

目 录

1	概要设计	2
1.1	硬件架构.....	2
1.2	产品结构.....	2
1.3	模块划分.....	3
2	硬件总体方案	4
2.1	系统总体框图.....	4
2.2	模块接口和通信协议.....	4
3	关键器件选型	6
3.1	对外接口规范.....	6
3.2	控制模块.....	6
3.3	移动通信模块.....	8
3.4	导航模块.....	9
4	PCB 布局及指标要求	12
4.1	PCB 布局	12
4.2	成本要求.....	12
4.3	电池尺寸要求.....	13
4.4	2G/3G/4G 天线要求	13
4.5	GPS 天线	14

1 概要设计

1.1 硬件架构

硬件平台拟采用超低功耗的 MCU 芯片作为核心 CPU，形成管理控制模块，负责接入其它的所有模块和传感器。

如果厂家能够开放 2G/3G/4G 芯片，我们可以直接在通信芯片基础上开发功能，则 MCU 可以不要。考虑 MCU 时，产品其硬件架构如下所示：

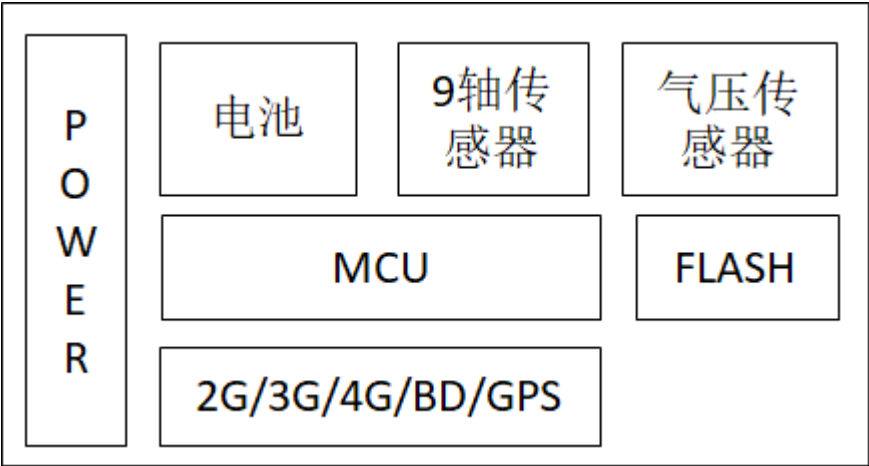


图 1-1 微型产品硬件架构

1.2 产品结构

产品的结构如下图 1-2 所示：

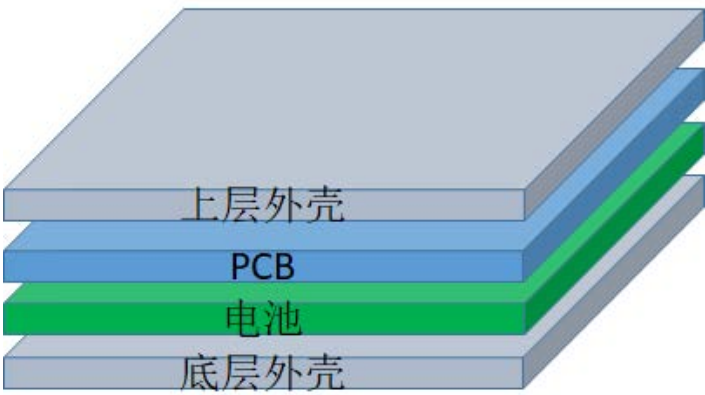


图 1-2 微型产品结构框图

产品由 4 层组成，分别是上层外壳，PCB，电池和底层外壳。电池的尺寸不

大于 PCB 的尺寸，上层外壳和底层外壳通过卡扣扣合，层间缝隙由胶垫密封。

下图 1-3 是 PCB 的布局。PCB 上层是采用 MTK 或者 QUALCOMM 的 2G/3G/4G+BD/GPS 移动通信芯片，构成通信系统模块，通信系统的天线采用柔性 PCB 为材料的微带天线，粘贴在上层外壳内部，通过柔性 PCB 连接器连接到 PCB 上。

