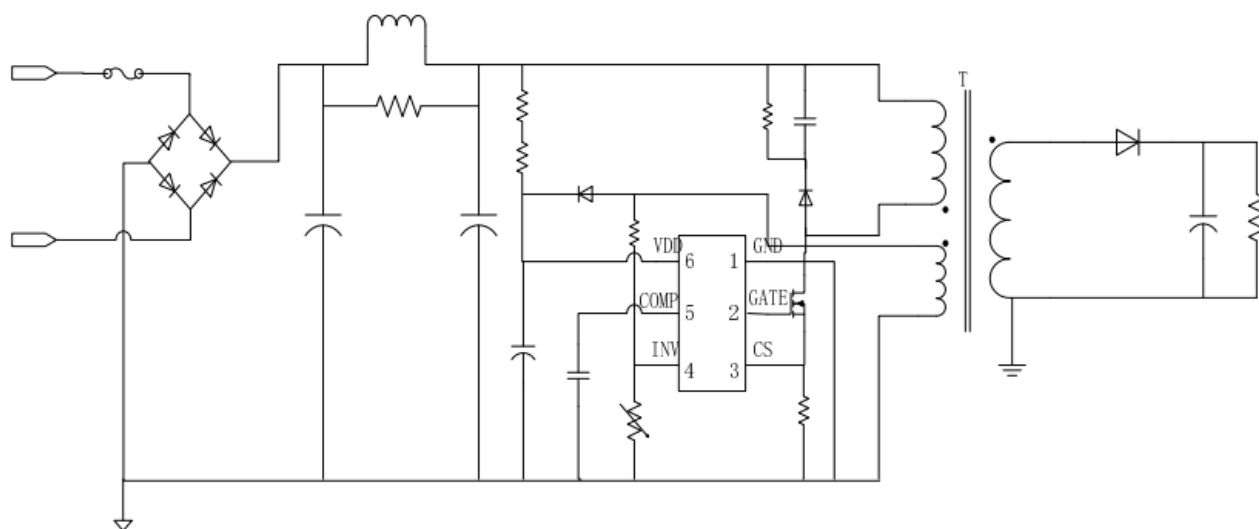
### 主要应用:

- 手机/数码摄像机充电器
- 小功率电源适配器
- PC、电视等辅助电源
- 线性调节器/RCC替代

## 功能框图



## 应用典型图



GC4532 典型应用电路图

## 管脚说明:

GC4532 采用 SOT23-6 封装形式。

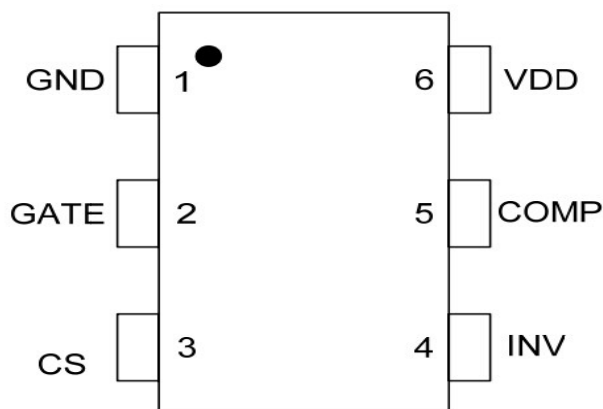


图 2

管脚序号	管脚名称	I/O	描述
1	GND	P	地
2	GATE	O	图腾柱门级驱动输出，驱动功率 MOSFET
3	CS	I	电流检测信号
4	INV	I	辅助绕组电压反馈输入端，此引脚通过一个电阻分压器连接到反射输出电压的辅助绕组上，工作在脉宽调制模式时，开关的占空比由误差放大器的输出和 3 脚的电流检测决定
5	COMP	I	恒压稳定性的环路补偿
6	VDD	P	电源脚

## 极限参数:

参数	标识	值
VDD 供电源	V_Vdd/Vin	-0.3V~VDD_clamp
VDD 钳位持续电流	I_Vdd clamp	10mA
COMP 电压	V_COMP	-0.3~7V
CS 端输入电压	Vcs	-0.3~7V
INV 端输入电压	Vinv	-0.3~7V
最小/最大工作温度	Tj_Min/Max	-10~85℃
最小/最大存储温度	Tst_Min/Max	-55~150℃
铅温度（焊接，10s）	T_lead	260℃

