

FTU参考设计硬件设计文档

1 概述

基于飞思卡尔K64芯片的馈线终端设备（FTU）参考设计是飞思卡尔MCU团队根据配网自动化系统中FTU设备的需求设计的软硬件参考平台。该参考平台的硬件是基于飞思卡尔半导体Kinetis K64-ARM Cortex™ M4系列的微处理器设计的参考板，而软件则是基于飞思卡尔的实时操作系统MQX™。它的目的是提供一个设计平台让FTU设备的研发和制造厂商能够利用飞思卡尔的Kinetis MCU快速地设计出FTU产品。

Kinetis K64是ARM Cortex™ M4内核的芯片，内置DSP处理器和单精度浮点单元，片上集成了1MB Flash和256KB SRAM，最多支持6路串口，3路SPI和1路CAN，片上的以太网控制器集成了MAC，可通过RMII或MII接口外接PHY提供网络的功能。芯片还支持通过Flexbus总线外扩SRAM，NOR Flash或者总线接口的以太网控制器芯片。K64片上集成了2个16bit SAR ADC，差分模式下采用32次硬件平均精度可以达到14.5bit，单端模式下采用32次硬件平均精度可以达到13.9bit。本参考设计采用的是144LQFP封装的MK64FN1M0VLQ12芯片。

飞思卡尔的实时操作系统MQX™提供了完整的软件平台帮助用户快速地开始应用级代码的开发，除了RTOS内核以外，还包含了芯片相关的板级支持包，USB协议栈，TCP/IP协议栈，支持FAT12，FAT16和FAT32的文件系统。MQX™还提供了IAR，Keil和Codewarrior环境下的OS调试插件，能够显示任务的运行情况，各个任务的堆栈使用情况，动态内存池的使用情况等。MQX™所有相关的代码都是免费提供给客户且开源，并在本地有强大的开发和支持团队。

1.1 参考设计介绍

FTU参考设计采用飞思卡尔半导体公司的Kinetis Cortex™ M4内核的K64作为主芯片。FTU板上包含了支持3路交流电压和2路交流电流以及2路直流量输入采集的模拟前端电路。板子通过外接的

5V电源供电，板上带LDO转换提供3.3V电源供MCU使用。FTU板外扩了8MB SPI Flash，512KB SRAM，以及两路网口，其中一路网口通过K64片上的带MAC的以太网控制器外接PHY实现，另一路网口则通过Flexbus总线外接DM9000A以太网控制器芯片实现。K64的5个串口在板上连接了2路RS232和2路RS485，并提供1路连接GPRS Modem。

图1是FTU参考板的硬件框图。需要说明一下，图中的20脚SWD调试口代表本参考设计预留的是20脚2.54mm间距的排针，其中仅连接SWD相关的管脚，其余的管脚空出。这样的连接方式主要考虑到以下两个方面：

- 1) 按照JTAG方式连接会占用一个UART，因此采用SWD方式
- 2) 常用的J-Link等调试口都带有20脚的2.54mm间距的接口，这样的排线比较容易购买

