



GH301x 心率与血氧应用设计指南

版本：1.2

发布日期：2023-02-16

版权所有 © 2023 深圳市汇顶科技股份有限公司。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得对本手册内的任何部分擅自摘抄、复制、修改、翻译、传播，或将其全部或部分用于商业用途。

商标声明

GOODIX 和其他汇顶商标均为深圳市汇顶科技股份有限公司的商标。本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人持有。

免责声明

本文档中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。

深圳市汇顶科技股份有限公司（以下简称“GOODIX”）对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。GOODIX 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。

未经 GOODIX 书面批准，不得将 GOODIX 的产品用作生命维持系统中的关键组件。在 GOODIX 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

深圳市汇顶科技股份有限公司

总部地址：深圳市福田区腾飞工业大厦 B 座 13 层

电话：+86-755-33338828 传真：+86-755-33338099

网址：www.goodix.com

前言

编写目的

本文为 GH301x 心率和血氧应用设计指南，主要介绍硬件设计与结构光学设计方案。用户可以参考此文档，进行心率与血氧产品的设计。

读者对象

本文适用于以下读者：

- 硬件研发工程师
- 结构研发工程师
- 光学研发工程师
- 软件研发工程师
- 文档工程师

版本说明

本文档为第 3 次发布。

修订记录

版本	日期	修订内容
1.0	2022-3-30	首次发布
1.1	2022-11-30	1. 增加 GH3016 相关内容 2. 更新结构光路设计参数要求
1.2	2023-02-16	3. 更新中心距下限要求

目录

前言	I
1 简介	1
1.1.1 心率检测原理	1
1.1.2 血氧饱和度检测原理	2
1.1.3 佩戴检测原理	2
2 硬件设计	3
2.1 典型应用原理图	3
2.2 电源设计	3
2.2.1 供电方案	3
2.2.2 上电/下电时序	4
2.3 器件选型	5
2.3.1 G-sensor 选型	5
2.3.2 MCU 选型	5
2.3.3 LED 选型	5
2.3.4 PD 选型	6
2.4 PCB 设计注意事项	6
3 结构与光学设计	7
3.1 LED 与 GH301X 中心距设计	7
3.2 LED 和 GH301X 光窗尺寸	8
3.3 凸台设计	8
3.4 遮光设计	9
3.5 佩戴设计	10

1 简介

随着大众对健康信息的关注和需求与日俱增，越来越多的智能可穿戴设备集成了心率（HR）和血氧饱和度（SpO2）功能，用于日常监控、运动检测等。

GH301x 系列芯片（GH3011、GH3018 及 GH3016）是 Goodix 推出的超低功耗、超高精度心率传感器，集成了 3 路 LED 驱动器、一个光电二极管（PD）及模拟前端（AFE），支持心率（HR）、心率变异性（HRV）、血氧饱和度（SpO2）和佩戴检测功能，可广泛应用于智能穿戴领域。

1.1 心率检测原理

智能可穿戴设备通常使用光电容积脉搏波描记法（Photo Plethysmo Graphy, PPG）检测心率。

如图 1-1 所示，光线从发光二极管（LED）发出并入射到皮肤；经皮肤组织的反射、散射和吸收后，一部分光可以从皮肤表面出射，被光电二极管（PD）接收。

若 LED 发光源与 GH301x 位于人体皮肤同一侧，GH301x 接收人体组织反射回来的信号，称为反射式测量，常用于智能手表、手环等产品。若 LED 发光源与 GH301x 分别位于人体皮肤的两侧，则 GH301x 接收经过人体组织透射的信号，常用于指夹式血氧仪等产品。

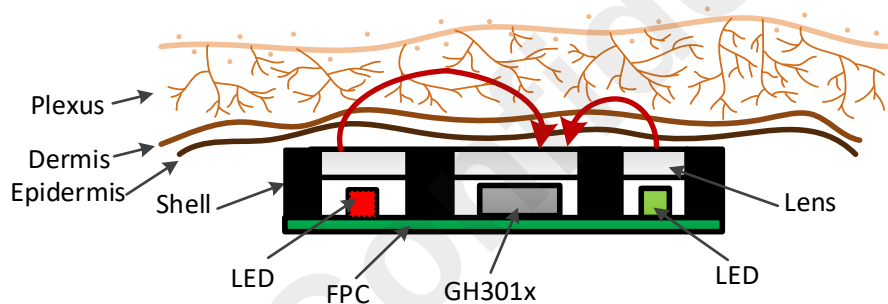


图 1-1 心率检测原理示意图

在 PPG 检测过程中，皮下组织的血液容积随心脏律动呈搏动性变化（如图 1-2 所示），PD 接收的光强信号也呈脉搏性变化，转换为电信号后即下图中的 AC 信号；表皮、肌肉、静脉在静态时对光的反射、散射和吸收是稳定的，因此 PD 接收的光强也是稳定的，转换为电信号后即下图中的 DC 信号。结合 G-sensor 数据进行算法处理后，即可实现心率检测、心率变异性检测等功能。

