

# 基于 S32K148 的 T-BOX/GP-ECU 参考设计硬件使用手册

作者：Enwei Hu(NXP AMP GPIS AE)

版本：Ver 1.0.1

## 目 录

基于 S32K148 的 T-BOX/GP-ECU 参考设计硬件使用手册 .....	1
1. 功能特性 .....	2
2. 硬件功能框图介绍 .....	3
3. 功能模块电路介绍 .....	4
3.1 电源电路 .....	4
3.2 CAN 总线接口电路 .....	5
3.3 LIN 总线接口电路 .....	6
3.4 以太网接口电路 .....	6
3.5 QSPI 外部 Flash 存储器电路 .....	7
3.6 BLE 蓝牙模块接口电路 .....	8
3.7 GPS 定位模块接口电路 .....	8
3.8 3G/4G 通信模块接口电路 .....	9
3.9 三轴加速度传感器和 RTC 实时时钟功能模块电路 .....	10
3.10 音频编解码器电路 .....	11
3.11 用户按键、RGB LED, 触摸感应输入等 .....	12
3.12 23-pin ECU 连接器电路(PWM_IN/HS_OUT/EXT_ECU_ADC_IN) .....	14
4. MCU 引脚定义和 23-PIN ECU 连接器配套线束 .....	16
4.1 S32K148 引脚分配 .....	16
4.2 23-PIN ECU 连接器引脚定义 .....	16
5. 附录--参考文档 .....	17

# 1. 功能特性

基于 S32K148 的 T-BOX/GP-ECU 参考设计采用 NXP 最新的通用汽车电子微控制器 S32K1xx 系列的最大资源型号-S32K148, 充分利用其片内集成的丰富硬件外设资源和软件开发套件, 为用户提供了开箱即可验证的汽车 T-BOX 解决方案的参考设计评估平台。

其具有如下功能和特性：

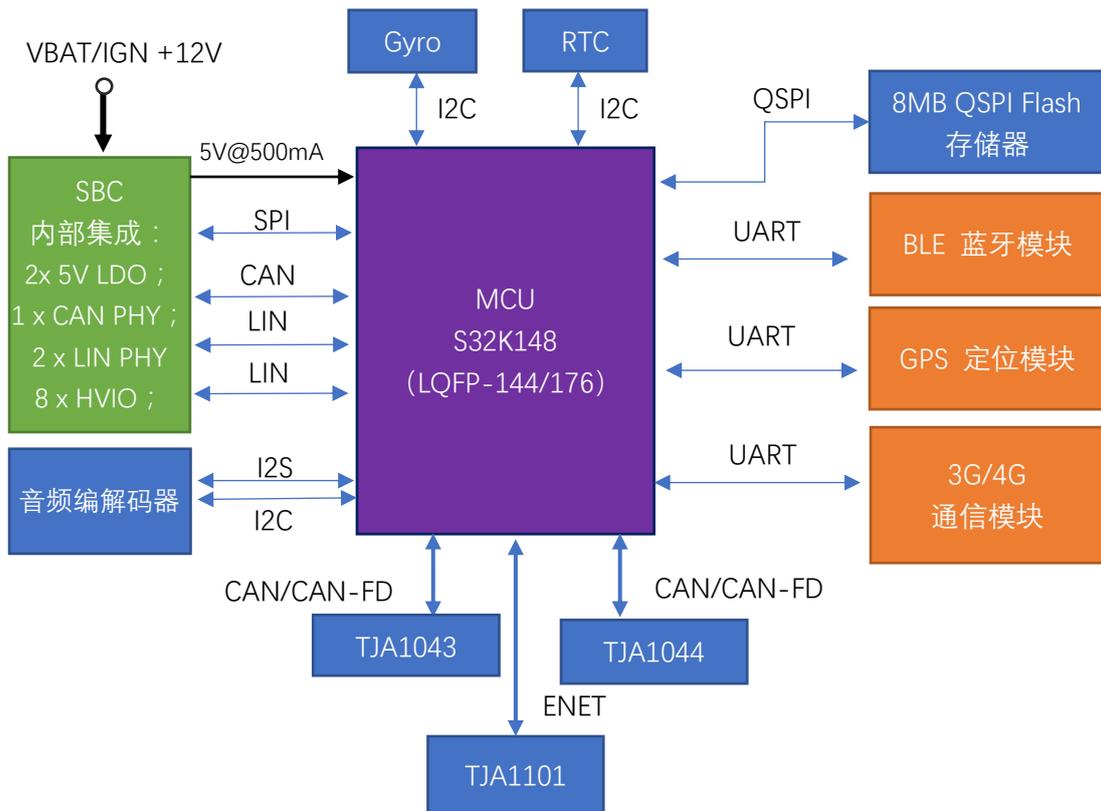
- 核心 MCU 为 FS32K148UJT0VLQT, 片内集成可运行频率高达 112MHz 并且带有 DSP 指令和硬件 IEEE 1577 单精度浮点数处理单元的 ARM Cortex M4F 内核, 2MB Flash, 256KB SRAM 和 4KB 高性能模拟 EEPROM；
- 板载集成丰富的通信接口：
  - ◆ 3 路 CAN, 支持 CAN-FD；
  - ◆ 3 路 UART 接口, 其中两路支持 LIN(通过 SBC—UJA113x 扩展)；
  - ◆ 1 路 100M-base TX1 千兆汽车以太网接口(TJA1101 作为收发器)；
- I2S 接口音频采集输入、放大输出以及编解码芯片(SGTL5000);
  - ◆ 支持 1x 立体声输入(LINE IN)和 1x MIC 输入;
  - ◆ 1x 增益放大耳机输出和 1x 立体声输出(LINE OUT);
  - ◆ 集成 PLL 时钟倍频器；
  - ◆ 集成数字数字音频处理器支持环绕声、音调调节和各种均衡；
  - ◆ I2S 互联通信接口；
- 扩展 8MB QSPI Flash 存储器；
- 提供 T-BOX 功能扩展模块接口：
  - ◆ 1 UART BLE 蓝牙模块接口；
  - ◆ 1 UART GPS 定位模块接口；
  - ◆ 1 UART 3G/4G 通信模块接口；
- 2 个用户按键输入；
- 2 个电容触发感应输入；
- 3 色 RGB LED;
- 1 路滑动变阻器 ADC 输入；
- 提供 23-pin 汽车 ECU 专用连接器接口, 扩展通信连接和外部信号输入输出；
  - ◆ 2 x 外部 ADC 输入；
  - ◆ 2 x HS PWM 输出；
  - ◆ 2 x PWM 输入；
- 兼容 [S32K148EVB](#)；
  - ◆ 提供 Arduino™ UNO 兼容的扩展接口；
  - ◆ 可直接运行 SDK 样例工程；

本参考设计硬件实物照片如下：



## 2. 硬件功能框图介绍

本参数设计的主要功能模块互联框图如下：



本设计采用汽车 12V 电池/点火信号(IGN)供电，通过 SBC-UJA1132 内部集成的一路 12V to 5V LDO 获得 S32K148 和其他片上功能模块电路工作所需的 5V 供电，可以提供最大 500mA 的供电能力，另外一路带保护的 100mA 5V LDO 输出，可以对外步传感器模块供电；该 SBC 同时还为系统提供了 1 路 CAN 总线收发器(可以支持到 2Mbit/s 的 CAN-FD)和 2 路 LIN 总

线收发器以及 8 个高电压输入输出端口(HVIO, 可以灵活配合为高低边输出或者系统唤醒输入)；

用于 T-BOX 参考设计的 BLE 蓝牙、GPS 定位和 3G/4G 通信模块采用 UART 与 S32K148 通信, 使用 2.54mm 间距的排插接口互联, 以便于在 T-BOX 和 GP-ECU 功能评估之间无缝切换；