注意：超过极限参数值时，可能对设备造成永久损坏。器件工作在这些或其它超过“推荐工作条件”的状态都不是默认的。长时间工作在极限状态下会影响器件可靠性。

## 电气特性:

电气特性 条件: (如没有特殊说明: VDD=16V, Ta=25℃)

参数	标识	测试条件	Min	典型值	Max	单位
VDD 端口						
VDD 启动电流	I <sub>dd_start</sub>	VDD=13V		5	20	uA
VDD 工作电流	I <sub>dd_op</sub>	INV=2V, CS=0V, VDD=20V		2.5	3.5	mA
进入欠压锁定阈值电压	UVLO (on)	VDD 下降时	8.2	9.0	10.5	V
退出欠压锁定阈值电压	UVLO (off)	VDD 上升时	13.5	14.5	16	V
VDD 过压保护阈值	OVP	VDD 上升至输出关断	26	27.5	29	V
钳制电压 (过压阈值)	VDD_Clamp	I <sub>dd</sub> =10mA	27	28.5	30	V
CS 端口						
前沿消隐时间	T <sub>leb</sub>			625		ns
过流保护阈值	V <sub>th_oc</sub>		880	910	940	mV
过流保护延迟	T <sub>d_oc</sub>			110		ns
软启动时间	T <sub>ss</sub>			17		ms
CS 端输入阻抗	Z <sub>cs_in</sub>		50			Kohm
恒压部分						
最大工作频率	F <sub>max</sub>		55	60	65	KHz
正常工作频率	F <sub>nom</sub>			50		KHz
启动频率	F <sub>startup</sub>	INV=0V, COMP=5V		14		KHz
频率抖动幅度	ΔF/F			+/-6		%
差放大器部分						
误差放大器输入基准电压	V <sub>ref_EA</sub>		1.97	2	2.03	V
误差放大器直流增益	G <sub>dc</sub>			60		db
线损补偿最大电流	I <sub>comp_Max</sub>	INV=2V, COMP=0V		37.5		uA
GATE 驱动输出部分						
输出低电平	V <sub>OL</sub>	I <sub>o</sub> =20mA			1	V
输出高电平	V <sub>OH</sub>	I <sub>o</sub> =20mA	8			V
输出钳位电压	V <sub>clamp</sub>			16		V
输出上升时间	T <sub>r</sub>	CL=0.5nF		650		nS
输出下降时间	T <sub>f</sub>	CL=0.5nF		40		nS

注意: 1、F<sub>max</sub> 表示 IC 内部的最大时钟频率。在系统应用中, 60KHz 额定的最大工作频率存在于最大输出功率或是恒压到恒流的转变点处。

## 工作原理:

GC4532是一款低成本、高性价比的脉宽调制控制器, 适用于离线式小功率AC/DC 电池充电器和电源适配器。它采用原边控制方式, 因此不需要TL431 和光耦。GC4532应用于工作在于非连续模式下的反激式系统中, 内置的次级恒压采样电路能够提供高精度恒流/恒压控制, 很好地满足大多数电源适配器和充电器的要求。

## 启动

GC4532的供电电源端是VDD。启动电阻提供了从高压端到VDD旁路电容的直流通路，为芯片提供启动电流。GC4532的启动电流小于20 $\mu$ A，因此VDD 能够很快被充到UVLO (off) 以上，从而使芯片快速启动并开始工作。采用较大的启动电阻可以减小整机的待机功耗。一旦VDD 超过UVLO (off)，芯片就进入软启动状态，使GC4532 的峰值电流电压逐渐从0V增加到0.9V，用以减轻在启动时对电路元件的冲击。VDD 的旁路电容一直为芯片提供供电直到输出电压足够高以至于能够支撑VDD通过辅助绕组供电为止。