GPS/BD 的天线，建议采用柔性 PCB 为材料的微带天线，粘贴在底层外壳内部，通过柔性 PCB 连接器连接到 PCB 上。

PCB 的底层是 MCU 为核心的控制模块，包括外扩的 FLASH（作为黑盒子保存数据），电源，以及 9 轴传感器和气压传感器。

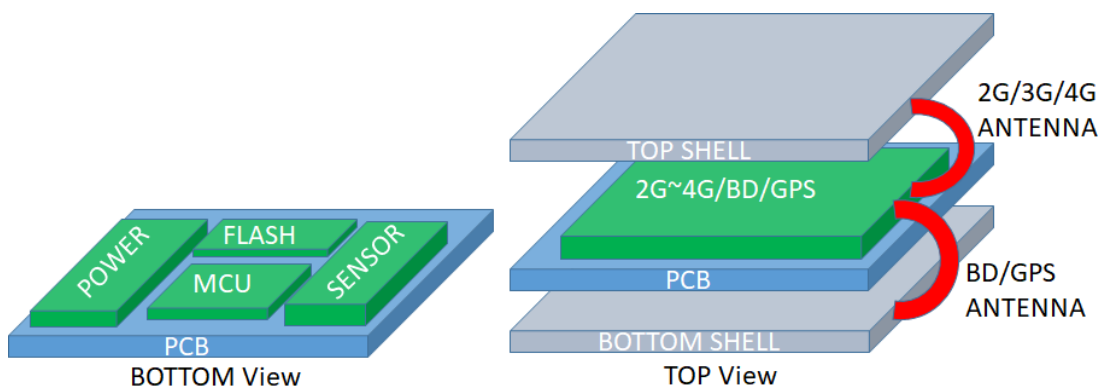


图 1-3 微型产品硬件布局图

1.3 模块划分

根据产品功能需求，硬件部分可以划分为以下几个主要功能模块：

控制模块：主要由低功耗微控制器为核心，提供整个系统的控制和数据交换中心，所有软件模块均运行于其上。

移动通信模块：主要由 MTK 或者 QUALCOMM 的通信芯片为核心构成，提供基本的通信功能。

导航模块：由于产品尺寸限制，并且 MTK 或者 QUALCOMM 的通信芯片均集成有 GPS/（BD）功能，因此，导航模块功能主要由 MTK 或者 QUALCOMM 的通信芯片完成。

