MI200E

应 用 笔 记

Copyright © Miartech, Inc

目录

1 概述.....3
2 性能参数.....4
3 硬件设计.....5
3.1 典型应用原理图 5
3.2 电源电路 7
3.3 电力线耦合电路 8
3.4 发送滤波器 9
3.5 接收滤波器 10
3.6 SPI 接口.....11
3.7 复位电路 11
3.8 晶振电路 12
3.9 过零检测 12
3.10 发送/接收波形 12
3.11 PCB 设计 14
4 软件设计.....16
4.1 寄存器设置 16
4.2 主程序设计 17
4.3 初始化设置 18
4.4 发送程序 19
4.5 接收程序 21
4.6 其他 23

Copyright © Miartech, Inc

1 概述

MI200E 是一款针对低压电力线环境优化设计的高性能通讯芯片。内部集成了诸如多阶开关电容滤波器，高效数字放大器， CRC-16 硬件校验等多种电路。由于 MI200E 是一款数模混合芯片，因此在进行软硬件设计时都必须遵循一定的准则.

在进行外围电路设计时，在电源电路,耦合电路与信号滤波电路的参数设定与器件选择，PCB 设计上都必须仔细考虑。而在进行软件开发时，如何正确设置 MI200E 的寄存器，才能让通讯可靠，也是需加以注意的。

为了缩短用户的产品开发周期，同时更好地发挥 MI200E 优秀的通讯性能.本文将从硬件设计与软件设计两方面入手，详细说明如何来设计一个典型的基于 MI200E 的通讯方案。

Copyright © Miartech, Inc

2 性能参数

MI200E 的性能参数见表 1，并请参考 MI200E 的数据手册。

(AV_{DD}=DV_{DD}=+5V, PGND=AGND=DGND=0V, -40℃≤Temp≤+85℃, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions/Comments	Min.	Typ.	Max.	Unit
AV_{DD},DV_{DD}	Supply Voltages		4.5	5.0	5.5	V
AI_{DD}	Analog Supply Current	Transmission & Receiving Mode	4.0	4.5	5.0	mA
DI_{DD}	Digital Supply Current	Receiving Mode	4.0	5.0	6.0	mA
		Transmission Mode(No Load)	25	30	35	mA
					130	mA_{RMS}
Digital I/O						
V_{IH}	High Logic level Input Voltage		2.0			V
V_{IL}	Low Logic level Input Voltage				0.8	V
V_{OH}	High Logic level Output Voltage	I_{OH} = 2mA	4.5			V
V_{OL}	Low Logic level Output Voltage	I_{OL} = 2mA			0.4	V
Oscillator						
V_{IHX}	XTAL1 High Level Input Voltage	External Clock	3.0			V
V_{ILX}	XTAL1 Low Level Input Voltage	External Clock			2.0	V
DC	XTAL Clock Duty Cycle	External Clock	20		80	%
Xtal	Crystal Oscillator Frequency			11.0592		MHz
T_{CLOCK}	Oscillator Period (1 / Xtal)			90.42		ns
$Xtal_{ESR}$	External Oscillator Esr Resistance				100	Ohm
$Xtal_{CL}$	External Oscillator Stabilization Capacitor			22	33	pF
Receiver						
V_{IN}	Input Sensitivity (Normal Mode)			2	4	mV_{RMS}
	Input Sensitivity (High Sens.)			500		μV_{RMS}
V_{IN}	Maximum Input Signal			1.8	2	V_{RMS}
R_{IN}	Input Impedance		60	80	100	KΩ