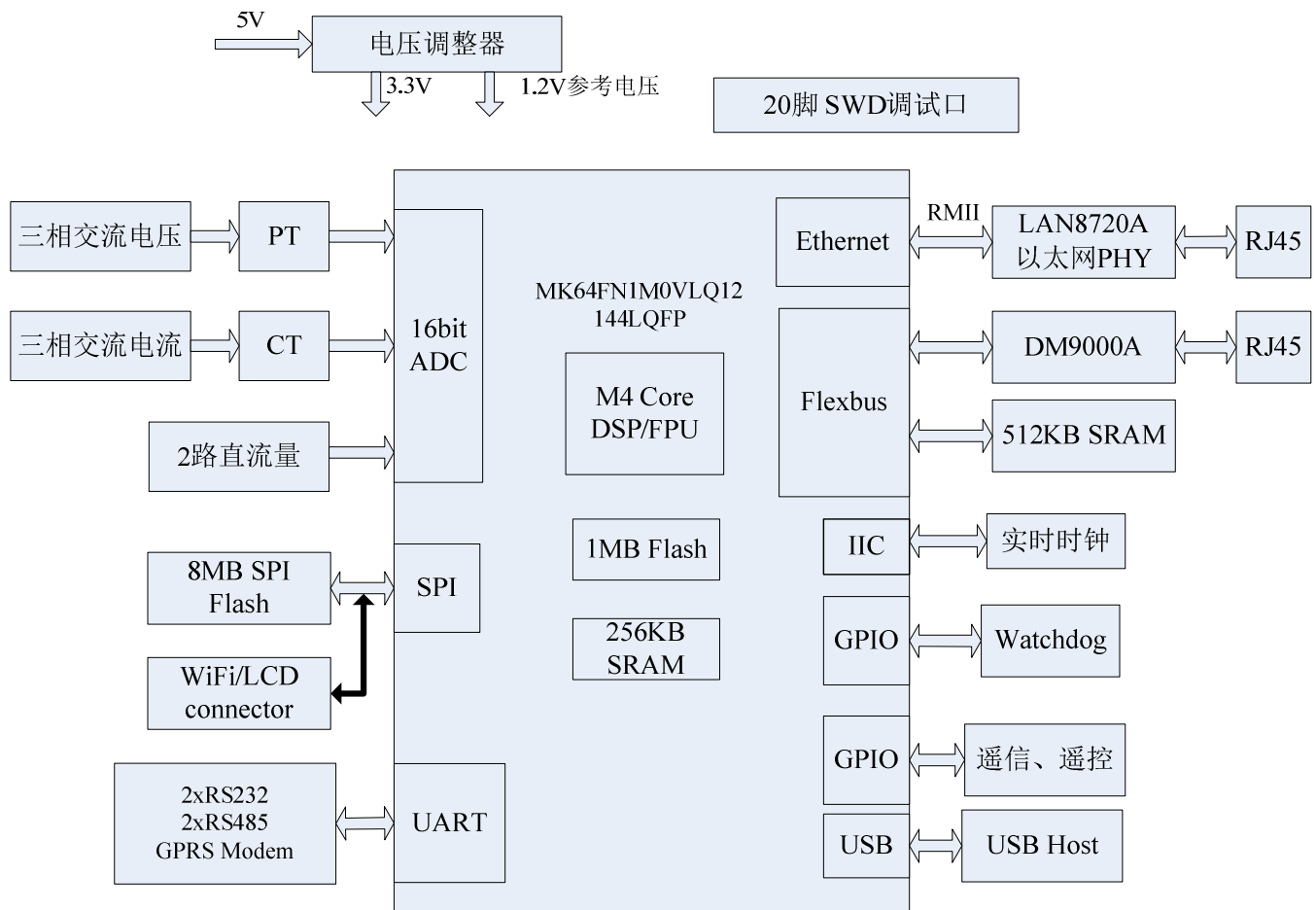


Figure 1. FTU参考板硬件框图

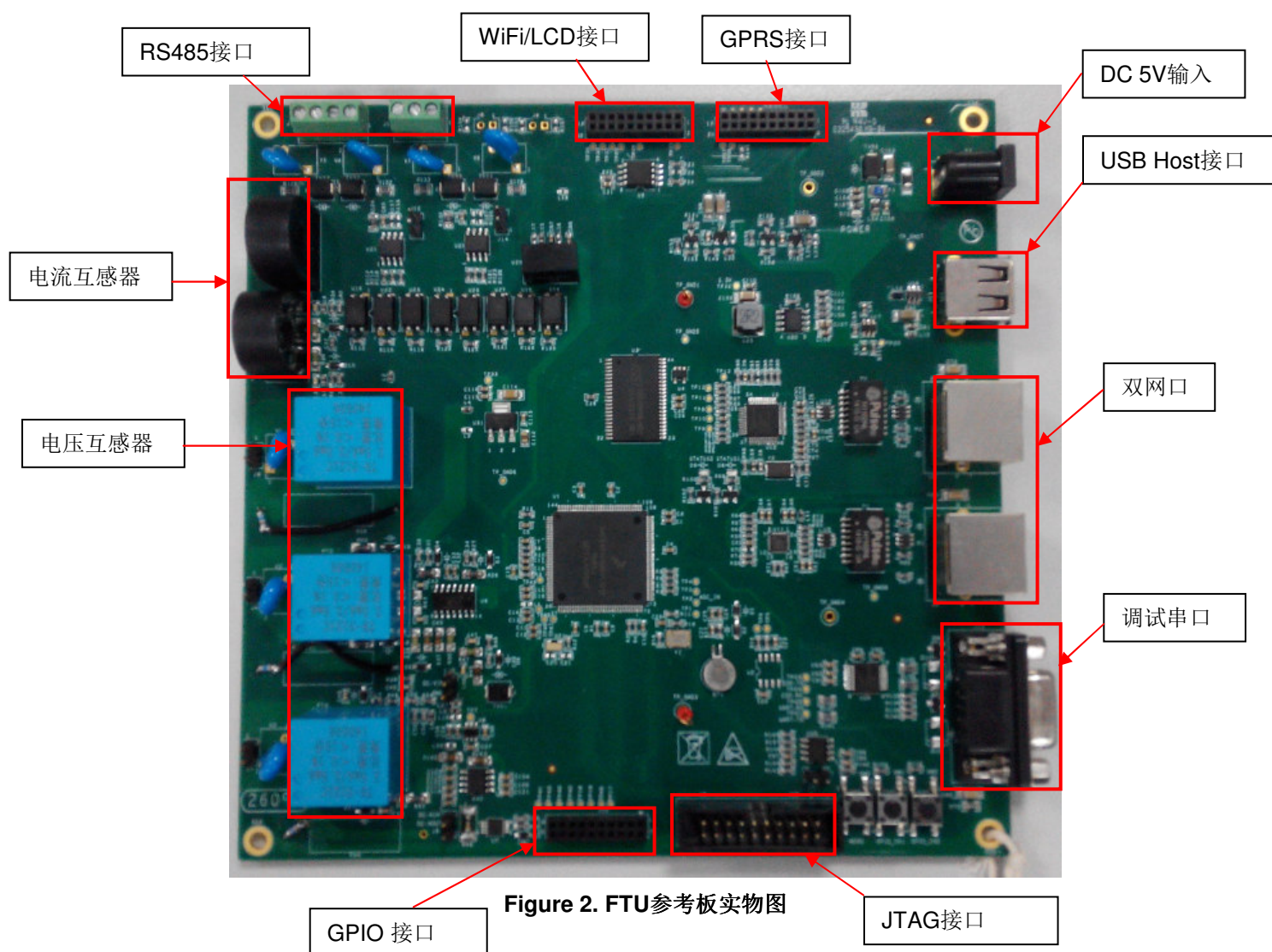
系统软件采用飞思卡尔免费提供的MQX™软件方案，包括MQX™ RTOS内核，相关的板级支持包，TCP/IP协议栈，USB协议栈以及FAT文件系统等。飞思卡尔为用户完全免费提供设计原理图，PCB设计图，基于MQX™的样例代码，相关的软件文档以及后续的技术支持工作。

