ZSPD4000 多功能光电测量前端

（适用于心率、血氧、心电测量）

仅供 云汉芯城 使用 id:af3f945bb7045656

目录

1 特性 3
2 应用 3
3 引脚配置和功能 4
4 功能框图 6
5 极限参数 7
6 电气特性 7
7 性能参数 8
8 光电特性 11
9 工作原理 12
9.1 PPG 信号检测原理 12
9.2 PPG 应用结构设计要点 12
9.3PPG 应用结构设计要点 13
10 ZSPD 系列 PPG 光路结构设计 13
10.1 手表 PPG 应用 光路结构设计之：十字布局 14
10.2 手表 PPG 应用 光路设计之：一字布局 19
10.3 戒指 PPG 应用 光路设计之：一字布局 22
11 ZSPD 系列 PPG 应用 结构要求 26
11.1 手表 PPG 应用 结构设计要点 26
11.2 手表 PPG 应用 结构设计示例 26
11.3 戒指 PPG 应用 结构设计要点 27
11.4 LED 的射角要求与 PD 的接收角度要求 29
12 ZSPD4000 推荐配置 30
12.1 低采样率 PPG 心率测试推荐配置 30
12.2 高采样率 SPO 血氧测试推荐配置 31
13 封装与包装信息 33
13.1 封装外形尺寸 33
13.2 包装材料信息 34
14 型号列表 36
联系方式 37
修订历史记录 37
法律声明 38

1 特性

- 多功能光电测量前端
- 集成光电测量模拟前端、ADC、LED 驱动器、时序控制与 FIFO
- 129dB 动态范围（接收链路，单次采样）
- 两路差分或两路带有反向偏置的单端光电二极管输入（最高四路无偏置单端）
- 高环境光抑制性能
  - 60dB 动态环境光抑制能力（DC~1KHz）
  - 100uA 静态环境光消除电流
- 4 个独立配置的时隙，用于多参数同步测量
- 从 0.002Hz 至 16kHz 可配置的采样速率（单时隙）
- 高精度 ADC
  - 超低功耗模式 16 位输出
  - 高性能模式 24 位输出
- 多脉冲积分模式
  - 应对微弱信号场合
- 多重转换模式
  - 最高 24 位有效数据输出
- 3 路 LED 驱动器
  - 可编程恒流驱动
  - 每路最大 240mA 驱动电流
- 在持续心率检测的典型工作条件下，仅 10μA 工作电流（含 LED 电流）
- 独特的低成本心电检测电路
- 标准的 I^2C 通讯接口
- 128 字节 FIFO
- 标准 QFN 封装
  - QFN-20（ZSPD4000）
    - 标准的 3*3mm QFN-20，便于生产
- -40°C 至 85°C 宽工作温度范围
- 电源电压
  - AVDD/DVDD 电压 1.7V 至 1.9V
  - IOVDD 电压 1.7V 至 3.6V

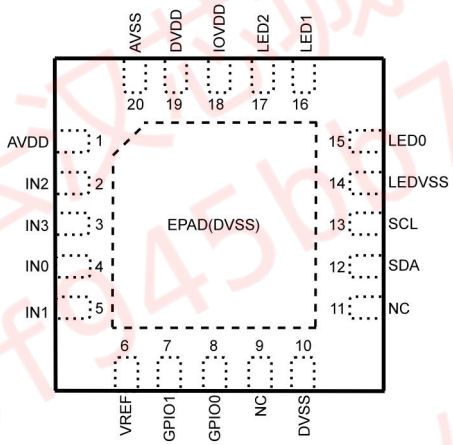
2 应用

- 可穿戴设备的持续心率监测/佩戴监测
- 血氧仪
- 单导联心电图检测
- 基于 PTT（脉搏波传导时间）的血压测量
- 环境光测量

仅供 云汉芯城 使用 id:af3f945bb7045656

3 引脚配置和功能

20-PIN QFN（ZSPD4000）
俯视图



引脚功能

引脚序号(QFN-20) (ZSPD4000)	名称	类型	描述
1	AVDD	S	模拟电源
2	IN2	AIO	光电流输入 / 偏置电压输出 / ECG 输入
3	IN3	AIO	光电流输入 / 偏置电压输出 / ECG 输入
4	IN0	AIO	光电流输入 / 偏置电压输出 / ECG 输入
5	IN1	AIO	光电流输入 / 偏置电压输出 / ECG 输入
6	VREF	AO	连接外部 1uF 电容至 VSS
7	GPIO1	DIO	GPIO1
8	GPIO0	DIO	GPIO0
9	NC	NC	未连接
10	DVSS	S	数字地
11	NC	NC	未连接
12	SDA	DIO	IIC 数据收发
13	SCL	DI	IIC 时钟输入
14	LEDVSS	S	LED 驱动器地
15	LED0	AO	LED 驱动器 0
16	LED1	AO	LED 驱动器 1

引脚序号(QFN-20) (ZSPD4000)	名称	类型	描述
17	LED2	AO	LED 驱动器 2
18	IOVDD	S	IO 电源
19	DVDD	S	数字电源
20	AVSS	S	模拟地
EPAD	DVSS	S	数字地

仅供 云汉芯城 使用 id:af3f945bb7045656

4 功能框图

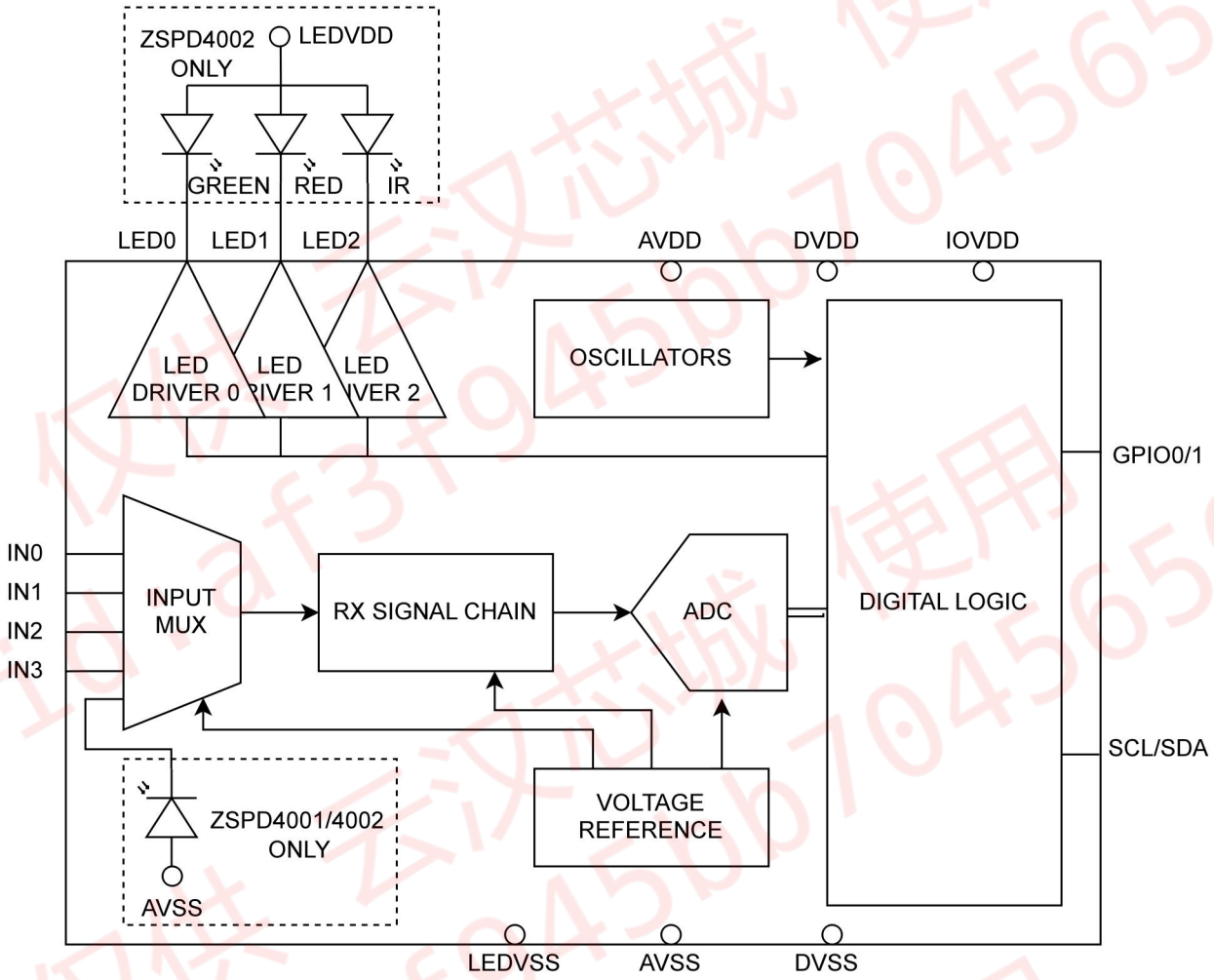


图 1. 功能框图

5 极限参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
模拟电源电压	AVDD	-0.3		1.9	V	到 VSS
数字电源电压	DVDD	-0.3		1.9	V	到 VSS
IO 电源电压	IOVDD	-0.3		3.6	V	到 VSS
IO 电压	V_{IO}	-0.3		IOVDD	V	到 VSS
存储温度	T_S	-45		125	°C	
工作温度	T_C	-40		85	°C	
静电放电（HBM）	ESD_{HBM}	4000			V	
静电放电（CDM）	ESD_{CDM}	500			V	

6 电气特性

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
电源						
模拟电源电压	AVDD	1.7	1.8	1.9	V	到 VSS
数字电源电压	DVDD	1.7	1.8	1.9	V	到 VSS
IO 电源电压	IOVDD	1.7		3.6	V	到 VSS
工作电流	I_{VDD}		8.3		μA	单时隙，25Hz 数据输出速率，T_C = 25°C
系统总电流			10		μA	单时隙，25Hz 数据输出速率，T_C = 25°C，含 LED 电流（25mA、3μs 脉冲）
系统总功耗			20		μW	单时隙，25Hz 数据输出速率，T_C = 25°C，含 LED 电流（25mA@3V、3μs 脉冲）
待机电流	$I_{standby}$		0.5		μA	T_C = 25°C
峰值电流	I_{peak}		5.9		mA	T_C = 25°C
数字输入						
输入电压范围	V_{DI}	0		IOVDD	V	
施密特触发低到高	V_{T+}		1.6		V	IOVDD = 3.3V
施密特触发高到低	V_{T-}		1.2		V	IOVDD = 3.3V
数字输出						

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输出低电平	V_{OL}			0.4	V	IOVDD = 3.3V
输出高电平	V_{OH}	2.4			V	IOVDD = 3.3V
低电平输出电流	I_{OL}	14/18	23/31		mA	V_{OL} = max，取决于 GPIOx_DS
高电平输出电流	I_{OH}	20/28	42/58		mA	V_{OH} = min，取决于 GPIOx_DS
I^2C 通讯						
位速率	F_{SCL}	0.1		1000	Kbps	
总线负载	C_{load}			30	pF	
外部上拉电阻	R_{EPU}	800			Ω	

