

描述

TX4160是一款适用于输入电压高达100V的超宽输入范围、高性能同步降压DC-DC的PWM控制器。

TX4160通过驱动一对外部整流和续流MOS-FET实现大输出电流（可达10A）、超宽出入范围（12-100V）的DC-DC降压应用。TX4160可外部编程调整开关频率，可调范围为50 kHz -500 kHz，实现在不同应用下对转换效率、体积、功率大小的灵活设计。TX4160可根据内部精准的基准电压调整输出电压的大小以及高输出精度的要求。

TX4160保护功能齐全，具有可编程设置的输入欠压锁定、输入过压锁定、和输出过流保护以及电源电流低于10 μ A时的自动关闭模式。

TX4160是车载娱乐系统、电信总线网络转换器、工业电机驱动等高压、大电流应用的理想选择。

1 特性

● 同步开关降压转换器

- ☆ 超宽输入电压范围：10V -100V
- ☆ 输出电压范围：1.2-60V
- ☆ 输出电流高达10A
- ☆ 高达3.5A的栅极驱动电流
- ☆ 开关频率可调：50kHz -500kHz
- ☆ 精准基准电压：1.2 V
- ☆ 可编程软启动，具有预偏置能力
- ☆ 可编程EN关断延迟功能
- ☆ 1秒定时器空白和锁存器
- ☆ ETSSOP20 封装

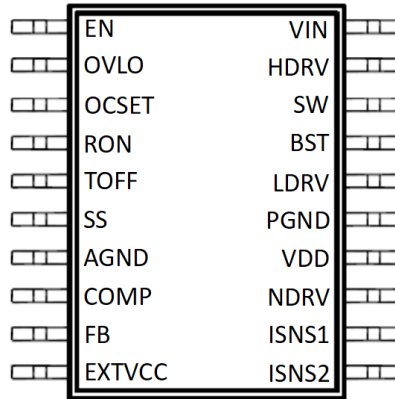
● 应用领域

- ☆ 48V及其他高压非隔离DC-DC电源
- ☆ 车载电子
- ☆ 电信网络总线转换器
- ☆ 通用型降压DC-DC电源
- ☆ USB Type-C PD
- ☆ 工业DC-DC电机驱动

● 多重保护功能

- ☆ 输入欠压保护
- ☆ 输入过压保护
- ☆ 输出过压保护
- ☆ 输出过流保护
- ☆ 输出短路保护
- ☆ 过温保护

3 引脚定义及功能

TX4160


引脚		描述
编号	名称	
1	EN	使能引脚
2	OVLO	输入过压保护引脚，通过外部电阻设置该引脚电压高于1.2V时关断控制器。
3	OCSET	通过该引脚到地连接电阻设置电流限制。
4	RON	通过该引脚到地连接电阻设置开关频率。
5	TOFF	停机延迟设置引脚： 该引脚连接到GND：无延迟 该引脚连接到VCC：延迟20S 该引脚浮空：延迟:10s
6	SS	软启动引脚，通过该引脚与地之间连接电容设置输出电压启动时间。
7	AGND	信号地，内部参考电压和控制回路的连接地。
8	COMP	内部误差放大器输出引脚，通过该引脚与地之间的电阻电容设置环路补偿。
9	FB	反馈信息输入脚。连接输出与地之间的分压电阻，该引脚为敏感信号节点，应远离干扰信号，如SW与BST。
10	EXTVCC	外部电源输入接口，当EXTVCC引脚电压高于10V时，绕过外部NDRV LDO给VCC供电，该引脚电压不能超过30V，如果不使用，该引脚连接到地。
11	ISNS2	电感电流检测输入2。
12	ISNS1	电感电流检测输入1。
13	NDRV	外部NMOS-FET的栅极驱动引脚。
14	VDD	内部控制器供电电源，该引脚与地之间连接至少4.7uF电容。
15	PGND	功率地，功率MOS-FET单独连接于该引脚并连接到电源地平面。
16	LDRV	下管MOS-FET栅极驱动引脚。

17	BST	该引脚与SW引脚之间采用0.1uF陶瓷电容进行连接来产生一个高于输入的电压，用于提供对上管驱动时所需要的能量。
18	SW	开关节点，下管MOSFE的漏极和上管MOSFET的源极连接到该引脚。
19	HDRV	上管MOS-FET栅极驱动引脚。
20	VIN	输入引脚。

4 性能指标

4.1 极限工作范围(注 1)