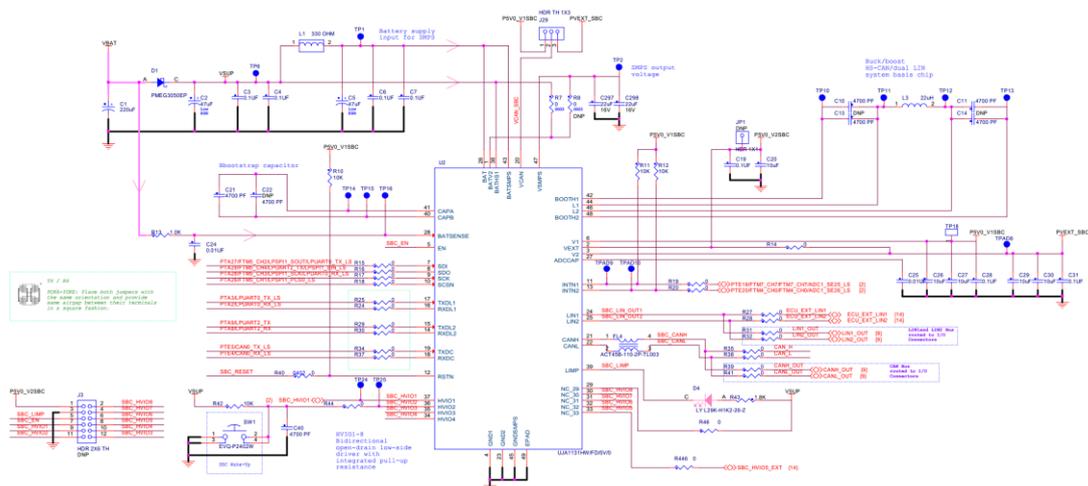
为了兼容 3.3V 和 5V 系统, 本设计中采用了大量 3.3V 到 5V 以及 5V 到 3.3V 的电平转换芯片；

### 3. 功能模块电路介绍

#### 3.1 电源电路

本设计的电源电路由两部分组成。

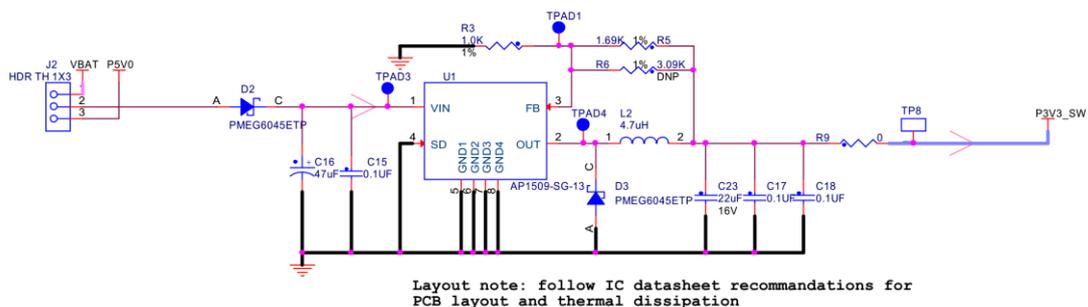
第一部分是 SBC—UJA1132 产生 5V 的电路原理图如下：



其输入为 12V 电池电压, 提供 2 路 5V 输出：

- V1(P5V0\_V1SBC)可以提供最大 500mA 的供电能力；
- V2(PVEXT\_SBC)提供带保护的最大的 100mA 的供电能力, 可以对 ECU 外部模块供电；

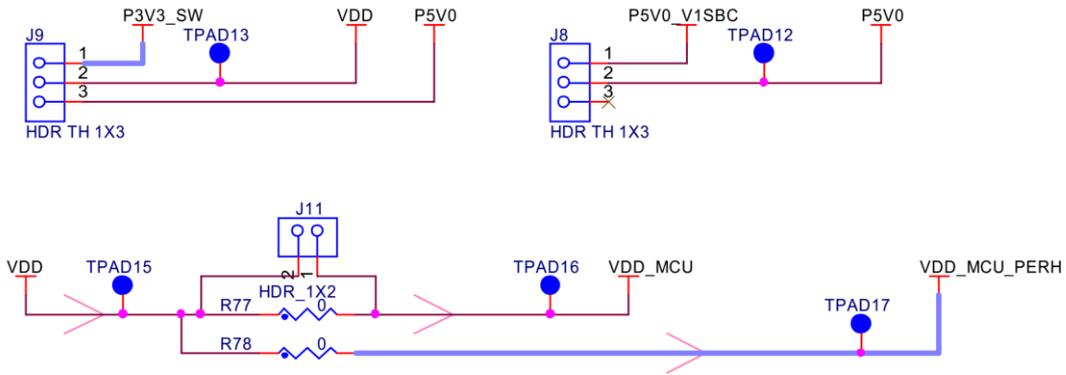
第二部分为 AP1509 产生 3.3V 供电的 DC-DC 电源电路：



其输入为 12V VBAT, 输出为 3.3V 的 P3V3\_SW, 可提供最大 2A 的供电电流。

S32K148 和外设模块的供电 VDD 由 J9 设置，可以选择为 3.3V 系统(P3V3\_SW)或者 5V 系统 (P5V0)。默认 J9 的 1 和 2 短接，S32K148 工作在 3.3V 系统中。

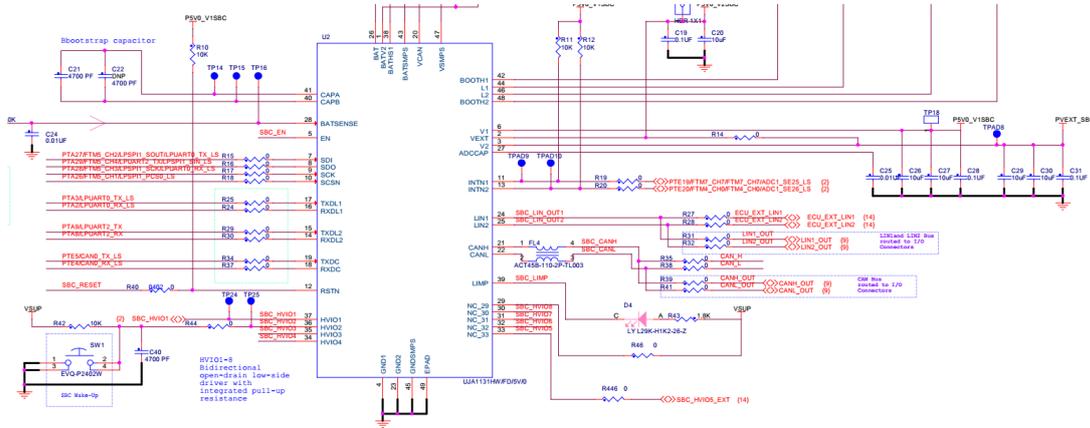
通过 J11/R77 和 R78 将系统供电 VDD 分为专门给 S32K148 供电的 VDD\_MCU 和外设模块供电的 VDD\_MCU\_PERH，从而方便测试 S32K148 的低功耗静态电流：



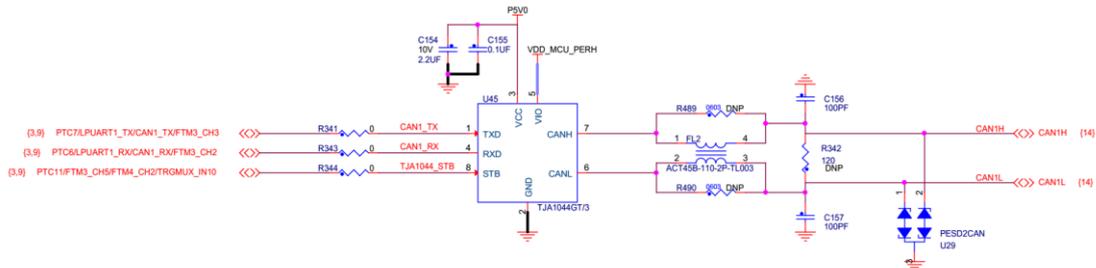
### 3.2 CAN 总线接口电路

本参考设计将 S32K148 的 3 路 FlexCAN 全部连接收发器：

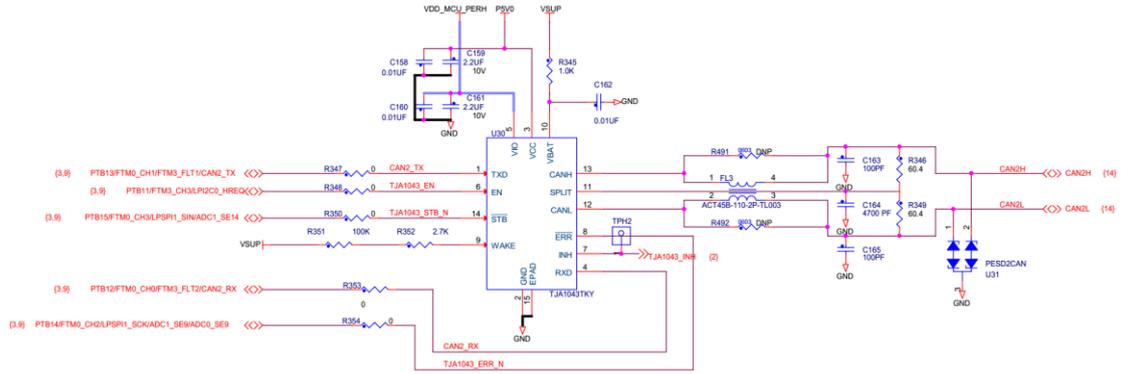
FlexCAN0 通过引脚 PTE4/PTE5 与 UJA1132 集成的 CAN 总线收发器连接：



