

非隔离降压型 PFC 恒流 LED 驱动器

特点

- Buck PFC 恒流控制
- 准谐振软开关（谷底导通）
- 全电压低功耗设计
- 自动线电压补偿
- $\pm 3\%$ 的 LED 输出恒流精度
- 极好的线性调整率和负载调整率
- 模拟及 PWM 调光
- THD 优化控制
- 线性过渡过压保护和温度保护
- 欠压保护、静电保护
- SOP8 小型封装
- 环境温度： $-40 \sim 85^{\circ}\text{C}$

概述

R8031S 是一款专为非隔离降压型（Buck）恒流 LED 驱动设计的 PFC 控制器，芯片全程工作在准谐振软开关（谷底导通临界）模式，因此具有 PF 高、THD 低、效率高、EMI 低、电感利用率高且自适应电感量变化等特点。芯片采用低功耗设计，典型启动电流小于 $100\mu\text{A}$ ，典型工作电流 $200\mu\text{A}$ ，因此可快速启动和简化 VCC 供电电路。芯片采用了包括自动线电压补偿（无需线电压采样）技术在内的高精度恒流控制技术，在保证 PFC 控制的前提下，即使输入电压和输出电压大幅度变化仍然能保证极高的恒流精度。

除常规的欠压保护、静电保护外，芯片还采用了线性过渡的过压保护和温度保护，在过压或超温临界点前，均会自动减少输出电流，直到零输出，由此大大提高了可靠性。

芯片内部集成了模拟调光及 PWM 调光专用电路，可接受远程的 PWM 信号或者电压信号进行调光，也可以就地简单使用一个可调电阻进行全范围无闪烁 LED 调光。

针对 Buck PFC 工频谷底死区的特性，芯片集成了 THD 电路，以优化 THD 特性。

芯片支持浮地工作方式，仅需极少的外围元件，无需辅助绕组，单电压情况下甚至无需辅助 VDD 供电即可稳定工作。

应用范围

LED 驱动电源。

典型应用一(有辅助线圈)

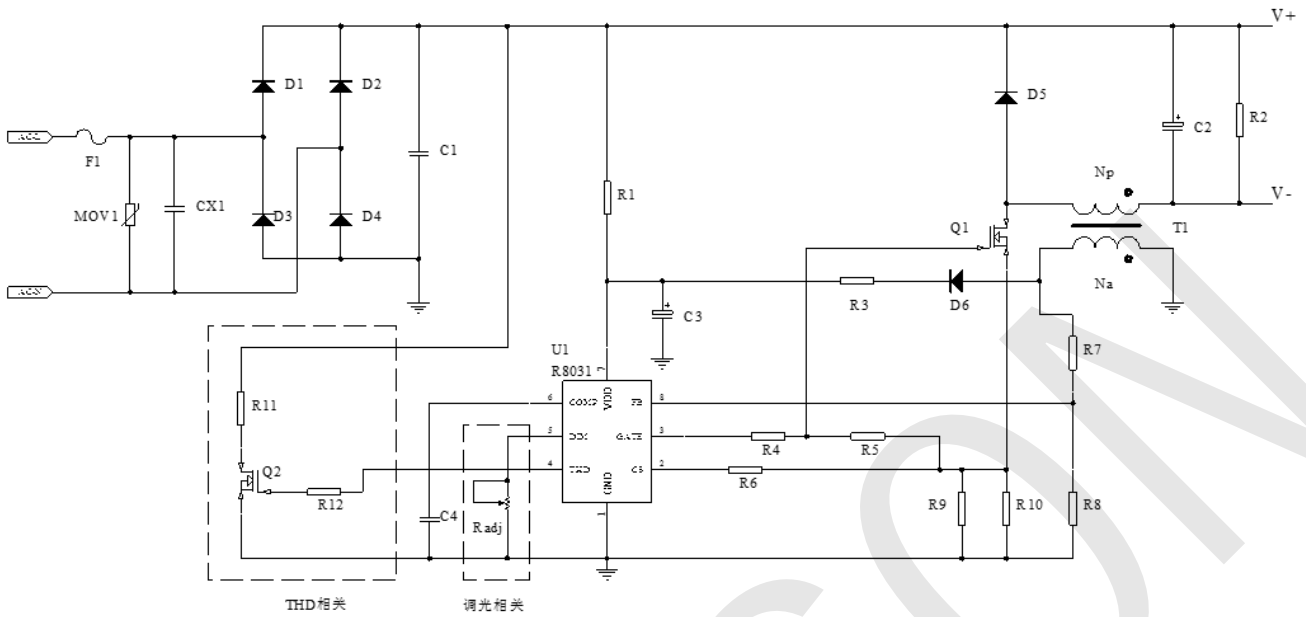


图 1 R8031S 典型应用线路一（有辅助线圈）

典型应用二(无辅助线圈)