## 恒流工作

GC4532的恒压/恒流特征曲线如上图1所示。GC4532被设计应用于工作在非连续模式下的反激式系统中。在正常工作时，当INV电压低于内部2.0V的基准电压好时，系统工作在恒流模式，否则系统工作在恒压模式。当次级输出电流达到了系统设定的最大电流时，系统就进入恒流模式，并且会引起输出电压的下降。随着输出电压的下降反馈电压也跟着下降，芯片内部的VCO 将会调整开关的频率，以使输出功率保持和输出电压成正比，其结果就是使输出电流保持恒定。这就是恒流的原理。在恒流模式下，无论输出电压如何变化，输出电流为一常数。在作为充电器应用时，先是恒流充电直到接近电池充饱的状态，随后再进行恒压充电。在GC4532中，恒流值和最大输出功率可以通过外部的限流电阻 $R_S$ 来设定。输出功率的大小随着恒流值的变化而变化。 $R_S$  越大，恒流值就越小，输出功率也越小； $R_S$  越小，恒流值就越大，输出功率也越大。具体参照图3所示。

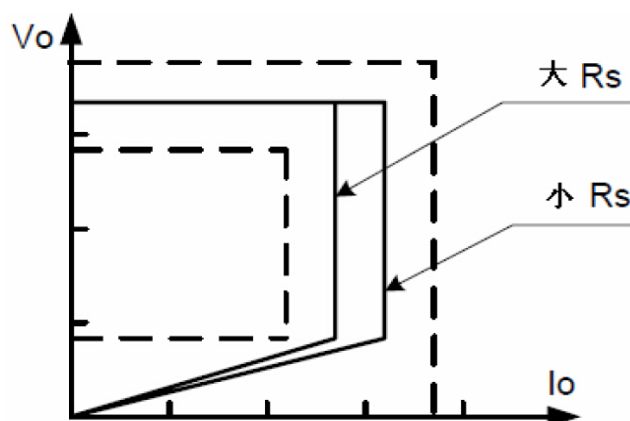


图3 输出功率随 $R_S$  变化曲线

## 恒压工作

在恒压控制时，GC4532利用辅助绕组通过电阻分压器从INV采样输出电压，并将采样的输出电压与芯片内部的基准电压通过误差放大器进行比较放大，从而调整输出电压。当采样电压高于内部基准电压，误差放大器的输出电压COMP减小，从而减小开关占空比；当采样电压低于内部基准电压时，误差放大器的输出电压COMP增加，从而增大开关占空比，通过这种方式稳定输出电压。

在作为AC/DC 电源应用时，正常工作时芯片处于恒压状态。在恒压模式下，系统输出电压通过原边进行控制。为了实现GC4532的恒流/ 恒压控制，系统必须工作在反激式系统的非连续模式。（参照典型应用电路）在非连续模式的反激式转换器中，输出电压能够通过辅助绕组来设定。当功率MOSFET 导通时，负载电流由输出滤波电容 $C_o$ 提供，原边电流呈斜坡上

升，系统将能量存储在变压器的磁芯中，当功率MOSFET关断时，存储在变压器磁芯中的能量传递到输出。此时辅助绕组反射输出电压，具体如图4 所示。

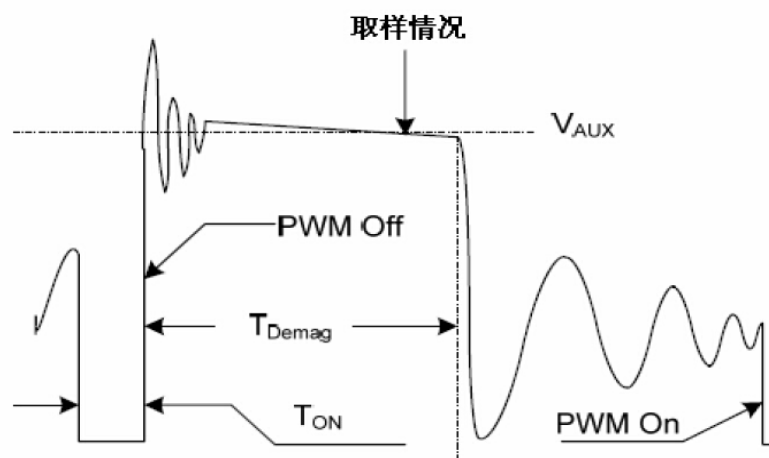


图4 辅助绕组电压波形图

计算公式如下：

$$V_{AUX} = \frac{N_{AUX}}{N_S} \bullet (V_O + \Delta V) \quad (1)$$

其中  $\Delta V$  是指整流二极管上的压降。通过一个电阻分压器连接到辅助绕组和INV之间，这样，通过芯片内部的控制算法，辅助绕组上的电压在去磁结束时被采样并保持，直至下一次采样。采样到的电压和内部2.0V 的基准电压比较，将其误差放大。误差放大器的输出COMP 反映负载的状况，控制脉宽调制开关的占空比，进而调整输出电压，这样就实现了恒压控制。