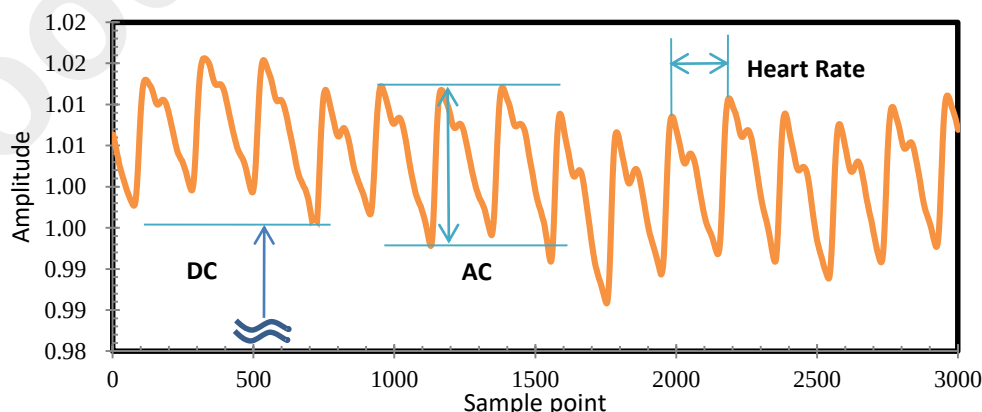


图 1-2 心率信号示意图

1.2 血氧饱和度检测原理

血氧饱和度（SpO₂）指血液中氧和血红蛋白（HbO₂）的容量占全部血红蛋白¹容量的百分比，表征了血液中氧气的浓度，是呼吸循环的重要生理参数。

测量原理为：将红光和红外光分别射入人体组织，分别获取 PPG 信号。由于血液中的氧合血红蛋白（HbO₂）及还原血红蛋白（Hb）对红外光及红光吸收特性不同，PD 接收到的光强也随血氧浓度变化而变化，如图 1-3 所示。通过将光强信号转换为电信号，经过算法处理后，即可输出血氧饱和度等信息。

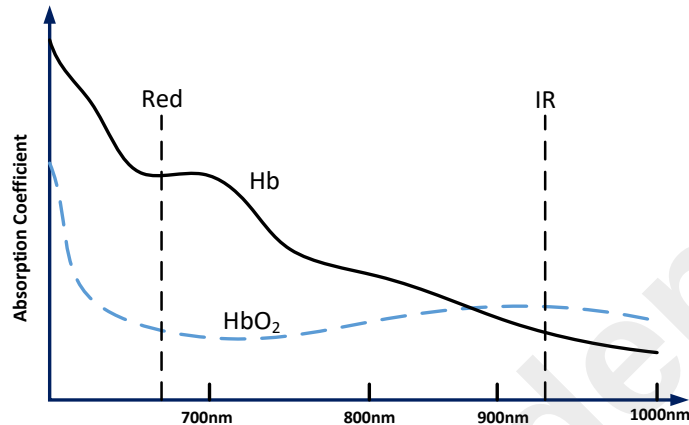


图 1-3 Hb 与 HbO₂ 对不同光的吸收特性示意图

1.3 佩戴检测原理

由于人体皮肤组织对光有反射、散射和吸收等特性，在接近 GH301x 心率检测模组的过程中，GH301x 内部 PD 接收到的光强会随着人体皮肤组织的靠近而变化，如图 1-4 所示。当 PD 接收到的能量达到预设的阈值时，则表示人体皮肤组织已接近可穿戴设备，由此判定为佩戴状态。