FlexCAN1 通过引脚 PTC6/PTC7 与 TJA1044 CAN 总线收发器连接，并通过 PTC11 控制 TJA1044 的 standby 低功耗模式(高电平有效)：



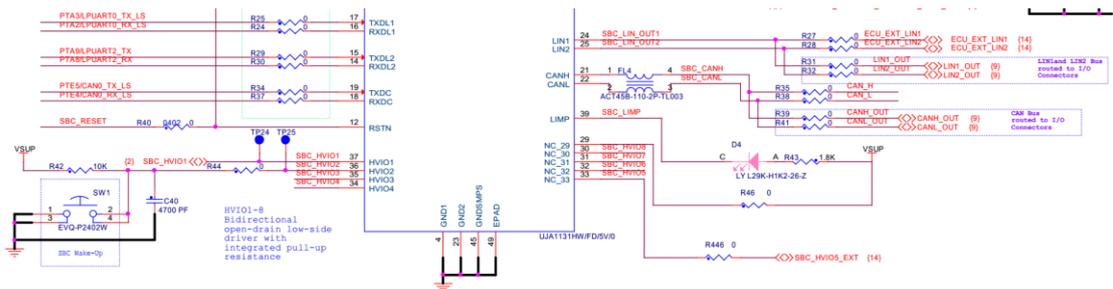
FlexCAN2 通过引脚 PTB12/PTB13 与 TJA1043 CAN 总线收发器连接，并通过 PTB11 和 PTB15 与 TJA1043 的 EN 使能(高电平有效)和 STB\_n(低电平有效)连接，控制其工作和低功耗模式：



以上3路CAN总线都连接到23-PIN ECU连接器，从而与其他ECU通信，具体信号分配请参考 [3.12 23-pin ECU 连接器电路](#)；

### 3.3 LIN 总线接口电路

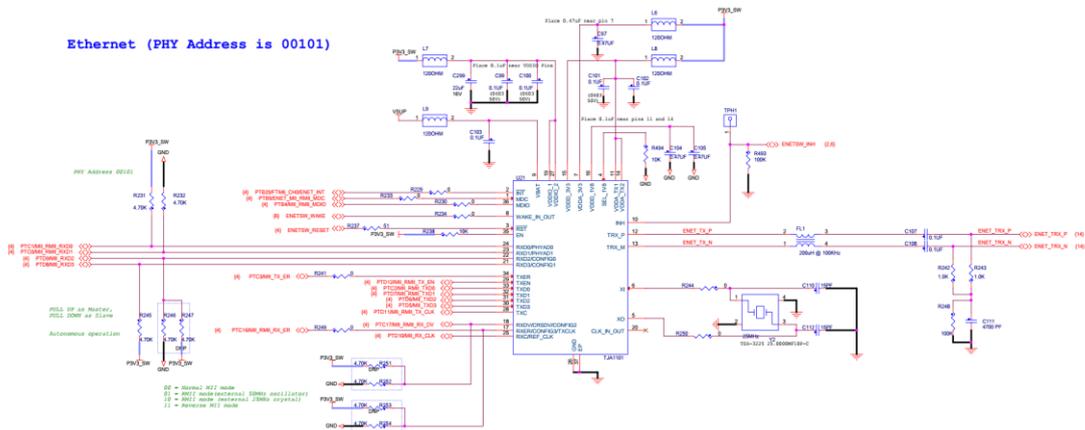
S32K148的LPUART0和LPUART2通过PTA2/PTA3和PTA8/PTA9与UJA1132集成的2个LIN收发器连接，从而提供LIN总线通信接口：



这两路LIN总线被连接到23-PIN的ECU连接器上，以便于外部其他ECU通信，具体信号分配请参考 [3.12 23-pin ECU 连接器电路](#)；

### 3.4 以太网接口电路

S32K148的ENET与TJA1101以MII方式连接，由本地25MHz晶振提供参考时钟，通过引脚上下拉电阻预设的物理地址为0b'00101:

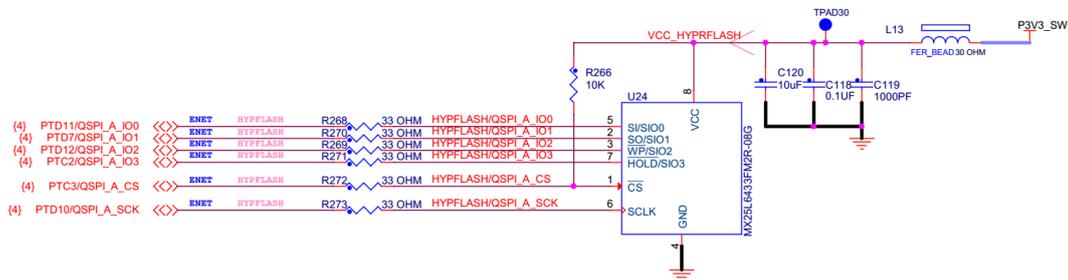


其输出为一对差分信号 **ENET\_TRX\_P/ENET\_TRX\_N**，将其由 23-PIN 的 ECU 连接器引出，以便于外部其他 ECU 通信，具体信号分配请参考 [3.12 23-pin ECU 连接器电路](#)；

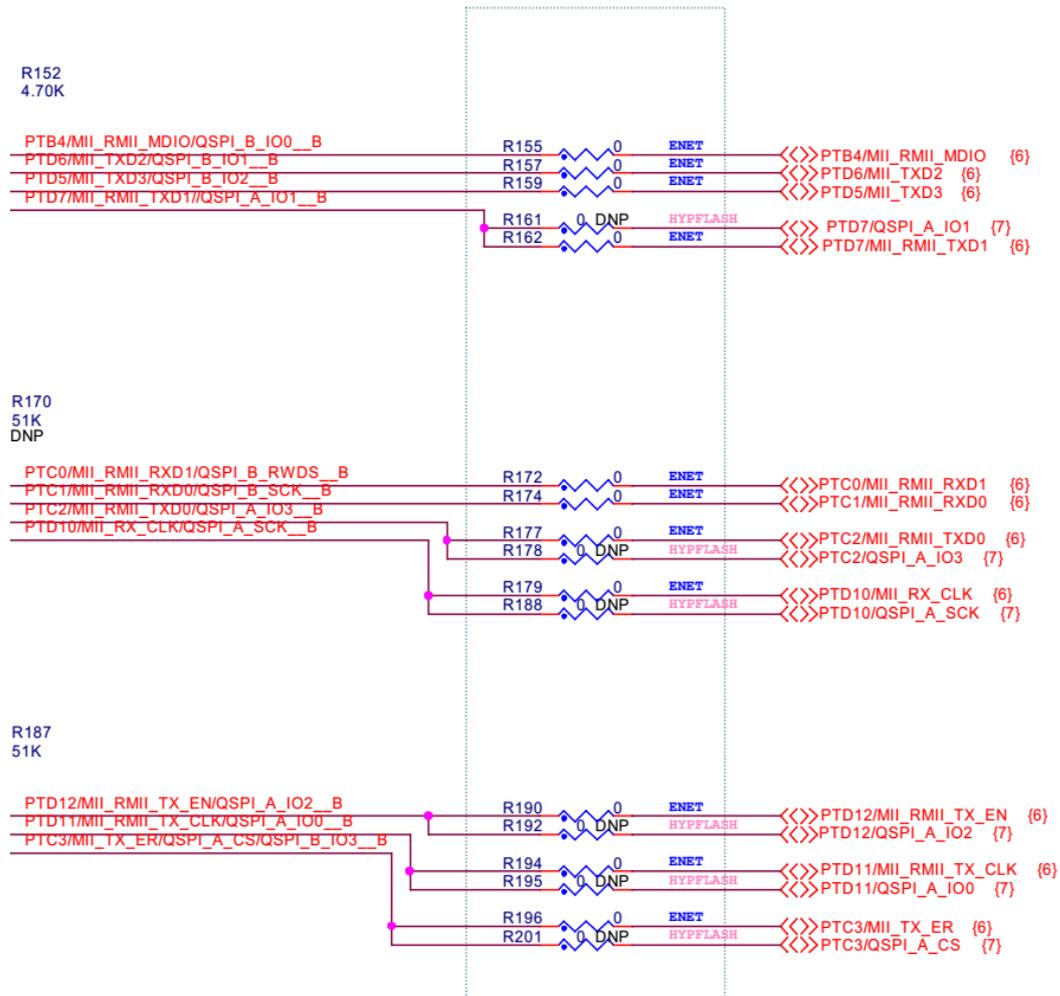
### 3.5 QSPI 外部 Flash 存储器电路

S32K148 集成了一个工作频率 80MHz 的 QSPI 接口，可以支持外部 Flash 的扩展，本设计中就外扩了一个 8MB 的 QSPI Flash--MX25L6433FM2R；

