

## 功能描述

DK912 是一款原边反激式 AC-DC 开关电源控制芯片，芯片集成了 700V 高压开关功率管和初级峰值电流检测电路，芯片内还包含有原边反馈恒流、恒压控制及自供电电路，并具有输出线缆补偿功能，芯片采用高集成度的 CMOS 电路设计，外围元件极少，变压器设计简单，隔离输出电路的变压器只需要两个绕组。

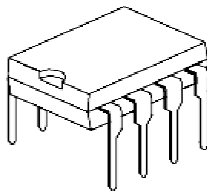
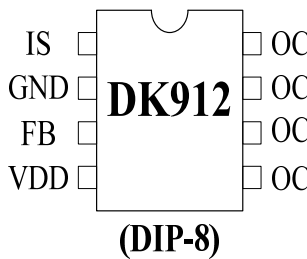
## 产品特点

- 丨 全电压输入 85V—265V。
- 丨 内置 700V 高压开关功率管。
- 丨 芯片内集成了高压恒流启动电路，无需外部加启动电阻。
- 丨 专利的原边反馈控制算法，无需辅助绕组。
- 丨 专利的自供电技术，无需外部绕组供电。
- 丨 内置 PWM 振荡电路，并设有抖频功能，保证了良好的 EMC 特性。
- 丨  $\pm 2\%$ 恒压电压精度， $\pm 5\%$ 恒流精度。
- 丨 过温、过流、过压以及短路保护。
- 丨 4KV 防静电 ESD 测试。

## 应用领域

12W 以下 AC-DC 应用包括：电源适配器、LED 电源、电磁炉、空调、DVD 等小家电产品。

## 封装与引脚定义（DIP8）

|  <p>DIP-8-300-2.54</p> |     |  <p>(DIP-8)</p> |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 引脚                                                                                                      | 符号  | 功能描述                                                                                              |  |
| 1                                                                                                       | IS  | 电流检测引脚，接法 1：IS 接电阻对地时,电阻值 RS 必须大于 350mΩ，最大 Ip 电流为 Vlim/RS；接法 2：IS 脚直接接地，最大 Ip 电流固定为 666mA。        |  |
| 2                                                                                                       | GND | 芯片地。                                                                                              |  |
| 3                                                                                                       | FB  | 原边反馈引脚。                                                                                           |  |
| 4                                                                                                       | VDD | 芯片的工作电源正端，外部对地接 10uF-47uF 电容。                                                                     |  |
| 5,6,7,8                                                                                                 | OC  | 芯片内部高压功率管的漏极引脚。                                                                                   |  |

## 极限参数

|          |       |                 |
|----------|-------|-----------------|
| 供电电压 VDD | ..... | -0.3V--8V       |
| 供电电流 VDD | ..... | 100mA           |
| 引脚电压     | ..... | -0.3V--VDD+0.3V |
| 功率管耐压    | ..... | -0.3V--730V     |
| 峰值电流     | ..... | 700mA           |
| 总耗散功率    | ..... | 1000mW          |
| 工作温度     | ..... | -25℃--+125℃     |
| 储存温度     | ..... | -55℃--+150℃     |
| 焊接温度     | ..... | +280℃/5S        |

## 电气参数

| 项目        | 测试条件               | 最小   | 典型  | 最大   | 单位 |
|-----------|--------------------|------|-----|------|----|
| VDD 工作电压  | AC 输入 85V-----265V | 4    | 4.7 | 6    | V  |
| VDD 启动电压  | AC 输入 85V-----265V | 4.5  | 4.7 | 5    | V  |
| VDD 重启电压  | AC 输入 85V-----265V | 3.3  | 3.6 | 3.9  | V  |
| VDD 保护电压  | AC 输入 85V-----265V | 6    | 6.2 | 6.5  | V  |
| VDD 工作电流  | VDD=5V, Fb=2V      |      |     | 40   | mA |
| 高压启动电流    | AC 输入265V          |      |     | 0.5  | mA |
| 启动时间      | AC 输入 85V          |      |     | 500  | mS |
| 功率管耐压     | Ioc=1mA            | 700  |     |      | V  |
| 功率管最大电流   | VDD=5V             |      |     | 700  | mA |
| IS 最大开通电压 | VDD=5V             | 360  | 400 | 440  | mV |
| IS 最小开通电压 | VDD=5V             | 80   | 100 | 120  | mV |
| 恒压基准电压    | VDD=5V             | 2.45 | 2.5 | 2.55 | V  |
| 工作频率      | VDD=5V             | 16k  |     | 65k  | hz |
| 最小开通时间    | VDD=5V             |      | 500 |      | ns |
| 开路保护电压    | VDD=5V, 测量FB电压     |      | 3.7 |      | V  |
| 短路保护阈值    | VDD=5V, 测量FB电压     |      | 1.3 |      | V  |
| 温度保护      | VDD=5V             | 120  | 130 | 140  | °C |