7 性能参数

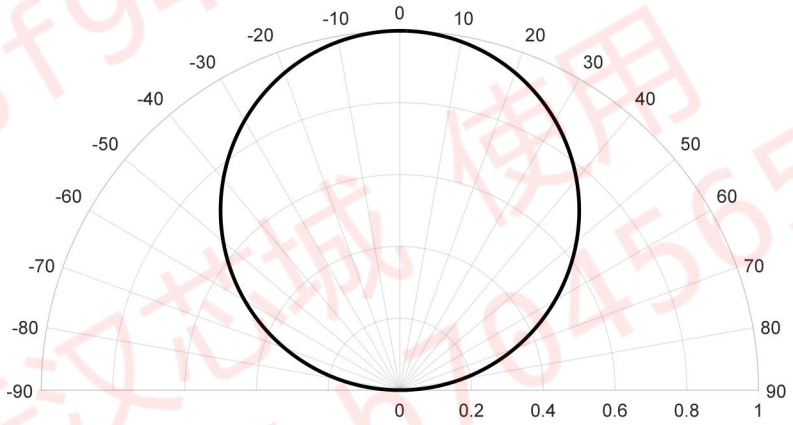
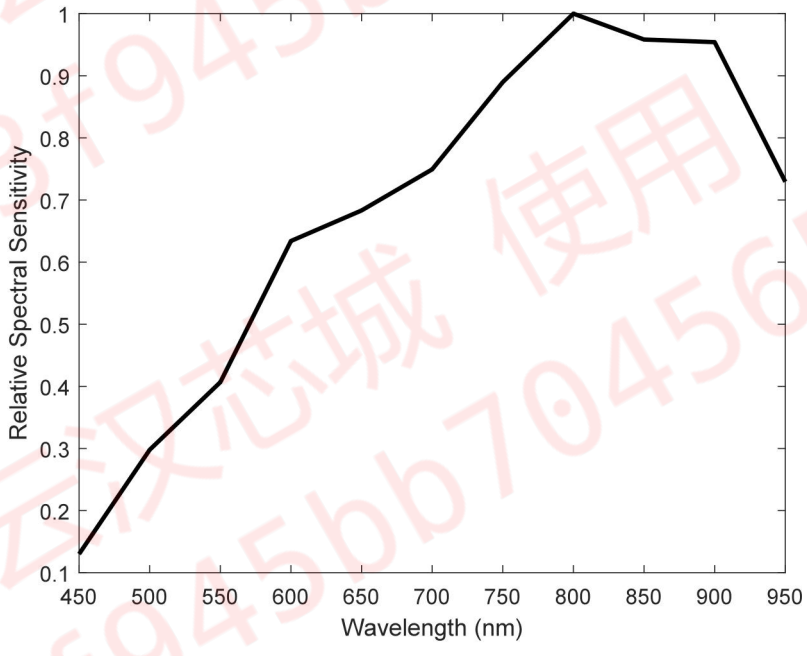
参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
ADC					
ADC 分辨率		16	24	bit	取决于 NUM_REPEAT_TSX 配置
采样率	0.002		16000	Hz	单时隙操作
信号链路					
输入电流分辨率 （3μs 单脉冲、4 μs 积分窗口）		1.6 0.8 0.4 0.2 0.1 0.05 0.025 0.012		nA/LSB	TIA 反馈电阻 12.5KΩ TIA 反馈电阻 25KΩ TIA 反馈电阻 50KΩ TIA 反馈电阻 100KΩ TIA 反馈电阻 200KΩ TIA 反馈电阻 400KΩ TIA 反馈电阻 800KΩ TIA 反馈电阻 1.6MΩ
ADC 饱和电流 （3μs 单脉冲、4 μs 积分窗口）		53 27 13 6.7 3.3 1.7 0.8		μA	TIA 反馈电阻 12.5KΩ TIA 反馈电阻 25KΩ TIA 反馈电阻 50KΩ TIA 反馈电阻 100KΩ TIA 反馈电阻 200KΩ TIA 反馈电阻 400KΩ TIA 反馈电阻 800KΩ

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
		0.4			TIA 反馈电阻 1.6MΩ
TIA 饱和电流		100		μA	TIA 反馈电阻 12.5KΩ
		50			TIA 反馈电阻 25KΩ
		25			TIA 反馈电阻 50KΩ
		12.5			TIA 反馈电阻 100KΩ
		6.3			TIA 反馈电阻 200KΩ
		3.1			TIA 反馈电阻 400KΩ
		1.6			TIA 反馈电阻 800KΩ
		0.78			TIA 反馈电阻 1.6MΩ
等效输入噪声 （内部 PD，LED 关闭，4μs 积分窗口）		4.5		nA rms	TIA 反馈电阻 12.5KΩ
		2.4			TIA 反馈电阻 25KΩ
		1.1			TIA 反馈电阻 50KΩ
		0.58			TIA 反馈电阻 100KΩ
		0.33			TIA 反馈电阻 200KΩ
		0.19			TIA 反馈电阻 400KΩ
		0.10			TIA 反馈电阻 800KΩ
		0.06			TIA 反馈电阻 1.6MΩ
等效输入噪声 （90%满量程信号，4μs 积分窗口） （含光电二极管噪声）		7.5		nA rms	TIA 反馈电阻 12.5KΩ
		3.8			TIA 反馈电阻 25KΩ
		2.3			TIA 反馈电阻 50KΩ
		1.3			TIA 反馈电阻 100KΩ
		0.83			TIA 反馈电阻 200KΩ
		0.54			TIA 反馈电阻 400KΩ
		0.36			TIA 反馈电阻 800KΩ
		0.25			TIA 反馈电阻 1.6MΩ
信噪比 （90%满量程信号，4μs 积分窗口） （含光电二极管噪声）		77		dB	TIA 反馈电阻 12.5KΩ
		77			TIA 反馈电阻 25KΩ
		75			TIA 反馈电阻 50KΩ
		74			TIA 反馈电阻 100KΩ
		72			TIA 反馈电阻 200KΩ

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
		70			TIA 反馈电阻 400KΩ
		67			TIA 反馈电阻 800KΩ
		64			TIA 反馈电阻 1.6MΩ
环境光抑制比		60		dB	
LED 脉冲电流	1		240	mA	每通道
LED 驱动器端口电压			3.6	V	注：驱动器端口电压不等同于 LED 阳极电压
LED 驱动器关断时漏电流			57	nA	
LED 驱动器压降		135		mV	I_{LED} = 25mA
		230			I_{LED} = 100mA
		500			I_{LED} = 235mA
振荡器					
32K 振荡器误差		1		%	校准后
24M 振荡器误差		1.5		%	校准后

仅供 云汉芯城 使用 id:af3f945bb7045656

8 光电特性

参数	最小值 典型值 最大值	单位	备注
封装透光率	99	%	OLGA 封装，450-950nm
片上光电二极管灵敏度	0.65	A/W	ZSPD4001/4002/4018，@800nm
合封 LED 峰值波长	525 660 940		绿光 红光 红外线
参数	**图表**		
相对灵敏度 vs. 入射角			
相对灵敏度 vs. 波长			

9 工作原理

ZSPD4000 通过 LED 驱动产生激励信号，并通过模拟前端的电流输入接收并测量返回信号。共有 4 组独立的时隙控制，可在不同的时隙中配置不同的 LED 驱动器以及不同的模拟前端参数。

PPG（Photoplethysmography）即光电容积描记法，通过光电手段，检测人体组织内血液容量的变化。 通过不同波长光源获取的 PPG 信号，配合后端算法，可以实现对心率、血氧饱和度、心率变异性等生 理指标的监测。

9.1 PPG 信号检测原理

PPG 测量系统中，同时具有光发射和光接收器件。光发射器件通常为发光二极管（LED），光接收器件 通常为硅光电二极管（PD）。

测量时使用 LED 作为光源，使特定波长的光线透过皮肤射入人体组织。部分入射光最终会被反射回体表射出，部分入射光线被人体组织吸收，部分入射光线最终透过人体组织由另一侧体表射出。反射式 PPG 测量在发射端同侧设置 PD 接收反射信号，透射式 PPG 测量在发射端对侧设置 PD 接收透射信号。本文中主要考虑反射式测量。

当测量目标为静止人体时，皮肤、脂肪、肌肉、骨骼等对入射光的反射基本恒定，这部分反射光在接收信号中体现为直流信号（DC）。而心脏收缩与舒张产生的压力变化，使得动脉与毛细血管中的血容量发生周期性的变化。受血液影响的光线反射也产生周期性的变化，这部分反射光在接收信号中体现为交流信号（AC）。

9.2 PPG 应用结构设计要点

由于 PPG 应用中实际体现血液容量变化的是 AC 信号，而 DC 信号挤占了很大的动态范围。通常而言，基于黄种人的测试，AC/DC 比值不高于 5%。较深的肤色会降低这个比值，可能会低至 0.1-0.3%。以 1% 的 AC/DC 为例，则意味着高达 40dB 的信噪比损失。因此，设计中要尽可能增大 AC/DC 比值。通常应用中对于光源波长的选择即是出于此种考虑。

对于结构设计而言，存在光的“短路”可能。即发射光未经人体组织，直接进入了光接收器。由于这部分 光线没有经过人体组织，也就不可能受到血液容量变化的影响，因此这部分信号将全部体现为 DC 部分。减少光的“短路”即成为 PPG 应用结构设计的关键。

光的“短路”通常有两个主要路径：

一个是发射光照射到皮肤，直接由皮肤表面反射到接收器。这通常是由于光收发窗口未能紧贴皮肤表面。

另一个是光在射出发射窗口前，通过结构内部直接照射到接收器。这通常是由于收发器之间存在光可透 过的路径，或者收发共用镜片时镜片内部的折射导致。

因此，结构设计中要尽量优化上述两大问题，尽可能减少信号 DC，从而提升信噪比

9.3 PPG 应用结构设计要点

由于 PPG 应用中实际体现血液容量变化的是 AC 信号，而 DC 信号挤占了很大的动态范围。通常而言，基于黄种人的测试，AC/DC 比值不高于 5%。较深的肤色会降低这个比值，可能会低至 0.1-0.3%。以 1% 的 AC/DC 为例，则意味着高达 40dB 的信噪比损失。因此，设计中要尽可能增大 AC/DC 比值。通常应用中对于光源波长的选择即是出于此种考虑。

对于结构设计而言，存在光的“短路”可能。即发射光未经人体组织，直接进入了光接收器。由于这部分 光线没有经过人体组织，也就不可能受到血液容量变化的影响，因此这部分信号将全部体现为 DC 部分。减少光的“短路”即成为 PPG 应用结构设计的关键。

光的“短路”通常有两个主要路径:

一个是发射光照射到皮肤，直接由皮肤表面反射到接收器。这通常是由于光收发窗口未能紧贴皮肤表面造成的。

另一个是光在射出发射窗口前，通过结构内部直接照射到接收器。这通常是由于收发器之间存在光可透 过的路径，或者收发共用镜片时镜片内部的折射导致。

因此，结构设计中要尽量优化上述两大问题，尽可能减少信号 DC，从而提升信噪比

10 ZSPD 系列 PPG 光路结构设计

ZSPD 系列的 PPG 应用主要为两种方式：手表（手腕）应用及戒指（手指应用）；本章将以 ZSPD4000 芯片为例，给出几类 PPG 应用的光路结构设计,用户可以根据产品需要进行选择:

为了便于用户理解后面的光路设计布局，下面将罗列四个概念，并进行针对性说明:

1.收发分离的结构设计：收发分离，是指光发射与接收分布在不同的元器件封装中，结构设计中可以将两者完全分隔。如 ZSPD4000+独立 PD+独立 LED 的设计，即为收发分离，本章节中所给出的所有电路组合，均是基于收发分离结构所设计的。

2.电路原理图示例说明：在后续图例中，ZSOL2001-G-2216 为绿光 LED，ZSOL2002-RI 为红光红外二合一 LED，ZSOL2003-GRI 为三色 LED；ZSOP2103-3227 为 PD；LED_VDD 为 LED 的供电端，电压范围选取需要根据所选择的 LED 承压范围来确定，一般为 3VDC~4VDC，为了保证 LED 脉冲光光源电压的稳定性，在 LED 电源端需要增添 LED 旁路电容，该电容的最小容值可以参照芯片规格书 10.3.1 小结 ‘LED 旁路电容的计算’，根据相应的产品设计来计算对应的最小旁路电容容值。

3.PD 的 AA 中心：PD(photo diode)的 AA(Active Area)中心指 PD 有效感应区的正中心（见图 1），在本文档中，所有 PD 与 LED 距离均以 PD 的 AA 中心与 LED 的物理中心来计算。

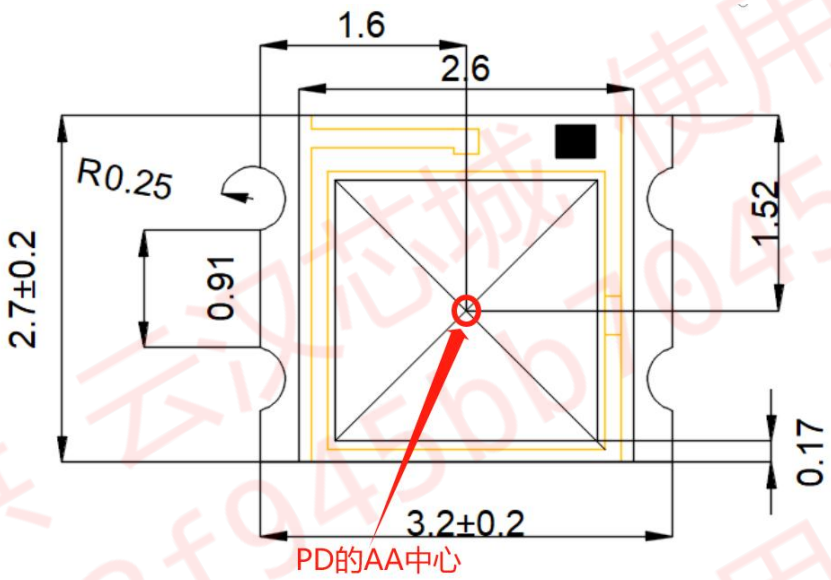


图 1 PD ZSOP2103-3227 的 AA 中心

4.电路 LAYOUT 主要注意事项:

① PD 到 ZSPD4000 的连线需要尽量的短;

② PD 正下方尽量不要走除 PD 自身以外的线;

③ VREF 电容到 ZSPD4000 的连线需要尽量的短;

④ 绿光 LED、红光红外双色 LED 与 PD 的距离根据应用方式的不同，需要按照对应设计的推荐表中的距离来进行布局;

⑤ 芯片上的 AVSS,DVSS 和 LEDVSS 需要分块铺地，铺地处尽量拉远后再进行共地;

⑥ 电源：芯片 AVDD（1.8V）电源对芯片信号质量有至关重要的影响，因此应尽量选用低纹波，高 PSRR,响应速度快的 LDO 作为 AVDD 的供电电源；同时若使用电池对整机进行供电，建议使用电池直接对 1.8VLDO 进行供电而不是使用其它 LDO 的输出作为 1.8VLDO 的供电电源。

10.1 手表 PPG 应用 光路结构设计之：十字布局

由于人体对不同波长光的吸收率不同，这就导致了不同 LED 与 PD 有效感应区的最优放置距离不同，综合用户产品对 ZSPD4000 系列芯片的需求，本节将以性能为主要参考，推出 4 种十字型光路布局方案:

方案 1：十字布局最优应用：4 绿灯 4 双色灯方案（图 2，图 3）

该方案性能最优，LED-PD 距离允许范围很大，运用比较灵活，采样稳定性非常不错，成本相对略高;

方案 2：十字布局次优应用：2 绿灯 2 三色灯方案（图 4，图 5）

较方案 1 减少了 LED 灯珠数量，成本有所缩减；两个三色灯以优先考虑红光红外的性能进行布局，绿光检测主要依靠两个独立的 ZSOL2001-G-2216，三色灯中的绿灯作为补充，采样稳定性差于方案 1。

方案 3：十字布局普通应用：2 绿灯 2 双色灯方案（图 6，图 7）

进一步减少了 LED 灯珠数量，基本保留了方案 1 信号中的 AC 与 DC 比值，节约了更多的成本，采样稳定性上牺牲更多；

以上方案在本节均给出了电路原理图，PCB 布局方式和 LED-PD 的 AA 中心的可用距离与推荐值，用户可以根据需要自行选择。

注意：本文中给出的表格：《手表应用 十字布局 LED 与 PD 距离说明》其中给出的数据只适用于泽声科技型号为 ZSOP2103-3227 的 PD，如需改动，请与泽声科技技术支持联系，双方沟通确认后，进入工程量产，以免影响性能发挥。

10.1.1 十字布局之最优应用：4 绿灯 4 双色灯

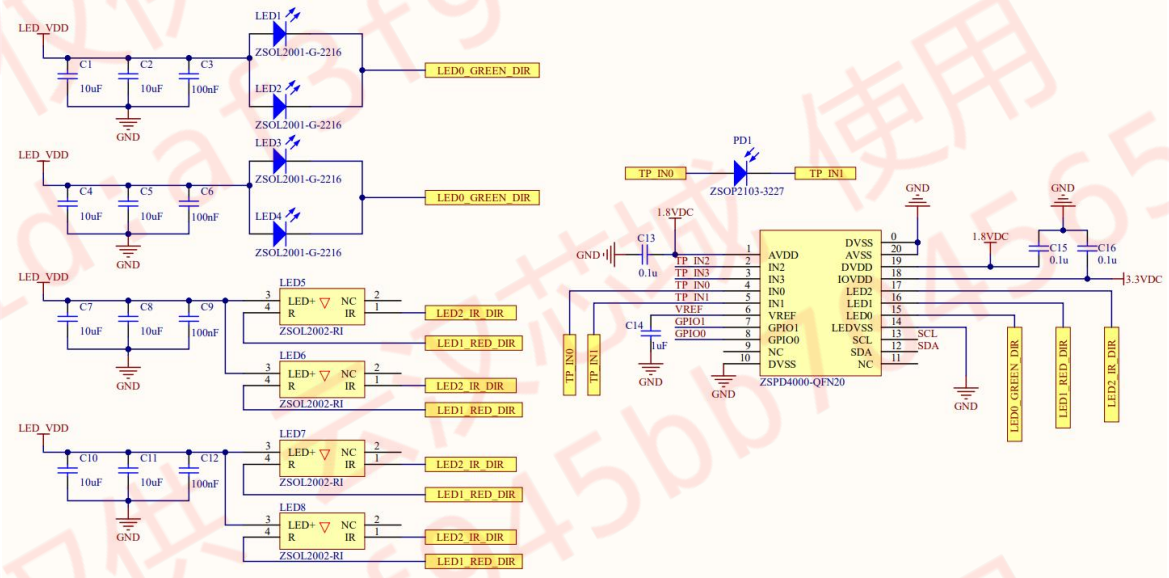


图 2 手表 PPG 应用 十字布局 4 绿灯 4 双色灯应用

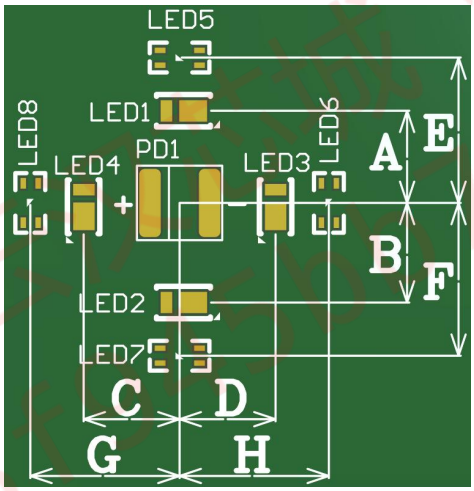


图 3 手表 PPG 十字布局 4 绿灯 4 双色灯 LED 与 PD 的布局

手表应用 十字布局 4 绿灯 4 双色灯 LED 与 PD 距离说明 (对应 PD： ZSOP2103-3227)			
图 3 距离标识	距离名称	可用范围 mm	推荐值 mm
A	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
B	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
C	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
D	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
E	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	6~8	7
F	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	6~8	7
G	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	6~8	7
H	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	6~8	7
隔光棉说明	PD 与 LED 隔光棉最小宽度	0.6	1

表 1 手表 PPG 十字布局 4 绿灯 4 双色灯 LED 与 PD 距离说明

10.1.2 十字布局之次优应用：2 绿灯 2 三色灯组合

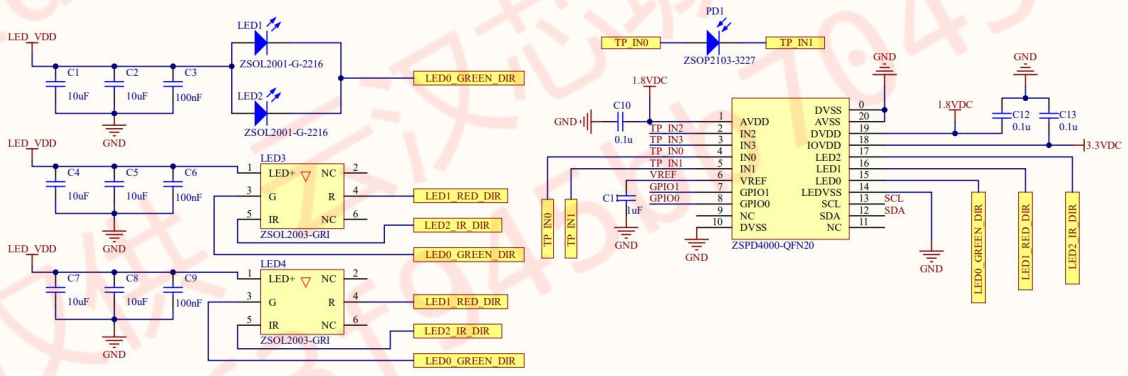


图 4 手表 PPG 应用 十字布局 2 绿灯 2 三色灯应用

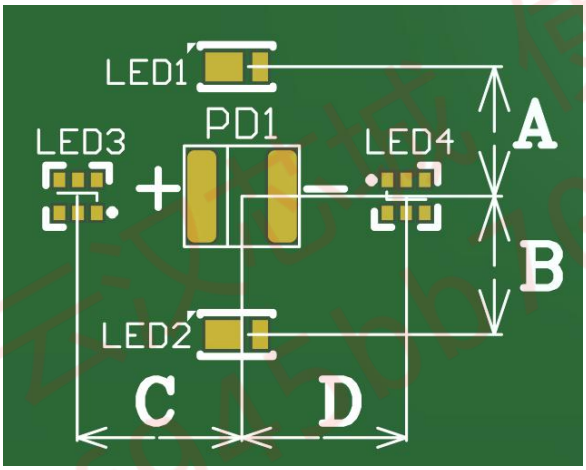


图 5 手表 PPG 应用 十字布局 2 绿灯 2 三色灯 LED 与 PD 的布局

手表应用 2 绿灯 2 三色灯 LED 与 PD 距离说明 (对应 PD： ZSOP2103-3227)			
图 5 距离标识	距离名称	可用范围 mm	推荐值 mm
A	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
B	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
C	PD 的 AA 中心与三色 LED 物理中心距离 绿灯灯珠朝向 PD	5.8~7.8	6.8
D	PD 的 AA 中心与三色 LED 物理中心距离 绿灯灯珠朝向 PD	5.8~7.8	6.8
隔光棉说明	PD 与 LED 隔光棉最小宽度	0.6	1