1.2 注意事项

由于本参考设计仅作为一个开发平台，并不是最终的FTU产品，因此将不包含以下部分：

- 板上仅提供了GPRS和WiFi/LCD的Connector，而不提供相应的模块，用户可以根据接口定义自行设计相关的模块或飞线连接
- 参考设计硬件上没有做模块热插拔的支持处理，用户产品应该根据规范要求对接口进行热插拔处理
- 在RS485接口上，用户可采用自己成熟的隔离方案，并增加保护二极管以及热敏电阻等
- 系统将只提供平台级软件，RTOS内核，协议栈及各硬件驱动，一些简单的测试程序，不会包含FTU相关的应用层软件

1.3 实物图



2 参考设计硬件

整个参考设计硬件主要包括：

- Kinetis ARM Cortex™ M4内核的K64系列、144LQFP封装的MCU，主频120MHz，内置1MB的Flash和256KB的SRAM
- 直流5V供电，通过电压调整器转换为一路3.3V供给MCU；产生的3.3V电源通过ADR3412芯片产生1.2V的参考源。另外FTU板上提供了ADC参考源的选择，用户可以选择使用K64片上产生的1.2V参考源或者外接的参考源，默认的连接为使用片上1.2V参考源
- 板上通过B0505S产生RS485的隔离5V电源
- 外扩SRAM芯片采用IS61LV25616AL，512KB
- 外扩SPI Flash芯片采用W25Q64BVSSIG，8MB
- 双以太网支持，一路通过K64芯片的以太网控制器提供的RMII接口连接外部的以太网PHY LAN8720A实现，另一路通过K64芯片的Flexbus总线接口连接DM9000A以太网控制器实现
- 5个串口连接2路RS485，2路RS232和1路GPRS Modem
- 一个支持全速USB-OTG的接口，可以作为USB Host连接U盘升级程序
- 通过IIC接口连接外部的RTC芯片DS3231
- 预留了16路GPIO口做LED显示，按键输入，以及遥信和遥控
- 预留了一个GPRS模块接口和WiFi/LCD模块接口供用户做扩展使用

2.1 K64 MCU

参考设计主芯片采用基于ARM Cortex™ M4内核的MK64FN1M0VLQ12，主频120MHz，144LQFP封装。这里主要列举一下和FTU设计相关的一些内部外设功能：

- 内置DSP处理器和单精度浮点单元
- 片上集成的1MB Flash和256KB SRAM
- Flexbus外部总线接口，用于外扩SRAM和DM9000A以太网控制器
- 16通道DMA控制器，支持多达63路DMA请求输入
- 100个可配置GPIO口
- 2个16bit SAR ADC模块，具有专门的差分输入通道，相对单端输入的方式具有更高的精度
- 片上1.2V的电压参考源
- 6个串口，3路SPI接口，3路IIC接口
- 支持MII和RMII接口的以太网控制器
- 带有片上USB收发器的全速USB-OTG控制器
- 多种不同功能的定时器，可用于定时触发ADC

注意点：由于一些外设的管脚是复用的，实际可以使用的通讯接口会少一些。比如其中一个串口和Flexbus的低地址复用，对于需要外扩存储器的设计，实际可用的串口是5个。

2.2 电源

FTU参考板可以通过板上的电源接头由外部电源适配器产生DC 5V供电。板上通过RT8055 DC-DC芯片产生3.3V供数字部分电路使用，另外通过NCP1117 LDO产生3.3V供模拟部分电路使用。