电源模块：包括供电电路、充电电路和电池，负责为整个机载管控模块提供电源。

2 硬件总体方案

2.1 系统总体框图

根据模块的划分，系统总体框图如下图 2-1 所示。

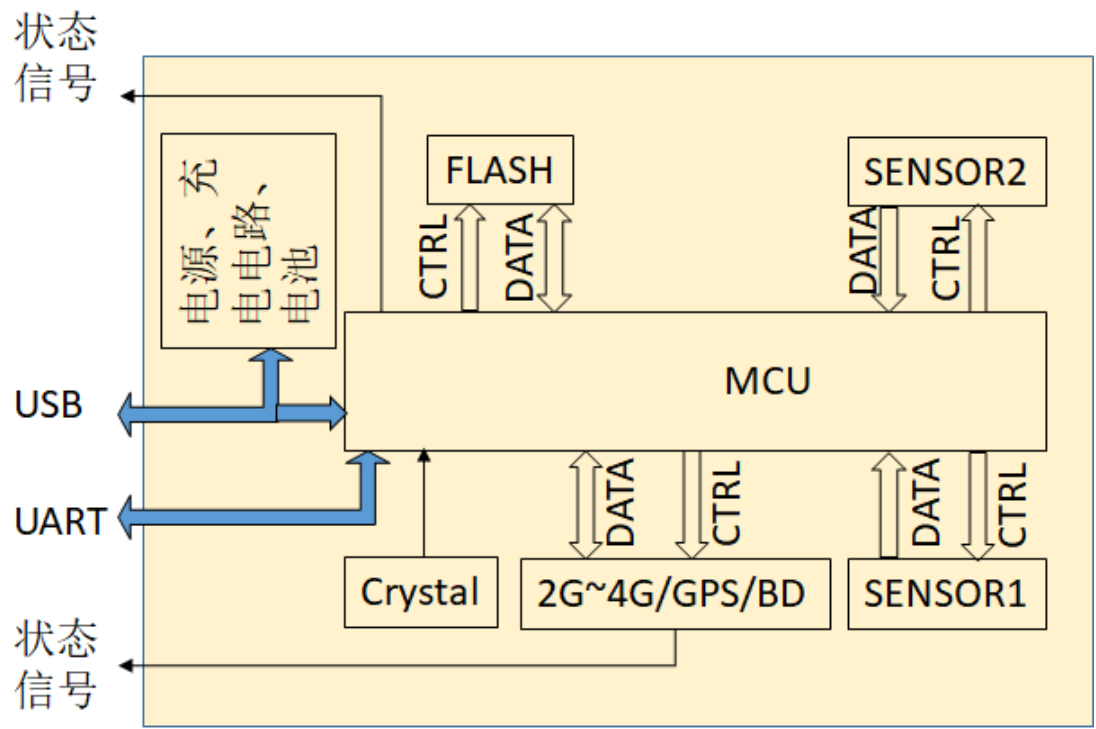


图 2-1 系统总体框图

整个系统以 MCU 为核心连接各个模块，实现各个模块间数据和控制信号的收发、处理、传递。各个模块与 MCU 之间分别以数据总线和控制总线相连接。

系统对外提供状态指示信号，USB（含电源接口）和 UART 接口（用于连接飞控系统）。

2.2 模块接口和通信协议

各个模块与 MCU 间的接口和通信协议，拟采用标准的、通用的协议，除与飞控系统的接口外，其它接口尽量不做自定义操作。

在选择各模块型号及关键器件时，需要考虑到“尺寸小”，“重量轻”，“功耗低”的基本要求进行选择，对于一些高功耗的器件和接口尽量不选择。

由于 MCU 的内存容量一般很有限，因此，对接品和通信协议，操作起简单越好。因此，建议选择 UART、SPI、I2C、GPIO 直接控制等方式较佳。

由于各个模块可能有多个方案选择，因此，具体的各个模块的接口及通信协议，在专门对各个模块和关键器件的说明部分进行描述。

3 关键器件选型

3.1 对外接口规范

机载管控模块对外的接口主要包括以下四个部分：

一是电源接口，提供外部电源的接入，给模块供电的同时，对电池进行充电；

二是本地人机界面接口，采用 USB 2.0 接口，通过 USB 与本地电脑进行链接。此接口与电源接口合二为一，以减少外部连接端口，降低成本，提高产品可靠性。

三是标准的 UART 接口，用于与无人机的飞控系统对接，获取飞控参数，并传送云系统下达的指令的数据。

四是状态显示接口，由三组三色 LED 灯组成，包括：

运行指示：绿色表示正常运行；黄色表示有模块故障；红色表示出错，需要修复；

电池指示：绿色表示电量充足，黄色表示电量仅有一半，红色表示电池电量太低，不能正常供电，需要充电；

无线信号指示：绿色表示信号强，黄色表示信号较强，红色表示信号很弱或没有信号。

由于指示灯均由三基色构成，因此在显示时，除可以显示三种基色外，还可以显示三种基色外的其它颜色，因此，通过不同的颜色可以显示更多的状态信息以供诊断使用。

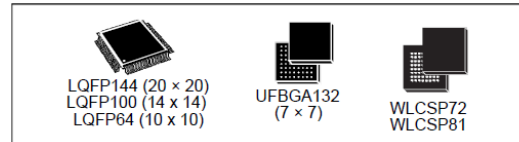
3.2 控制模块

控制模块以微控制器为核心，构建成一个完整的嵌入式 CPU 小系统，实现对所有其它外部模块的连接与控制 and 数据交换。

STM32L476 是 ST 公司推出的一款超低功耗的 MCU+FPV，其内核是 32-bit 的 ARM Cortex-M4，具有 100DMIPS 的运算能力。内部集成 1MB Flash，128KB SRAM，外部支持 UST OTG FS，LCD，UART，I2C，CAN 等多种总线接口，其主要功能如下图所示，具体描述可参考《DM00108832_ENV5_RM0351_STM32L4x6 DS. pdf》。

Features

- Ultra-low-power with FlexPowerControl
 - 1.71 V to 3.6 V power supply
 - -40 °C to 85/105/125 °C temperature range
 - 300 nA in V_{BAT} mode: supply for RTC and 32x32-bit backup registers
 - 30 nA Shutdown mode (5 wakeup pins)
 - 120 nA Standby mode (5 wakeup pins)
 - 420 nA Standby mode with RTC
 - 1.1 µA Stop 2 mode, 1.4 µA with RTC
 - 100 µA/MHz run mode (LDO Mode)
 - 39 µA/MHz run mode (@3.3 V SMPS Mode)
 - Batch acquisition mode (BAM)
 - 4 µs wakeup from Stop mode
 - Brown out reset (BOR)
 - Interconnect matrix
- Core: ARM® 32-bit Cortex®-M4 CPU with FPU, Adaptive real-time accelerator (ART Accelerator™) allowing 0-wait-state execution from Flash memory, frequency up to 80 MHz, MPU, 100DMIPS and DSP instructions