	范围	最小	最大	单位
输入电压	V _{IN} to GND	-0.3	100	
	V _{FB} , V _{OVLO} , V _{UVLO} to GND	-0.3	6	
	V _{TOFF} to GND	-0.3	12	
	V _{ISNS1,2} to GND	-0.3	65	
	V _{EN} to GND	-0.3	100	
	V _{EXTVCC} to GND	-0.3	30	
输出电压	V _{VDD} to GND	-0.3	12	V
	V _{RON} , V _{OCSET} , V _{SS} , V _{COMP} to GND	-0.3	6	
	V _{LDRV} to GND	-0.3	12	
	V _{HDRV} to V _{SW}	-0.3	12	
	V _{BST} to V _{SW}	-0.3	12	
	V _{SW} to GND	-3	V _{IN} + 0.3	

4.2 等级数据

范围	定义	最小	最大	单位
T _{ST}	储存温度范围	-65	150	°C
T _J	结温		+150	°C
T _L	铅温		+260	°C
V _{ESD}	HBM 人体模型		2	kV
	CDM充电器设备型号		500	V

4.3 推荐工作范围(注 2)

	范围	最小	最大	单位
输入电压	V _{IN} to GND	12	100	V
	V _{FB} , V _{OVLO} , V _{UVLO} to GND	-0.3	5	
	V _{TOFF} to GND	-0.3	10	
	V _{ISNS1,2} to GND	-0.3	60	
	V _{EN} to GND	-0.3	100	
	V _{EXTVCC} to GND	-0.3	30	

输出电压	V _{VDD} to GND	-0.3	10	V
	V _{RON} , V _{OCSET} , V _{SS} , V _{COMP} to GND	-0.3	5	
	V _{LDRV} to GND	-0.3	10	
	V _{HDRV} to V _{SW}	-0.3	10	
	V _{BST} to V _{SW}	-0.3	10	
	V _{SW} to GND	-3	V _{IN} +0.3	
温度	工作结温范围, T _J	-40	+125	°C

4.4 温度特性 (注 3)

符号	描述	ETSSOP-20	Unit
θ_{JA}	结到环境热阻	40	°C/W
θ_{JC}	结壳热阻	23	

注:

- 1) 超过正常范围可能会损坏IC。
- 2) 超出推荐范围外应用可能会损坏IC。
- 3) 在1盎司铜箔测

4.5 电气特性 (非特殊说明, 以下参数在V_{in} = 12V, T_J=25°C条件下测试)

符号	范围	条件	MIN	TYP	MAX	UNIT
V _{IN}	输入电源工作电压范围		12		100	
V _{OUT}	调节输出电压设定点		1.2		60	
参考电压						
I _Q	静电电流	开环, V _{FB} = 1.25V, 无开关, V _{IN} =48V, T _J =25°C		400		uA
I _{SHUTDOWN}	EN 关断电源电流	闭环, V _{EN} =0V, V _{IN} =48V		5		
参考电压						
V _{FB}	反馈电压			1.2		V
	精度		-1.5		+1.5	%
电源电压 (V_{CC})						
V _{DD}	V _{DD} 稳压器输出	由 V _{IN} LDO 供电	8.5	9	9.5	V
		由 NDRV LDO 供电	9	9.5	10	
		由 EXT _{VCC} LDO 供电	9.5	10	10.5	
欠压锁定						
V _{DD_UVLO}	V _{DD} 欠压锁定电压 (V _{DD} 增加)	-40°C ≤ T _J ≤ 125°C		8		V
V _{DD_UVLOH}	V _{DD} 欠压迟滞			670		mV
V _{BST_UVLO}	V _{BST} 欠压锁定电压 (V _{BST} 增加)	-40°C ≤ T _J ≤ 125°C		5.6		V
V _{BST_UVLOH}	V _{BST} 欠压迟滞			860		mV
V _{IN_UVLO}	V _{IN} 欠压锁定电压 (V _{IN} 增加)			6.5		V
V _{IN_UVLOH}	V _{IN} 欠压迟滞			650		mV
V _{EN_UVLO}	EN 欠压锁定			1.2		V