表 2 手表应用十字形 2 绿灯 2 三色灯 LED 与 PD 距离说明

10.1.3 十字布局之普通应用：2 绿灯 2 双色灯组合

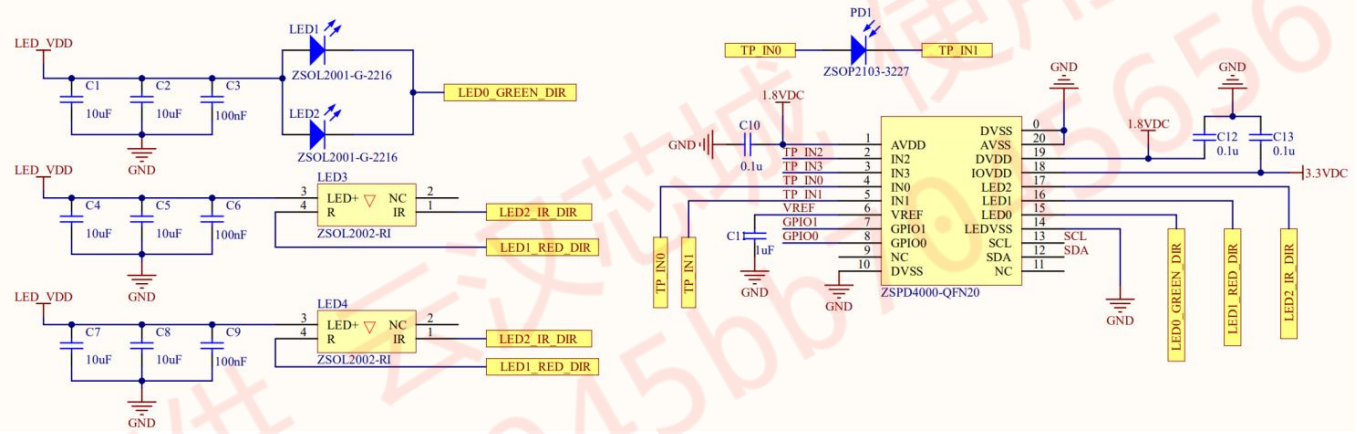


图 6 手表 PPG 应用 十字布局 2 绿灯 2 双色灯应用

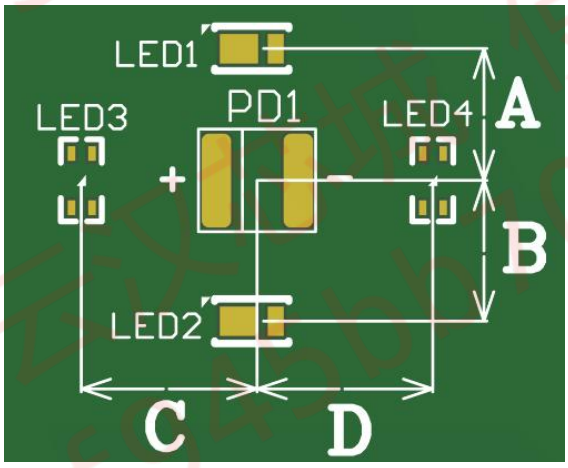


图 7 手表 PPG 应用 十字布局 2 绿灯 2 双色灯 LED 与 PD 的布局

手表应用 2 绿灯 2 双色灯 LED 与 PD 距离说明 (对应 PD： ZSOP2103-3227)			
图 7 距离标识	距离名称	可用范围 mm	推荐值 mm
A	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
B	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
C	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	6~8	7

D	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	6~8	7
隔光棉说明	PD 与 LED 隔光棉最小宽度	0.6	1

表 3 手表应用十字形 2 绿灯 2 双色灯 LED 与 PD 距离说明

10.2 手表 PPG 应用 光路设计之：一字布局

光路设计的一字布局较十字布局来说，采样稳定性上有所下降，但该类方案对产品的整体结构设计和成本节约更加友好，本节同样以性能做为参考，给出三种收发分离的一字布局方案：

方案 1：一字布局之最优应用：2 单色灯 2 双色灯组合（图 8，图 9）

该方案在一字型光路布局中属于最优方案，绿灯，双色灯与 PD 的距离可调范围更大，采样稳定性在一字布局方案之中为最好；

方案 2：一字布局之次优应用：2 单色灯 1 双色灯组合（图 10，图 11）

较方案 1 节约了 1 个双色灯，成本上有所下降，牺牲了部分采样稳定性；

以上方案在本节均给出了电路原理图，PCB 布局方式和 LED-PD 的 AA 中心的可用距离与推荐值，用户可以根据需要自行选择。

注意：本文中给出的表格：《手表应用 一字布局 LED 与 PD 距离说明》其中给出的数据只适用于泽声科技型号为 ZSOP2103-3227 的 PD，如需改动，请与泽声科技技术支持联系，双方沟通确认后，进入工程量产，以免影响性能发挥。

10.2.1 一字布局之最优应用：2 单色灯 2 双色灯组合

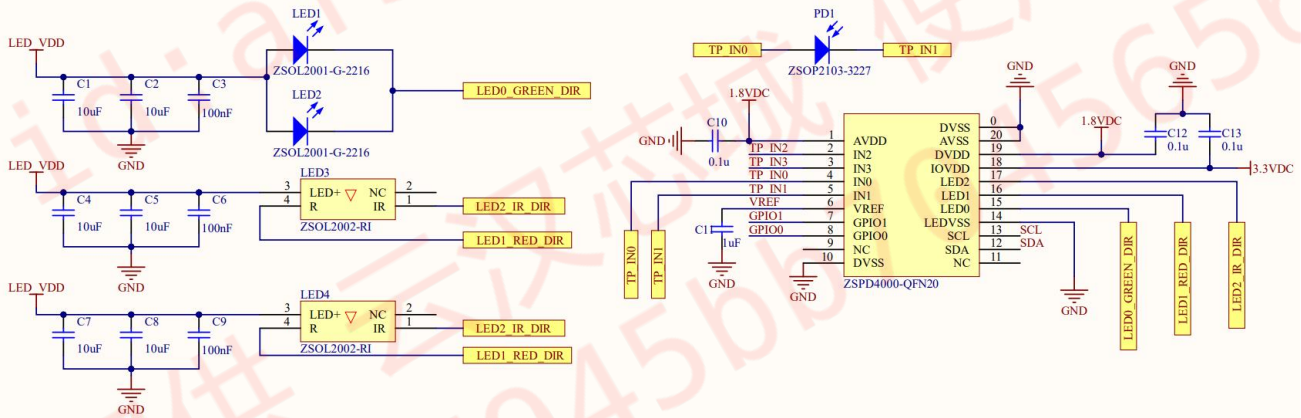


图 8 手表 PPG 应用 一字布局 2 绿灯 2 双色灯应用

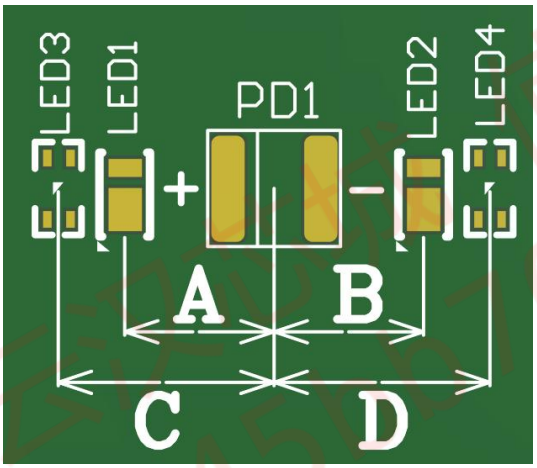


图 9 手表 PPG 一字布局 2 绿灯 2 双色灯 LED 与 PD 的布局

手表应用 一字布局 2 绿灯 2 双色灯 LED 与 PD 距离说明 (对应 PD： ZSOP2103-3227)			
图 9 距离标识	距离名称	可用范围 mm	推荐值 mm
A	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
B	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
C	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	6~9	7.5
D	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	6~9	7.5
隔光棉说明	PD 与 LED 隔光棉最小宽度	0.6	1

表 4 手表应用 一字布局 2 绿灯 2 双色灯 LED 与 PD 距离说明

10.2.2 一字布局之次优应用：2 单色灯 1 双色灯组合

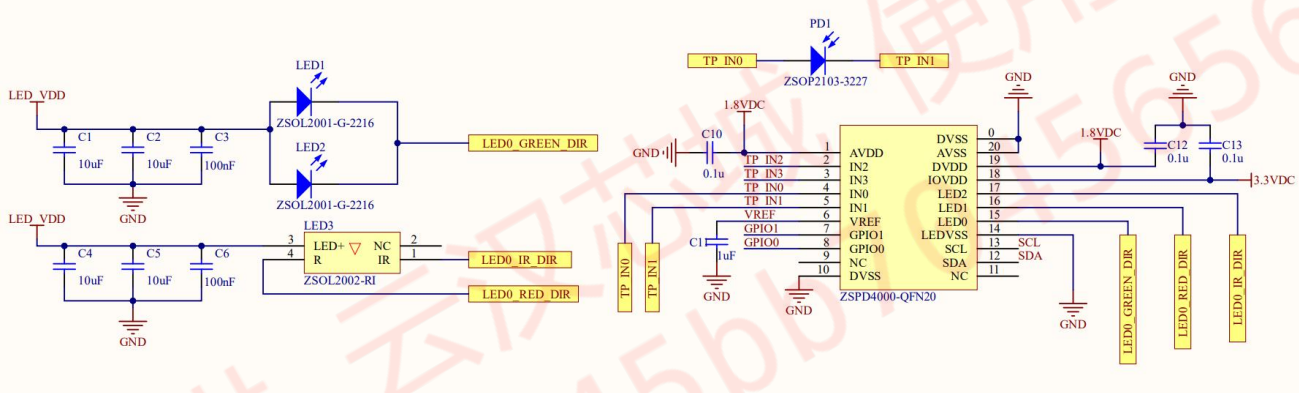


图 10 手表 PPG 应用 一字布局 2 绿灯 1 双色灯应用

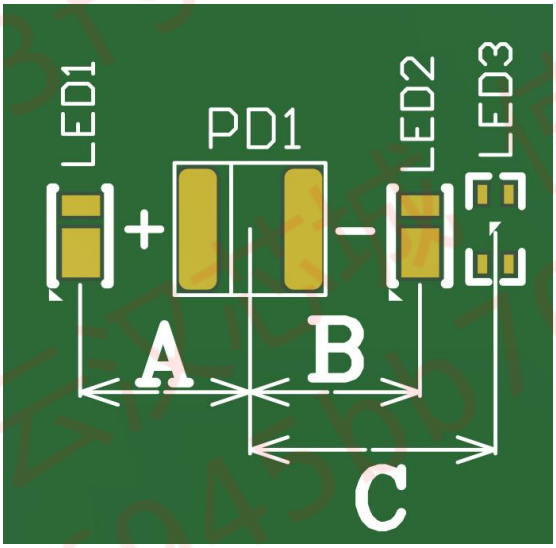


图 11 手表 PPG 一字布局 2 绿灯 1 双色灯 LED 与 PD 的布局

手表应用 一字布局 2 绿灯 2 双色灯 LED 与 PD 距离说明 (对应 PD： ZSOP2103-3227)			
图 11 距离标识	距离名称	可用范围 mm	推荐值 mm
A	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
B	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3.8~4.6	4.3
C	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	6~8	7
隔光棉说明	PD 与 LED 隔光棉最小宽度	0.6	1