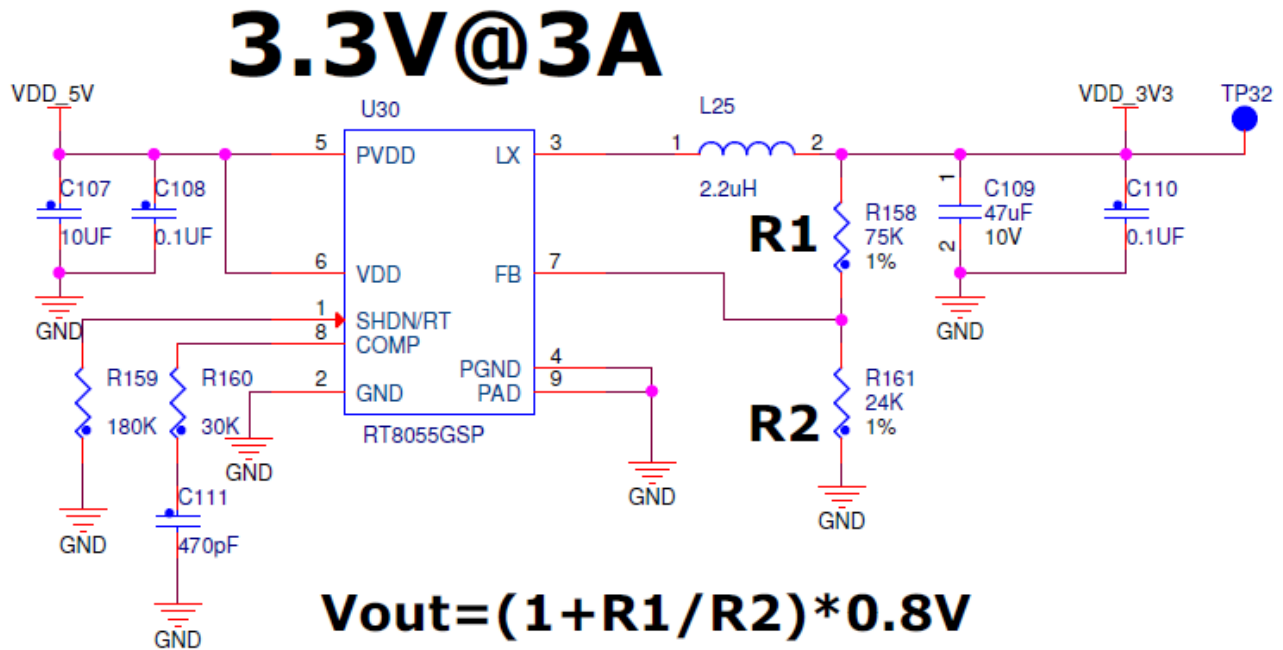


Figure 3. RT8055 DC-DC产生数字部分电源

3.3V@800mA For ADC

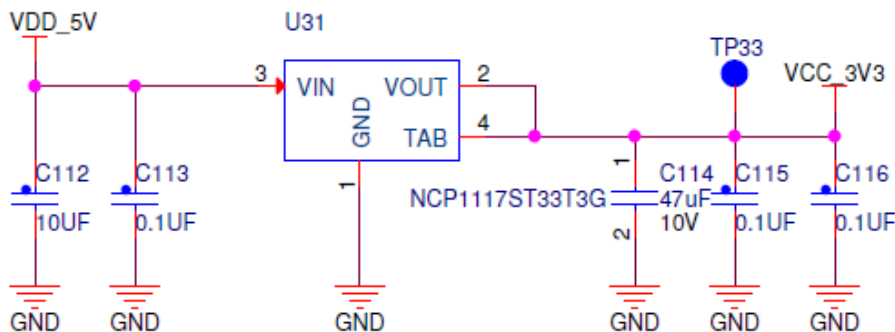


Figure 4. NCP1117 LDO产生模拟部分电源

K64芯片的模拟电源输入VDDA可以在板上选择使用DC-DC的输出或者LDO的输出，默认设置是使用LDO的输出来降低电源输入的噪声。

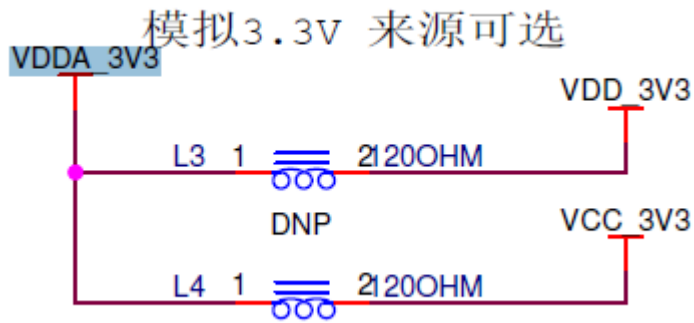


Figure 5. K64模拟电源VDDA的输入选择

FTU板通过B0505S提供了RS485的隔离电源，如下图所示。

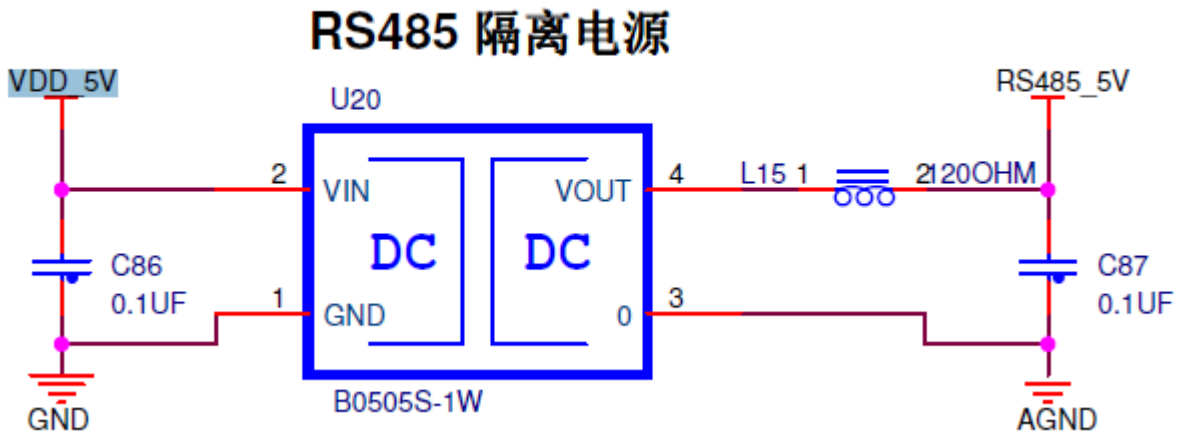


Figure 6. RS485隔离电源

2.3 外扩SRAM电路

K64的Flexbus模块可用于连接外部的NOR Flash，SRAM或者可编程逻辑器件，这里给出了连接16bit SRAM的实例。这里使用了FB_AD0和FB_AD0_N作为SRAM的高字节和低字节选择，原因基于以下所述：

- 1) 本参考设计选用的是512KB，16bit位宽的SRAM，需要18位地址线，FB_AD1~FB_AD18，如果数据线使用FB_AD31~FB_AD16，就需要外接锁存器来锁存地址线。即使使用128KB的SRAM也有同样的问题。