### 线损补偿

随着负载电流的增加，导线上的电压降也会增加，导致输出电压的减小。GC4532内置的线损补偿电路能够补偿导线的损耗压降，从而稳定输出电压。当引入了导线损耗压降以后，辅助绕组反射输出电压的计算公式（1）将会被修正为（2）

$$V_{AUX} = \frac{N_{AUX}}{N_S} \bullet (V_O + \Delta V + V_{cable}) \quad (2)$$

其中  $V_{cable}$  为导线上的损耗压降。为了补偿导线上的损耗压降，一个电压偏移量被叠加到INV 上。这个电压偏移量是由一个内部电流  $I_c$  流入电阻分压器产生的，具体的控制电路如图5 所示。

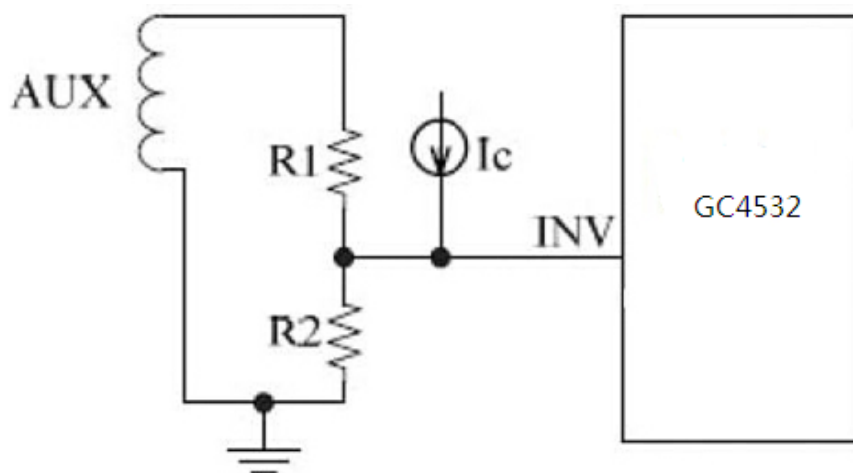


图5 线损补偿电路

线损补偿电流 $I_c$ 与误差放大器的输出COMP成反比，因此，也与输出负载电流成反比。基于以上原理，线损补偿得以实现，具体的计算公式如下：

$$V_{REF}(1 + \frac{R_1}{R_2}) - I_c R_1 = \frac{N_{AUX}}{N_S} \bullet (V_O + \Delta V + V_{cable}) \quad (3)$$

当系统从满载变到空载的过程中，叠加到INV 的电压偏移量将会增加。在应用时可以通过调节电阻分压器中电阻的大小来调整补偿的多少。在恒压模式下，引入线损补偿提高了输出电压的精度和负载调整率。

### 开关的工作频率

GC4532的开关频率受控于负载状况和工作模式。内部电路设定最大开关频率为60KHz。在反激模式的断续工作时，最大输出功率通过以下公式计算：

$$P_{OMAX} = \frac{1}{2} L_P F_{SW} I_P^2 \quad (4)$$

其中 $L_P$  是变压器原边电感值， $I_P$  是原边峰值电流。为了系统能够安全的工作，原边采样电路必须工作在非连续模式。为了防止系统进入连续工作模式，开关频率被内部环路锁定，此时的开关频率为：

$$F_{SW} = \frac{1}{2T_{Demag}} \quad (5)$$

由于 $T_{Demag}$  与电感的大小成反比，因此，电感 $L_P$  和 $F_{SW}$  的乘积为一定值，从而限制了最大的输出功率，避免了系统进入连续工作模式。

