

LPC5506 Based E-Bike Speed Meter Reference Design User Guide Rev.2.0

Calvin Ji 202204

NorthChina CAS Team

随着近年来人们对日常出行品质的提高，电动自行车（包括共享类）市场得到了飞速发展，其功能日趋复杂智能。作为电控部分的“三大件”，电驱，主控和仪表也在不断升级迭代，其中电驱发展经历了最早期的直流有刷电机驱动到直流无刷方波驱动再到如今的 FOC 正弦波驱动，主控从以前附属在电驱或者仪表里的边缘化概念到如今独立出来的中心化，仪表则从普通的段式 LED 显示到如今尺寸越来越大功能越来越丰富的彩屏显示，而相对应的负责沟通互联“三大件”的通信总线也从传统的单总线到 TTL UART 到 RS485 再到如今逐渐展露头脚的 CAN 总线。对于电动自行车这种大众型消费市场来说，这些电控部分的升级换代给 MCU 带来新的机遇的同时也对其性能，外设资源和价格带来了极大挑战。基于此，针对三大件之一的仪表市场，NXP 开发了一套基于高性价比 LPC5506 系列 MCU 的 E-Bike 迈速表中低端显示屏方案。

1. 系统框图：

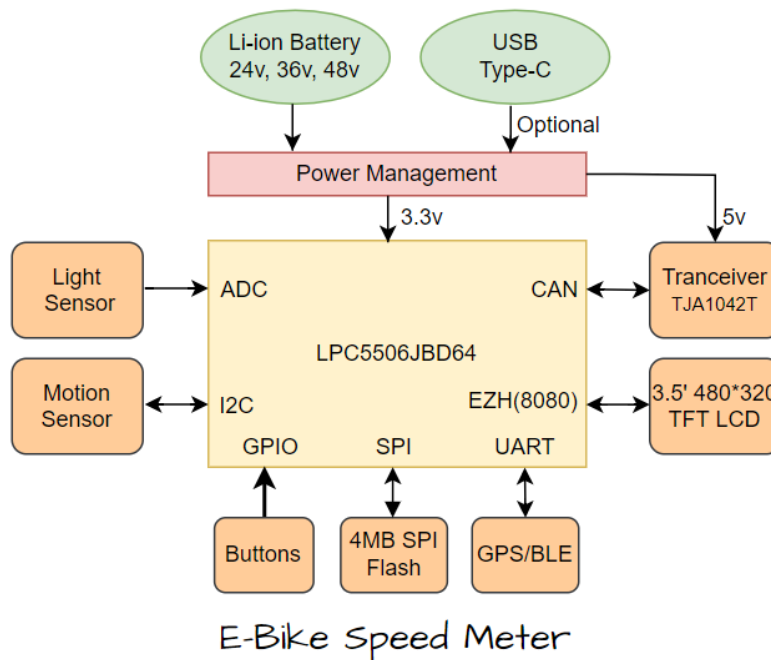


图 1 系统框图

1.1 主要特性：

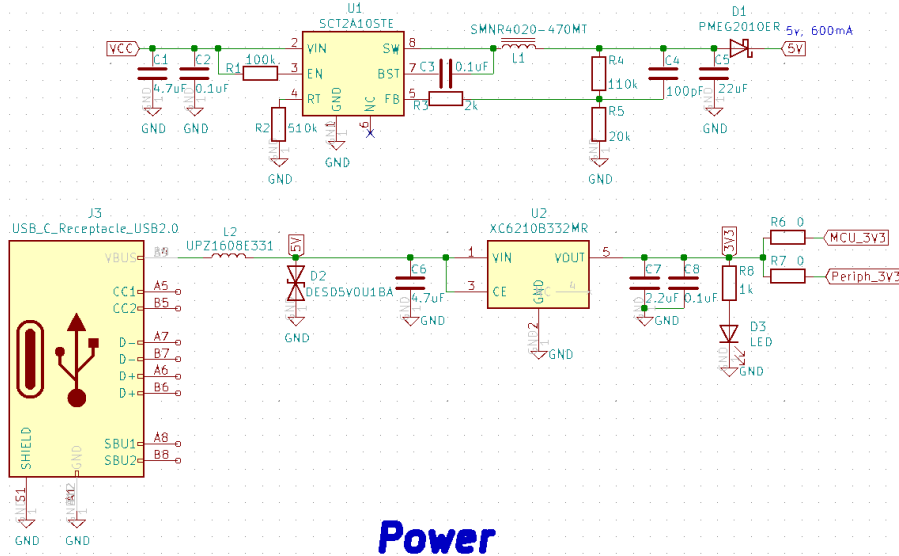
- 4.5v~85v 宽范围电压输入，支持 24v, 36v 和 48v 锂电池组电源直接接入；
- 主控 LPC5506 支持 CAN 通信，8080 16bit/8bit LCD 接口，且封装为 LQFP 10*10mm，利于仪表小型化；
- 支持 3.5 寸 320*480 16bit 及以下尺寸的 TFT LCD 显示屏，预留 I2C 接口的电阻屏触摸控制芯片；
- 支持开源免费的 ZLG AWTK GUI 和 LittleVgl GUI 框架；
- 板载光敏传感器，可用于根据环境光自动调节 LCD 背光亮度；
- 板载六轴 Motion Sensor (MPU6050)，可用于转把方向检测，防盗检测和自行车摔倒检测等；
- 板载 GPS 和 BLE 模块，可用于定位，精确授时校准，行车轨迹离线存储或者与手机蓝牙通信；