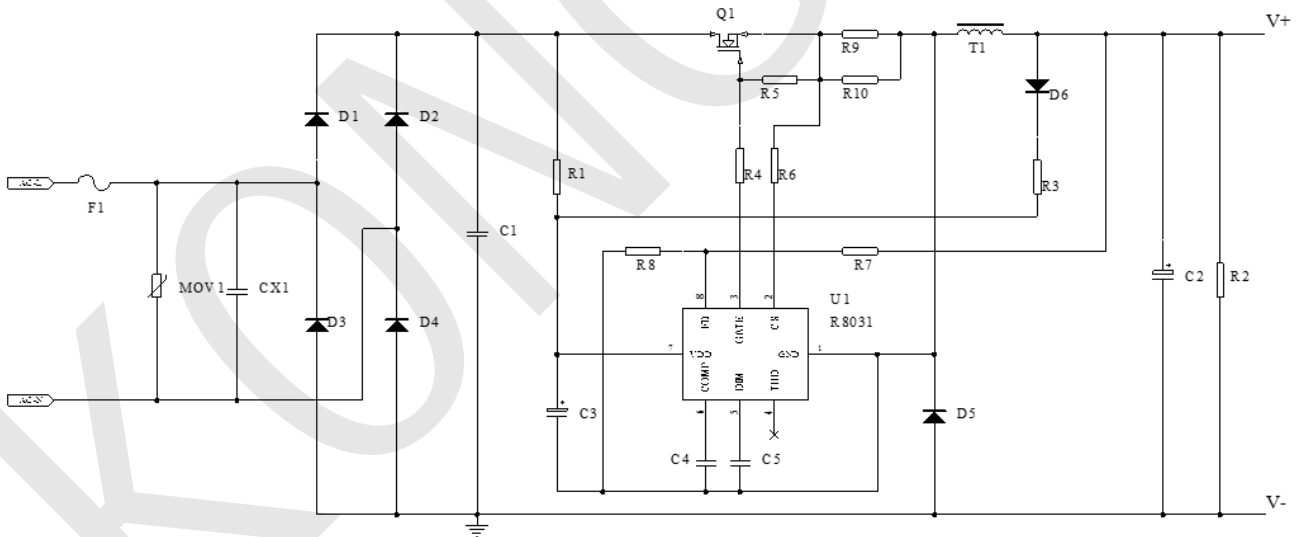


图 2 R8031S 典型应用线路二（无辅助线圈）

管脚排列

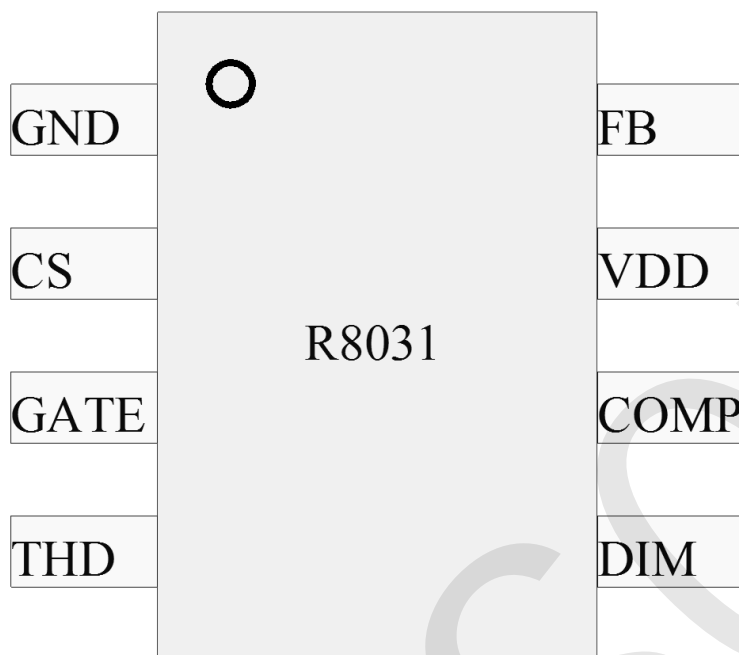


图 3 R8031S CF

管脚描述

管脚号	引脚名称	I/O	引脚功能描述
1	GND	POWER	芯片地
2	CS	I	电流检测脚, 该引脚需连接一个适当的电阻到 MOS 管源极与采样电阻的连接点, 以获得对开关电流波形和线电压补偿的控制
3	GATE	O	驱动脚, 该引脚可通过一个适当的电阻或直接连接到 MOS 的栅极
4	THD	O	THD 控制脚, 该引脚可驱动另一个开关在谷底时适当导通以优化 THD
5	DIM	I	调光脚, 该引脚可直接接受 PWM 信号、电压信号或连接一个适当的电阻到 GND 获得对输出电流的外部控制 (调光)
6	COMP	I	环路补偿脚, 该引脚需要连接一个适当的电容到 GND 以获得必要的低带宽 PFC 环路补偿参数的控制
7	VDD	POWER	VDD
8	FB	I	反馈信号输入脚, 该引脚需要输入一个正确相位的电感端电压信号的分压值, 以获得对准谐振谷底以及过压保护阈值的控制

电气参数 (除非特别注明, TA=25°C)

参数名称	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电						
内置稳压器电压	V _{DD}	VDD 灌入 1mA 电流	6.4	7.0	7.6	V
VDD 最大灌入电流	I _{VDD}	VDD 灌入电流			10	mA
最低 VDD 电压	V _{UVLO}	VDD 上升, Hys=0.5V	5.8	6.3	6.8	V