- Performance benchmark
 - 1.25 DMIPS/MHz (Drystone 2.1)
 - 273.55 CoreMark® (3.42 CoreMark/MHz @ 80 MHz)
- Energy benchmark
 - 220 ULPBENCH® score
- Clock Sources
 - 4 to 48 MHz crystal oscillator
 - 32 kHz crystal oscillator for RTC (LSE)
 - Internal 16 MHz factory-trimmed RC (±1%)
 - Internal low-power 32 kHz RC (±5%)
 - Internal multispeed 100 kHz to 48 MHz oscillator, auto-trimmed by LSE (better than ±0.25 % accuracy)
 - 3 PLLs for system clock, USB, audio, ADC
- CAN (2.0B Active) and SDMMC interface
- SWPMI single wire protocol master I/F
- IRTIM (Infrared interface)
- 14-channel DMA controller



- Up to 114 fast I/Os, most 5 V-tolerant, up to 14 I/Os with independent supply down to 1.08 V
- RTC with HW calendar, alarms and calibration
- LCD 8× 40 or 4× 44 with step-up converter
- Up to 24 capacitive sensing channels: support touchkey, linear and rotary touch sensors
- 16x timers: 2x 16-bit advanced motor-control, 2x 32-bit and 5x 16-bit general purpose, 2x 16-bit basic, 2x low-power 16-bit timers (available in Stop mode), 2x watchdogs, SysTick timer
- Memories
 - Up to 1 MB Flash, 2 banks read-while-write, proprietary code readout protection
 - Up to 128 KB of SRAM including 32 KB with hardware parity check
 - External memory interface for static memories supporting SRAM, PSRAM, NOR and NAND memories
 - Quad SPI memory interface
- 4x digital filters for sigma delta modulator
- Rich analog peripherals (independent supply)
 - 3× 12-bit ADC 5 Msps, up to 16-bit with hardware oversampling, 200 µA/Msps
 - 2x 12-bit DAC, low-power sample and hold
 - 2x operational amplifiers with built-in PGA
 - 2x ultra-low-power comparators
- 20x communication interfaces
 - USB OTG 2.0 full-speed, LPM and BCD
 - 2x SAIs (serial audio interface)
 - 3x I2C FM+(1 Mbit/s), SMBus/PMBus
 - 5x USARTs (ISO 7816, LIN, IrDA, modem)
 - 1x LPUART (Stop 2 wake-up)
 - 3x SPIs (4x SPIs with the Quad SPI)
- True random number generator
- CRC calculation unit, 96-bit unique ID
- Development support: serial wire debug (SWD), JTAG, Embedded Trace Macrocell™