### 门驱动

GC4532使用专用的门驱动器来驱动外部功率MOSFET。太弱的门驱动能力会产生高的传



导和MOSFET开关损耗，而太强会产生EMI。一个折中的办法是使用内置的图腾柱门驱动来控制正确的输出能量。

### 电流检测和前沿消隐

GC4532具有逐周期流限功能，通过CS脚的检测电阻检测开关电流。前沿消隐电路砍掉了功率MOSFET导通瞬间的电压尖峰，以至于无需外部检测输入的RC滤波器。PWM占空周期由电流检测输入电压和误差放大器的输出电压共同决定。

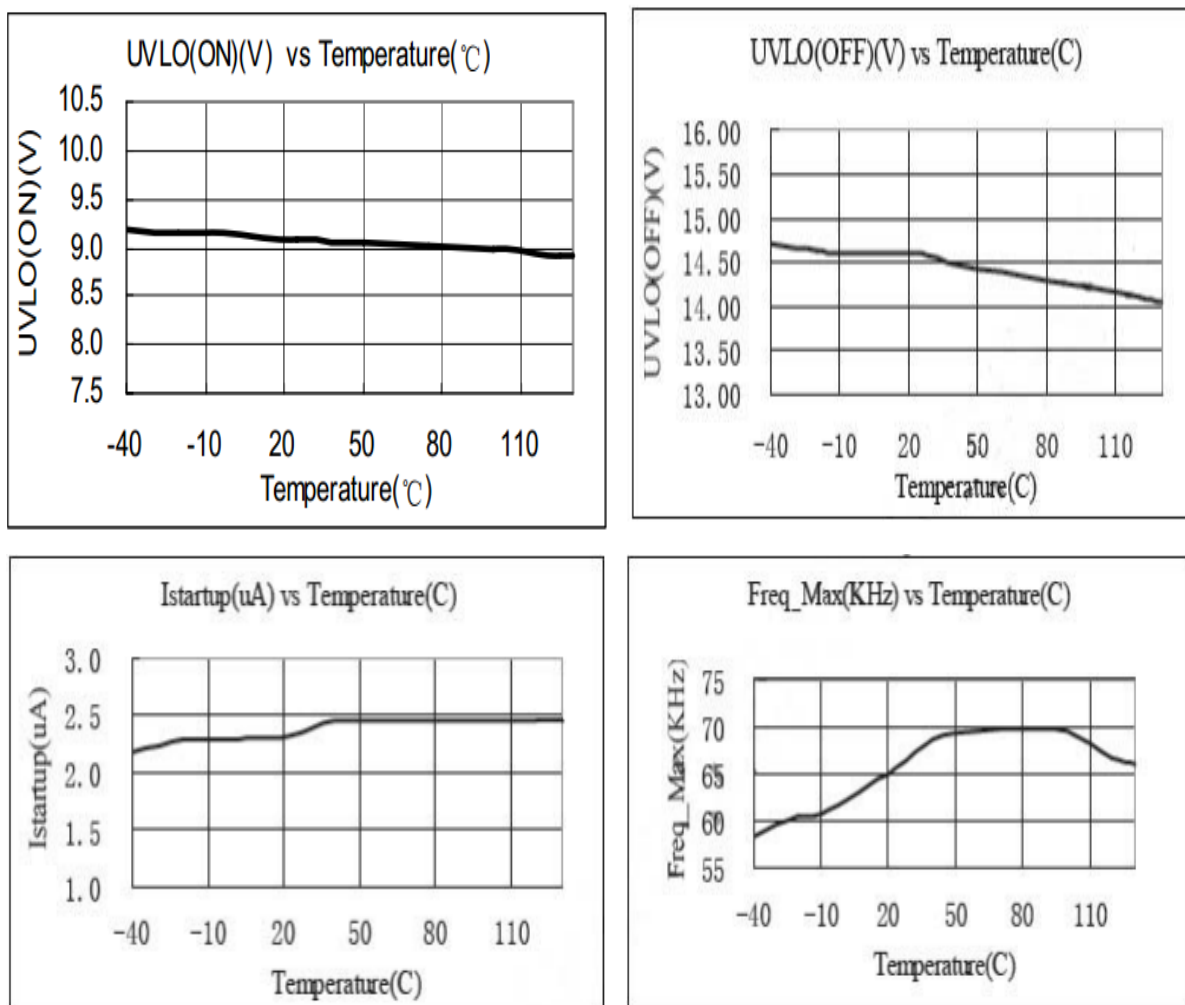
### EMI 特性的改善

GC4532可以实现频率抖动(开关频率调节)。振荡频率的调节会消除噪声。频谱扩展最大限度的减小了EMI，简化了设计。

### 保护控制

好的电源系统可靠性是通过丰富的保护特性来完成的，有逐周期流限(OCP)，VDD钳位，软启动，和VDD欠压锁定(UVLO)。VDD由变压器辅助绕组提供。当VDD下降到低于UVLO(ON)限制时，GC4532的输出被判断，之后转换器进入重起时序。