启动电流	I _{ST}	VDD 灌入电流		85	120	uA
电流检测						
CS 端阈值电压	V _{CS}	TA=-45°C~85°C	410	420	430	mV
最小 on time	T _{ON(min)}	设计电感值不要低于最大值	500		800	nS
调光						
最小调光电压	V _{DIM(min)}	低于此电压无法调光	0.4	0.5	0.6	V
最大调光电压	V _{DIM(max)}	高于此电压输出最大电流	1.5	1.75	2.0	V
反馈检测						
FB 端电压 (恒压模式)	V _{FB}		1.3	1.35	1.4	V
FB 端电压 (输出 OVP 电压)	V _{FB}		1.45	1.5	1.55	V
过温保护						
热关断保护温度	T _{SD}			140		°C
温度保护迟滞				20		°C

极限参数

参数名称	符号	最大工作范围	单位
电源电压	V _{DD}	-0.3~8.0	V
输入端电压	V _I	-0.3~ V _{DD} +0.3	V
输出端电压	V _O	-0.3~ V _{DD} +0.3	V
功耗(在 25°C 时)	CF (SOP8)	PD	630
热阻(在 25°C 时)	CF (SOP8)	Θ _{JA}	150
ESD 保护 (人体模式)	ESD	2000	V
储存温度	T _{STG}	-55~150	°C
结温		150	°C
焊接温度 (锡焊, 10 秒)		300	°C

注: 超出所列的极限参数可能导致器件的永久性损坏。以上给出的仅仅是极限范围, 在这样的极限条件下工作, 器件的技术指标将得不到保证, 长期在这样的工作条件下还会影响可靠性。