2) 按照目前的接法，可以省下FB_AD23~FB_AD16以及/FB_BE_31_24和/FB_BE_23_16作为GPIO口。

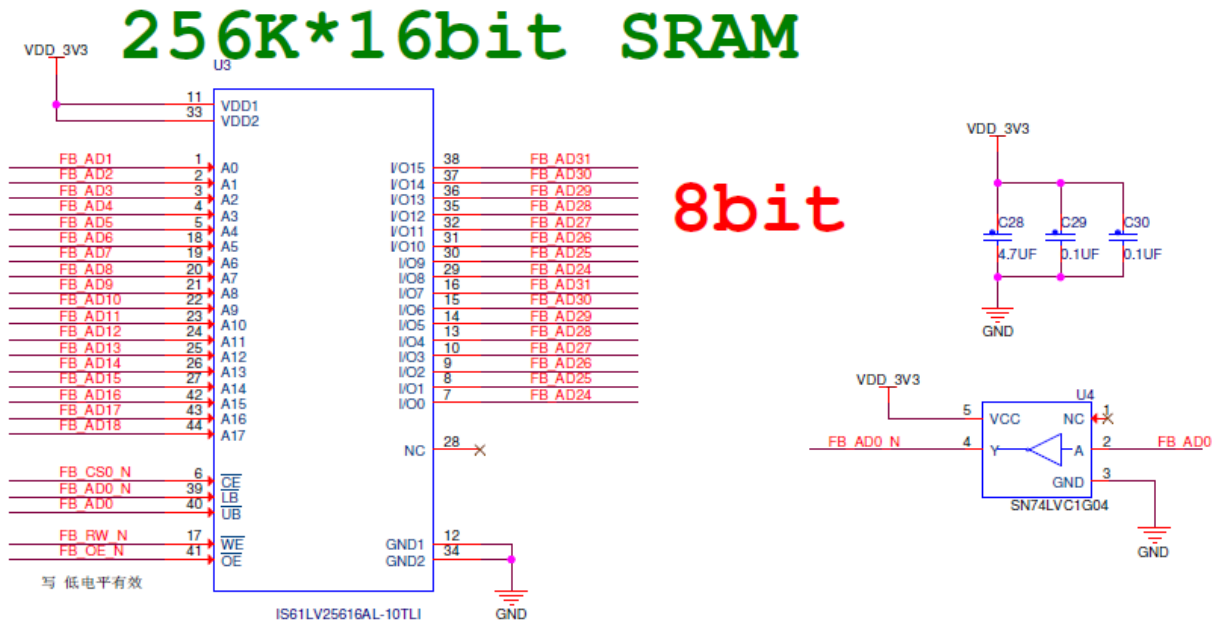


Figure 7. 外扩SRAM电路

2.4 SPI Flash电路

参考设计中使用了K64芯片的SPI1口连接8MB的SPI Flash芯片 – W25Q64。由于本参考设计仅作为参考和演示，这里并没有选取更大容量的SPI Flash。对于SPI文件系统的使用不会有影响。

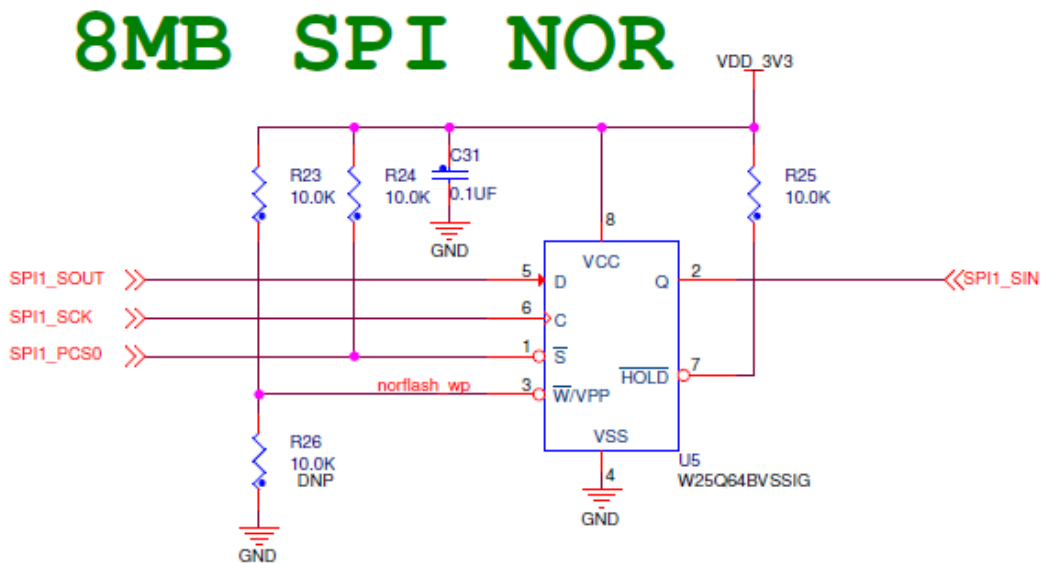


Figure 8. SPI Flash电路

2.5 AD采样部分电路

FTU参考设计中提供了3路交流电压，2路交流电流，2路直流量的模拟前端测量电路，具体电路请参考开发包中的FTU参考板原理图。表1是FTU板上ADC输入的明细表，包括测量信号类型，板上Jumper的名称，连接的K64芯片ADC通道和工作在单端或者差分模式。

输入类型	Jumper名称	ADC通道	工作模式
AC电压	J3	ADC0_SE16	单端
AC电压	J4	ADC0_DP0	单端
AC电压	J7	ADC0_DP3/ADC0_DM3或者 ADC1_DP0/ADC1_DM0	差分
AC电流	J1	ADC1_DP1	单端
AC电流	J2	ADC0_DP1/ADC0_DM1	差分
DC电压	J5	ADC0_SE11	单端
DC电流	J6	ADC0_SE10	单端