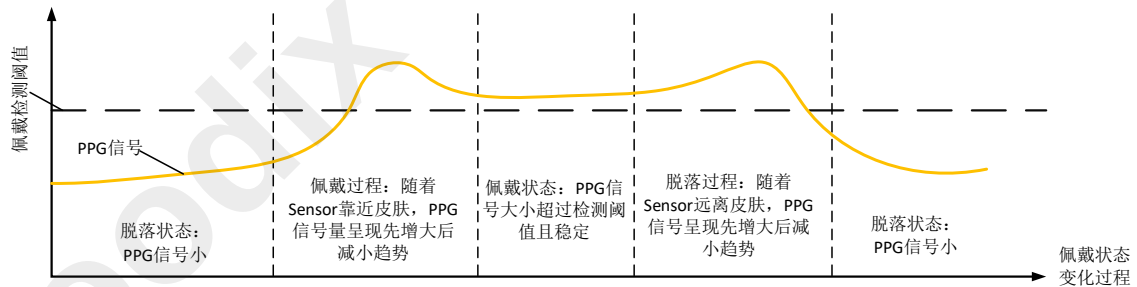


图 1-4 佩戴与脱落过程中信号强度变化示意图

¹血红蛋白主要由氧合血红蛋白（HbO₂）和还原血红蛋白（Hb）组成。

2 硬件设计

2.1 典型应用原理图

GH3018/GH3011 典型的心率与血氧应用方案原理图如图 2-1 所示, GH3016 典型的心率与血氧应用方案原理图如图 2-2 所示。

- 电源: VCC、VLED 需由外部提供电源, VDDIO 可选择由芯片 DVDD18 或者 VCC 提供电源。详细说明见“2.2 电源设计”
- 通讯: 可选择 SPI 或 IIC 通讯, INT 中断输出, RSTN 复位输入。
- 外围器件: 外围器件选型主要包括 G-sensor、LED、PD 及 MCU, 详细说明见“2.3 器件选型”。
- 外部 PD 输入: GH3016 芯片内部集成 1 路 PD, 同时支持 1 路外部 PD 输入, 连接方法见图 2-2。