**注意：**这里 MX25L6433FM2R 仅支持 3.3V 工作电压，所以 S32K148 的 QSPI 接口已经过电平转换芯片转换，故使用此 QSPI 外部 Flash 时，S32K148 依然可以工作在 5V 系统中。

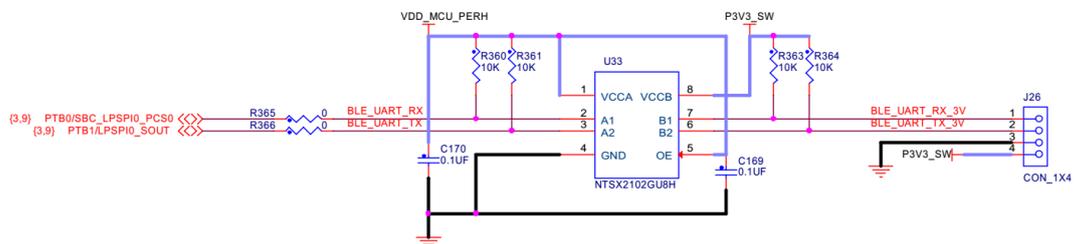


默认 **R162, R178, R188, R192, R195** 和 **R201** 都是 DNP(未焊接)的, 而焊接的是 **R162, R177, R179, R190, R194** 和 **R196**, 所以 **PTD7, PTC2, PTD10, PTD12, PTD13** 和 **PTC3** 是连接到以太网收发器(TJA1101)的。所以, 若要使用 QSPI 外部 Flash, 需要先 DNP **R162, R177, R179, R190, R194** 和 **R196**, 然后焊接 **R162, R178, R188, R192, R195** 和 **R201**。



### 3.6 BLE 蓝牙模块接口电路

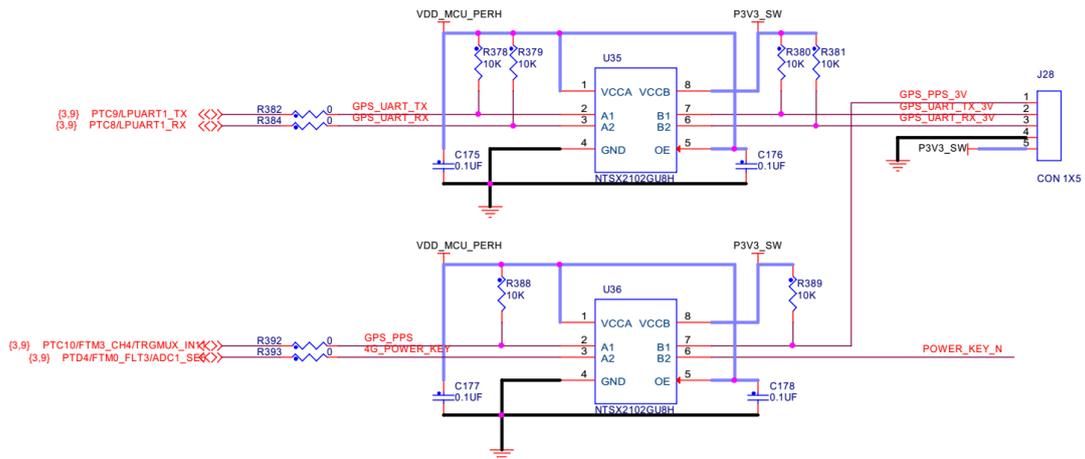
本设计选择的 BLE 蓝牙模块为 HC-08，其仅支持 3.3V 工作，所以 S32K148 的 LPUART0(PTB0/PTB1)通过电平转换芯片后与其连接，并通过 4-PIN 的 J26 对其供电：



### 3.7 GPS 定位模块接口电路

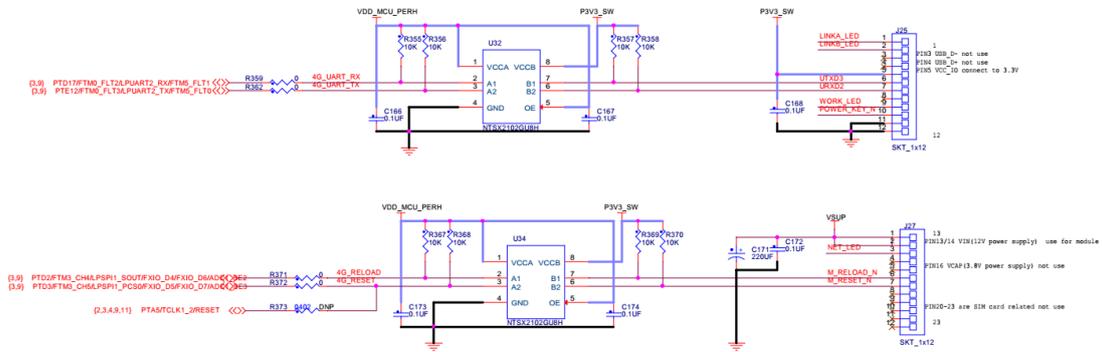
本设计中采用的 GPS 定位模块为 NEO-6M，其工作电压为 3.3V，采用 UART 通信，故 S32K148 的 LPUART1(PTC8/PTC9)以及 PTD4 进过电平转换芯片后通过 5-PIN 的 J28 与其连