表 5 手表应用 一字布局 2 绿灯 1 双色灯 LED 与 PD 距离说明

10.3 戒指 PPG 应用 光路设计之：一字布局

戒指因为其结构空间小，不适用于十字型光路的布局,因此戒指的光路布局只推荐一字型布局:

方案 1：一字布局之最优应用：2PD 2 单色灯 1 双色灯组合（图 12，图 13）

该方案在戒指的一字型光路布局中属于最优方案，双 PD 保证了测试的稳定性，对称式的布局可以令绿灯，双色灯与 PD 的距离可调范围更大，综合性能在戒指的一字布局方案之中为最好，缺点是多了 1 个 PD 和 1 个绿光 LED，成本有所上升;

方案 2：一字布局之次优应用：1PD 1 单色灯 1 双色灯组合（图 14，图 15）

较方案 1 节约了 1 个 PD 和 1 个双色灯，成本上有所下降，牺牲了部分采样稳定性;

以上方案在本节均给出了电路原理图，PCB 布局方式和 LED-PD 的 AA 中心的可用距离与推荐值，用户可以根据需要自行选择。

注意：本文中给出的表格：《戒指应用 一字布局 LED 与 PD 距离说明》其中给出的数据只适用于泽声科技型号为 ZSOP2103-3227 的 PD，如需改动，请与泽声科技技术支持联系，双方沟通确认后，进入工程量产，以免影响性能发挥。

10.3.1 一字布局之最优应用：1PD 1 绿灯 1 双色灯 透射感应

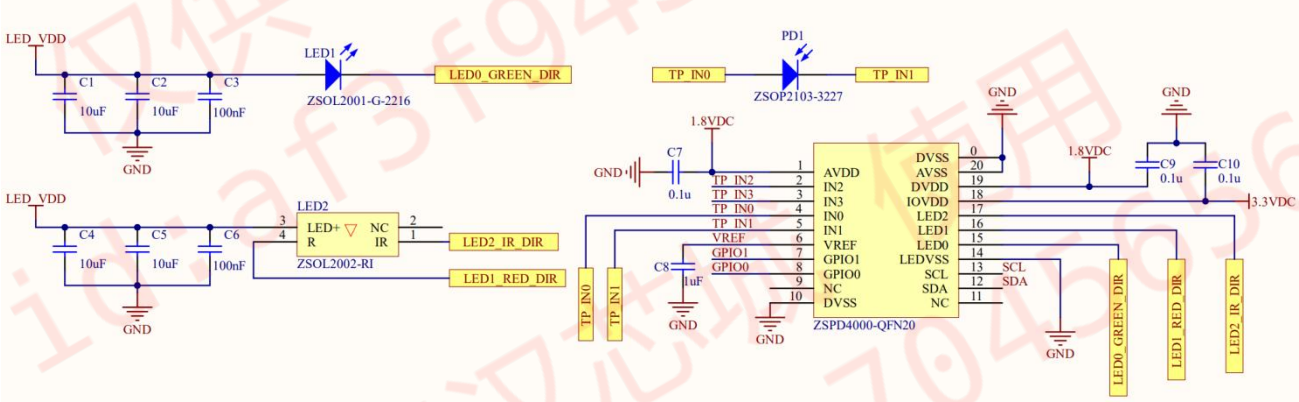


图 12 戒指 PPG 应用 一字布局 1PD 1 绿灯 1 双色灯应用

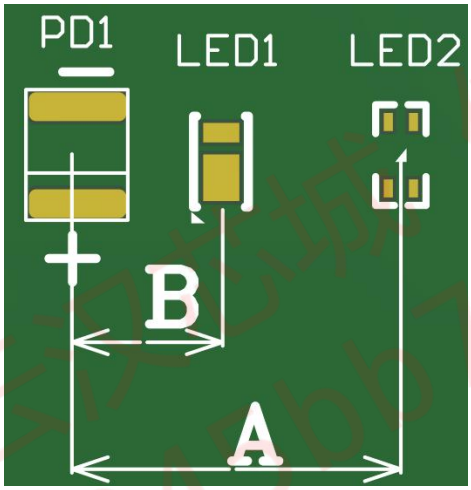


图 13 戒指 PPG 一字布局 1PD 1 绿灯 1 双色灯 透射感应 布局

戒指应用 LED 与 PD 距离说明 (对应 PD： ZSOP2103-3227)			
图 15 距离标识	距离名称	可用范围 mm	推荐值 mm
A	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	17~20	18.5
B	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3~4.5	3.8
隔光棉说明	PD 与 LED 隔光棉最小宽度	0.6	1

表 6 戒指应用 LED 与 PD 距离说明

10.3.2 一字布局之次优应用：2PD 2 绿灯 1 双色灯

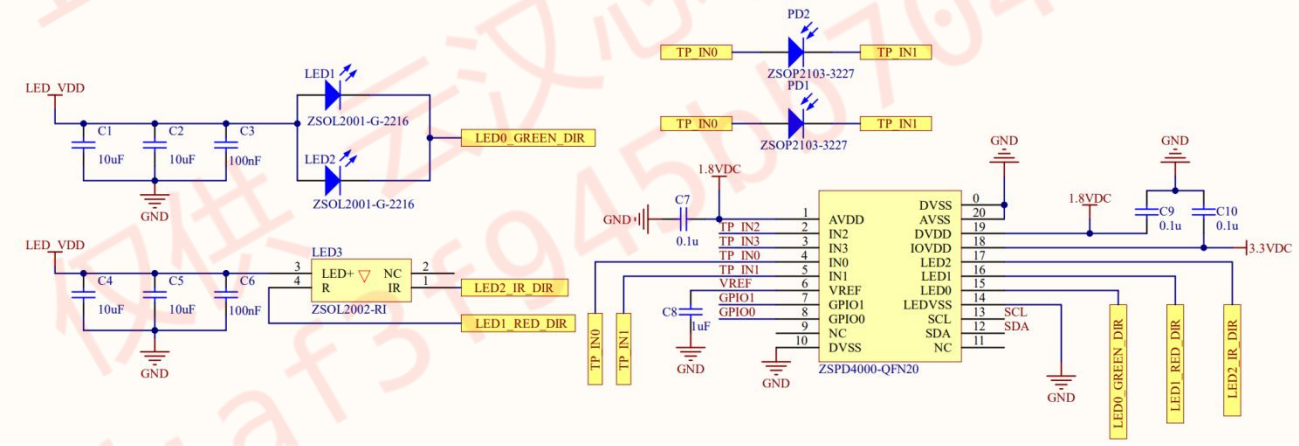


图 14 戒指 PPG 应用 一字布局 2PD2 绿灯 1 双色灯应用

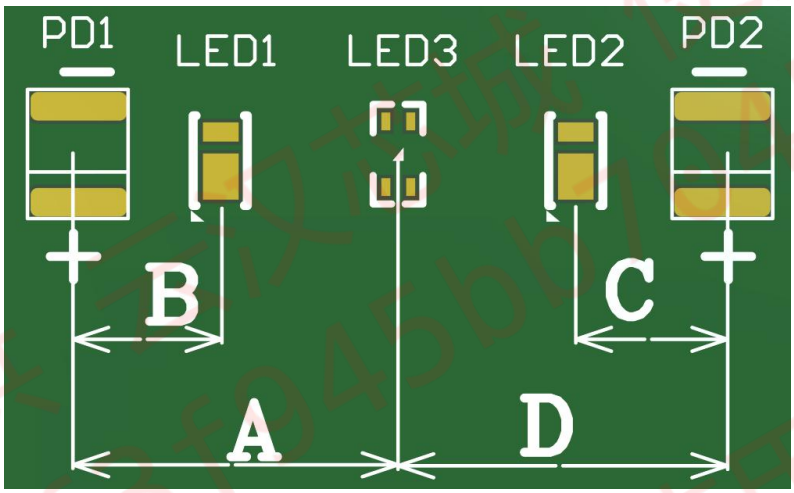


图 15 戒指 PPG 一字布局 2PD 2 绿灯 1 双色灯布局（PD 需要对称放置）

戒指应用 LED 与 PD 距离说明 (对应 PD： ZSOP2103-3227)			
图 15 距离标识	距离名称	可用范围 mm	推荐值 mm
A	PD1 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	9~12	10.5
B	PD1 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3~4.5	3.8
C	PD2 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3~4.5	3.8
D	PD2 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	9~12	10.5
隔光棉说明	PD 与 LED 隔光棉最小宽度	0.6	1

表 7 戒指应用 LED 与 PD 距离说明

10.3.3 一字布局之普通应用：1PD 1 绿灯 1 双色灯 反射感应

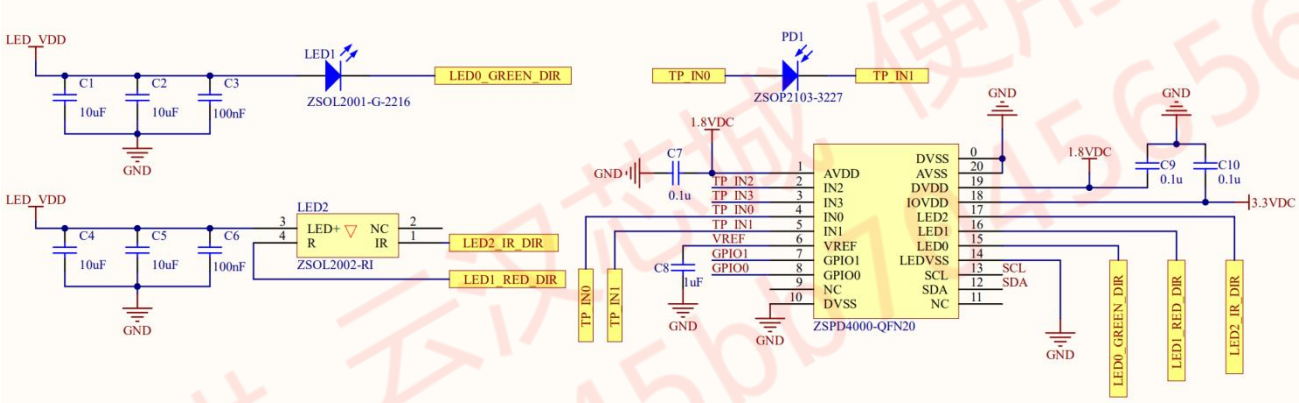


图 16 戒指 PPG 应用 一字布局 1PD 1 绿灯 1 双色灯应用

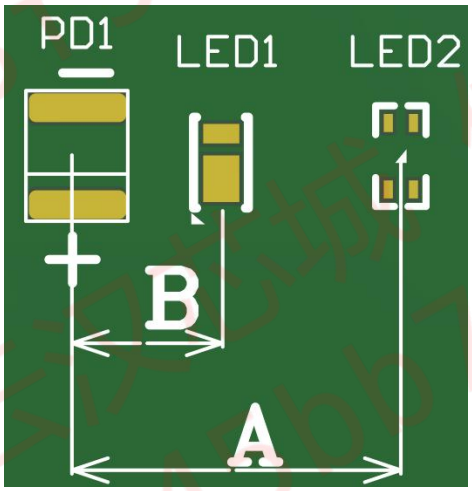


图 17 戒指 PPG 一字布局 1PD 1 绿灯 1 双色灯 反射感应 布局

戒指应用 LED 与 PD 距离说明 (对应 PD： ZSOP2103-3227)			
图 17 距离标识	距离名称	可用范围 mm	推荐值 mm
A	PD 的 AA 中心与双色 LED 物理中心距离	9~12	10.5
B	PD 的 AA 中心与绿光 LED 物理中心距离	3~4.5	3.8
隔光棉说明	PD 与 LED 隔光棉最小宽度	0.6	1