	电压 (V _{EN} 增加)				
V _{EN_UVLOH}	与欠压滞后		200		mV
过压锁定					
REF _{IN_OVP}	V _{IN} 过压锁定电压参考 (V _{IN} 增加)		1.2		V
HYS _{IN_OVP}	V _{IN} 过压锁定电压的参考迟滞		200		mV
控制回路					
I(Source/Sink)	源/灌电流		300		uA
gm	跨电导		3		mS
软启动					
I _{SS}	软启动电流	SS = 0 V	15	20	25
					uA
VSNS 限制					
V _{OCSET}	OCSET 电压	-40°C ≤ T _J ≤ 125°C	1.2		V
V _{LIMH}	值班 ISNS1-ISNS2 限制	R _{OCSET} = 25k Ohm, V _{LIMH} = 1.2/R _{OCSET} * 25K/10	120		mV
V _{LIML}	下班 ISNS1-ISNS2 限制	R _{OCSET} = 25k Ohm, V _{LIML} = 1.2/R _{OCSET} * 20K/10	96		mV
T _{OVERLOAD}	过载保护空白时间		200		ms
频率					
F _{SW}	开关频率	F _{sw} = V _{out} / (R _h * 500p) or F _{sw} = 1 / (R _L * 50p)	50	200	500
					kHz
TON _{MIN}	最低准时		140		ns
TOFF _{MIN}	最短关闭时间		400		ns
定时器					
T _{OFF}	Toff 时间延迟	Toff = GND	0		s
		Toff = Float	10		s
		Toff = VCC	20		s
输出驱动器					
HDRVV	峰值 HDRV 源电流		1		A
	峰值 HDRV 灌电流		2.2		A
LDRV	峰值 LDRV 源电流		1.8		A
	峰值 LDRV 灌电流		3.5		A
Tr(HDRV)	C _{LOAD} = 1000pF		19		ns
Tf(HDRV)	C _{LOAD} = 1000pF		13		ns
Tr(LDRV)	C _{LOAD} = 1000pF		18		ns
Tf(LDRV)	C _{LOAD} = 1000pF		12		ns
Tdelay1	顶栅极关闭到底栅极开启延迟		70		ns
Tdelay2	底部栅极关闭到顶部栅极开启延迟		70		ns

注4:

4) 设计中保证，生产时不测试。

5 典型应用

5.1 应用原理图

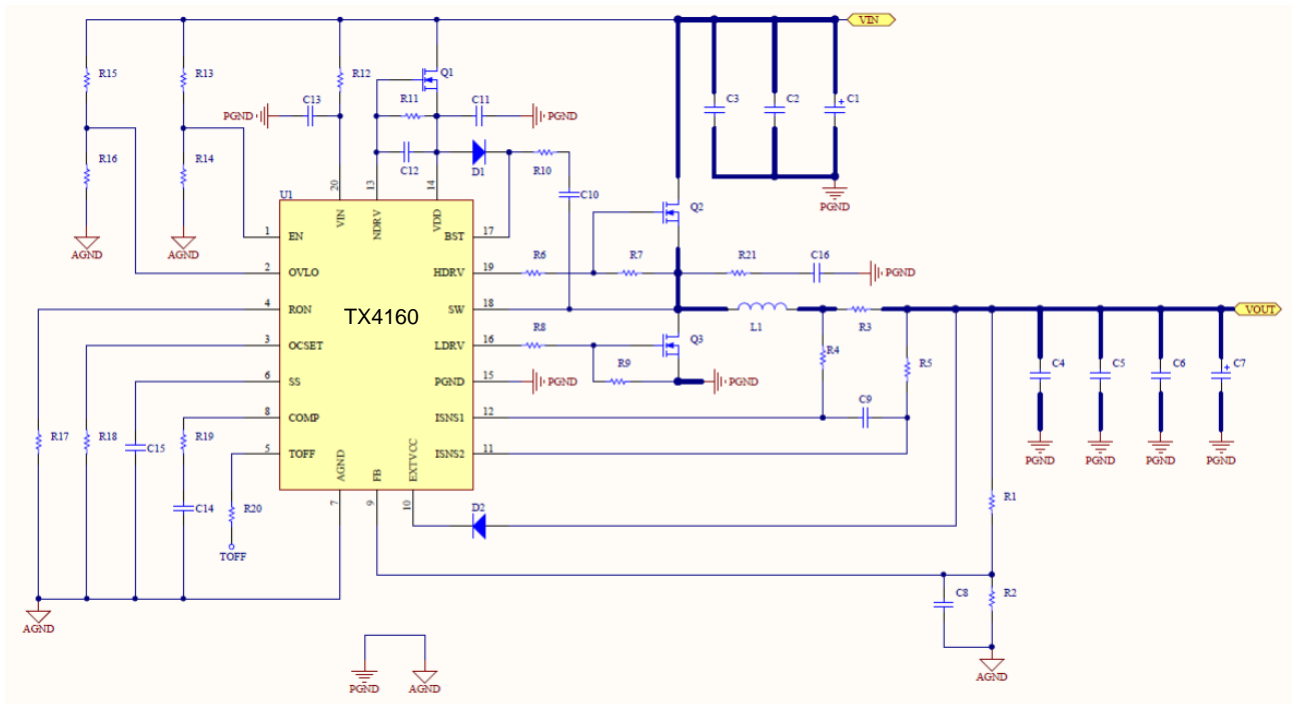


图2 12V/10A典型应用

推荐BOM清单如下表:

序号	元件名称	元件编号	元件规格	封装	数量	备注
1	电解电容	C1	220uF/100V	φ 13*20	1	C1 为输入滤波电容, 根据实际输入电压范围、负载电流情况灵活选择
2	电解电容	C7	1000uF/16V	φ 10*12	1	根据实际输出电压选择满足耐压要求的电容, 因负载电流大, 建议采用固态电容
3	贴片电容	C2	2.2uF/100V	1206	1	
4	贴片电容	C3 C13	0.1uF/100V	0805	2	C3 应尽量靠近上管 Q2, C13 应尽量靠近 TX4160 的 Pin20 (Vin) 引脚
5	贴片电容	C4 C5 C6	22uF/16V	1206	3	C4 C5 C6 C7 为输出电容, 可根据实际输出电压、负载电流情况进行灵活选择
6	贴片电容	C8	10pF/25V	0603	1	可省略 (省略后需要测试 SW 对地波形是否存在大小波)
7	贴片电容	C9 C12	1nF/25V	0603	2	

8	贴片电容	C10 C15	100nF/25V	0603	2	
9	贴片电容	C11	4.7uF/25V	0805	1	
10	贴片电容	C14	3.3nF/25V	0603	1	
11	贴片电容	C16	2.2nF/25V	0603	1	做为 EMI 吸收回路，无 EMI 要求可省略
12	贴片电阻	R1	270K 1%	0603	1	R1, R2 分压后通过 FB 调节输出电压，根据公式 (3) 进行计算
13	贴片电阻	R2	30K 1%	0603	1	
14	贴片电阻	R3	R008 1%	2512	1	R3 为限流取样电阻，电流较大，建议采用合金电阻
15	贴片电阻	R4 R5 R6 R8 R12 R20	10R 5%	0603	6	可省略
16	贴片电阻	R7 R9 R11	10K 5%	0603	3	可省略
17	贴片电阻	R10	100R 5%	0603	1	用于 EMI 调节，可省略
18	贴片电阻	R13	120K 1%	0603	1	
19	贴片电阻	R14 R16 R19	10K/1%	0603	3	
20	贴片电阻	R15	1M 1%	0603	1	用于输入过压保护，与 R16 进行分压，当 OVLO 引脚电压高于 1.2V 时关断控制器
21	贴片电阻	R17	240K 5%	0603	1	
22	贴片电阻	R18	25K 5%	0603	1	
23	贴片电阻	R21	4R7 5%	0603	1	做为 EMI 吸收回路，无 EMI 要求可省略
24	贴片 IC	U1	TX4160	ESSOT20	1	
25	贴片 MOS	Q1	AO3442	SOT23	1	
26	贴片 MOS	Q2 Q3	AOD296A		2	
27	贴片二极管	D1 D2	SD4148	SOD123	2	
28	插件电感	L1	10uH	φ 23	1	

5.2 开关频率设计

TX4160的开关频率设置计算如公式 (1)，例如频率设置为200 kHz 时，电阻设置120 kΩ。

$$F_{SW} = \frac{V_{OUT}}{R_{ON} (k\Omega) \times 0.5} \text{ (MHz)} \quad (1)$$

5.3 过流保护设计

TX4160的逐周限流是由OCSET和AGND之间的Rocset和感应电阻Rsns与电感串联构成的。电流限制公式如下:

$$I_{LIML} = \frac{2.4}{R_{OCSET} (k\Omega) \times R_{SNS} (\Omega)} (A) \quad (2)$$