接：

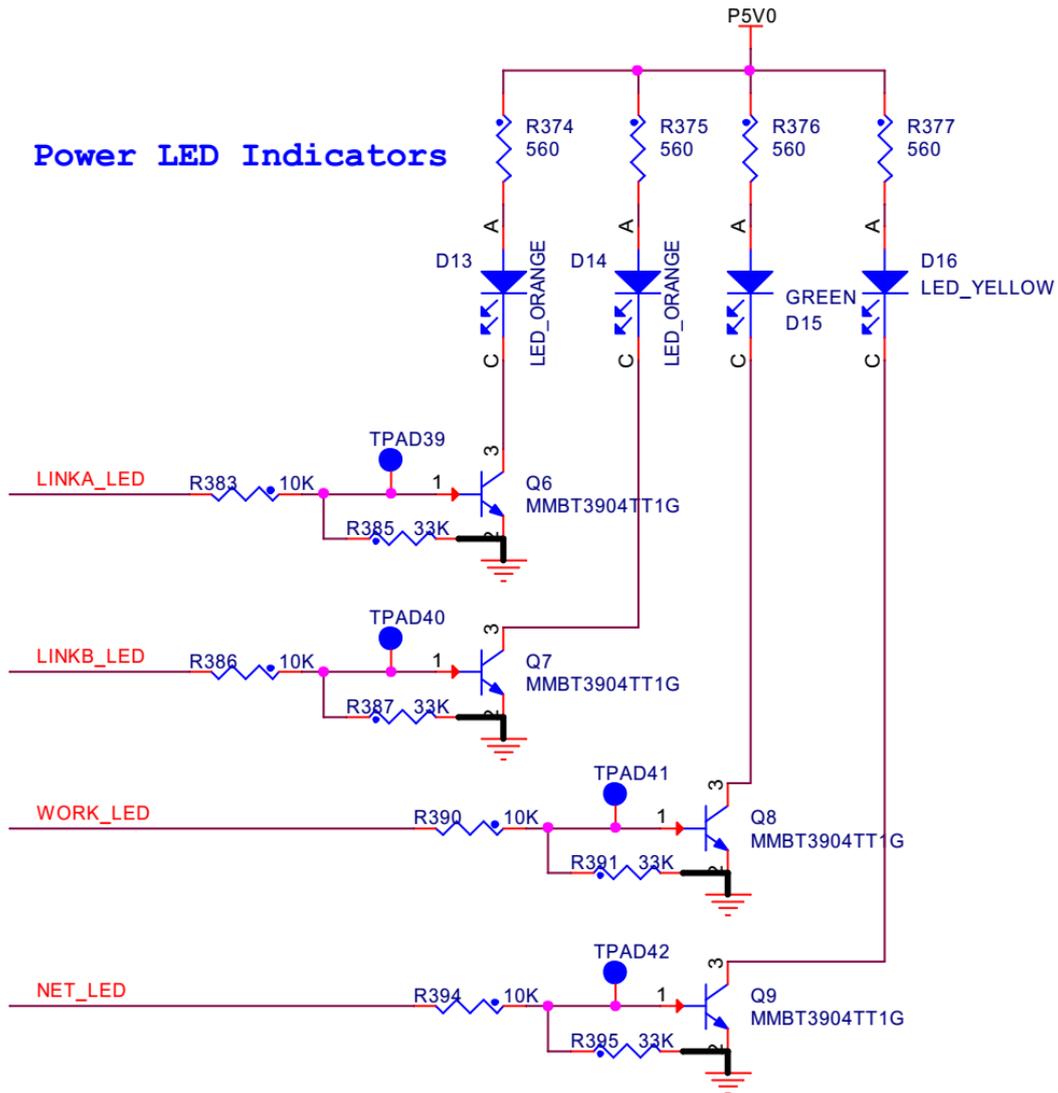


### 3.8 3G/4G 通信模块接口电路

本设计选择的3G/4G通信模块信号为 **USR-LTE-7S4**，采用双排 1x12-PIN 的 **J25** 和 **J27** 与 S32K148 的 **LPUART2(PTD17/PTE12)** 相连，其复位控制(**M\_RESET\_N**，低电平有效)、重加载(**M\_RELOAD\_N**，低电平有效)和电源开关控制 (**POWER\_KEY\_N**，低电平有效)等信号分别与 S32K48 的 **PTD3**、**PTD2** 和 **PTD4** 连接，有人该模块的控制核心工作电压为 3.3V，所以所有与其相连的通信和控制信号均经过电平转换芯片：

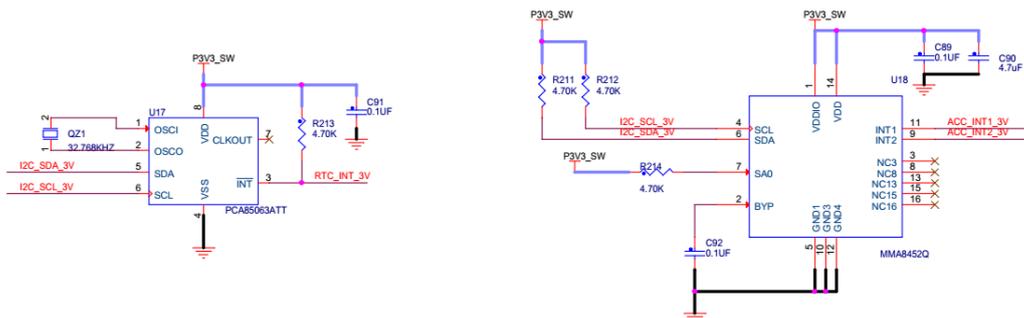


另外，还将 3G/4G 通信模块工作时的指示灯连接到了板子上的 LED：

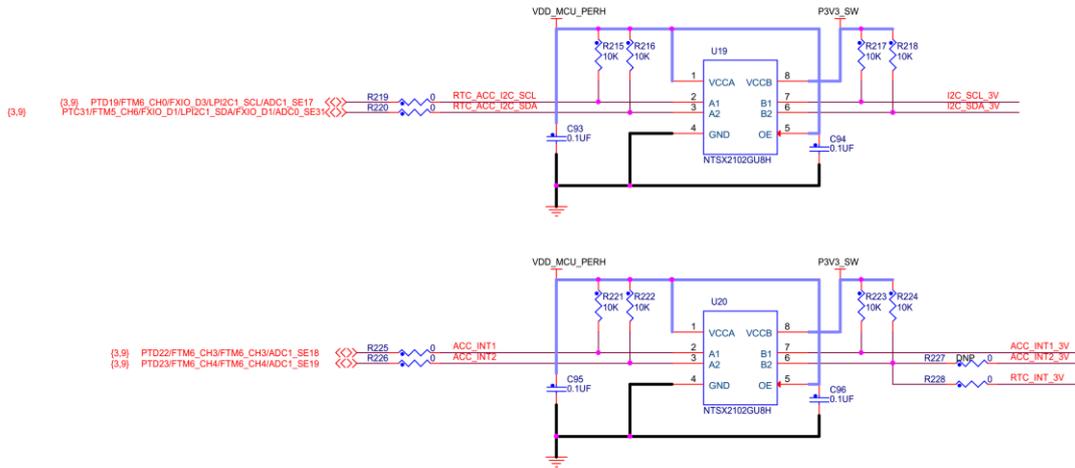


### 3.9 三轴加速度传感器和 RTC 实时时钟功能模块电路

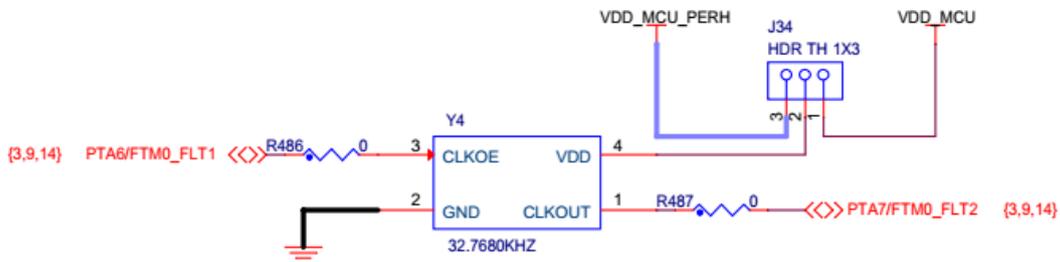
用于检测车辆姿态的三轴加速度传感器—MM8452Q 和用于精确定时的 RTC 实时时钟芯片—PCA85063 都连接到 S32K148 的 **LPI2C1(PTD19/PTC31)**，相应的中断信号连接到 S32K148 的 **PTD22** 和 **PTD23**，由于这两个功能模块都工作在 3.3V 电压，所有与其互联的 S32K148 端口都经过电平转换芯片：



根据硬件设计，三轴加速度传感器和 RTC 实时时钟芯片的 I2C 从设备地址分别为 **0x1C** 和 **0x51**。



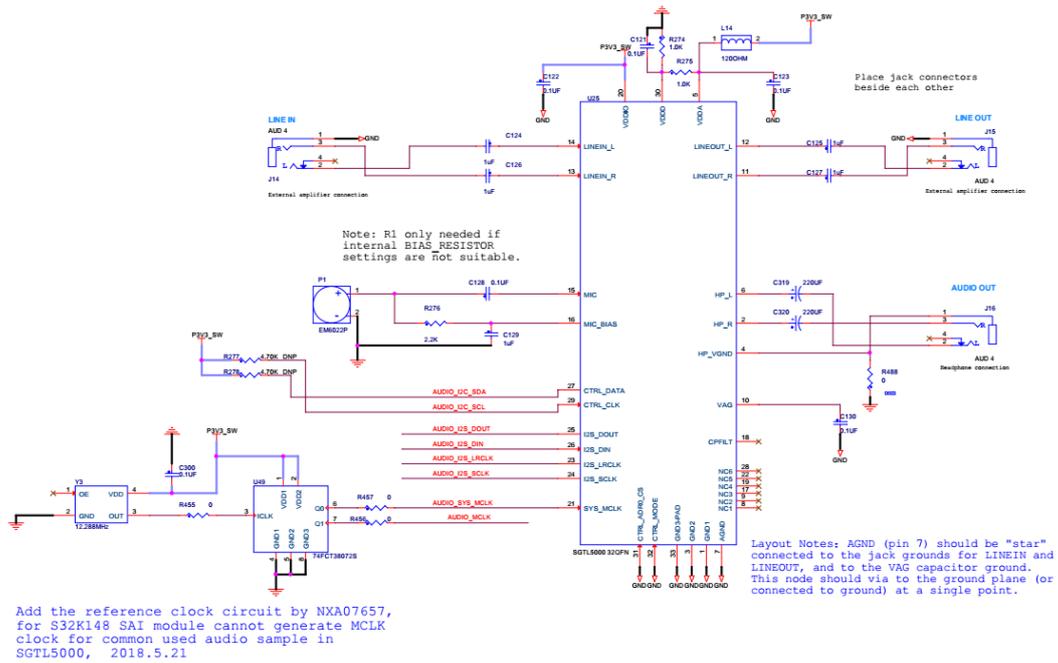
另外，用户也可以选择使用 S32K148 内部集成的 RTC 实时时钟模块，为此，我们也设计了一个 32.768KHz 有源振荡器作为其 RTC 参考时钟，其工作电压可以支持 3.3V 和 5V，具体可以通过设置 **J34** 选择；默认设置为短接 **J34** 的 1 和 2，即选择 **VDD\_MCU** 作为其电源，同时还使用 S32K148 的 **PTA6** 作为其时钟使能控制(**CLKOE**, 高电平有效)：