Table 1. ADC输入明细表

2.6 双以太网

K64芯片本身带一路以太网MAC接口，可以通过MII或者RMII接口与外接的以太网PHY提供网络连接。为了提供FTU应用需要的双网口支持，本参考设计中一路网口通过K64的RMII接口连接以太网PHY芯片LAN8720A，LAN8720A和K64共享外部输入的50MHz有源晶振的时钟以保证以太网控制器和PHY之间的同步。用户也可以选择其他的以太网PHY来替代，比如KSZ8041NL，不过建议选择本参考设计使用的MQX™操作系统本身支持的以太网PHY，以降低开发驱动的工作量。

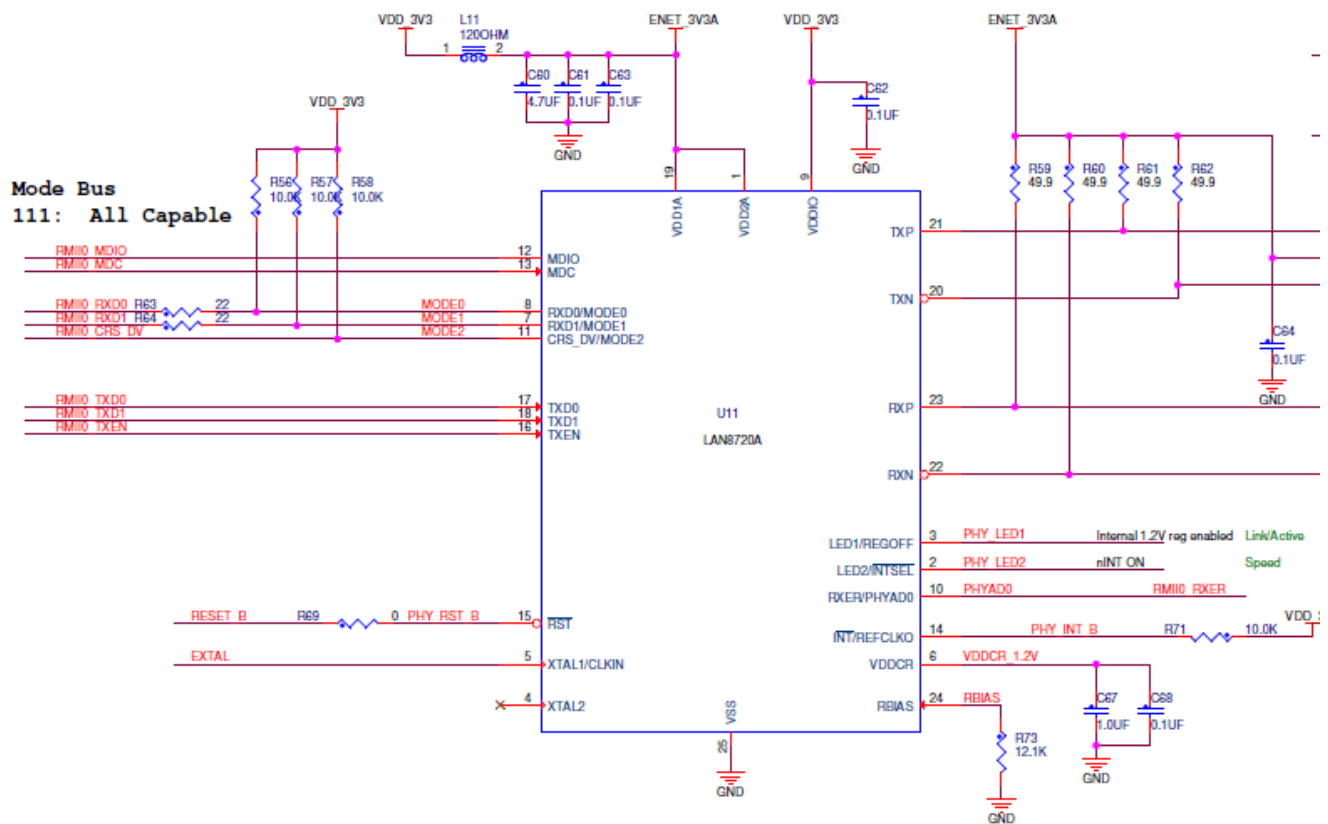


Figure 9. K64 RMII接口连接LAN8720A

另一路网口则通过K64的Flexbus总线接口连接DM9000A以太网控制器芯片。DM9000A是一款由DAVICOM公司推出的高速以太网接口芯片，该芯片集成了单芯片快速以太网MAC控制器以及与通用处理器通讯的接口，一个10/100M自适应的PHY和4K DWORD值的SRAM。以下是硬件线路接线说明。

- DM9000接于K64芯片的Flexbus总线上，使用FB_CS1作为片选。
- DM9000内部存储空间无法直接映射到外部地址，而是通过命令的方式进行读写。对于K64芯片而言，DM9000只有两个地址，一个是地址索引端口地址，一个是数据端口地址，这2个地址由片选信号FB_CS1以及地址线FB_AD1决定。如果FB_CS1的基地址设为0x80000000, 则命令端口地址为0x80000002, 地址端口地址为0x80000000
- FTU使用DM9000A的8位数据功能，FTU默认的8位数据总线为FB_AD24~FB_AD31
- DM9000A的片选CS由K64芯片的FB_CS1控制。
- DM9000A的读信号IOR由K64芯片的FB_OE_N控制。
- DM9000A的写信号IOW由K64芯片的FB_RW_N控制。
- DM9000A没有接外部EEPROM。