表 8 戒指应用 LED 与 PD 距离说明

11 ZSPD 系列 PPG 应用 结构要求

11.1 手表 PPG 应用 结构设计要点

在手表 PPG 应用中，有以下几点将会影响到数据采集效果：

1. 手表内部 PD 与 LED 的光隔绝结构；
2. 表壳的整体形状；
3. PD 到人体皮肤之间的手表表壳厚度；
4. 起到防尘透光作用的透光盖板的厚度；
5. LED 向 PD 侧射出光的角度；
6. PD 的最小接收角度；

11.2 手表 PPG 应用 结构设计示例

下面将列举一套使用一块透明盖板的手表应用的结构设计要点以做参考：

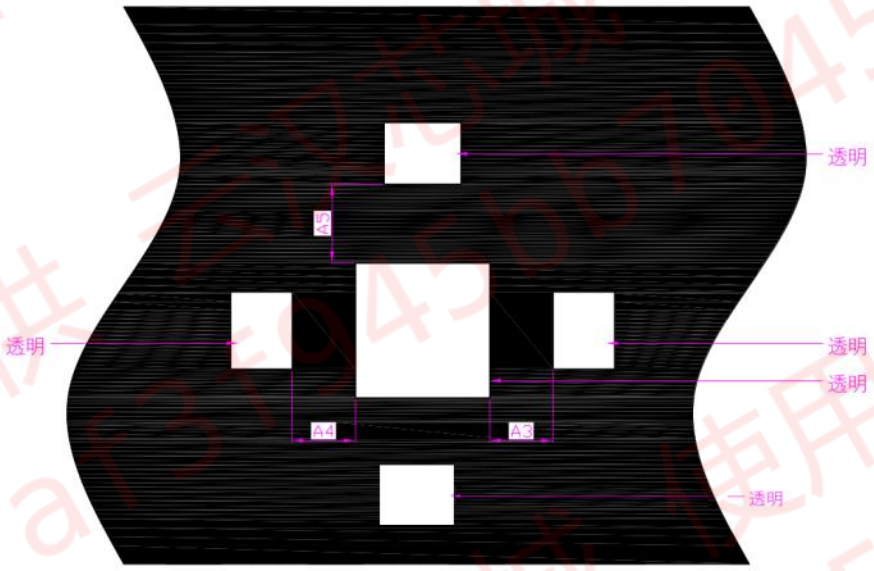


图 22 透明盖板结构示意

在透明盖板工艺中，使用一块亚克力或玻璃材质的盖板覆盖整个收发窗口区域。窗口之外的部分，使用不透光的黑色油墨以丝印等手段覆盖。隔离区域的宽度（A3/A4/A5）0.8~3mm。开窗尺寸以符合隔离区要求及覆盖 LED 发光区/PD 接收区为准。开窗中心与 PCB 上元件的光学中心对准，如图 15。

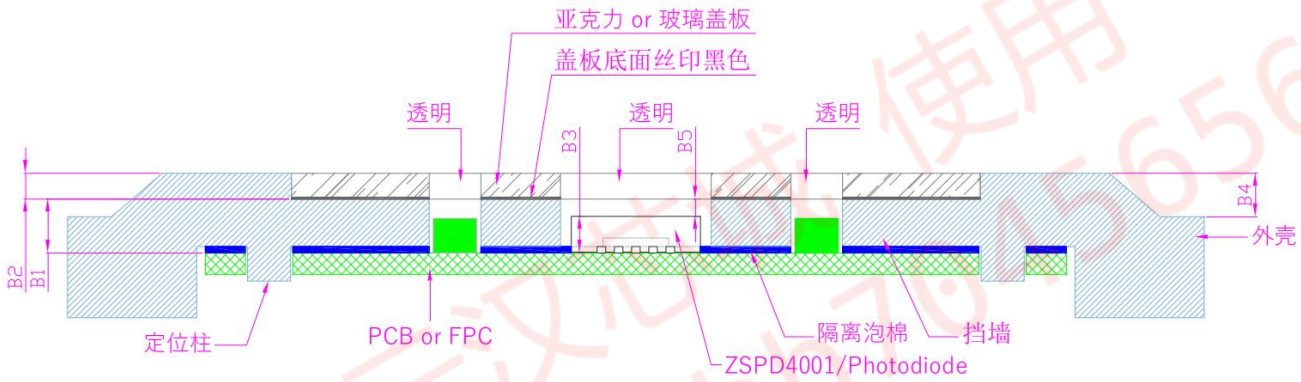


图 23 手表 PPG 应用 结构刨面示意图

PCB 与后壳组装后，后壳在 LED/PD 周围分别完整包围形成一圈挡墙，挡墙底部与 PCB 之间用黑色不透光泡棉胶密封。

PD 焊接在 PCB 上后，PCB 表面至 PD 表面的距离为 B3，PD 表面距镜片内表面距离为 B5，B3+B5=B1。通过设计合适的 B1 距离，尽可能控制 B5≤0.1mm，如难以实现，可以放宽至 0.2mm。需注意，B1 距离包含隔离泡棉的厚度，B5 高度包含锡膏的厚度。

盖板非透明区域的丝印，应当印刷在透明盖板的内侧面。需要注意的是，盖板工艺的收发窗口在盖板内部实际是透明联通的，光线会因折射与反射等因素产生“短路”，因此应尽可能减小盖板厚度。在强度可以保证的情况下，推荐将盖板厚度控制在 0.25mm。如果难以实现，最大不可超过 0.4mm。 B4 是后壳中部的凸台高度，此设计用于更好的确保光学窗口区与皮肤的接触。推荐的 B4 高度为 0.8~1.5mm。对于收发分离的产品，凸台区域通常被设计为圆形，直径在 15~24mm。

刨面结构尺寸说明			
图 18 尺寸标识	距离名称	可用范围 mm	推荐值 mm
无	凸台区域（圆形）	直径 15~24	直径 18
B1	PCB 表面至镜片内表面距离	≤1.4	≤1.2
B2	透明盖板厚度	0.2~0.4	0.25
B3	PCB 表面至 PD 表面的距离	≤1.2	1.1
B4	是后壳中部的凸台高度	0.8~1.5	1
B5	PD 表面距镜片内表面距离为	≤0.2	≤0.1

表 12 刨面结构尺寸表

11.3 戒指 PPG 应用 结构设计要点

在戒指 PPG 应用中，有以下几点将会影响到数据采集效果：

1. PD 侧隔光机构顶点到手指皮肤的高度；
2. PD/LED 在手指上的测试位置；
3. 起到隔离透光作用的透明胶体的厚度；

下面将进行详细说明：

11.3.1 PD 侧隔光机构到手指皮肤的高度

在戒指的结构设计中，应遵循尽量减少无用光（LED 直射到 PD 或者从人体皮肤表层反射到 PD 的光）照射到 PD 感应区域的原则；因此，在结构设计中，应在 PD 与 LED 之间增加隔光装置，同时通过尽量减小隔光装置与人体皮肤表面间距离的办法来尽量减少照射到 PD 的无用光。

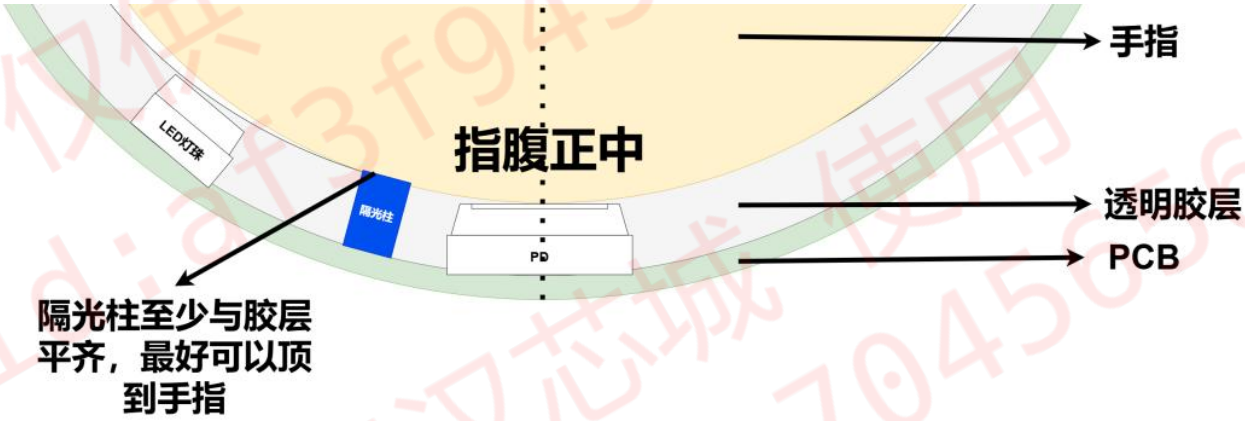


图 24 隔光柱结构说明说明

11.3.2 PD/LED 在单根手指的测试位置

建议客户设置标识或者设计结构，引导用户在测试时，戒指内部的 PD 或者 LED 处于手指第二关节与第三关节的指腹中心位置（图 19 红圈标注处）；指腹位置的血管比较丰富，相较于指侧和指背，在相同光照强度下，其 AC/DC 值更高，测试效果更好；对于隔光效果比较好的产品，推荐 PD 位于指腹中心位置。



图 25 戒指应用 PD/LED 在手指上的最优测试位置

11.3.3 起到隔离透光作用透明胶体的厚度

在戒指的内圈，通常会使用透明胶体来避免手指直接碰触到电子元件，而 LED 的出射光会有一部分通过胶体内部光路传输到 PD 上，胶体越厚，LED 传输到 PD 的无用光越多，因此，在满足人体无法接触到电子元件的基础上，该胶体的厚度越薄越好。