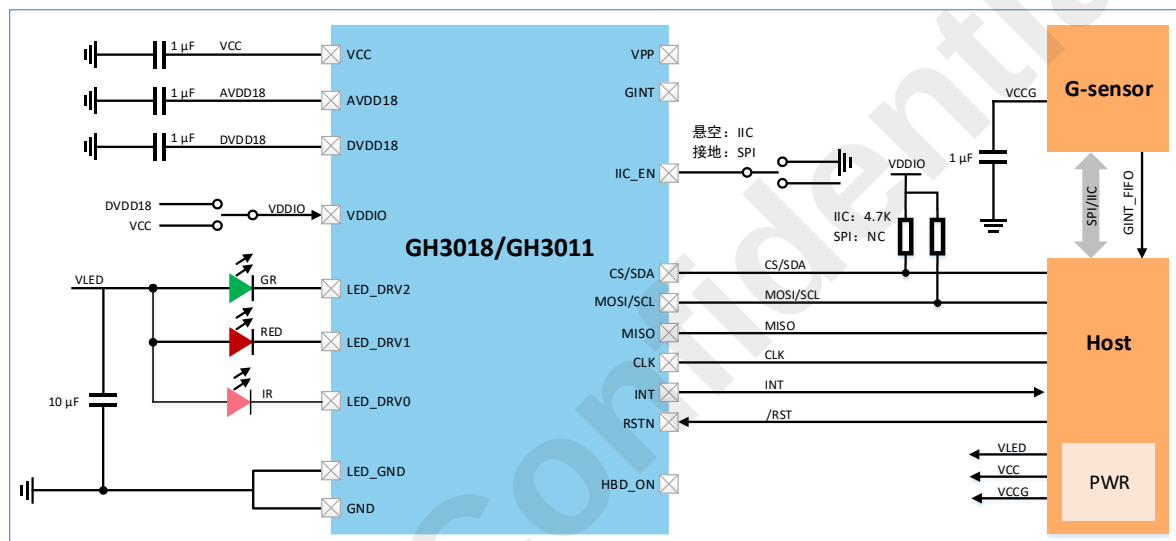


图 2-1 GH3018 与 GH3011 典型应用原理图

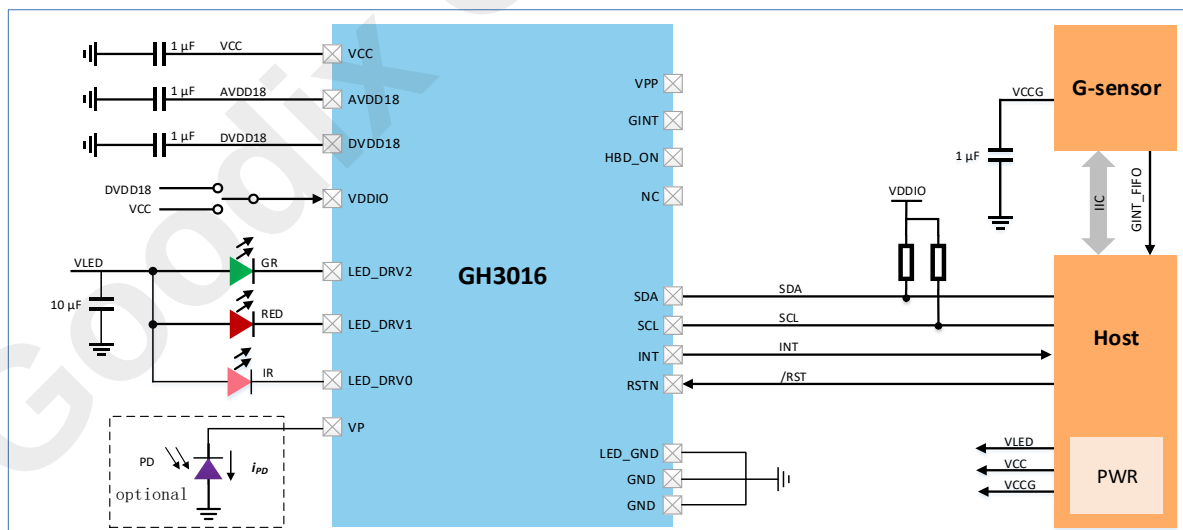


图 2-2 GH3016 典型应用原理图

2.2 电源设计

2.2.1 供电方案

GH301x 的 VCC 及 LED 需外部供电, 具体供电要求如表 2-1 所示。

表 2-1 电源供电要求

电源	供电要求	说明
VCC	电压范围: 2.1 V ~ 3.3 V 负载能力: ≥ 20 mA	静态纹波小于 50 mVpp @0 ~ 1 MHz 带宽。
VLED	电压范围: 3.3 V ~ 4.5 V 负载能力: ≥ 120 mA	VLED 供电电压需满足如下要求, 其中 V_f 为 LED 正向压降: - LED Driver 最大电流为 100 mA 时: $V_{LED} \geq V_f + 0.5$ V - LED Driver 最大电流为 80 mA 时: $V_{LED} \geq V_f + 0.4$ V - LED Driver 最大电流为 60 mA 时: $V_{LED} \geq V_f + 0.3$ V - LED Driver 最大电流为 40 mA 时: $V_{LED} \geq V_f + 0.2$ V

VDDIO 是 IO 的供电电源, 其电压范围为 1.8 V ~ VCC。如图 2-3 所示, 用户可选择将 VDDIO 连接至 GH301x 的 VCC 或 DVDD18 引脚 (1.8 V)。VDDIO 的电源必须与 IIC 或者 SPI 的通信电平保持一致, 以防止出现通信电平不匹配导致的漏电问题。



图 2-3 GH301x 通信电平说明

提示:

当主控端通信电平不等于 VCC 或 1.8 V 时, 主控端需提供 VDDIO 电源给 GH301x, 以确保两端的通信电平一致。

虽然 LED 驱动电流越大, PD 接收的 DC 与 AC 信号越强, 但是 LED 的正向压降 V_f 也会越高。因此, 硬件应用设计时需考虑 LED 工作时的最大驱动电流及 V_f , 以保证合适的供电电压。以手环、手表应用为例的典型的 VLED 供电方案如表 2-2 所示。

表 2-2 典型的 VLED 供电方案示例

LED 类型	LED 供电电压要求	LED 最大驱动电流	说明
绿光 LED (心率检测)	$V_{LED} \geq V_{f@100\text{ mA}} + 0.5$ V	100 mA	由于绿光 LED 的 V_f 比较大, 建议采用双 LED 并联分流, 实现 100 mA 电流
红光与红外光 LED (血氧检测)	$V_{LED} \geq V_{f@60\text{ mA}} + 0.4$ V	60 mA	-

2.2.2 上电/下电时序

GH301x 的上电/下电时序要求如图 2-4 所示。如果 VDDIO 电源由外部提供, 芯片下电时需保证 VDDIO 先下电, VCC 后下电, 或者 VCC 与 VDDIO 同时下电。否则 VDDIO 可能向 VCC 漏电。

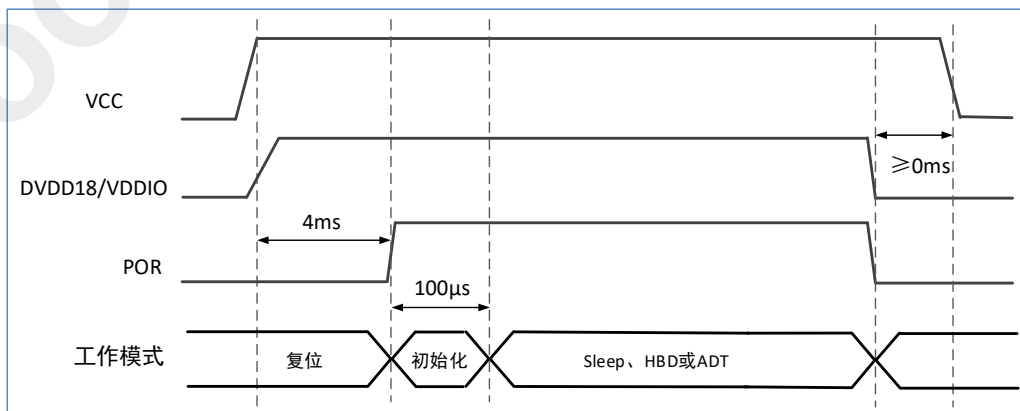


图 2-4 GH301x 上电/下电时序图

提示:

芯片 VCC 上电后, 需至少等待 4 ms, 才可以初始化芯片。初始化完成后, 需等待 100 μ s 才可以进行模式切换等操作。

2.3 器件选型

2.3.1 G-sensor 选型

G-sensor 选型需要满足表 2-3 所示要求。

表 2-3 G-sensor 选型参数规格

参数	要求	说明
量程	可配置为 ± 4 g	-
位宽	≥ 12 bits	-
分辨率	< 0.002 g/LSB	计算方法：量程/2 的位宽次方，例如 $8\text{g}/2^{14}$
采样率	$>$ GH301x 采样率	GH301x 采样率可通过寄存器配置，且与实际应用相关，常用的最大采样率为 200 Hz

2.3.2 MCU 选型

GH301x 驱动和算法对 MCU 的资源要求见下表。

表 2-4 MCU 及其资源要求

参数	要求
MCU 主频	≥ 48 MHz
ROM	≥ 120 KBytes
RAM	≥ 20.5 KBytes

2.3.3 LED 选型

LED 选型时，不仅需根据应用场景选择合适的光源，还需重点关注 LED 发光效率、正向压降 V_f 等参数。

 说明：

- 发光效率（光强、辐射强度、光功率及辐射功率）较高的 LED 能够适应更深肤色的人群。
- LED 正向压降 V_f 需满足 LED 电源供电要求，参见表 2-2。

详细的 LED 选型参数，可参考

表 2-5、表 2-6、表 2-7。

表 2-5 绿光 LED 参数规格（ $T_a = 25^\circ\text{C}$ ）

参数	符号	单位	最小值	典型值	最大值	条件	说明
峰值波长	λ_p	nm	515	525	545	$I_f = 20$ mA	选型参考
正向压降 @ $V_{LED}=3.3$ V	V_f	V	-	2.6	3	$I_f = 20$ mA; 500 μs pulse	关键参数， V_{LED} 供电需按照表 2-1 进行评估
LED 光强度	I_v	mcd	1000	2500	-	$I_f = 20$ mA	关键参数

表 2-6 红光 LED 参数规格（ $T_a = 25^\circ\text{C}$ ）

参数	符号	单位	最小值	典型值	最大值	条件	说明
峰值波长	λ_p	nm	650	660	670	$I_f = 20$ mA	影响血氧算法
正向压降	V_f	V	-	-	2.4	$I_f = 20$ mA	关键参数， V_{LED} 供电需按照表 2-1 进行评估
辐射强度	I_e	mw/sr	2.24	3.2	-	$I_f = 20$ mA	关键参数

表 2-7 红外光 LED 参数规格（ $T_a = 25^\circ\text{C}$ ）

参数	符号	单位	最小值	典型值	最大值	条件	说明
峰值波长	λ_p	nm	920	940	960	$I_f = 20$ mA	关键参数，必须满足，否则需重新评估血氧算法

参数	符号	单位	最小值	典型值	最大值	条件	说明
正向压降	V_f	V	-	-	2.4	$I_f = 20 \text{ mA}$	关键参数, V_{LED} 供电需按照表 2-1 进行评估
辐射强度	I_e	mw/sr	1.4	2	-	$I_f = 20 \text{ mA}$	关键参数, 需要按照典型值进行 LED 选型, 同时保证最小值 $\geq 0.7 \times \text{Typ}$

2.3.4 PD 选型

GH3016 支持外部 PD 输入, 选型要求见下表。

表 2-8 PD 参数规格 ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

参数	符号	单位	最小值	典型值	最大值	条件
峰值波长	λ_p	nm	400	-	1100	-
光电流	I_p	μA	0.43	1.2	-	940 nm, $E_e = 0.1 \text{ mW/cm}^2$
	I_p	μA	0.4	0.9	-	660 nm, $E_e = 0.1 \text{ mW/cm}^2$
	I_p	μA	0.29	0.5	-	525 nm, $E_e = 0.1 \text{ mW/cm}^2$
结电容	C_p	pf	-	30	50	$V_R = 0 \text{ V}$, $f = 100 \text{ kHz}$
暗电流	I_r	nA	-	0.1	25	$V_R = 5 \text{ V}$

2.4 PCB 设计注意事项

进行 GH301x 心率检测模组 PCB 设计和布局时, 需重点注意如下几点:

- VCC、AVDD18、VDDIO、DVDD18 电容应尽量靠近对应的 GH301x 芯片管脚放置, 走线最长不超过 10 mm (推荐长度 $< 5 \text{ mm}$); 电源线宽应大于 0.25 mm。若走线空间受限, 则需优先确保 VCC 及 AVDD18 走线满足要求。
- GH301x GND 管脚与 VCC、AVDD18 电容 GND 管脚之间的走线应尽量短, 最长不能超过 10 mm (推荐长度 $< 5 \text{ mm}$), 且线宽大于 0.25 mm。
- VLED 走线宽度按照 150 mA 以上进行设计 (推荐线宽度 $\geq 0.2 \text{ mm}$)、GND 走线宽度按照 150 mA 以上进行设计 (推荐线宽度 $\geq 0.25 \text{ mm}$)。