表 1：MI200E 性能参数表

Copyright © Miartech, Inc

3 硬件设计

3.1 典型应用原理图

图 1 为 MI200E 的典型应用原理图。

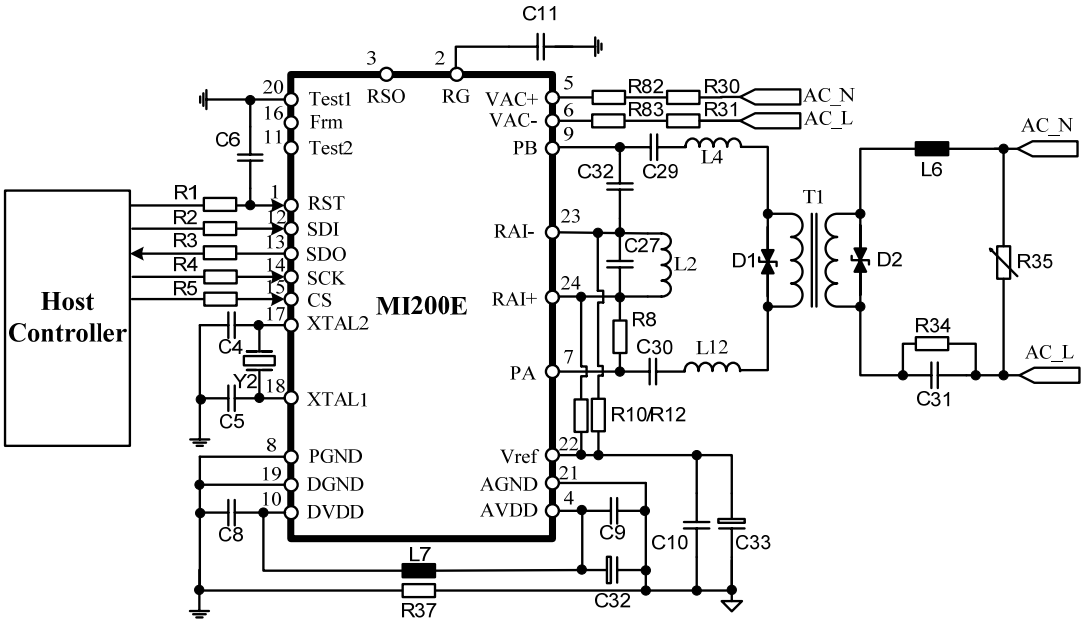

图 1：典型应用原理图

MI200E 的外围电路可分为：

- **电源电路**
- **电力线耦合电路**
- **发送滤波电路**
- **接收滤波电路**
- **SPI 接口电路**
- **复位电路**
- **晶振电路**
- **过零电路**

Copyright © Miartech, Inc

由于 MI200E 集成了如数字功放、带通滤波器等电路。外围电路简单，元器件清单见表 2。

序号	数量	名称	详细描述
1	5	R1	33Ω
2		R2	33Ω
3		R3	33Ω
4		R4	33Ω
5		R5	33Ω
6	1	R8	680Ω
7	2	R10	10KΩ
8		R12	10KΩ
9	2	R30	220KΩ
10		R31	220KΩ
11	1	R34	2.2MΩ
12	1	R35	470KΩ/275V（压敏电阻）
13	1	R37	0Ω
14	2	R82	5.1MΩ
15		R83	5.1MΩ
16	2	C4	22pF
17		C5	22pF
18	4	C8	100nF
19		C9	100nF
20		C10	100nF
21		C11	100nF
22	2	C6	10nF
23		C27	10nF
24	2	C29	100nF
25		C30	100nF
26	1	C31	220nF/275V
27	2	C32	10μF
28		C33	10μF
29	1	D1	P6KE6.8CA
30	1	D2	P6KE10CA
31	1	L4	47μH
32	1	L6	BEAD
33	1	L7	BEAD
34	1	L12	47μH 色码电感
35	1	Y2	11.0592MHz
	1	T1	19:13

表 2: 元器件清单

Copyright © Miartech, Inc

3.2 电源电路

MI200E 的电源部分引脚如下:

- **DVDD DGND （数字电源）**
- **AVDD AGND （模拟电源）**
- **PGND （功率地）**

供电回路原理图见图 3。

在芯片的实际应用中，这三组电源均使用单 5V 供电，PGND 和 DGND 采用一点接地，DGND 和 AGND 经过 0 欧姆电阻（R37）连接，DVDD 和 AVDD 经过磁珠（L7）和退耦电容（C9 与 C32 并联）形成的 LC 退耦电路连接。

Vref（第 22 脚）为内部参考电压，其主要作用是产生一个 AVDD/2 的稳定电压，供芯片内部的运放使用。Vref 需要经过 C10 与 C33 并联退耦到 AGND。