- 板载 4MB SPI Flash，用于图片和字体资源，GPS 坐标轨迹存储和其他重要信息存储；
- 预留了 USB Type-C 电源供电端口和调试串口，方便工程师调试。

2. 硬件设计：

2.1 电源设计

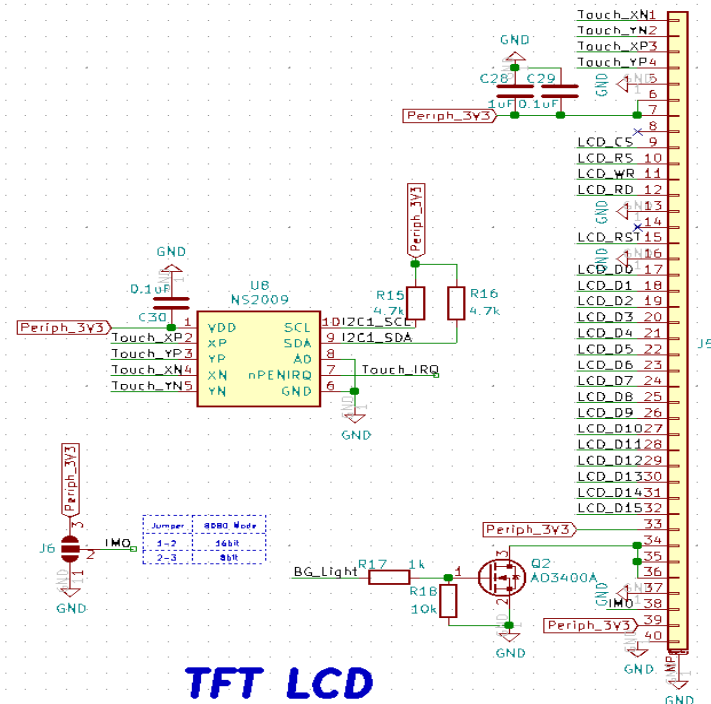
系统一级电源使用芯洲的 WCT2A10 同步降压 DCDC 芯片，支持 4.5~85v 宽电压输入，可以直接接入常用的 24v/36v/48v 锂电池组，最大输出 5v/600mA，足以提供整板供电需求，同时板子也预留了 USB Type-C 接口 5v 供电，便于工程师脱离外接电源直接使用电脑供电调试。二级电源芯片选择特瑞仕低压差 LDO XC6210，最大提供 3.3v/700mA 电源输出供给 MCU 和其他外设。



Power

图 2 电源电路

2.2 LCD 电路设计



TFT LCD

图 3 TFT LCD 显示电路

LPC5506 系列内置 EZH 模块（可编程微内核），可通过 MCU 的 Port0 IO 口配置成 Camera，8080 和

RGB 等很多通信接口，此参考设计使用 EZH 软件上配置为 8080 8-bit/16-bit 接口，封装上兼容 FPC 40pin P0.5mm 的 8080 8-bit 和 16-bit 接口 TFT LCD 显示屏（默认为 16-bit 模式，可通过跳线 J6 选择），NXP 提供对应的二进制驱动库可以直接移植到用户的应用工程里，用户可以在一块板子上同时评估测试常见尺寸和分辨率（尺寸 3.5, 2.8, 2.2 及以下，分辨率 320*480 和 320*240 及以下）的 8080 接口的 TFT LCD 显示屏。