3 结构与光学设计

本章节重点以智能手环/手表形态为例介绍结构光路设计方案，该方案同样适用于如心率贴、健康臂带、戒指、游戏手柄、汽车方向盘、VR 眼镜、遥控器等形态上的心率血氧智能健康监测产品设计。

本方案主要介绍 LED 与 PD 中心距，LED 和 GH301X 光窗尺寸、遮光和佩戴贴合规范要求。

根据光窗的成型方法，光窗结构可分为双色注塑方案和盖板方案，如



图 3-1 所示。

图 3-1 光窗典型结构方案

以上两种设计方案对 LED 的数量及其对应的 GH301X 的布置位置，光窗的形状大小和布局方式，以及是否设置透镜不做限制，用户可根据结构外观需求自由设计，只需关键结构参数满足下文具体的设计尺寸范围即可。

3.1 LED 与 GH301X 中心距设计

LED 与 GH301X 的中心距布局见图 3-2，具体参数见表 3-1。

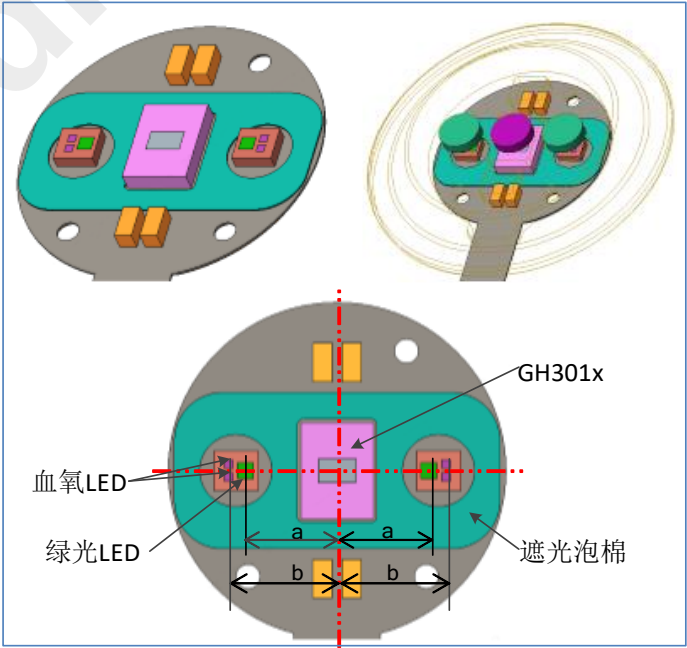


图 3-2 LED 与 GH301x 布局示意图

表 3-1 中心距参数表

尺寸	设计值 (mm)	描述
a	≤4.5mm, 推荐 3.8 mm	绿光 LED 光源中心到 GH301x PD 中心的距离, 越小越好
b	3.2~7.5mm, 推荐 4.5 mm	血氧 LED 光源中心到 GH301x PD 中心的距离 (血氧 LED 是指 RED 和 IR 两颗 LED)