Table 1. Device summary

Reference	Part numbers
STM32L476xx	STM32L476RG, STM32L476JG, STM32L476MG, STM32L476ME, STM32L476VG, STM32L476QG, STM32L476ZG, STM32L476RE, STM32L476JE, STM32L476VE, STM32L476QE, STM32L476ZE, STM32L476RC, STM32L476VC

图 3-1 STM32 功能清单

3.3 移动通信模块

移动通信模块主要完成基本的通信任务。机载管控模块通过移动通信模块，利用移动通信网络，完成与云系统间的数据交互。

模块可以采用 QUALCOMM 的 MDM9X07，或者 MTK 的 MTK6753。从性价比上，建议采用 MTK 的 MTK6753。

MTK 的 MTK6753 是 8 核 G4 芯片。下图是 MTK6753 的部分特性介绍和系统功能框图，详细说明参考《MTK6753_Technical_Brief.pdf》。

1.1 Highlighted Features Integrated in MT6753

- Octa-core ARM® Cortex-A53 MPCore™ operating at 1.3GHz
- LPDDR3 up to 3GB, 667MHz
- LTE Cat 4 (150Mbps)
- CDMA200 HEPD/ 1xEV-DO Revision 0 and A.
- Embedded connectivity system including WLAN/BT/FM/GPS
- Resolution up to FHD (1,920*1,080)
- OpenGL ES 3.0 3D graphic accelerator
- ISP supports 16MP@30fps.
- HEVC 1080p @ 30fps decoder
- H.264 1080p @ 30fps encoder
- Speech codec (FR, HR, EFR, AMR FR, AMR HR and Wide-Band AMR)