此外，显示部分预留了 I2C 接口的纳芯威 NS2009 电阻屏触摸芯片，可以结合显示屏配套的电阻屏做 GUI 的触控输入。LCD 显示屏的背光部分，将 LPC5506 的 PWM 输出信号 BG_Light 通过 NMOS 来调节背光亮度。

2.3 CAN 通信电路设计

CAN 接口的设计，考虑主控 LPC5506 为 3.3v 供电，所以选择 NXP 带 VIO 的 CAN 收发器 TJA1042T/3。此外，电动自行车的 CAN 总线接口端子除了 CAN_H/L，地和车身电源之外，一般还配有一个 IO 输入信号作为钥匙开关或者其他外部控制信号，所以设计中 J4 接口端子预留了一个 IO 号接入到板载按键输入上去，作为 MCU 的一个输入。

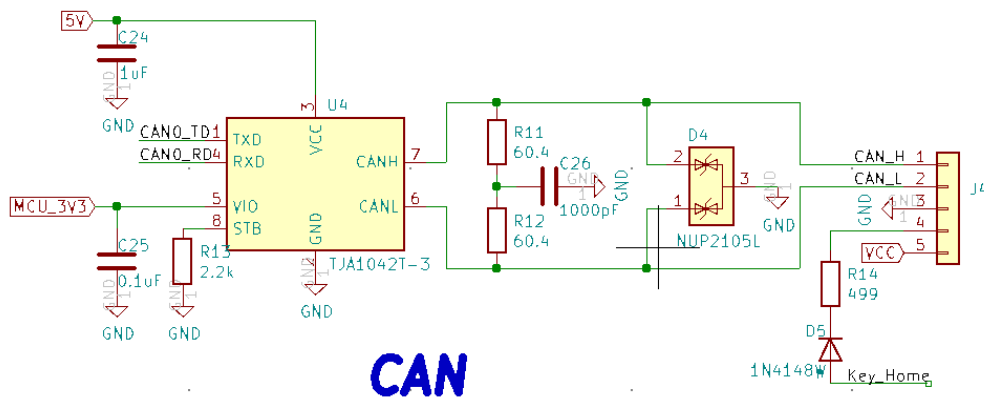


图 4 CAN 通信电路

2.4 GPS 和 BLE 模块设计

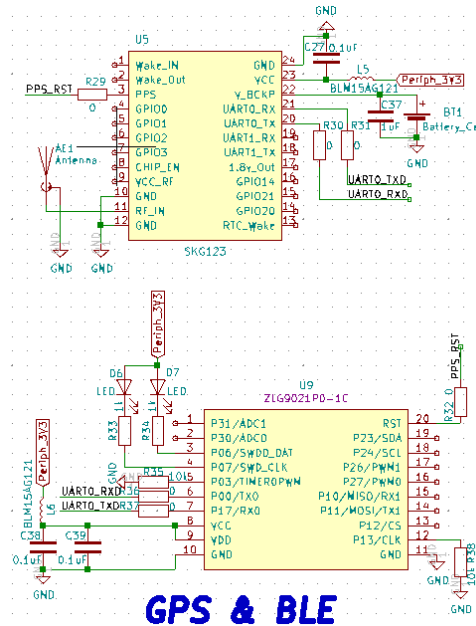


图 5 GPS 和 BLE 模块

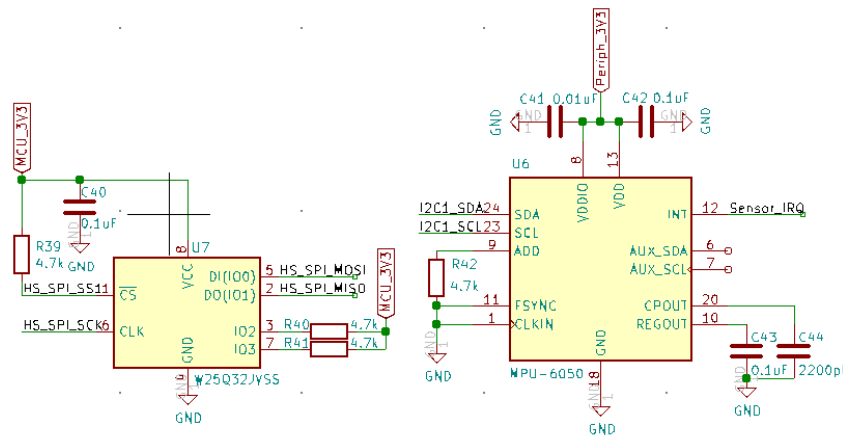
为满足定位，授时，离线轨迹追踪和手机蓝牙控制等扩展应用，本参考设计预留了 GPS 模块和 BLE 模块，其中 GPS 选择 Syslab 的双频多模 GNSS 模块，支持 GPS，北斗，GLONASS，Galileo 和 QZSS 卫星接收，