### 3.10 音频编解码器电路

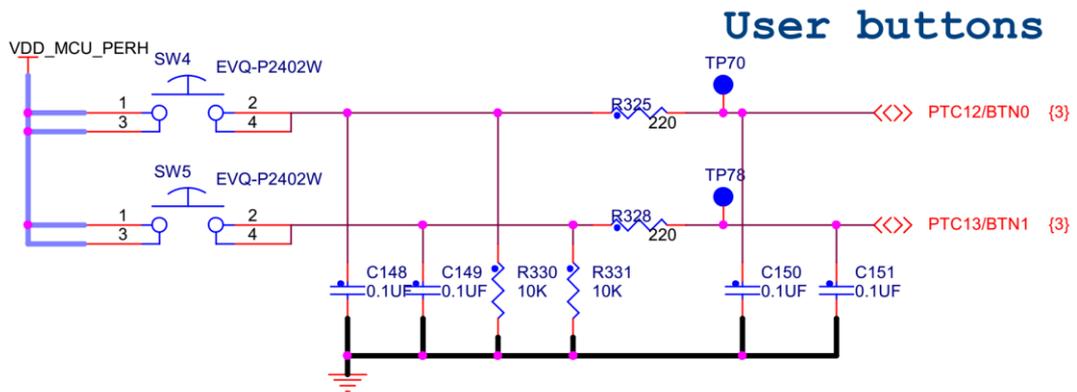
本设计中采用 **SGTL5000** 作为音频编解码器，与 S32K148 的 **SAI0** 模块的 I2S 接口 (**PTA10/PTA11/PTA12/PTA13**)通信，在初始化时需要使用 S32K148 的 **LPI2C0(PTA2/PTA3)** 对其进行参数配置；

音频输入源包括 **P1** 的麦克风、**J14** 的 **LINE IN** 和来自 S32K148 的 I2S 数据；音频输出包括 **J15** 的 **LINE OUT** 和 **J16** 的耳机输出，当然也可以将麦克风采集的音频数据或者 **LINE IN** 输入的音频数据通过 I2S 接口发送给 S32K148 处理：

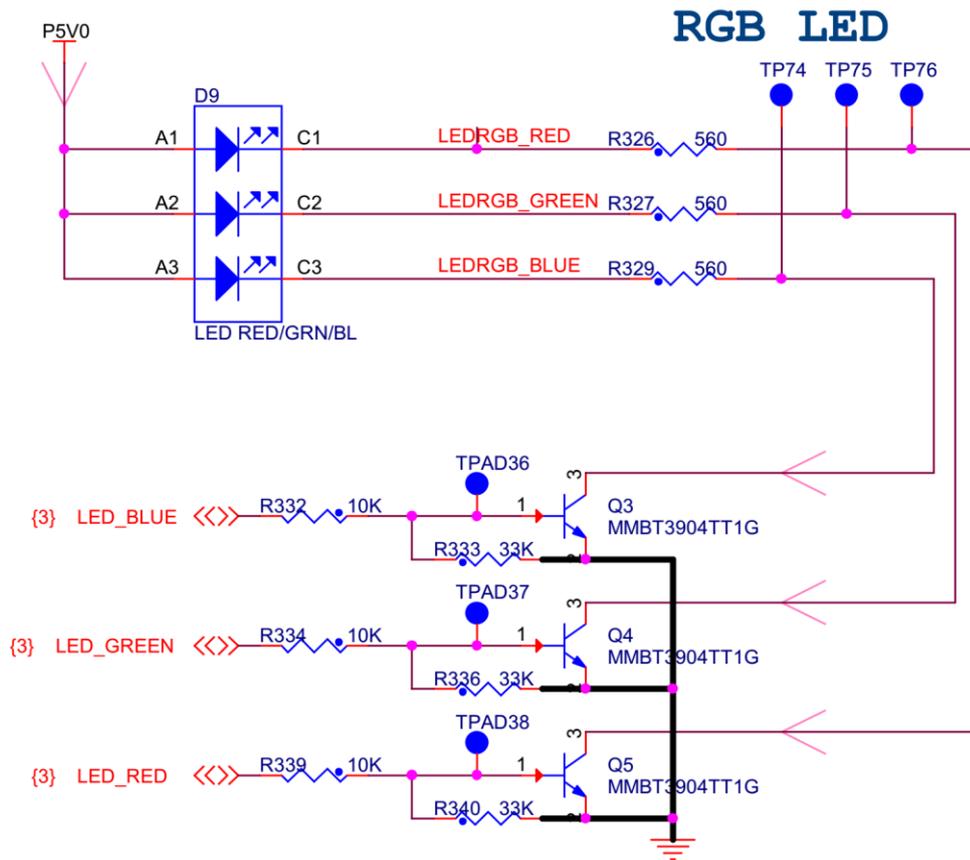


### 3.11 用户按键、RGB LED，触摸感应输入等

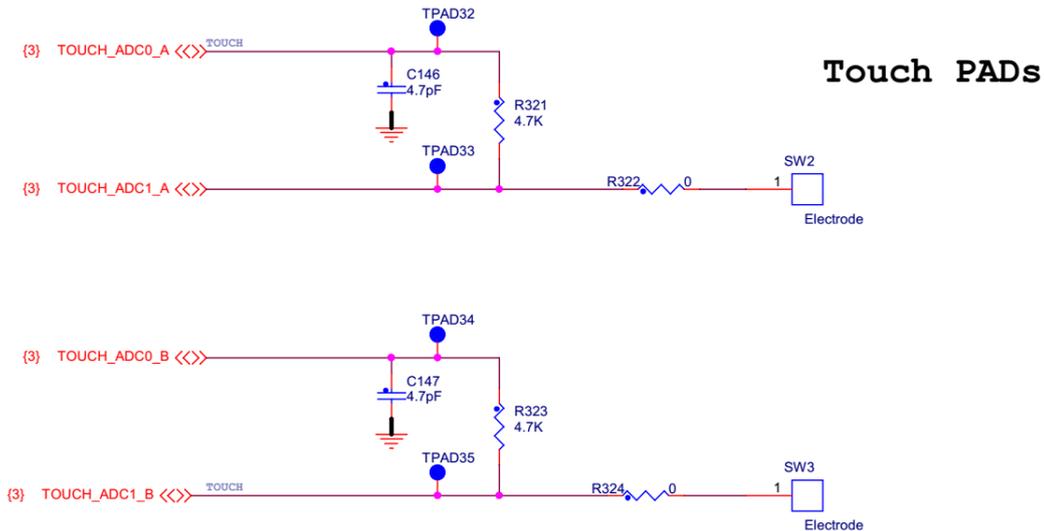
2 个用户按键电路设计如下，分别连接到 S32K148 的 PTC12 和 PTC13，按键按下时为高电平：



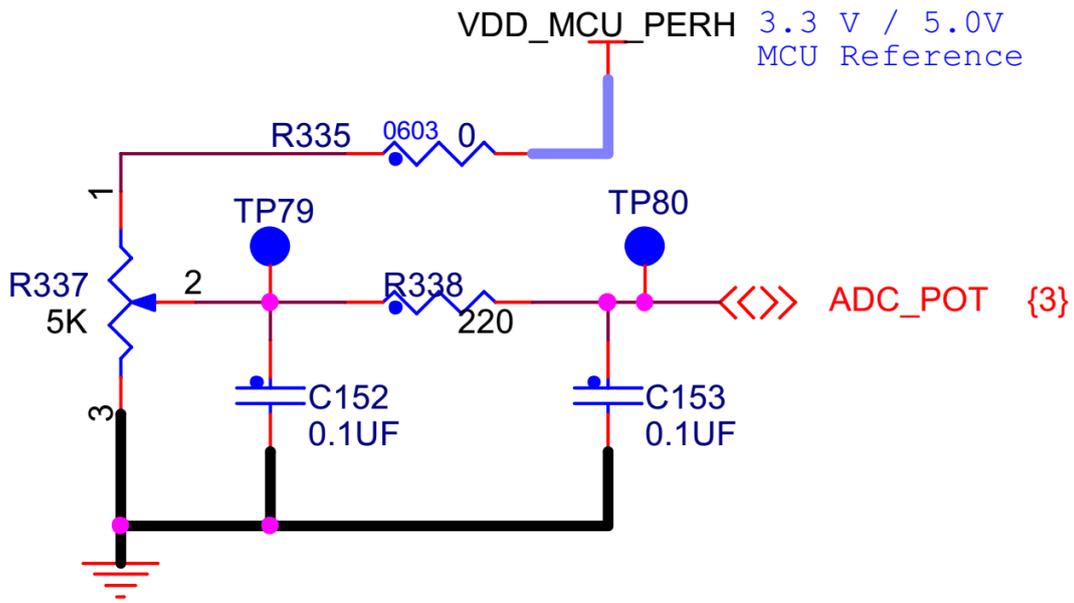
RGB 三色 LED 电路连接如下，红绿蓝三种颜色的 LED 控制分别连接到 S32K148 的 PTE21、PTE22 和 PTE23：高电平灭，低电平亮：