图 3-2 MTK6753 部分特性列表

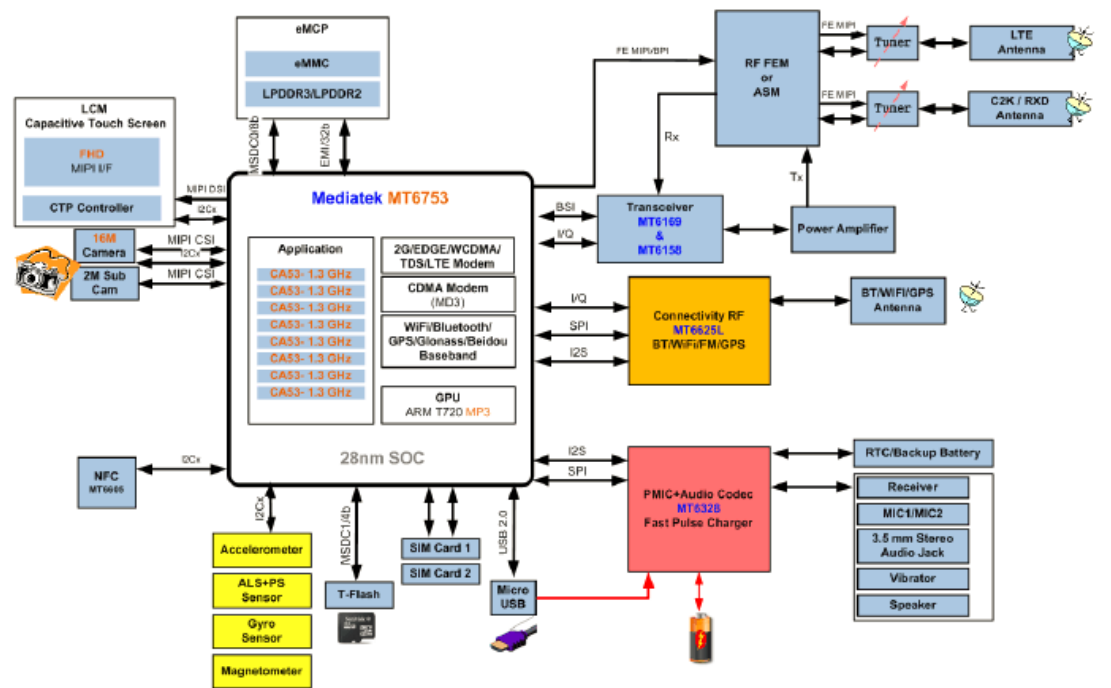


图 3-3 MTK6753 系统功能框图

3.4 导航模块

导航的主要功能集成在移动通信模块的集成芯片内部。辅助导航使用的速度、加速度、方向、高度等参数，由本导航模块的其它传感器提供。

高度传感器拟采用 BOSCH 的 BMP280，它可以测量气压得到高度，也可以测量上升下降速度。其简介及其特性指标如下图 3-4 所示。具体的描述可参考《BMP280_Productflyer_BST_20170110.pdf》。

GENERAL DESCRIPTION

BMP280 is an absolute barometric pressure sensor especially designed for mobile applications. The sensor module is housed in an extremely compact package. Its small dimensions and its low power consumption allow for the implementation in battery driven devices such as mobile phones, GPS modules or watches.

As its predecessor BMP180, the BMP280 is based on Bosch's proven piezo-resistive pressure sensor technology featuring high accuracy and linearity as well as long term stability and high EMC robustness.

Numerous device operation options offer highest flexibility to optimize the device regarding power consumption, resolution and filter performance. A tested set of default settings for example use case is provided to the developer in order to make design-in as easy as possible.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

BMP280 (preliminary) Technical data	
Package dimensions	8-pin LGA with metal 2.0 x 2.5 x 0.95 mm ³
Operation range (full accuracy)	Pressure: 300 ... 1100 hPa Temperature: 0 ... +65 °C
Supply voltage V _{DDIO}	1.2 ... 3.6 V
Supply voltage V _{DD}	1.71 ... 3.6 V
Interface	I ² C and SPI
Average current consumption (typ.) (1 Hz data refresh rate)	2.74 µA (ultra-low power mode)
Average current consumption in sleep mode	0.1 µA

BMP280 TARGET APPLICATIONS <ul style="list-style-type: none"> ▶ Enhancement of GPS navigation (e.g. time-to-first-fix improvement, dead-reckoning, slope detection) ▶ Indoor navigation (floor detection, elevator detection) ▶ Outdoor navigation, leisure and sports applications ▶ Weather forecast ▶ Vertical velocity indication (e.g. rise/sink speed) 	Average measurement time	5.5 msec (ultra-low power preset)
	Resolution of data	Pressure: 0.18 Pa (equiv. to <10 cm) Temperature: 0.01 K
	Absolute accuracy P = 950 ... 1100 hPa (T = 0 ... +65 °C)	~ ±1 hPa
	Relative accuracy pressure (typ.) p=950 ... 1050 hPa (+25 °C)	± 0.12 hPa (equiv. to ±1 m)
	Temperature coefficient offset (+25° ... +40 °C @900hPa)	1.5 Pa/K (equiv. to 12.6 cm/K)