- DM9000A的INT口DM9000_INT连接在PTD8上，使用GPIO的端口中断功能。

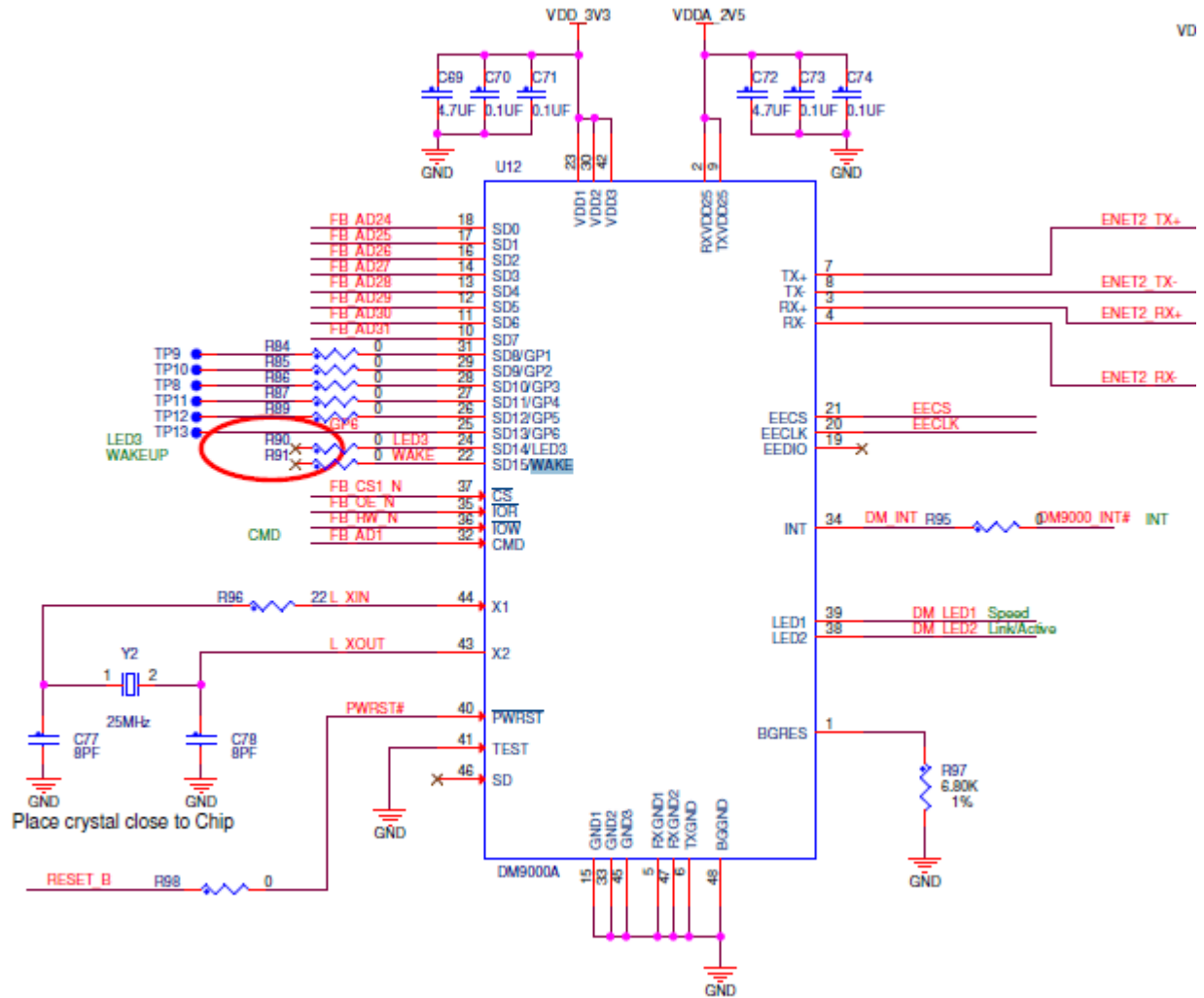


Figure 10. K64 Flexbus总线连接DM9000A

2.7 GPIO

参考板上提供了16个GPIO作为LED显示，按键输入，以及遥信电路等，其中10个GPIO引到了J10上，具体连接参照下表。

原理图信号名称	K64信号连接	信号连接及作用
GPIO_OUT_1	PTB8	控制LED D8的ON OFF
GPIO_OUT_2	PTB9	控制LED D9的ON OFF
GPIO_OUT_3	PTB10	光耦U15控制
GPIO_OUT_4	PTD9	光耦U16控制
GPIO_IN_1	PTB4	按键SW1
GPIO_IN_2	PTB5	按键SW2
GPIO_1	PTB6	J10 Pin3

GPIO_2	PTB7	J10 Pin4
GPIO_3	PTA25	J10 Pin5
GPIO_4	PTE26	J10 Pin6
GPIO_5	PTE27	J10 Pin7
GPIO_6	PTE28	J10 Pin8
GPIO_7	PTA6	J10 Pin9
GPIO_8	PTA9	J10 Pin10
GPIO_9	PTA10	J10 Pin11
GPIO_10	PTA11	J10 Pin12

Table 2. GPIO口使用说明

2.8 GPRS模块接口J22

管脚号	原理图信号名	K64信号连接或作用
1	GPRS_3V3/5V	GPRS电源
2	GPRS_TX	UART3_TX/PTC16
3	GPRS_3V3/5V	GPRS电源
4	GPRS_RX	UART3_RX/PTC17
5	GND	数字地
6	GPRS_CTS	UART3_CTS/PTC19
7	GND	数字地
8	GPRS_RTS	UART3_RTS/PTC18
9	GPRS_DTR	PTD11
10	GPRS_DCD	PTD12
12	GPRS_RI	PTD13
14	GPRS_RST	PTD14
16	GPRS_PWR_CTRL	PTD15