## 工作原理

### 峰值电流和最大输出功率

IS 引脚对地电阻  $R_{IS}$  为电流取样电阻，用于设定整个开关电源系统的最大输出功率，

根据公式  $V_{IN} * T_{ON} = L_p * I_p$ ，为保证输出足够大的功率，在低压  $V_{IN}=100V$  时，开通时间

最大为 8us，并结合输出功率计算公式  $P_{o\max} = \frac{1}{2} L_p * I_{p\max}^2 * F_{s\max} * h$ ， $h$  为系统效率，

可得  $I_p = \frac{2 * P_{o\max}}{V_{IN} * T_{ON} * F_{s\max} * h}$ ，而  $L_p = \frac{2 * P_{o\max}}{I_p^2 * F_{s\max} * h}$ 。

## 上电启动

芯片内置高压启动电流源；上电后启动电流对外部的 VDD 储能电容充电，当 VDD 电压达到 5.0V 的时候，上电启动过程结束，芯片进入软启动阶段。

## 软启动

上电启动后的 4ms，芯片工作在 16khz，峰值电流为  $\frac{1}{2} * I_{p\max}$ ；上电启动延时 1ms 后，开始检测 FB 电压。

## FB 检测

反激阶段，输出电压通过初级或者辅助级绕组耦合关系映射到 FB 引脚；芯片通过检测 FB 口电压间接检测并稳定输出电压或者输出电流；芯片在检测到  $FB > 0.7v$  后，判定为反激开始；为防止误检测到漏感电压，芯片在反激延时 2us 后开始采样 FB 电压。采样后的 FB 电压和内部 2.5v 电压基准做误差放大，误差放大器的输出控制初级峰值电流  $I_p$ ，调节输出电压和输出电流。

## 恒流模式

当负载超过最大输出功率时，输出电压减小，FB 电压小于 2.5v，芯片工作在恒流模式。输出电流  $I_o \approx \frac{1}{4} * I_{p\max} * N$ 。随着负载的增大，输出电压降低， $F_s$  减小。

## 恒压模式

参照文章后半部分的典型应用图：

双绕组恒压应用：  $V_{OUT} \approx \frac{2.5v * N_s}{N_p} * (1 + \frac{R_{FB2}}{R_{FB1}}) - V_d$ （参考典型双绕组恒压应用， $V_d$  为

次级整流二极管电压）；

三绕组恒压应用:  $V_{OUT} \approx \frac{2.5v * N_s}{N_A} * (1 + \frac{R_{FB2}}{R_{FB1}}) - V_d$  (参考典型三绕组恒压应用)

当负载小于最大输出功率时, 芯片工作在恒压模式。芯片根据负载动态调节峰值电流和工作频率; 重载时, 工作频率固定为 65kHz, 芯片工作在 PWM。当负载减小时,  $I_p$  减小; 当负载进入到轻载时, 工作频率会由 65kHz 线性减小到 20kHz, 芯片工作在 PFM; 当负载更轻或者待机时, 为减少待机功耗, 芯片工作在间歇模式。

## 自供电

芯片使用了专利的自供电技术, 控制VDD的电压在4.7V左右, 提供芯片本身的电流消耗, 无需外部辅助绕组提供。

## 线缆补偿

内置线缆补偿电路, 减小不同负载时由于线缆阻抗产生的输出电压误差。线补电流  $I_{comp}$  随负载增加而增大, 最大为12uA, 对于三绕组应用线补电压为  $2 * \frac{N_s}{N_A} * I_{COMP} * R_{FB2}$ ,