图 3-4 BMP280 特性指标

对于速度、加速度和方向的测量，拟采用 INVENSEN 的 MPU-9250, 它集成了陀螺仪，加速度测量仪和磁场测量仪，能够测量速度、加速度和方向。其简介及其特性指标如下图 3-5 所示。具体的描述可参考《PS-MPU-9250A-01. pdf》。

2.1 Gyroscope Features

The triple-axis MEMS gyroscope in the MPU-9250 includes a wide range of features:

- Digital-output X-, Y-, and Z-Axis angular rate sensors (gyroscopes) with a user-programmable full-scale range of ± 250 , ± 500 , ± 1000 , and $\pm 2000^\circ/\text{sec}$ and integrated 16-bit ADCs
- Digitally-programmable low-pass filter
- Gyroscope operating current: 3.2mA
- Sleep mode current: 8 μ A
- Factory calibrated sensitivity scale factor
- Self-test

2.2 Accelerometer Features

The triple-axis MEMS accelerometer in MPU-9250 includes a wide range of features:

- Digital-output triple-axis accelerometer with a programmable full scale range of $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ and $\pm 16g$ and integrated 16-bit ADCs
- Accelerometer normal operating current: 450 μ A
- Low power accelerometer mode current: 8.4 μ A at 0.98Hz, 19.8 μ A at 31.25Hz
- Sleep mode current: 8 μ A
- User-programmable interrupts
- Wake-on-motion interrupt for low power operation of applications processor
- Self-test

2.3 Magnetometer Features

The triple-axis MEMS magnetometer in MPU-9250 includes a wide range of features:

- 3-axis silicon monolithic Hall-effect magnetic sensor with magnetic concentrator
- Wide dynamic measurement range and high resolution with lower current consumption.
- Output data resolution of 14 bit (0.6 μ T/LSB) or 16 bit (15 μ T/LSB)
- Full scale measurement range is $\pm 4800\mu$ T
- Magnetometer normal operating current: 280 μ A at 8Hz repetition rate
- Self-test function with internal magnetic source to confirm magnetic sensor operation on end products

2.4 Additional Features

The MPU-9250 includes the following additional features:

- Auxiliary master I²C bus for reading data from external sensors (e.g. pressure sensor)
- 3.5mA operating current when all 9 motion sensing axes and the DMP are enabled
- VDD supply voltage range of 2.4 – 3.6V
- VDDIO reference voltage for auxiliary I²C devices
- Smallest and thinnest QFN package for portable devices: 3x3x1mm
- Minimal cross-axis sensitivity between the accelerometer, gyroscope and magnetometer axes
- 512 byte FIFO buffer enables the applications processor to read the data in bursts
- Digital-output temperature sensor
- User-programmable digital filters for gyroscope, accelerometer, and temp sensor
- 10,000 g shock tolerant
- 400kHz Fast Mode I²C for communicating with all registers
- 1MHz SPI serial interface for communicating with all registers
- 20MHz SPI serial interface for reading sensor and interrupt registers
- MEMS structure hermetically sealed and bonded at wafer level
- RoHS and Green compliant

2.5 MotionProcessing

- Internal Digital Motion Processing™ (DMP™) engine supports advanced MotionProcessing and low power functions such as gesture recognition using programmable interrupts
- Low-power pedometer functionality allows the host processor to sleep while the DMP maintains the step count.

图 3-5 MPU-9250A 特性指标

4 PCB 布局及指标要求

4.1 PCB 布局

根据上述说明，如果各模块选择以下关键器件，则各器件尺寸如下表 4-1 所示：

表 4-1 关键器件尺寸及所占 PCB 面积积

序号	器件名称	器件尺寸 (mm)	PCB 面积(mm ²)	说明
1	STM32	4.5*3.8*0.6	17*8	含外围器件
2	BMP280	2.0*2.5*0.95	4*4	含外围器件(S1)
3	CY9250	3*3*1	5*4	含外围器件(S2)
4	IS25LP128	6*5 (WSON)	8*6	含外围器件
5	电源	—	17*9	含外围器件
6	ADS-B OUT	—	17*6	含外围器件
7	USB 接插件	—	8*8	含引脚尺寸