BLE 模块则选择周立功致远电子的 ZLG9021 BLE4.0 透传模块（板载芯片为 NXP QN9021），不过由于 IO 资源限制，两个模块共享同一个串口 UART0，实际使用过程中硬件上需要做个二选一的焊接。另外，GPS 模块的精确秒脉冲信号 PPS 与主控 LPC5506 的输入捕捉管脚相连，在使能 GPS 模块的前提下可用于软件校准本地 RTC 时钟。

2.5 外置 SPI Flash 和 Motion Sensor 电路

由于 GUI 资源对大容量空间的需要（主要是背景图片等 GUI 素材），本设计外扩了 4MB 的 SPI Flash 作为内置有限 flash 的补充，且为了最大限度提高 GUI 刷新性能，将外置 SPI Flash 的接口挂载到主控 LPC5506 的高速 SPI 接口上，最大可支持 50Mbps 带宽。

此外，I2C 接口上预留了 MPU6050 六轴 Motion Sensor（3 轴陀螺仪+3 轴加速度），在集成 SensorFusion 算法后，可以方便用户扩展诸如自行车转把方向检测，防盗检测和摔倒检测等惯性动作方面的检测功能。



SPI Flash & Sensor

图 6 Flash 和 Motion Sensor 电路

NXP Semiconductors

LPC55S0x/LPC550x

32-bit ARM Cortex-M33 microcontroller

11.11 High-Speed SPI interface (Flexcomm Interface 8)

The actual SPI bit rate depends on the delays introduced by the external trace, the external device, system clock (CCLK), and capacitive loading. Excluding delays introduced by external device and PCB, the maximum supported bit rate for SPI master mode (transmit/receive) and for SPI slave mode (transmit/receive) is 50 Mbit/s.

Table 33. SPI dynamic characteristics^[1]
 $T_{amb} = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $105\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{DD} = 1.8\text{ V}$ to 3.6 V ; $C_L = 10\text{ pF}$ balanced loading on all pins; Input slew = 1 ns , SLEW setting = fast mode for all pins; Parameters sampled at the 50% level of the rising or falling edge.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
SPI master						
t_{DS}	data set-up time		4	-	-	ns
t_{DH}	data hold time		0	-	-	ns
$t_{V(Q)}$	data output valid time		3	-	8	ns
SPI slave						
t_{DS}	data set-up time		4	-	-	ns
t_{DH}	data hold time		0	-	-	ns
$t_{V(Q)}$	data output valid time		6	-	15	ns

图 7 高速 SPI 性能

2.6 按键，光敏传感，蜂鸣器和电池电压监控电路

由于电动自行车的实际应用环境为户外骑行，GUI 的输入设备通常不选择显示屏的触摸操作作为输入，而是多以实体按键作为输入，因此本系统设计了 4 个物理按键（Home, Mode, Up and Down），可以作为 GUI 界面的功能设置和菜单索引翻页等输入，且其中 Home 键与 CAN 接口端子的共用同一个 IO 信号。

此外，考虑到户外环境光对 LCD 显示屏显示效果的影响，系统设计中预留了一个光敏传感器作为环境

光的感测反馈给 MCU 主控然后再通过 PWM 信号来调节 LCD 的背景光亮度。同时，预留的蜂鸣器可以作为警报或者和弦开关机音乐，电池电压监控电路则可以实时采样当前电池组的电压计算后以电量形式显示到 LCD 显示屏上。