对于两绕组应用线补电压为  $2 * \frac{N_s}{N_p} * I_{COMP} * R_{FB2}$ 。

## 电源异常

因外部的某种异常引起的VDD电压高于6.2V 时, 芯片进入VDD过压保护。

## FB 口检测异常保护

次级开路时,  $V_{or}$  电压会不断升高; 当芯片检测到 FB 电压超出 3.7v, 进入异常保护。  
FB 电阻断路保护: 上电时, 芯片检测到 FB 电阻断路, 进入异常保护。

## 功率管过压保护

为防止功率管过压, 当芯片检测到功率管端电压超过 600v 时, 进入功率管过压保护。

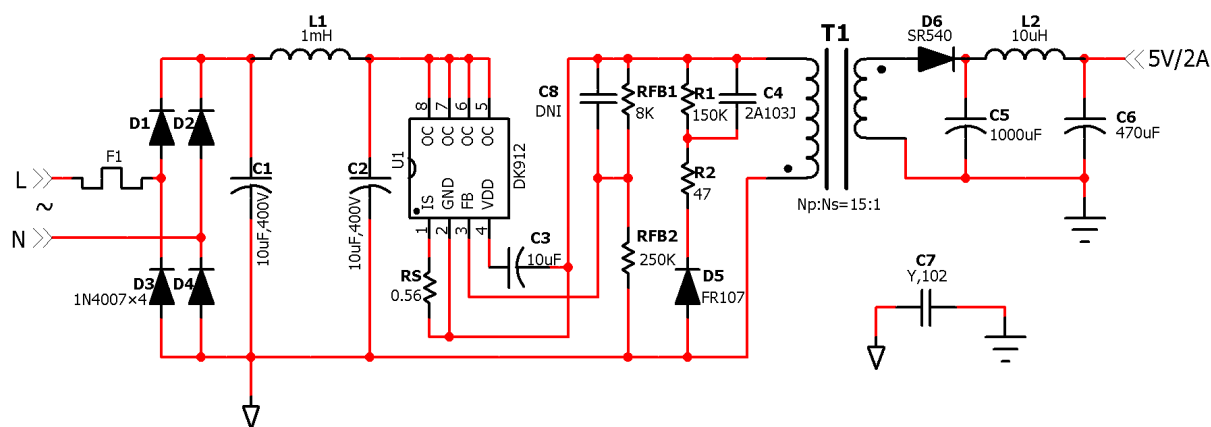
## 短路保护:

为防止次级短路，芯片采样检测到 FB 电压低于 1.3v 并且持续时间超过 8ms，进入短路保护。

## 过温保护:

任何时候检测到芯片温度超过 130℃，立即启动过温保护，停止输出脉冲，直到过温状况解除。

## 典型应用一：两绕组 5V2A



## 元器件清单

| 序号 | 元件名称  | 规格/型号      | 位号    | 数量 | 备注 |
|----|-------|------------|-------|----|----|
| 1  | 保险丝   | F1A/AC250V | F1    | 1  |    |
| 2  | 整流二极管 | 1N4007     | D1~D4 | 4  |    |
| 3  | 二极管   | FR107      | D5    | 1  |    |
| 4  |       | SR540      | D6    | 1  |    |
| 5  | 电解电容  | 10uF/400V  | C1,C2 | 2  |    |
| 6  |       | 10uF/16V   | C3    | 1  |    |
| 7  |       | 1000uF/10V | C5    | 1  |    |
| 8  |       | 470uF/10V  | C6    | 1  |    |
| 9  | 电感    | 1mH/EMI    | L1    | 1  |    |
| 10 |       | 10uH/2.5A  | L2    | 1  |    |
| 11 | 瓷片电容  | 2A103J     | C4    | 1  |    |

|    |      |           |      |   |      |
|----|------|-----------|------|---|------|
| 12 |      | Y电容102    | C7   | 1 |      |
| 13 |      | DN1       | C8   | 1 |      |
| 14 | 色环电阻 | 150K      | R1   | 1 | 精度1% |
| 15 |      | 47        | R2   | 1 | 精度1% |
| 16 |      | 0.56/0.5W | Rs   | 1 | 精度1% |
| 17 |      | 250K      | RFB2 | 1 | 精度1% |
| 18 |      | 8K        | RFB1 | 1 | 精度1% |
| 19 | IC   | DK912     | U1   | 1 |      |
| 20 | 变压器  | EE19      | T1   | 1 |      |