PCB 的布局如下图 4-1 所示。

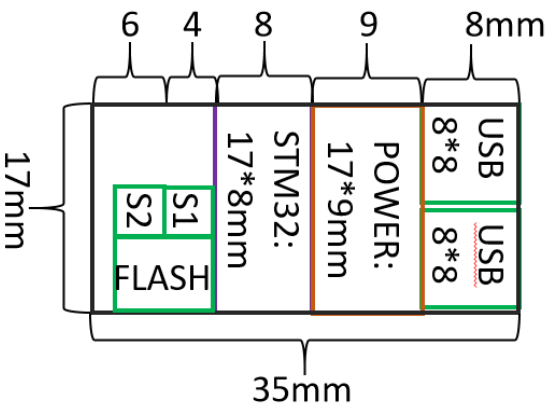


图 4-1 微型产品 PCB BOTTOM 层布局图

PCB 的 TOP 层集成小尺寸的通信模块，其尺寸必须小于：17*35mm。

4.2 成本要求

要求总体成本小于 100RMB。

4.3 电池尺寸要求

不超过 10*35*17mm(厚度*宽度*长度)。

网上查到,一般的 1000mAH 的锂电池,其尺寸为 25*34*50mm(厚度*宽度*长度),如果要做到 10*35*17mm,估计电量会很小。需要和厂家确定这个尺寸下电量最大能够做到多大。我们需要在续航能力和尺寸间做折衷考虑。

4.4 2G/3G/4G 天线要求

无源全向天线,阻抗 50ohm,采用柔性 PCB,贴于外壳内部,尺寸: 35*17mm。
可以参考手机天线的工艺。要求通信距离达到 1Km。

频段:

GSM/EGSM: 900MHz/ 1800MHz

CDMA1X: BC0

CDMA2000: BC0

TD-SCDMA: Band34/ Band39

WCDMA: Band1/ Band8

FDD-LTE: Band1/ Band3

TDD-LTE: Band38/ Band39/ Band40/ Band41

输出功率: 下述功率指标为器件本身提供的指标,需要加 PA,以满足通信距离达到 1Km 的要求。

Class 3 (23dBm \pm 2dB) for LTE FDD

Class 3 (23dBm \pm 2dB) for LTE TDD

Class 2 (24dBm +1/-3dB) for TD-SCDMA

Class 3 (24dBm +1/-3dB) for WCDMA

Class 3 (24dBm \pm 1dB) for CDMA BC0

Class E2 (27dBm \pm 3dB) for EDGE 900MHz

Class E2 (26dBm \pm 3dB) for EDGE 1800MHz

Class 4 (33dBm \pm 2dB) for GSM 900MHz

Class 1 (30dBm \pm 2dB) for GSM 1800MHz

灵敏度:

FDD B1: -97dBm (10M)
FDD B3: -95dBm (10M)
FDD B8: -94dBm (10M)
TDD B38: -97dBm (10M)
TDD B39: -97dBm (10M)
TDD B40: -97dBm (10M)
TDD B41: -96dBm (10M)
WCDMA B1: -111dBm
WCDMA B8: -110dBm
TDSCDMA B34: -109dBm
TDSCDMA B39: -109dBm
CDMA BC0: -109dBm
GSM 900: -109dBm
GSM 1800: -109dBm

4.5 GPS 天线

无源全向天线, 阻抗 50ohm, 采用柔性 PCB, 贴于外壳内部, 尺寸: 35*17mm,
如果能与 2G/3G/4G 天线共用, 则为最佳方案

频率: GPS-L1 ($1575.42 \pm 1.023\text{MHz}$)、BD2-B1 ($1561.098 \pm 2.046\text{MHz}$)