3.2 LED 和 GH301X 光窗尺寸

LED 与 GH301X 的开窗尺寸见图 3-3, 具体参数见表 3-2。

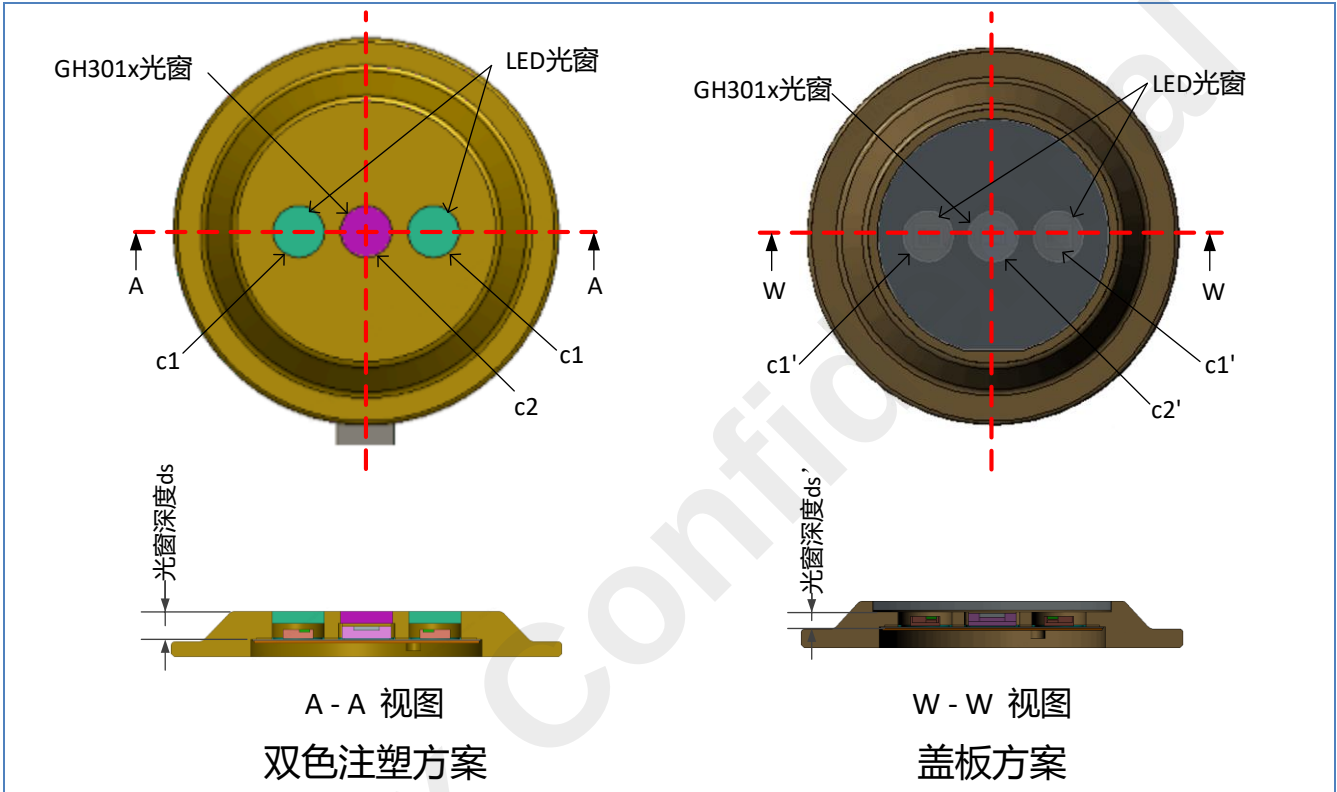


图 3-3 光窗结构示意图

表 3-2 设计参考尺寸

符号	推荐尺寸 (mm)		尺寸要求
	设计值	公差	
c1 / c1'	φ 3.2	±0.1	LED 灯光窗直径/边长 ≥ 2.0 mm, 开窗尺寸和面积越大, 性能越优
c2 / c2'	φ 3.2	±0.1	GH301x 光窗直径/边长 ≥ 2.0 mm, 开窗尺寸和面积越大, 性能越优
ds	1.85	/	光窗深度 ≤ 2.55 mm, 开窗深度越小, 性能越优
ds'	1.05	/	光窗深度 ≤ 2.55 mm, 开窗深度越小, 性能越优

说明:

- 双色注塑方案的光窗深度, 指从光窗上表面到 FPC/PCB 上表面的垂直距离,
- 盖板方案的光窗深度, 指光窗下表面与 FPC/PCB 上表面的垂直距离。

3.3 凸台设计

对于智能手表和手环类产品, 底部凸台通常设计为类圆形或者跑道型, 如图 3-4、图 3-5 所示, 关键设计参数见表 3-3。

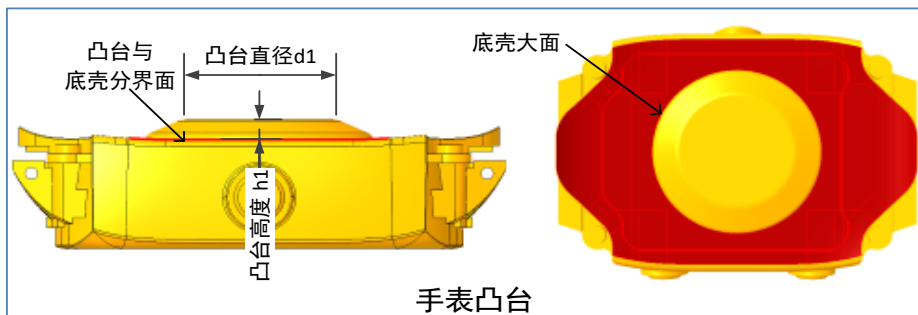


图 3-4 手表底部凸台示意图

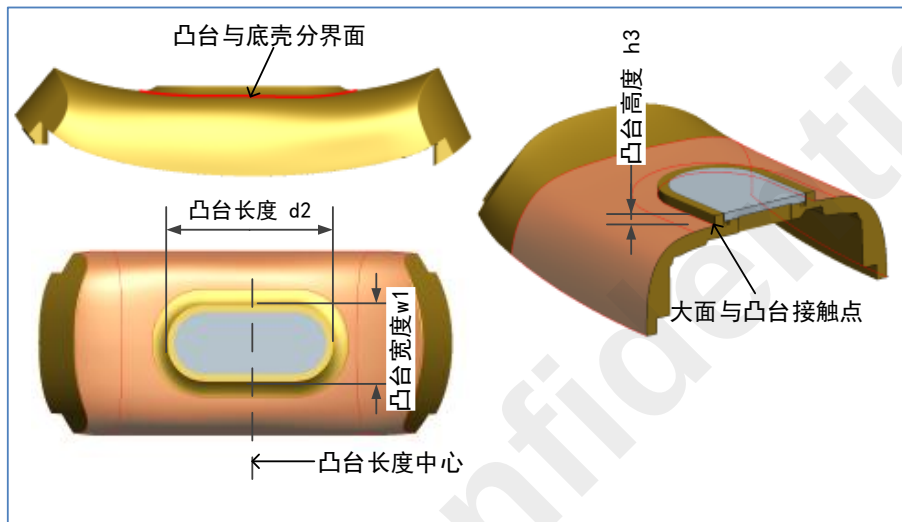


图 3-5 手环底部凸台示意图

表 3-3 凸台关键结构设计尺寸

凸台种类	符号	设计尺寸 (mm)	推荐值 (mm)	尺寸说明
手表凸台	d1	$\leq \phi 25$	$\phi 16$	凸台直径/长度/宽度越小，性能越优 凸台高度越高，性能越优
	h1	≥ 0.8	2	
手环凸台	d2	≤ 20	盖板方案：18 双色方案：16.5	
	w1	≤ 12	盖板方案：8 双色方案：6	
	h3	≥ 0.6	1.5	

3.4 遮光设计

结构遮光设计的目的是防止 LED 发出的光线未经光窗而直接横向传播至 PD。这部分光线不仅未携带有效的 PPG 信号，还会带来额外的噪声。因此，结构设计时，需注意遮光设计。

双色注塑方案的漏光路径为 FPC 与挡墙之间的缝隙，如图 3-6 所示；

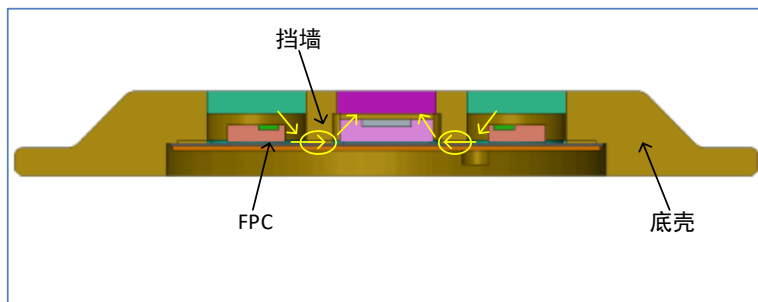


图 3-6 双色注塑漏光路径

盖板方案的漏光路径除上述路径外，还包括盖板与底壳之间的缝隙，如图 3-7 所示。

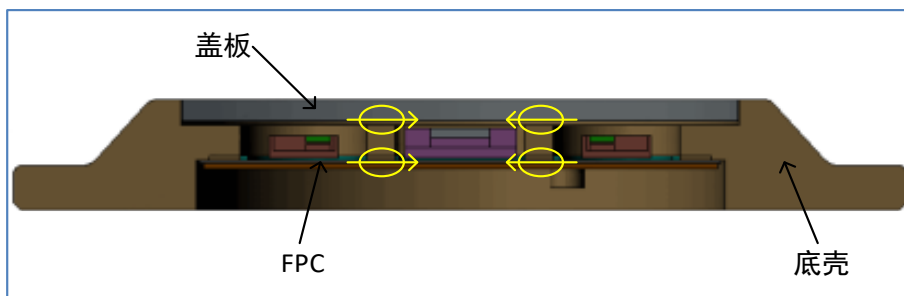


图 3-7 盖板方案漏光路径

结构遮光设计时，可在上述漏光路径上选用不透光的胶带或者遮光泡棉将漏光路径遮住，还可在 GH301x 周围设置不透光的硅胶套，以阻断非正常路径 LED 光的接收。

3.5 佩戴设计

心率血氧模组的光窗与皮肤贴合良好，才能保证光路稳定、信号良好。如果在使用可穿戴设备过程中出现松动、滑动、翘起、偏位等情况，会导致在原光路中引入变动的空气层，影响心率、血氧检测的准确度和稳定性。贴合设计建议如下：

- 结构外形应采用人体工学设计，以保证佩戴舒适度与心率/血氧性能的提升
- 表带的材质影响佩戴贴合效果，建议表带设计尽量柔软、易弯折，以保证佩戴舒适度与贴合稳定性。