内部框图

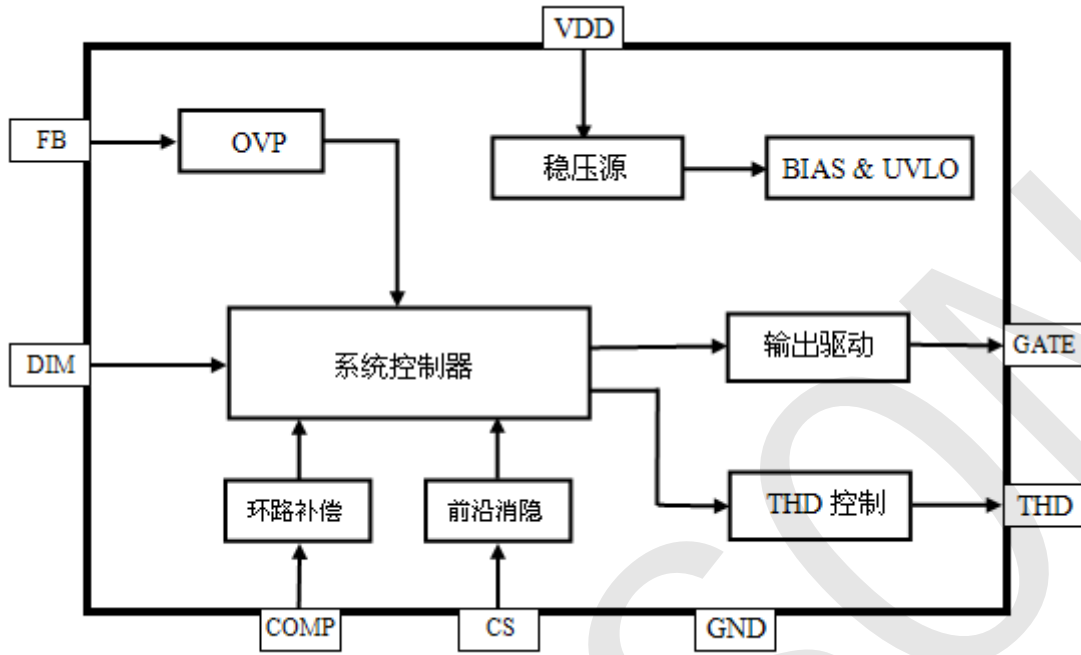


图 4 R8031S 内部框图

应用信息

R8031S是一款含主动PFC功能的非隔离降压型LED恒流控制芯片，芯片全程工作在准谐振软开关（谷底导通临界）模式，因此具有PF高、THD低、效率高、EMI低、电感利用率高且自适应电感量变化等特点。

启动电阻计算

R8031S 启动电流低，典型启动电流为 85uA，计算启动电阻时一般选 100uA。当输入电压为 85Vac，

启动电阻(R1)计算公式如下：启动电阻为 $\frac{85 * \sqrt{2}}{100} = 1.2M$ （典型值）。

芯片供电

R8031S可由辅助线圈供电或者直接由输出电压供电。

辅助线圈供电时，设计辅助线圈 (N_a) 和主线圈匝数 (N_p)，应遵循以下规则： $\frac{N_p}{N_a} = \frac{V_{out}}{9}$ ，例如输

出电压为90V，则 $\frac{N_p}{N_a} = \frac{90}{9} = 10$ ；

由输出电压给芯片供电时，整流二极管D6应选用快恢复二极管。

两种供电方式都必须选择合适的限流电阻以保证芯片VDD电压稳定在7V（典型值），工作电流不低于1mA（功率越大所需工作电流越大）。

电流采样电阻

CS脚用来检测电感峰值电流。在一个交流周期内检测电感上的峰值电流，CS端连接芯片内部，并与内部420mV的电压基准进行比较，当CS达到内部阈值时，系统会关掉外部功率管。

峰值电流计算：

$$I_{pk} = \frac{420}{R_{cs}} (mA) \quad (1)$$

R_{cs} 为电流采样检测电阻。

输出电流计算：

$$I_{out} = 0.45 * \frac{I_{pk}}{\sqrt{2}} (mA) \quad (2)$$

采样电阻计算：

$$R_{cs} = \frac{0.45 * 0.42}{\sqrt{2} * I_{out}} \quad (3)$$

电感设计

R8031S是采用谷底开关， T_{on} 固定的工作模式，系统上电后功率管导通，储能电感电流逐渐上升，当导通时间达到 T_{on} 时，外部功率管关断。

T_{on} 可按下式计算：

$$T_{on} = \frac{L * I_{pk}}{V_{in(max)} - V_{out(max)}} \quad (4)$$

L 为储能电感的电感量, $V_{in(max)}$ 是最高交流输入电压峰值, $V_{out(max)}$ 是最高输出电压, I_{pk} 为峰值电流, 由公式 (1) 得到;

当外部功率管关断后, 储能电感电流开始逐渐下降, 当下降到 0 时, 外部功率管开启。
外部功率管的关断时间如下:

$$T_{off} = \frac{L * I_{pk}}{V_{out(max)}} \quad (5)$$

此时工作频率

$$f = \frac{1}{T_{on} + T_{off}} = \frac{(V_{in(max)} - V_{out(max)}) * V_{out(max)}}{L * V_{in(max)} * I_{pk}} \quad (6)$$