### 变压器设计:

#### 1、参数确定

变压器设计时, 需要先确定电路参数如下: 输入电压范围: AC 85V~265V, 输出电压及电流: DC5V/2A, 最大开关频率 60khz, 最大占空比 50%。

#### 2、磁心的选择

先计算出电源的输入功率  $P = P_{out} / \eta$  ( $\eta$  指开关电源的效率, 设为 0.75), 而  $P_{out} = V_{out} * I_{out} = 5V * 2A = 10W$ , 即  $P_{in} = 10W / 0.75 = 13.3W$ , 可用 EE19 磁心,  $A_e = 23mm^2$ 。

#### 3、确定变压器的匝比

变压器的反激电压  $V_{or}$  设定为取值在 60V~120V 之间, 一般建议  $V_{or}$  取 80V, 因此:

$$N = \frac{V_{or}}{V_{out}} = \frac{80V}{5.5V} \approx 15。$$

#### 4、计算 $R_s$ 电阻:

$$\text{如前所述 } I_p = \frac{2 * P_{o \max}}{V_{IN} * T_{ON} * F_s \max * h} = \frac{2 * 10W}{100V * 8\mu s * 60K * 0.75} \approx 560mA,$$

$$\text{根据 } I_p \max = \frac{400mv}{R_s + 0.1} \Rightarrow R_s \approx 0.6ohm, \text{ 实测修正为 } R_s \approx 0.56ohm \text{ 正好输出 } 10W。$$

#### 5、计算电感: 由 $P_{in} = \frac{1}{2} L * I_p^2 * F_s$ 得

$$L = \frac{2 * P_{o \max}}{I_p^2 * F_s \max * h} = \frac{2 * 10W}{0.56A^2 * 60K * 0.75} \approx 1.4mH$$

电感取 1.4mH。

#### 6、计算原边匝数 $N_p$ : 由磁通链的两个公式 $\Phi = N_p * A_e * B$ 及 $\Phi = L * I_p$ 得

$$N_p = \frac{L * I_p}{B * A_e}$$

变压器的设计时最大磁感应强度不能大于 0.4T, (铁氧体的饱和磁感应强度一般为 0.4T 左右), 由于单端反激电路工作在 B-H 的第一象限, 磁心又存在剩磁  $B_r$  约为 0.1T,

所以最大的工作磁通  $B_{\max}$  最大只有  $0.4T-0.1T=0.3T$ 。 $B_{\max}$  最大不能超过  $0.3T$ ，公式中取值  $0.25T$ ；EE19 磁心的中柱截面积为  $A_e=23mm^2$

$$N_{P7} = \frac{L * I_p}{B * A_n} = \frac{1.4mH * 560mA}{0.25T * 23mm^2} \approx 136 \text{ 匝}$$