11.4 LED 的射角要求与 PD 的接收角度要求

LED 的射角和 PD 的接收角度将会对整个系统的光电转换比产生影响，过小的 LED 发射角度将和 PD 接受角度将会增大整个系统的功耗，甚至影响到 PPG 测试的结果，下面将列举两套 LED 发射角度和 PD 接收角度的测量方式，并将给出相应角度要求，供用户参考：

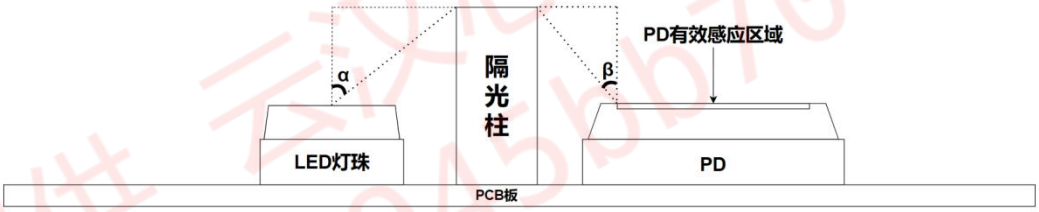


图 28 手表 PPG 应用 分立式透明盖板 LED 的发射角度与 PD 的接收角度

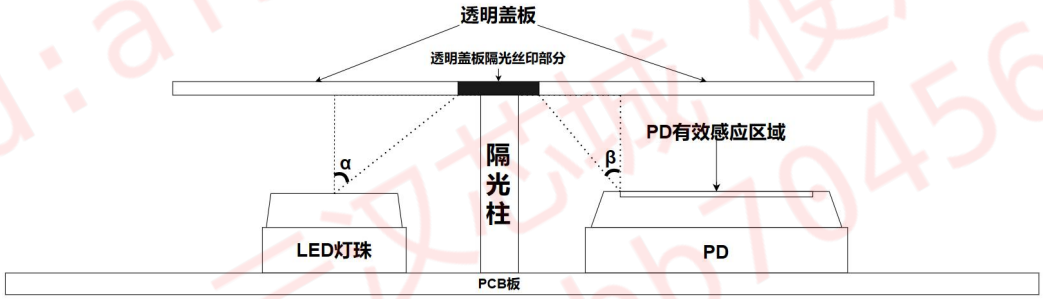


图 29 手表 PPG 应用 一体式透明盖板 LED 的发射角度与 PD 的接收角度

手表 PPG 应用 LED 的有效发射角和 PD 的有效接收角度要求 (对应 PD： ZSOP2103-3227)		
图 18 角度标识	**角度名称名称**	**推荐范围**
α	绿光 LED 有效发射角度	≥45°
α	红光 LED 有效发射角度	≥45°
α	红外 LED 有效发射角度	≥45°
β	PD 最小有效接收角度	30°≤β≤60°

表 13 LED 发射角度与 PD 的接收角度要求

12 ZSPD4000 推荐配置

12.1 低采样率 PPG 心率测试推荐配置

```
#    ZSPD4000 寄存器推荐配置 #
#define TIA_12K5     0x6607     // 8.854pF;   12.5K;   1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_25K      0x3817     // 6.32pF;    25K;     1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_50K      0x4027     // 4.474pF;   50K;     1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_100K     0x2037     // 3.16pF;    100K;    1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_200K     0x1047     // 1.58pF;    200K;    1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_400K     0x0657     // 0.954pF;   400K;    1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_800K     0x0367     // 0.477pF;   800K;    1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_1600K    0x0277     // 0.318pF;   1600K;   1.26V;   TIA 使能;

    寄存器地址    配置值        注释
    //全局配置**********************************************//
    0x00          0x0001     #    软件复位
    0x04          0x0500     #    时隙工作频率=25Hz（可根据实际情况调整）
    0x06          0x0001     #    FIFO 数据量阈值中断使能
    0x0A          0x0000     #    GPIO0 输出中断信号
    0x0B          0x0041     #    GPIO0 输出中断低有效
    0x10          0x0001     #    通道 0 使能，16bit 数据输出

    //TSA 时隙（绿光）PPG 配置**********************************//
    0x0F          0x0001     #    时隙控制寄存器的读写映射到时隙 A
    0x13          0x000A     #    绿色 LED 电流=10mA（须根据佩戴者肤色、佩戴松紧度选择）
    0x14          0x0000     #    红色 LED 电流=0mA，关闭
    0x15          0x0000     #    红外 LED 电流=0mA，关闭
    0x16          0x0017     #    LED 脉冲偏移时间=23uS
    0x17          0x0003     #    LED 脉冲宽度=3uS
```

```
0x18        0x0007      #   内部 PD 断开，预备状态时间=7uS
0x19        0x1142      #   外部输入 0 接外部 PDA 配置为 TIAN 输入
0x1A        0x1112      #   外部输入 1 接外部 PDK 配置为 VC，外部 PD 反向偏压
0x1B        TIA_200K    #   跨阻放大器增益=200K（须根据佩戴者肤色、佩戴松紧度选择）
0x1C        0x1205      #   环境光抑制模块开启
0x1D        0x0616      #   积分器偏移时间=23uS
0x1E        0x0004      #   积分时间=4uS
0x1F        0x0A00      #   VC 配置为 VREF+250mV
0x21        0x0003      #   非调制模式

0x02        0x0091      #   OP_EN 使能 TSA 使能
```

GPIO 中断后或定时读取 FIFO 首地址 0x60，需读取 TSA 数据两个字节，数据为小端模式，低 8 位在前；

12.2 高采样率 SPO 血氧测试推荐配置

```
#   ZSPD4000 寄存器推荐配置 #
#define TIA_12K5    0x6607    // 8.854pF;   12.5K;   1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_25K     0x3817    // 6.32pF;    25K;     1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_50K     0x4027    // 4.474pF;   50K;     1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_100K    0x2037    // 3.16pF;    100K;    1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_200K    0x1047    // 1.58pF;    200K;    1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_400K    0x0657    // 0.954pF;   400K;    1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_800K    0x0367    // 0.477pF;   800K;    1.26V;   TIA 使能;
#define TIA_1600K   0x0277    // 0.318pF;   1600K;   1.26V;   TIA 使能;
    寄存器地址    配置值      注释
    //全局配置**********************************************//
    0x00        0x0001      #   软件复位
    0x04        0x0140      #   时隙工作频率=100Hz（可根据实际情况调整）
    0x06        0x0001      #   FIFO 数据量阈值中断使能
    0x0A        0x0000      #   GPIO0 输出中断信号
```

```
0x0B        0x0041      #   GPIO0 输出中断低有效
0x10        0x0001      #   通道 0 使能，16bit 数据输出

0x16        0x0017      #   LED 脉冲偏移时间=23uS
0x17        0x0003      #   LED 脉冲宽度=3uS
0x18        0x0007      #   内部 PD 断开，预备状态时间=7uS
0x19        0x1142      #   外部输入 0 接外部 PDA 配置为 TIAN 输入
0x1A        0x1112      #   外部输入 1 接外部 PDK 配置为 VC，外部 PD 反向偏压
0x1C        0x1205      #   环境光抑制模块开启
0x1D        0x0616      #   积分器偏移时间=23uS
0x1E        0x0004      #   积分时间=4uS
0x1F        0x0A00      #   VC 配置为 VREF+250mV
0x21        0x0003      #   非调制模式

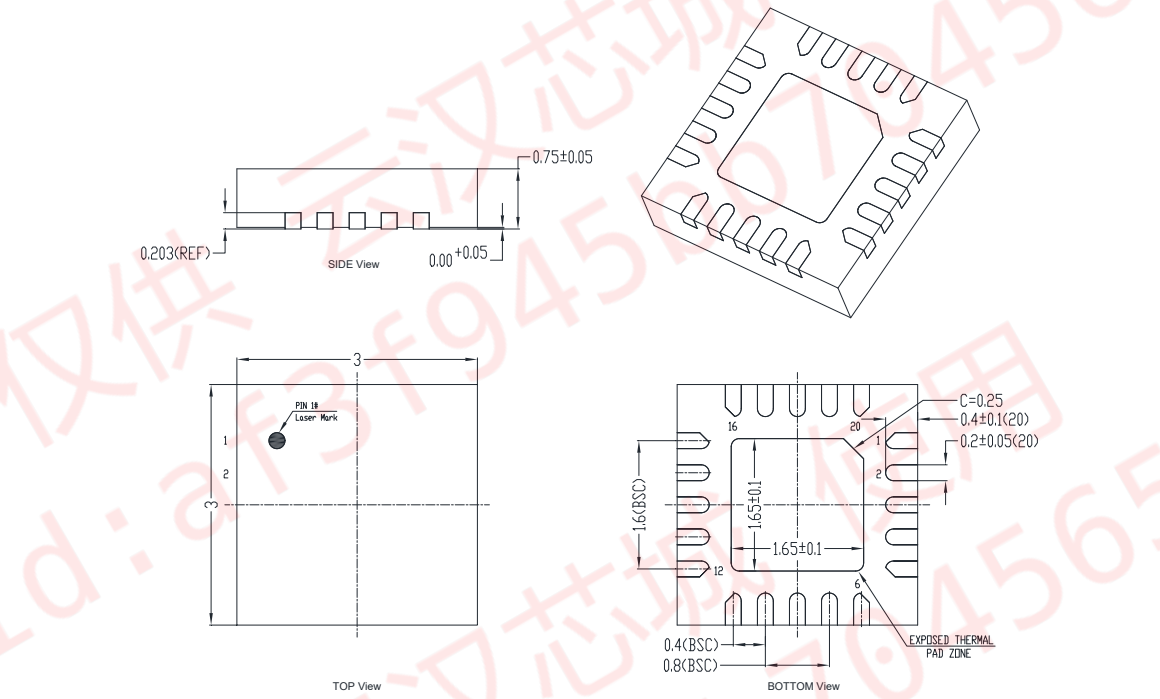
//TSA 时隙（红光）SPO 配置**********************************//
0x0F        0x0001      #   时隙控制寄存器的读写映射到时隙 A
0x13        0x0000      #   绿色 LED 电流=0mA，关闭
0x14        0x002F      #   红色 LED 电流=78mA（须根据佩戴者肤色、佩戴松紧度选择）
0x15        0x0000      #   红外 LED 电流=0mA，关闭
0x1B        TIA_200K    #   跨阻放大器增益=200K（须根据佩戴者肤色、佩戴松紧度选择）
//TSB 时隙（红外）SPO 配置**********************************//
0x0F        0x0001      #   时隙控制寄存器的读写映射到时隙 B
0x13        0x0000      #   绿色 LED 电流=0mA，关闭
0x14        0x0000      #   红色 LED 电流=0mA，关闭
0x15        0x002F      #   红外 LED 电流=78mA（须根据佩戴者肤色、佩戴松紧度选择）
0x1B        TIA_200K    #   跨阻放大器增益=200K（须根据佩戴者肤色、佩戴松紧度选择）

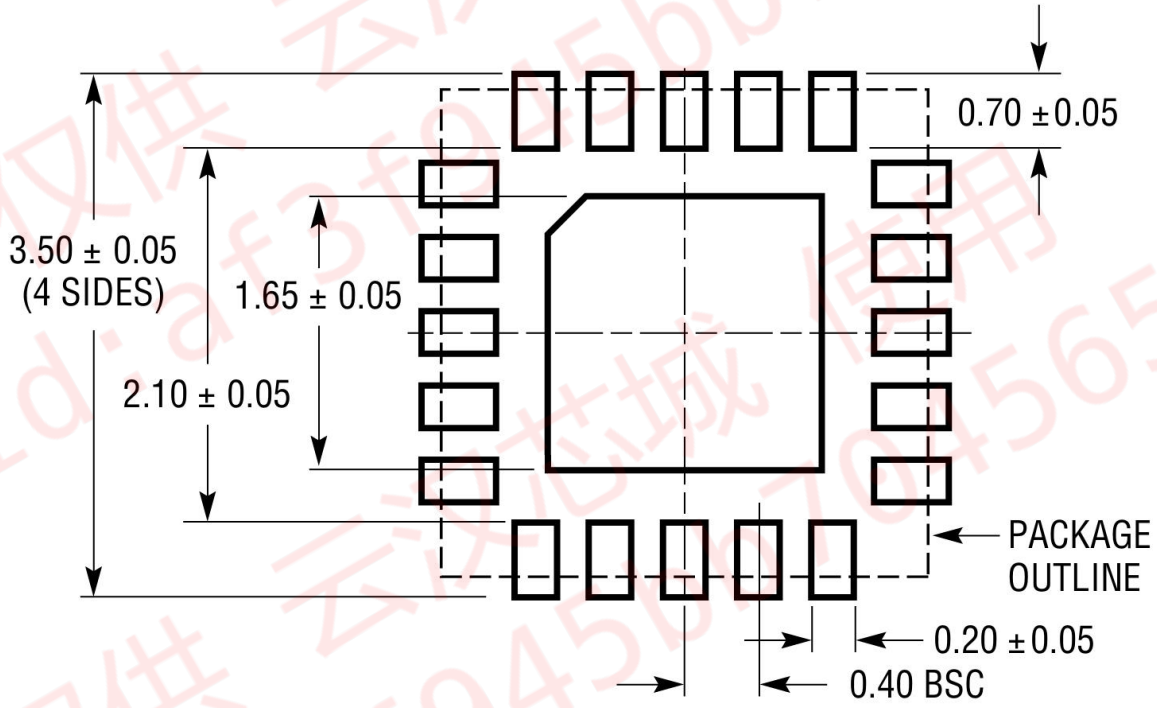
0x02        0x0093      #   OP_EN 使能 TSA 使能  TSB 使能
```