5.4 输出电压设计

通过选择R1和R2来设定适当的输出电压。为了使低负载下的功耗最小化，R1和R2都需要选择较大的阻值。两个电阻的值都建议在10k到1m之间。例如：选择R1=200k，则R2可计算为：

$$V_{OUT} = V_{FB} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (3)$$

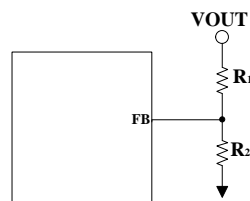


图3 输出电压设置

5.5 电感设计

1)电感选择需要满足最大纹波电流，建议纹波电流为最大平均电流的40%左右，计算公式如下：

$$L = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

F_{SW} 为开关频率；

I_{OUT_MAX} 为最大负载电流。

TX4160对纹波电流的变化不太敏感。因此，电感的最终选择可以稍微偏离计算值，而不会显著影响性能。

2)电感选择必须满足额定饱和电流的要求，以保证在满载条件下电感电流峰值有足够的余量。

3) 电感器的DCR和开关频率下的铁芯损耗必须足够低，才能达到预期的效率要求。为了获得良好的综合效率，最好选用DCR<10mohm的电感器。

5.6 输出电容设计

输出电容的选择是需要输出纹波噪声的要求。在选择电容器时，必须同时考虑稳态和瞬态输出电容要求。为了获得最佳的性能，建议使用X5R或更好等级的陶瓷电容器。

5.7 输入电容的设计

多层陶瓷电容器具有极低的ESR和较小的占板面积，是降压变换器输入解耦的理想选择。输入电容应该尽可能靠近控制器。10 μ F甚至更大值的电容器可以用来减少输入电流纹波。

当只选择陶瓷电容器作为输入电容时要当心输入供电线过长，输出端的负载会在VIN引脚处引起振铃，这种振铃可能与输出耦合，系统误认为环路不稳定，甚至可能会损坏控制器，在这种情况下，需要放置体积更大的电解电容或者钽电容器，以减少输入引线与Cin之间的振铃的发生。

5.8 BST电容设计

BST与SW引脚之间的自举电容在每个周期的开启过程中提供栅电流给高侧FET器件栅充电，也为自举电容提供充电。自举电容的推荐值是0.1 μ F到1 μ F之间。CBST应该是一个高质量，低ESR的陶瓷电容器且靠近器件的引脚，以尽量减少潜在的破坏性电压瞬变造成的微量电感。

5.9 VCC电容设计

VCC电容的主要作用是提供驱动和自举电容的峰值瞬态电流，并为VCC稳压器提供稳定性。CVCC的值应该至少是CBST值的10倍，并且应该是质量好、ESR低的陶瓷电容器。CVCC应该放置在靠近IC引脚的位置，以尽量减少由微量电感引起的潜在破坏性电压瞬变。

5.10 MOSFET设计

MOSFET设计选择应考虑以下参数：

- 额定电压
- 导通内阻
- 驱动阈值电压

高侧和低侧MOSFET的额定电压基本上等于功率级输入电压VIN。在VIN(MAX)中应该添加30%的安全系数。

6 PCB设计

对于一个好的电源设计，PCB 布板是非常关键的。下面是一些关键原件的布板指南，在这里面我们要综合考虑好的变换器效率、散热性能以及尽可能减小 EMI 的发射等因，针对图 2 应用原理图，布局参考如下布局模式