为是次级圈数为整数，取初级圈数取为 135 匝。

7、计算副边匝数  $N_s$

$$N_s = N_p / N = 135 / 15 = 9 \text{ 匝}$$

## 8、变压器的漏感

由于变压器不是理想器件，在制造过程中一定会存在漏感，漏感会影响到产品的稳定及安全，所以要减小漏感，三明治绕线方式可以减小漏感，需要同时兼顾 EMI 的要求。

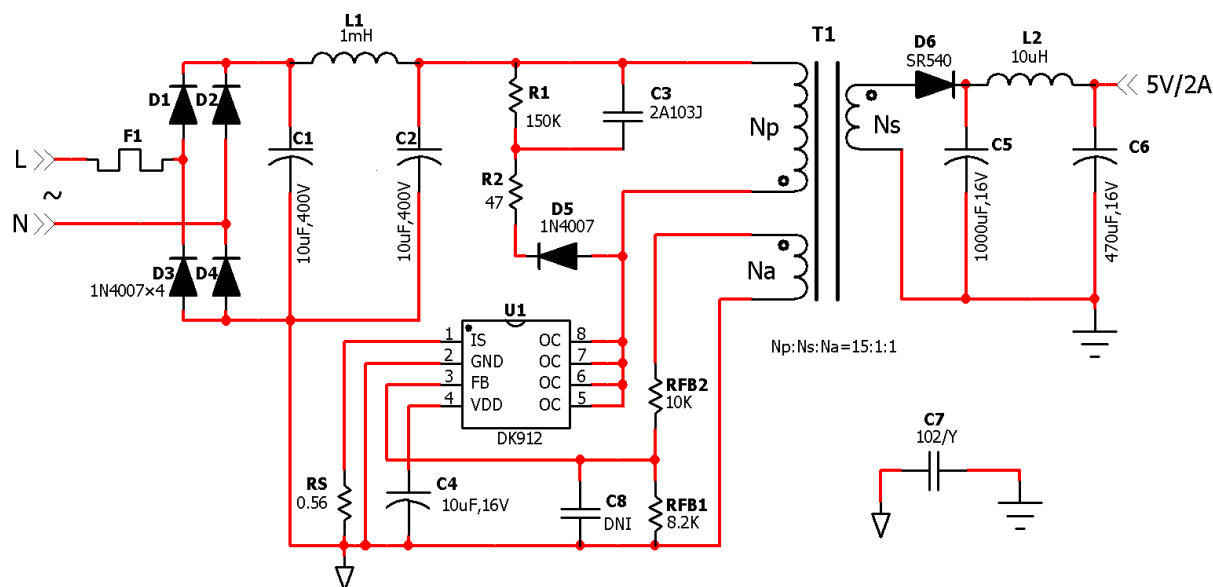
### 其他设计注意事项

1、功率器件是需要散热的，芯片的主要热量来自功率管，功率管与引脚 OC 相连接，所以在 PCB 布线时，应该将 OC 引脚外接的铜箔的面积加大并作镀锡处理以增大散热能力。

2、芯片的 OC 引脚是芯片的高压部份，最高电压可达到 600V 以上，所以在线路布置上要与低压部份保证 1.5mm 以上的安全距离，以避免电路出现击穿放电现象。

3、芯片的自供电电路是工作在高频，过长及过细的引线将会引起芯片的工作异常，所以芯片的第4引脚的外接VDD电容要尽量的靠近芯片并加大引线的面积。

### 典型应用二：三绕组 5V2A



## 元器件清单



| 序号 | 元件名称  | 规格/型号      | 位号    | 数量 | 备注   |
|----|-------|------------|-------|----|------|
| 1  | 保险丝   | F1A/AC250V | F1    | 1  |      |
| 2  | 整流二极管 | 1N4007     | D1~D4 | 4  |      |
| 3  | 二极管   | 1N4007     | D5    | 1  |      |
| 4  |       | SR540      | D6    | 1  |      |
| 5  | 电解电容  | 10uF/400V  | C1,C2 | 2  |      |
| 6  |       | 10uF/16V   | C4    | 1  |      |
| 7  |       | 1000uF/16V | C5    | 1  |      |
| 8  |       | 470uF/16V  | C6    | 1  |      |
| 9  | 电感    | 1mH/EMI    | L1    | 1  |      |
| 10 |       | 10uH/2.5A  | L2    | 1  |      |
| 11 | 瓷片电容  | 2A103J     | C3    | 1  |      |
| 12 |       | Y电容102     | C7    | 1  |      |
| 13 |       | 瓷片电容       | C8    | 1  |      |
| 14 | 色环电阻  | 150K       | R1    | 1  | 精度1% |
| 15 |       | 47         | R2    | 1  | 精度1% |
| 16 |       | 0.56/0.5W  | Rs    | 1  | 精度1% |
| 17 |       | 10K        | RFB2  | 1  | 精度1% |
| 18 |       | 8.2K       | RFB1  | 1  | 精度1% |
| 19 | IC    | DK912      | U1    | 1  |      |
| 20 | 变压器   | EE19       | T1    | 1  |      |

#### 变压器设计:

##### 1、参数确定

变压器设计时,需要先确定电路参数如下:输入电压范围:AC 85V~265V,输出电压及电流:DC5V/2A,最大开关频率 60khz,最大占空比 50%。

##### 2、磁心的选择

先计算出电源的输入功率  $P=P_{out}/\eta$  ( $\eta$  指开关电源的效率, 设为 0.75), 而  $P_{out}=V_{out}*I_{out}=5V*2A=10W$ , 即  $P_{in}=10W/0.75=13.3W$ , 可用 EE19 磁心,  $A_e=23mm^2$ 。