GPIO 中断后或定时读取 FIFO 首地址 0x60，需 TSA 数据两个字节，TSB 数据两个字节，数据为小端模式，低 8 位在前；

13 封装与包装信息

13.1 封装外形尺寸



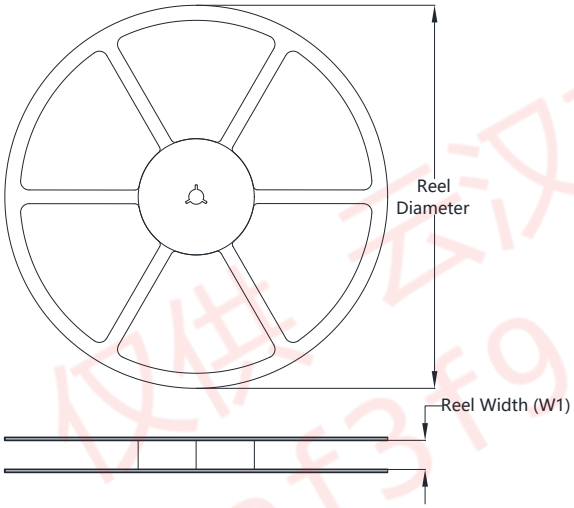


RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS
APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED

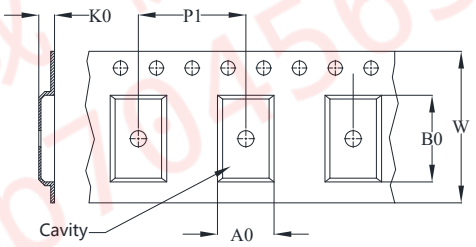
QFN-20

13.2 包装材料信息

REEL DIMENSIONS

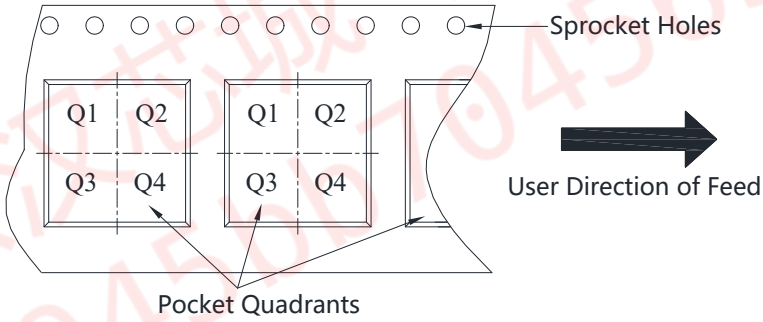


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

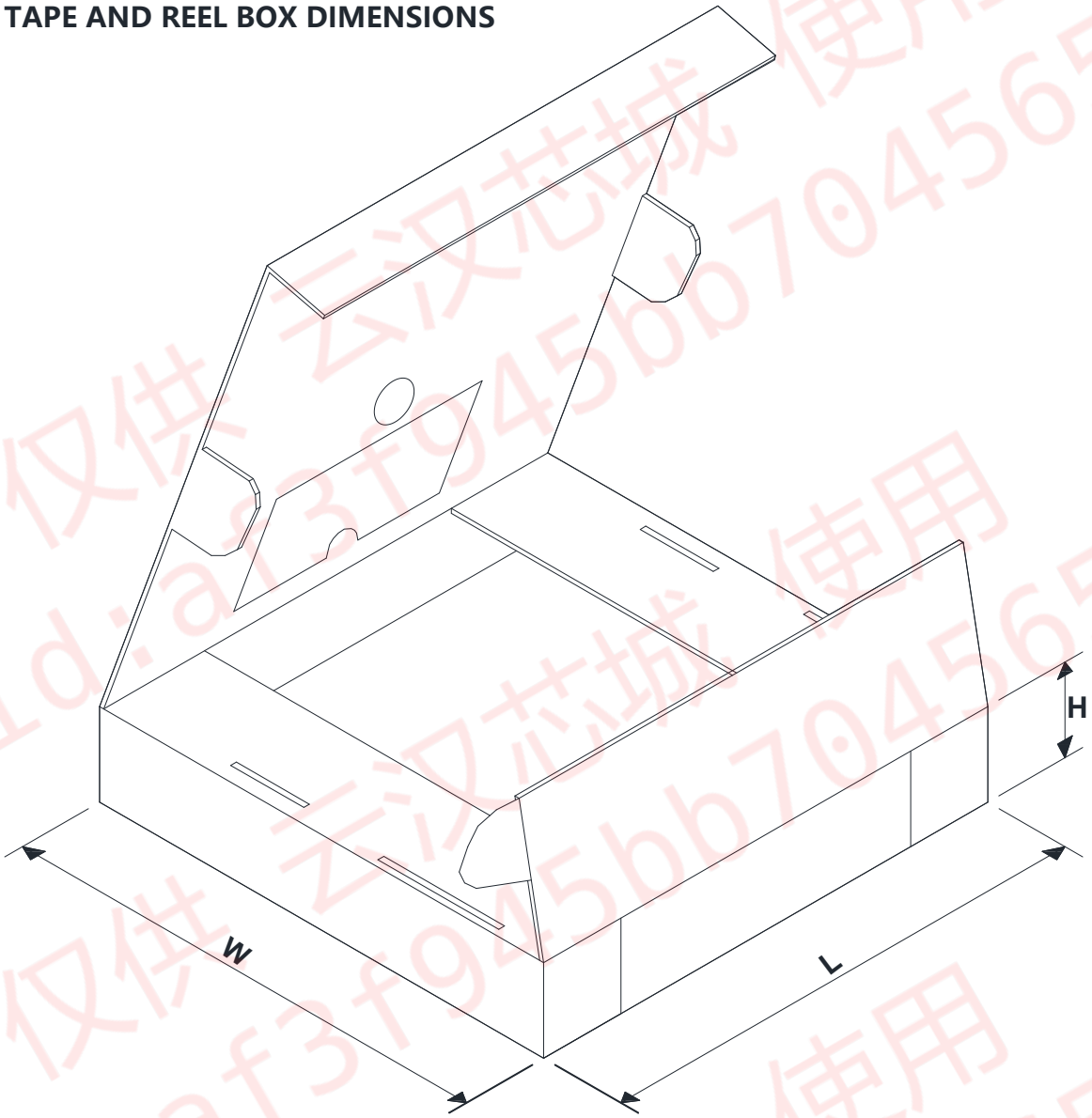
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



产品型号	封装类型	引脚总数	每卷芯片颗数	卷轴直径 (mm)	卷轴宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	PIN1 象限
ZSPD4000-QN	QFN20	20	3000	178	12	3.23	3.23	1.05	4	12	Q1

仅供 云汉芯城 使用 id:af3f945bb7045656

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



产品型号	封装类型	引脚总数	每卷芯片颗数	长 L (mm)	宽 W (mm)	高 H (mm)
ZSPD4000-QN	QFN20	20	3000 X10 卷	210	210	210

仅供 云汉芯城 使用 id:af3f945bb7045656

14 型号列表

型号	封装	备注
ZSPD4000-QN	20 引脚 QFN 封装	较低的焊接工艺要求，适合手环手表等用途。

仅供 云汉芯城 使用 id:af3f945bb7045656

联系方式

总部地址：北京市门头沟区莲石湖西路 98 号石龙阳光大厦 23 层

电话：010-60802986

深圳分公司/销售中心地址：深圳市南山区科技中二路软件园一期 1 栋 3 楼 302-7

业务联系邮箱：sales@zettasensing.com

修订历史记录

日期	版本	说明
2026 年 07 月 23 日	1.00	首次发布。

仅供 云汉芯城 使用 id:af3f945bb7045656

法律声明

北京泽声科技有限公司（以下简称泽声科技）保留随时对产品规格及本文档进行修改而不另行通知的权力。用户购买泽声科技产品或基于泽声科技产品进行设计前，应与泽声科技联系以取得最新的信息。

本文档信息仅供用户参考，泽声科技不对包括但不限于信息的准确性、完整性、知识产权等做任何明示或暗示的保证。泽声科技不对因使用本文档信息所造成的任何损失担负赔偿责任。

在系统中使用、整合泽声科技产品的人员（以下简称开发人员）应理解并同意，开发人员应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性。开发人员的应用应符合所有适用的法律与行业规范。

除明确指出外，泽声科技不对产品达到或符合任何特定行业标准或安全标准做出暗示的保证，也不对产品未达到任何特定行业标准或安全标准而承担任何责任。如泽声科技宣称产品“有助于”、“适用于”特定行业标准或安全标准，意味着该产品设计上旨在帮助客户开发自己的符合相关特定行业标准或安全标准的产品，而不说明泽声科技的产品具有任何安全保证功能。开发人员必须确保其设计遵守适用于其应用的相关标准和安全要求。除非获得针对特定产品应用的授权，否则开发人员不可将泽声科技产品用于关乎性命的医疗设备（指出现故障会导致严重身体伤害或死亡的医疗设备）。

仅供 云汉芯城 使用 id:af3f945bb7045656