电感的计算公式如下:

$$L = \frac{(V_{in(max)} - V_{out(max)}) * V_{out(max)}}{f * V_{in(max)} * I_{pk}} \quad (7)$$

设计 L 时, 首先选定 f , f 应低于 100K, 以避免功率管功耗太大。选定 f 后, 根据公式 (7) 计算出 L 。

计算出 L 后, 应根据式 (8) 验证 f , 由公式 (8) 得到的 f 不得小于 20-25K, 以免进入音频范围内。

如小于, 则应增大式 (7) 中 f 应的选值, 重新设计 L , 并根据式 (8) 重新验证。

$$f = \frac{(V_{in(min)} - V_{out(min)}) * V_{out(min)}}{L * V_{in(min)} * I_{pk}} \quad (8)$$

$V_{in(min)}$ 为最低交流输入电压峰值, $V_{out(min)}$ 为最低输出电压。

FB 检测

FB 端的电压决定了系统的工作状态, 当 FB 端电压低于 1.35V (典型值) 时为正常工作状态, 当 FB 上升到 1.35V (典型值) 时, R8031S 会自动进入恒压模式, 输出所接灯串越多, 输出电流越小, 当 FB 电压上升到 1.5V (典型值), R8031S 会自动判断为输出过压保护, 系统会进入极为省电的打嗝模式。

1) 当采用辅助线圈供电的情况下, 输出过压保护电压如下:

$$V_{outovp} = \frac{N_p}{N_a} * \frac{R_8 + R_7}{R_8} * 1.5V \quad (9)$$

其中 N_p 为主线圈匝数, N_a 为辅助线圈匝数;

2) 当由输出电压供电的情况下, 输出过压保护电压如下:

$$V_{outovp} = \frac{R_8 + R_7}{R_8} * 1.5V \quad (10)$$

无锡矽瑞电子有限公司

选取 R7 应按以下公式计算：

当采用辅助线圈供电的情况下，有：

$$V_{out}(\max) = \frac{N_p}{N_a} * \frac{R_8 + R_7}{R_8} * 1.35V \quad (11)$$

当由输出电压供电的情况下，有：

$$V_{out}(\max) = \frac{R_8 + R_7}{R_8} * 1.35V \quad (12)$$

其中 $V_{out}(\max)$ 为最大输出电压，R8 通常取 10K，式中常数 1.35 可取更小以免进入恒压范围。

R8031S 在进入打嗝模式后，自动检测输出电压，当输出电压低于 $V_{out}(\max)$ 时，系统会重新进入正常工作状态。

开路保护

R8031S 内部集成了开路保护功能，R8031S 一旦检测到输出开路，系统会自动进入打嗝模式，开路状态移除后会重新进入正常工作状态。

调光

调光有两种方式：线形调光、PWM 调光。

线形调光：通过在 DIM 脚加 0.5 到 1.75V 电压而实现，当该端所加电压高于 1.75V 时将不影响输出电流。

PWM 调光：通过在 DIM 脚一个几百 Hz 的 PWM 信号就可以实现。PWM 信号的占空比正比于输出电流。

上述调光功能只能在双线圈应用的情况下实现。

THD 优化

R8031S 为非隔离降压型主动 PFC 芯片，提供了外部 THD 调节功能。

如图 1 所示，图中 R11、R12 和 Q2 组成 THD 优化电路，此电路可显著降低电路的 THD，提高 PF 值。

上述 THD 优化功能只能在双线圈应用的情况下实现。

过温保护

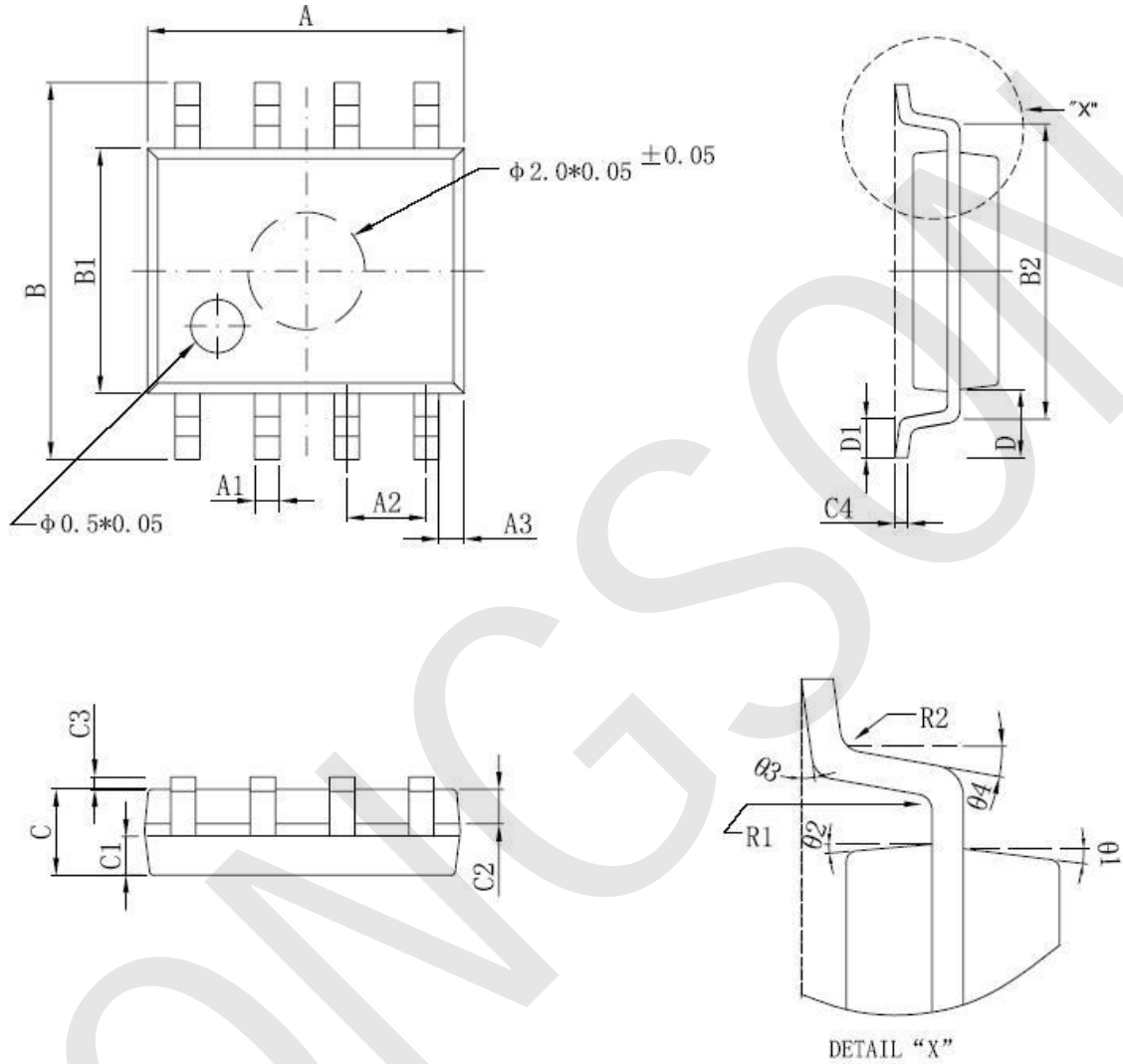
R8031S 内部集成了过热保护功能，触发过热保护温度为典型 140℃，当 R8031S 被触发过热保护后，芯片只有降到 120℃ 之后，才能重新正常工作。

PCB 设计

- 1、充电回路及放电回路环路面积尽量小；
- 2、芯片滤波电容尽量靠近芯片 GND；
- 3、功率回路与信号回路分开；
- 4、FB 脚接地端电阻要靠近 VDD 滤波电容地端；
- 5、若不需调光，则推荐 DIM 脚对地接一小的瓷片电容 (C5) 以避免干扰。

封装尺寸

SOP8 封装外形图及尺寸



标注	尺寸	最小 (mm)	最大 (mm)	标注	尺寸	最小 (mm)	最大 (mm)
A		4.95	5.15	C3		0.05	0.20
A1		0.37	0.47	C4		0.20TYP	
A2		1.27TYP		D		1.05TYP	
A3		0.41TYP		D1		0.40	0.60
B		5.80	6.20	R1		0.07TYP	
B1		3.80	4.00	R2		0.07TYP	
B2		5.0TYP		$\theta 1$		17° TYP	
C		1.30	1.50	$\theta 2$		13° TYP	
C1		0.55	0.65	$\theta 3$		0° ~8°	
C2		0.55	0.65	$\theta 4$		12° TYP	