##### 3、确定变压器的匝比

变压器的反激电压  $V_{or}$  设定为取值在 60V~120V 之间,一般建议  $V_{or}$  取 80V,因此:

$$N = \frac{V_{or}}{V_{out}} = \frac{80V}{5.5V} \approx 15。$$

##### 4、计算 $R_s$ 电阻:

$$\text{如前所述 } I_p = \frac{2 * P_{o \max}}{V_{IN} * T_{ON} * F_{s \max} * h} = \frac{2 * 10}{100 * 8us * 60K * 0.75} \approx 560mA,$$

根据  $I_{p\max} = \frac{400\text{mv}}{R_s + 0.1} \Rightarrow R_s \approx 0.6\text{ohm}$  , 实测修正为  $R_s \approx 0.56\text{ohm}$  正好输出 10W。

5、计算电感：由  $P_{in} = \frac{1}{2} L * I_p^2 * F_s$  得

$$L = \frac{2 * P_{o\max}}{I_p^2 * F_s \max * h} = \frac{2 * 10}{0.56^2 * 60K * 0.75} \approx 1.4\text{mH}$$

电感取 1.4mH。

7、计算原边匝数  $N_p$ ：由磁通链的两个公式  $l = N_p * A_e * B$  及  $l = L * I_p$  得

$$N_p = \frac{L * I_p}{B * A_e}$$

变压器的设计时最大磁感应强度不能大于 0.4T, (铁氧体的饱和磁感应强度一般为 0.4T 左右), 由于单端反激电路工作在 B-H 的第一象限, 磁心又存在剩磁  $B_r$  约为 0.1T, 所以最大的工作磁通  $B_{\max}$  最大只有 0.4T-0.1T=0.3T。Bmax 最大不能超过 0.3T, 公式中取值 0.25T; EE19 磁心的中柱截面积为  $A_e=23\text{mm}^2$

$$N_{p7} = \frac{L * I_p}{B * A_e} = \frac{1.4\text{mH} * 560\text{mA}}{0.25\text{T} * 23\text{mm}^2} \approx 136 \text{ 匝}$$

为是次级圈数为整数, 取初级圈数取为 135 匝。

7、计算副边匝数  $N_s$  和辅助绕组匝数

$$N_s = N_p / N = 135 / 15 = 9 \text{ 匝}$$

辅助绕组匝数与次级一致, 并且绕制变压器时贴近次级绕组。

8、变压器的漏感

由于变压器不是理想器件, 在制造过程中一定会存在漏感, 漏感会影响到产品的稳定及安全, 所以要减小漏感, 三明治绕线方式可以减小漏感, 需要同时兼顾 EMI 的要求。

### 其他设计注意事项

1、功率器件是需要散热的, 芯片的主要热量来自功率管, 功率管与引脚 OC 相连接, 所以在 PCB 布线时, 应该将 OC 引脚外接的铜箔的面积加大并作镀锡处理以增大散热能力。

2、芯片的 OC 引脚是芯片的高压部份, 最高电压可达到 600V 以上, 所以在线路布置上要与低压部份保证 1.5mm 以上的安全距离, 以避免电路出现击穿放电现象。

3、芯片的自供电电路是工作在高频, 过长及过细的引线将会引起芯片的工作异常, 所以芯片的第 4 引脚的外接 VDD 电容要尽可能的靠近芯片并加大引线的面积。

封装尺寸

DIP-8

| Symbol | Dimensions In Millimeters |       | Dimensions In Inches |       |
|--------|---------------------------|-------|----------------------|-------|
|        | Min                       | Max   | Min                  | Max   |
| A      | 3.710                     | 4.310 | 0.146                | 0.170 |
| A1     | 0.510                     |       | 0.020                |       |
| A2     | 3.200                     | 3.600 | 0.126                | 0.142 |
| B      | 0.380                     | 0.570 | 0.015                | 0.022 |
| B1     | 1.524 (BSC)               |       | 0.060 (BSC)          |       |
| C      | 0.204                     | 0.360 | 0.008                | 0.014 |
| D      | 9.000                     | 9.400 | 0.354                | 0.370 |
| E      | 6.200                     | 6.600 | 0.244                | 0.260 |
| E1     | 7.320                     | 7.920 | 0.288                | 0.312 |
| e      | 2.540 (BSC)               |       | 0.100 (BSC)          |       |
| L      | 3.000                     | 3.600 | 0.118                | 0.142 |
| E2     | 8.400                     | 9.000 | 0.331                | 0.354 |