2 个电容感应触摸电极连接到 **ADC0**(ADC0\_SE0/ADC0\_SE1/ ADC0\_SE12/ADC0\_SE13) 和 **PTA**(PTA0/PTA1/PTA15/PTA16), 可以用于用户输入：



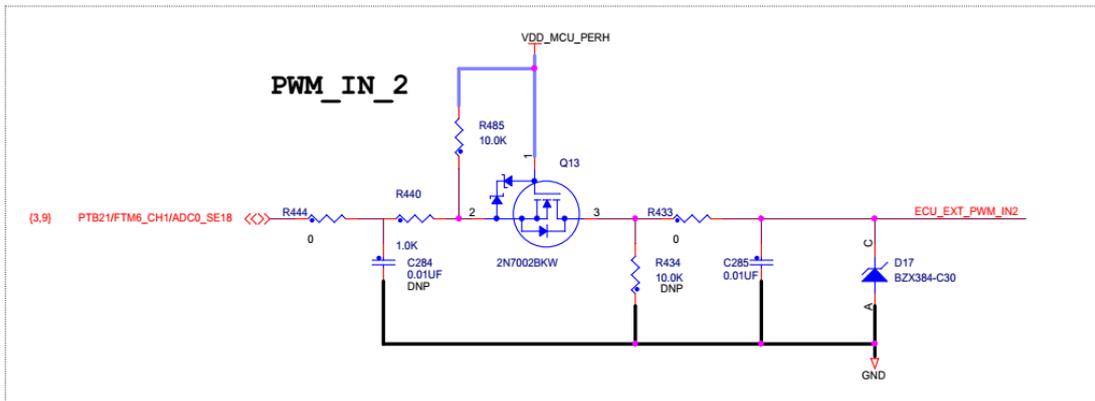
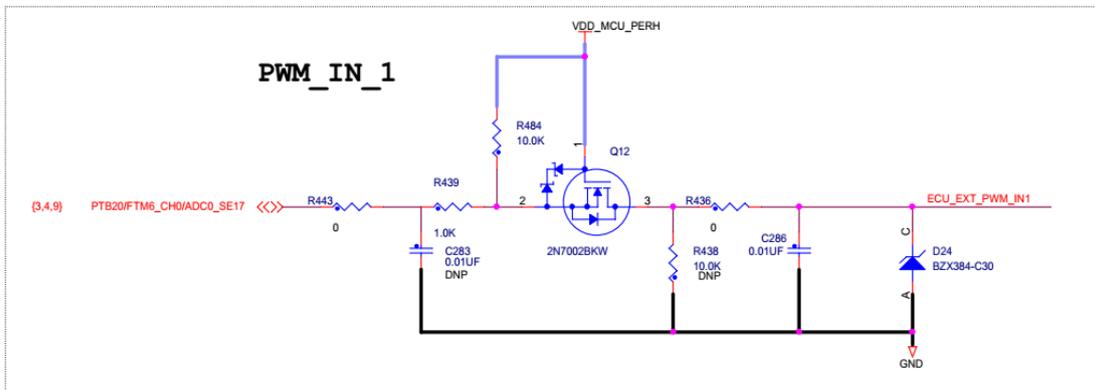
此外，为了评估 ADC 模块，还设计了一个滑动变阻器连接到 **ADC0\_SE28**(PTC28)或者 **ADC1\_SE15**(PTB16), 可以通过 0Ω电阻 **R124** 和 **R117** 选择, 默认焊接 R124, 而 DNPR117, 因此默认滑动变阻器的输出是连接到 ADC0\_SE28 的：



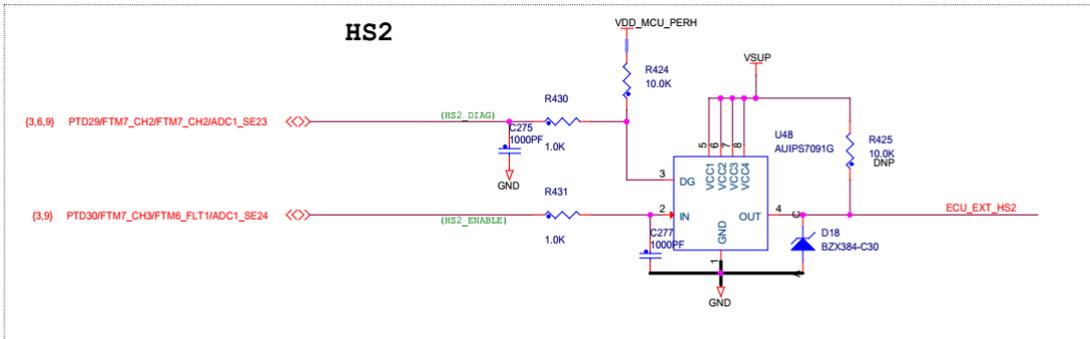
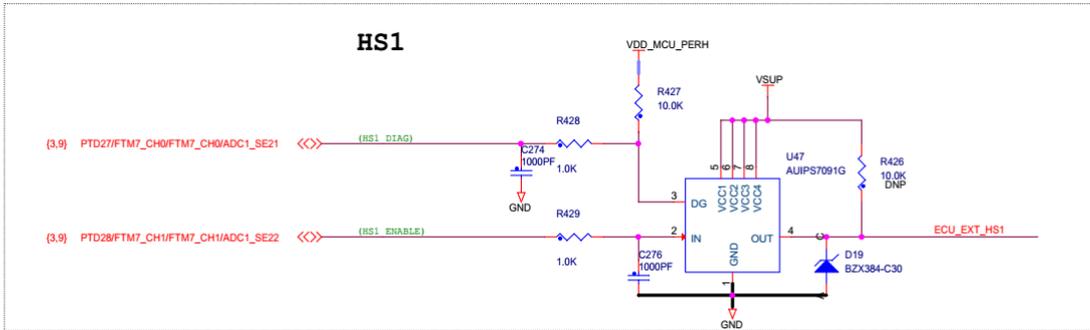
### 3.12 23-pin ECU 连接器电路

#### (PWM\_IN/HS\_OUT/EXT\_ECU\_ADC\_IN)

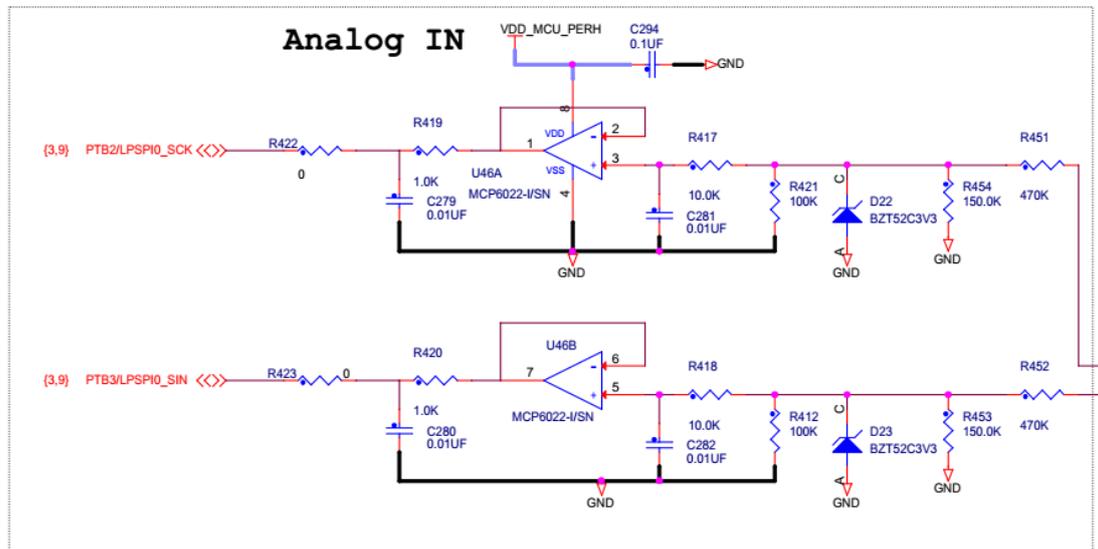
提供2路外部PWM输入, 连接到S32K148的 **FTM6\_CH0**(PTB20)和**FTM6\_CH1**(PTB21) :