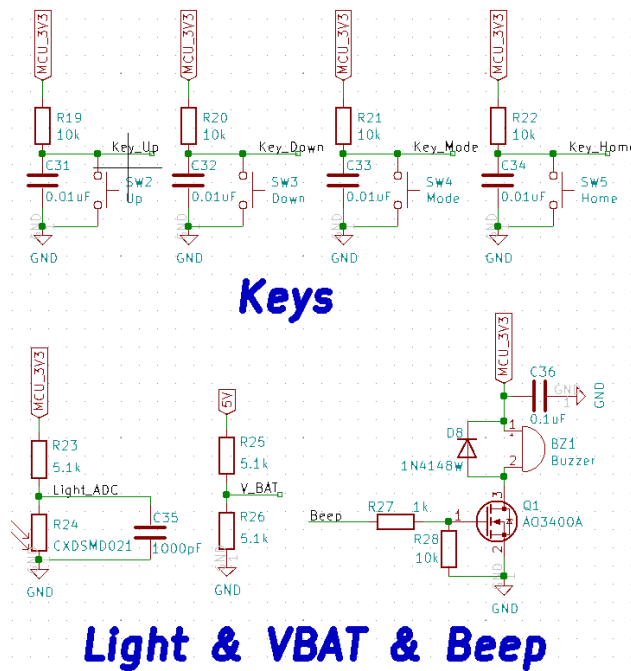


图 8 按键，光敏传感，蜂鸣器和电池电压监控电路

3. 环境搭建：

随当前本文档附带的代码工程有两份，一份为基于 ZLG AWTK GUI 的完整 E-Bike 迈速表工程，可显示车速仪表盘，里程，档位和电池电压等行车参数，也可以进入简单的功能设置界面浏览当前系统信息，且支持通过指定的 CAN 帧格式更新当前 GUI 界面的参数信息，另外一份为移植到本参考设计上的 LittleVgl 的官方 Demo 例程，里面包含了配置好的 EZH 驱动库和 LittleVgl 基本的设备输入输出框架，用户可以基于此例程开发自己的 LittleVgl based E-Bike GUI 应用，NXP 官方基于 LittleVgl 的 E-Bike GUI 应用框架正在开发中。本章节主要以 ZLG AWTK 的 GUI 例程为例介绍整个软硬件开发环境的搭建过程：

(1) 使用 CAN 接口端子电源或者 USB Type-C 端口将板上电，然后将 J-Link 的 SWD 端口与板子的 J1 下载口相连，搭建好硬件开发环境，如下图 9；



图 9 硬件开发环境

(2) 解压 awtk-lpc55s06jbd64-raw 软件包，用 Keil 打开工程，编译完成后下载到目标板，然后按一下板子背面的 SW1 复位按钮将板子复位运行，可以看到显示屏被点亮而且有部分元素显示，但是没有背景图，这是因为背景图片的空间比较大需要存储在外置的 SPI Flash 上，所以接下来需要把图片烧录到外置 Flash 里；

(3) 找到当前代码工程目录下的_tools 文件夹，将外置 Flash 的烧写算法文件 LPC5506.FLM 拷贝到 J-Link 软件的安装目录的 C:\Program Files\SEGGER\JLink\Devices\NXP 路径下，然后打开 C:\Program Files\SEGGER\JLink 路径下的 JLinkDevices.xml，将如下内容加到里面，如下图 10；

```
<Device>
  <ChipInfo Vendor="NXP" Name="LPC5506" WorkRAMAddr="0x20000000" WorkRAMSize="0x8000"
Core="JLINK_CORE_CORTEX_M33" />
  <!-- MCU does not have memory mapped flash area, instead a virtuell address is used. -->
  <FlashBankInfo Name="EXTSPI" BaseAddr="0xC0000000" MaxSize="0x400000"
Loader="Devices/NXP/LPC5506.FLM" LoaderType="FLASH_ALGO_TYPE_CMSIS" />
</Device>
```