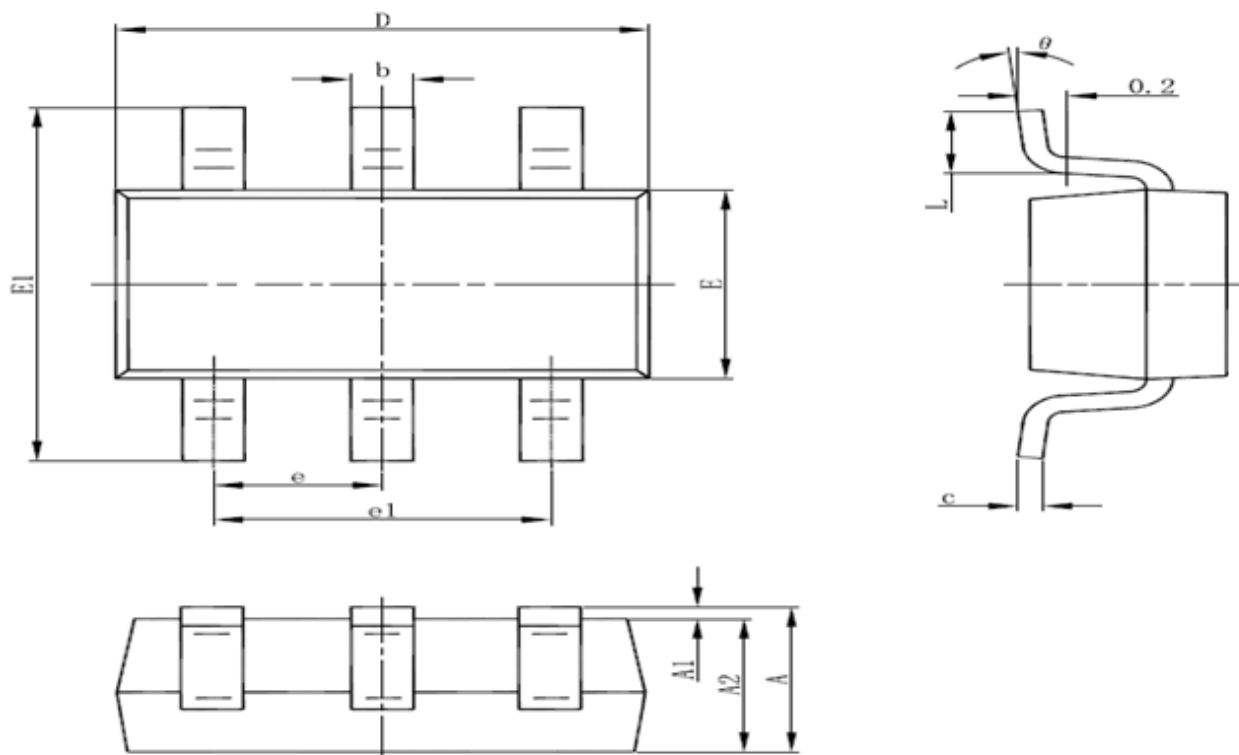
### 典型性能曲线：





# 封装机械数据:

6 引脚塑料 SOT23-6 封装形式



标号	尺寸 (mm)		尺寸 (inch)	
	最小	最大	最小	最大
A	1.000	1.300	0.039	0.051
A1	0.000	0.150	0.000	0.006
A2	1.000	1.200	0.039	0.047
b	0.300	0.500	0.012	0.020
c	0.100	0.200	0.004	0.008
D	2.800	3.020	0.110	0.119
E	1.500	1.700	0.059	0.067
E1	2.600	3.000	0.102	0.118
e	0.950		0.037	
e1	1.800	2.000	0.071	0.079
L	0.300	0.600	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°