提供 2 路高边输出，连接到 S32K148 的 **FTM7\_CH1(PTD28)**和 **FTM7\_CH3(PTD30)**：

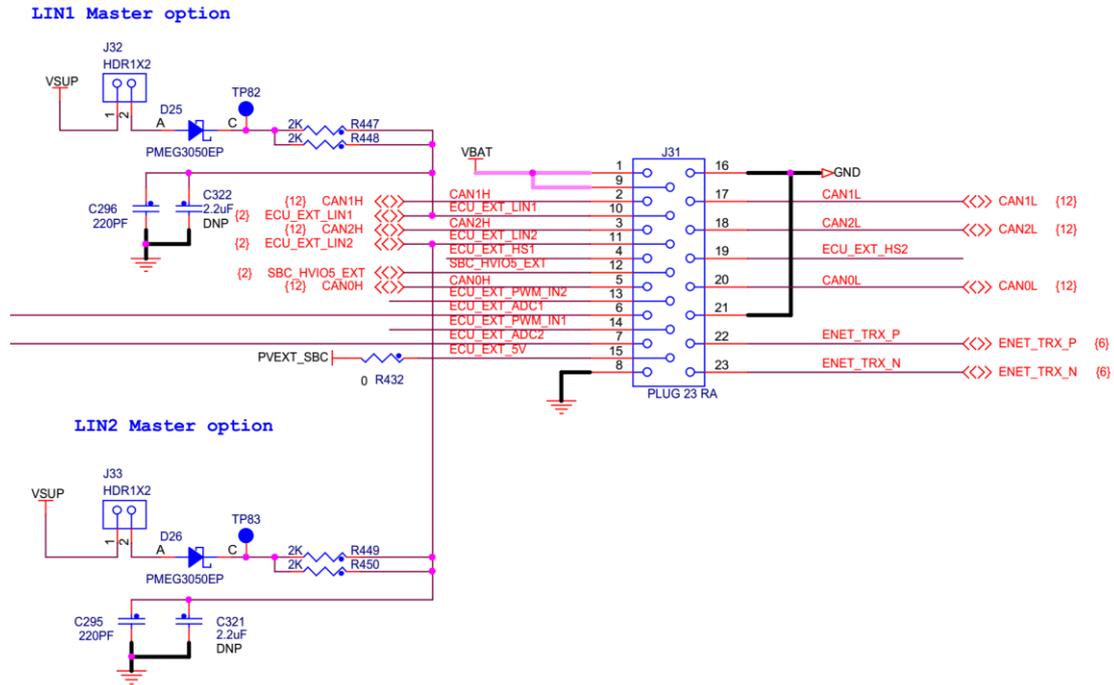


提供 2 路外部模拟信号输入, 连接到 S32K148 的 **ADC0\_SE6(PTB2)**和 **ADC0\_SE7(PTB3)**：

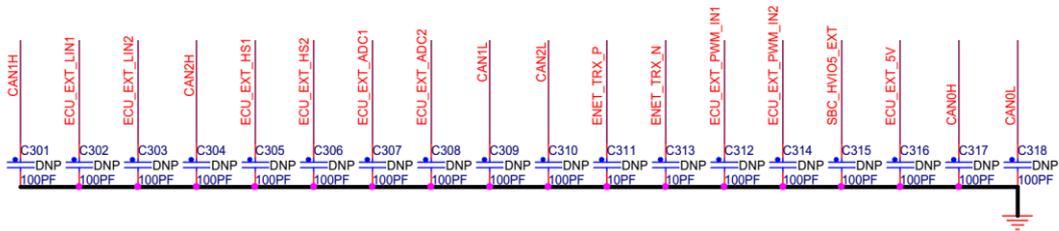


将所有对外的 ECU 通信和控制输入输出信号都连接到一个 23-PIN 的 ECU 专用连接器—**J31**，以方便用户使用：

短接 **J32** 和 **J33** 可以使能 **LIN1** 和 **LIN2** 作为主节点使用。



考虑到 ECU 连接器对外的连接，增强系统的 ESD 和 EMC 特性，在连接器的每个信号引脚上都加了一个 0.100pF 的电容，但默认未焊接(DNP)，用户可根据需要决定是否焊接；



具体电路请参考 [SPF-32232.pdf \(Rev B\)](#)。

## 4. MCU 引脚定义和 23-PIN ECU 连接器配套线束

### 4.1 S32K148 引脚分配

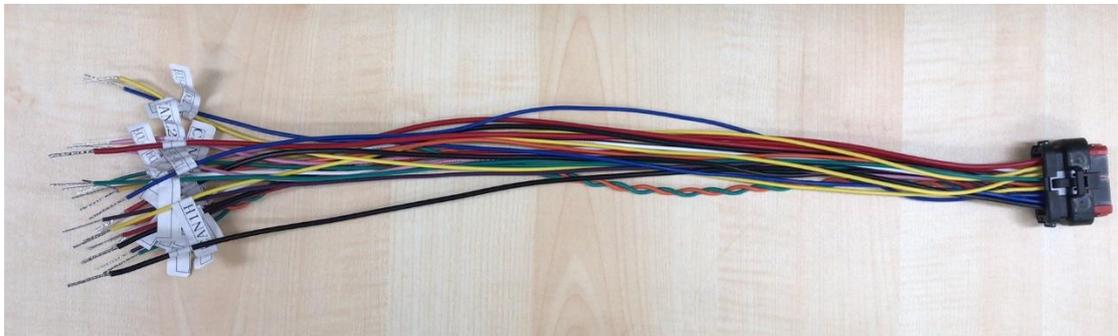
请附件打开本档的 pdf 附件--[S32K148 base T-Box\\_GP-ECU pin allocation.xlsx](#) 查看；

### 4.2 23-PIN ECU 连接器引脚定义

PIN#	信号名	线束颜色	线规 (导体横截面/mm <sup>2</sup> )	备注说明
1	VBAT	红	1.25	12V @ max 5A
2	CAN1H	黄	0.5	CAN 总线 1 差分信号+
3	CAN2H	黄	0.5	CAN 总线 2 差分信号+

4	ECU_EXT_HS1	绿	0.5	ECU 对外高边输出 1
5	CAN0H	黄	0.5	CAN 总线 0 差分信号+
6	ECU_EXT_ADC1	蓝	0.5	ECU 外部输入模拟信号 1
7	ECU_EXT_ADC2	蓝	0.5	ECU 外部输入模拟信号 2
8	GND	黑	1.25	电源/信号地
9	VBAT	红	1.25	12V @ max 5A
10	ECU_EXT_LIN1	白	0.5	LIN 总线信号线
11	ECU_EXT_LIN2	白	0.5	LIN 总线信号线
12	SBC_HVIO5	橙	0.5	SBC 电源芯片高电压输入口 5
13	ECU_EXT_PWM2	紫	0.5	PWM 信号输入 2
14	ECU_EXT_PWM1	紫	0.5	PWM 信号输入 1
15	ECU_EXT_5V	红	0.75	ECU 对外 5V 供电电源 @max100mA
16	GND	黑	1.25	电源/信号地
17	CANL1	粉红	0.5	CAN 总线 1 差分信号-
18	CANL2	粉红	0.5	CAN 总线 2 差分信号-
19	ECU_EXT_HS2	绿	0.5	ECU 对外高边输出 2
20	CANL0	粉红	0.5	CAN 总线 0 差分信号-
21	GND	黑	1.25	电源/信号地
22	ENET_TRX_P	绿	0.5	以太网差分信号+,差分对双绞
23	ENET_TRX_N	橙	0.5	以太网差分信号-,差分对双绞

制作的线束实物如下图所示：



## 5. 附录--参考文档

1. [AN5426, Hardware Design Guidelines for S32K1xx Microcontrollers](https://www.nxp.com/S32K) (REV 2), <https://www.nxp.com/S32K> ;
2. [S32K1xx MCU Family Data Sheet](https://www.nxp.com/S32K) (REV 9), <https://www.nxp.com/S32K> ;
3. [S32K1xx MCU Family Reference Manual](https://www.nxp.com/S32K) (REV 9), <https://www.nxp.com/S32K> ;