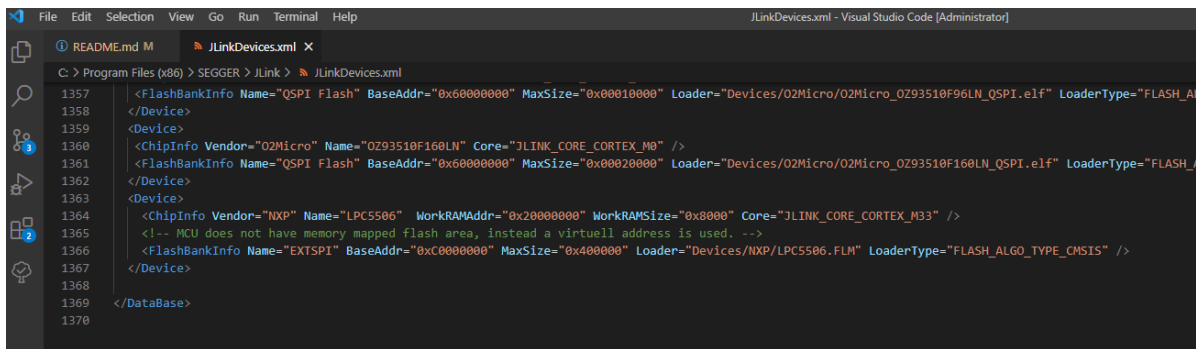


图 10 JLinkDevices.xml 文件

(4) 打开 J-Flash 软件，点击创建新工程，在目标型号列表里选择 LPC5506，然后进入到 J-Flash 界面，回到代码工程的_tools 文件夹，将 data.hex（图片资源的二进制格式）拖到 J-Flash 的右侧数据文件窗口，然后点击 J-Flash 菜单栏的 Target->Connect，再点击 Target->Production Programming，等待一段时间待数据文件烧写完毕之后，再次按下 SW1 复位按钮即可看到完整的运行效果了，如下图 11；

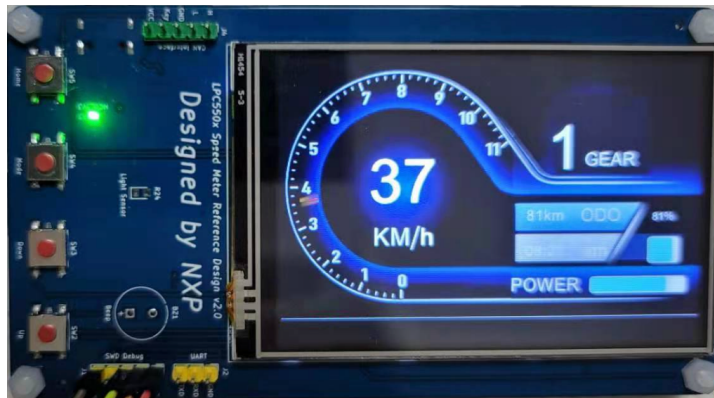


图 11 E-Bike 迈速仪表盘运行效果图

注：data.hex 文件的首地址为 0xC0000000 只是为了在 Flash 烧写算法里区别于内置 Flash（首地址 0x0），并不是实际 SPI Flash 的偏移地址，图片数据实际仍然是从 SPI Flash 的 0 地址开始写入；

(5) 该代码工程默认配置为，无 CAN 数据接收时进入 Demo 演示模式，当有 CAN 帧数据接收则根据预定义好的 CAN 帧格式对接收到的数据进行解析并对应地显示到当前仪表显示盘的元素上面，具体预定义的 CAN 帧格式如下图 12。

CAN数据格式(ID=0x321)

Byte	范围	说明
0	0-110	车速更新, 对应指针旋转
1	0-4	挡位值
2	0-255	累计公里数
3	0-23	时
4	0-60	分
5	0-100	POWER值
6	0-100	
7		

图 12 预定义的 CAN 帧格式

4. 系统性能：

基于 ZLG AWTK GUI 的 E-Bike 迈速表显示屏方案在经过优化之后对主控 MCU 的资源占用以及 GUI 整体刷新性能如下表 1, 留给客户可用的 flash 空间为~50KB, RAM 空间为~30KB, 且帧率可以达到 22fps, 可以满足大部分客户的应用需求(>15fps)。如果将显示屏的分辨率降低到 320*240 及以下小尺寸的情况下, 整个系统的资源占用会相应的减小, 刷新性能也会得到更大的提升。

表 1

方案资源占用及 GUI 刷新性能 (分辨率 320*480 16bit)		
Flash	RAM	刷新帧率
202KB	61KB	22fps

5. 写在最后：

本参考设计的初衷是针对 E-Bike 中低端仪表显示屏市场提供一个高性价比的选择, 同时也可以作为一个对于显示, CAN 通信和小封装有类似需求的平台性的参考方案推广, 比如电摩, 带显示屏的便携式医疗设备和工业 IoT 设备等, 希望此方案能给市场带来更好的用户体验和高性价比的选择。