Table 3. GPRS模块接口信号连接

2.9 WIFI/LCD模块接口J21

管脚号	原理图信号名	K64信号连接或作用
1	WIFI/LCD_3V3/5V	WIFI/LCD电源
3	WIFI/LCD_3V3/5V	WIFI/LCD电源
4	SPI1_PCS2	PTE5
5	WIFI/LCD_3V3/5V	WIFI/LCD电源
6	SPI1_SIN	PTE3
7	GND	数字地
8	SPI1_SCK	PTE2
9	GND	数字地
10	SPI1_SOUT	PTE1
12	GND	数字地
13	WIFI/LCD_GPIO1	PTE6
15	WIFI/LCD_GPIO2	PTE7
17	WIFI/LCD_GPIO3	PTE12
19	WIFI/LCD_GPIO4	PTD10

Table 4. WIFI/LCD模块接口信号连接

2.10 看门狗和复位电路

本参考设计的看门狗芯片采用MAX706TESA，K64芯片通过WDOG口（PTA24）给MAX706喂狗。

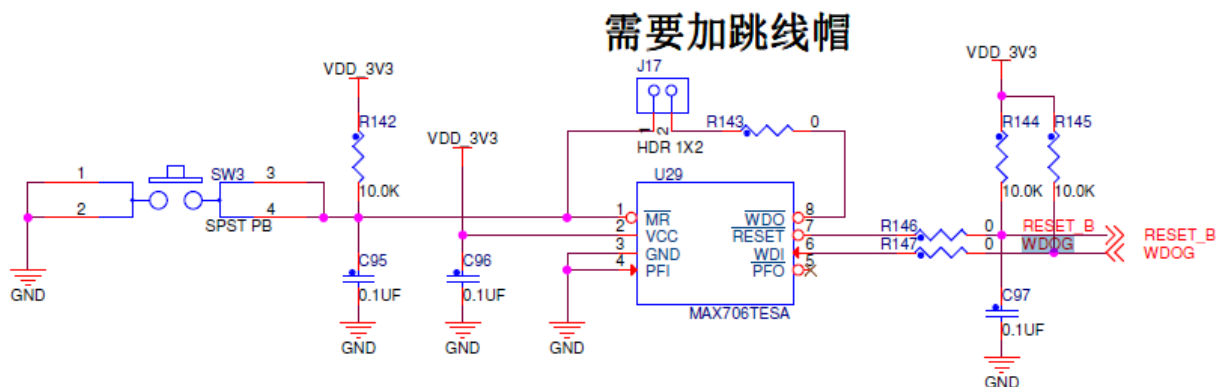


Figure 11. WDOG电路

2.11 RS485和RS232

参考设计中K64芯片的4个串口分别连接2路RS485，2路RS232。原理图中RS485的电路仅供参考，用户可以改为自己常用的RS485电路，并添加相应的保护电路。下表是2路RS485和2路RS232使用的串口对应K64芯片的UART信号连接。

信号名称	K64信号连接
RS485I_TX	UART4_TX/PTE24
RS485I_RX	UART4_RX/PTE25
RS485I_DIR	PTE11
RS485II_TX	UART5_TX/PTE8
RS485II_RX	UART5_RX/PTE9
RS485II_DIR	PTE10
DEBUG_TX	UART0_TX/PTA2
DEBUG_RX	UART0_RX/PTA1
UART1_TX	UART1_TX/PTE0
UART1_RX	UART1_RX/PTC3

Table 5. RS485和RS232使用的UART信号说明

3 已知问题

- 1) DM9000A对应的RJ45口P2的Speed LED缺少一个限流电阻，导致该LED不会亮。

How to Reach Us:

Home Page:

www.freescale.com

E-mail:

support@freescale.com

USA/Europe or Locations Not Listed:

Freescale Semiconductor
Technical Information Center, CH370
1300 N. Alma School Road
Chandler, Arizona 85224
+1-800-521-6274 or +1-480-768-2130
support@freescale.com

Europe, Middle East, and Africa:

Freescale Halbleiter Deutschland GmbH
Technical Information Center
Schatzbogen 7
81829 Muenchen, Germany
+44 1296 380 456 (English)
+46 8 52200080 (English)
+49 89 92103 559 (German)
+33 1 69 35 48 48 (French)
support@freescale.com

Japan:

Freescale Semiconductor Japan Ltd.
Headquarters
ARCO Tower 15F
1-8-1, Shimo-Meguro, Meguro-ku,
Tokyo 153-0064, Japan
0120 191014 or +81 3 5437 9125
support.japan@freescale.com

Asia/Pacific:

Freescale Semiconductor Hong Kong Ltd.
Technical Information Center
2 Dai King Street
Tai Po Industrial Estate
Tai Po, N.T., Hong Kong
+800 2666 8080
support.asia@freescale.com

For Literature Requests Only:

Freescale Semiconductor Literature Distribution Center
P.O. Box 5405
Denver, Colorado 80217
1-800-441-2447 or 303-675-2140
Fax: 303-675-2150
LDCForFreescaleSemiconductor@hibbertgroup.com

Information in this document is provided solely to enable system and software implementers to use Freescale Semiconductor products. There are no express or implied copyright licenses granted hereunder to design or fabricate any integrated circuits or integrated circuits based on the information in this document.

Freescale Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Freescale Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Freescale Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters that may be provided in Freescale Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals", must be validated for each customer application by customer's technical experts. Freescale Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Freescale Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Freescale Semiconductor product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Freescale Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Freescale Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Freescale Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part.



Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc. All other product or service names are the property of their respective owners.

© Freescale Semiconductor, Inc. 2007. All rights reserved.