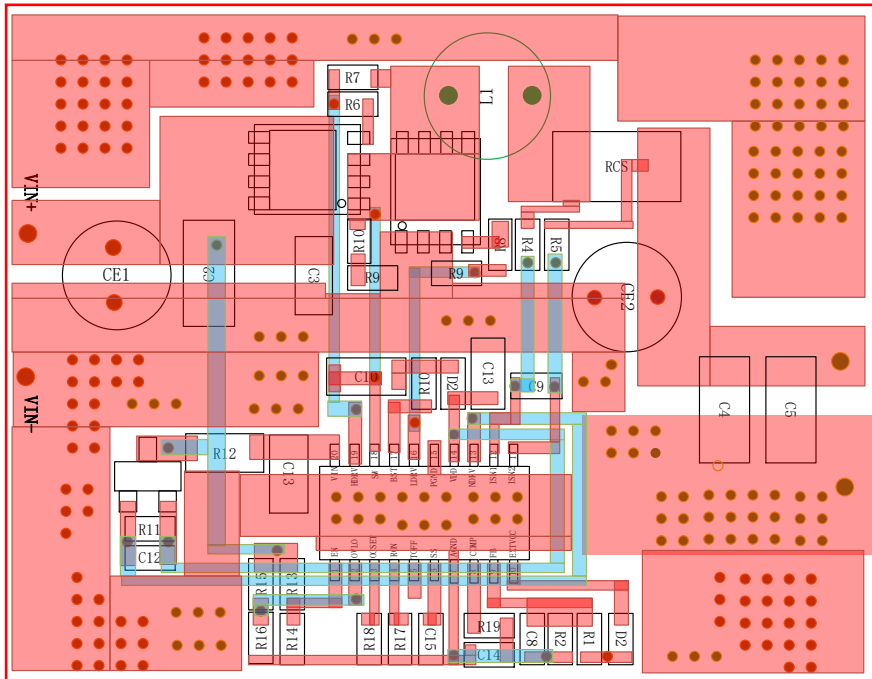
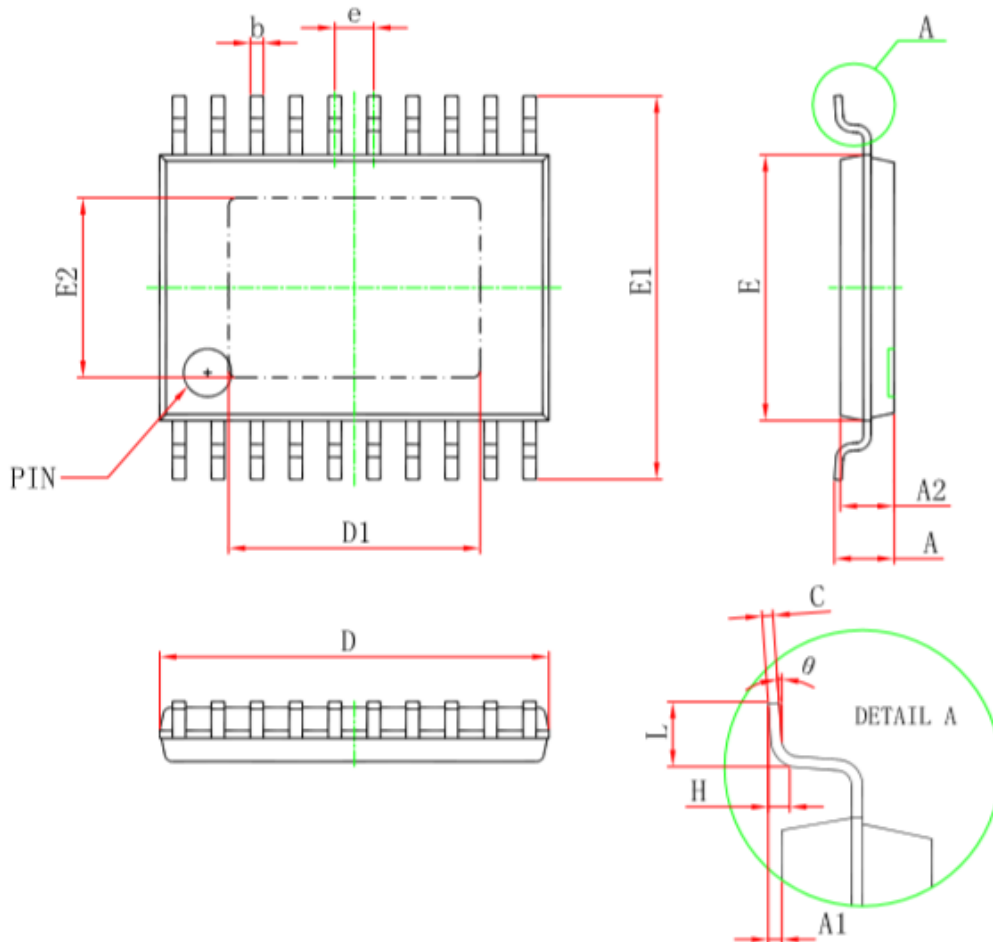


图 4 PCB 应用布局

七 封装尺寸

TSSOP20/PP PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
D	6.400	6.600	0.252	0.259
D1	4.100	4.300	0.165	0.169
E	4.300	4.500	0.169	0.177
b	0.190	0.300	0.007	0.012
e	0.090	0.200	0.004	0.008
E1	6.250	6.550	0.246	0.258
E2	2.900	3.100	0.114	0.122
A		1.100		0.043
A2	0.800	1.000	0.031	0.039
A1	0.020	0.150	0.001	0.006
e	0.65 (BSC)		0.026 (BSC)	
L	0.500	0.700	0.02	0.028
H	0.25(TYP)		0.01(TYP)	
e	1"	7"	1"	7"