DVDD 加上一个滤波电容(C8)。

功率电源(PVDD)和数字电源(DVDD)在芯片内部分开，但在管脚上和数字电源邦定到一起。

由于 MI200E 具有较高的接收灵敏度，因此在电源的设计时应尽可能地降低电源纹波幅度。电源噪声将影响整体通讯效果。

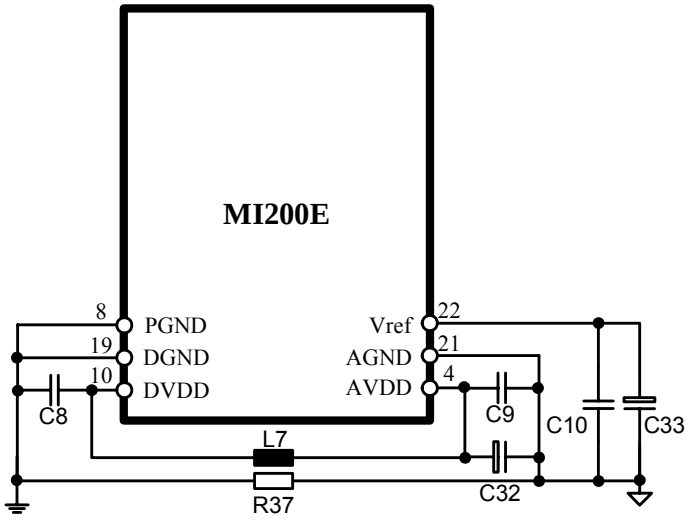

图 2

3.3 电力线耦合电路

MI200E 的发送、接收均采用差分方式，通过信号耦合变压器，在电力线上接收或发送信号。MI200E 的电力线藕合电路如图 3 所示。

推荐使用的器件参数如下：

R34： 2.2 MΩ；

R35： 470 KΩ/275V（压敏电阻）；

C31： 根据不同载波频率，做相应调整，见表 3；

L6： 磁珠；

D2： P6KE10CA。

在 T1 的初级与次级，都需加上一个 TVS 保护管，避免在线路上有高压脉冲冲击时损坏后端器件。

信号耦合变压器 T1 建议采用 1.5:1 的变压比，MXO-2000 材料。

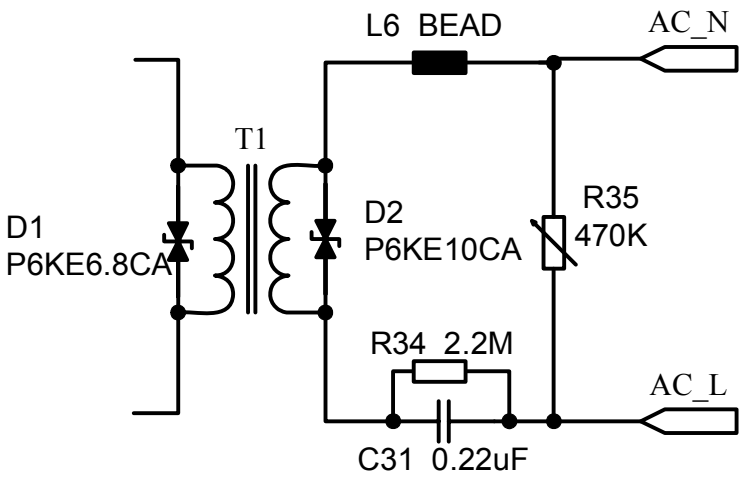

图 3

载波频率	C31
57.6KHz	0.47μF
76.8KHz	0.33μF
115.2KHz	0.22μF

表 3: C31 在不同载波频率时的参数值

Copyright © Miartech, Inc

3.4 发送滤波器

MI200E 的外围发送滤波器由一级简单的 LC 带通滤波器组成。LC 的参数根据所选的载波频率的不同需要做调整。电路图见图 4。

对应不同的载波频率，LC 参数如表 4 所示。

应注意 L4/L12 选取内阻小的型号（EV-board3.1 上 L4/L12 的 ESR 小于 0.2Ω，Q 值大于 18）。C29/C30/C31 均会对带通滤波器的特性起到较大的影响，应选用误差小于 10%的聚酯或聚丙烯电容。

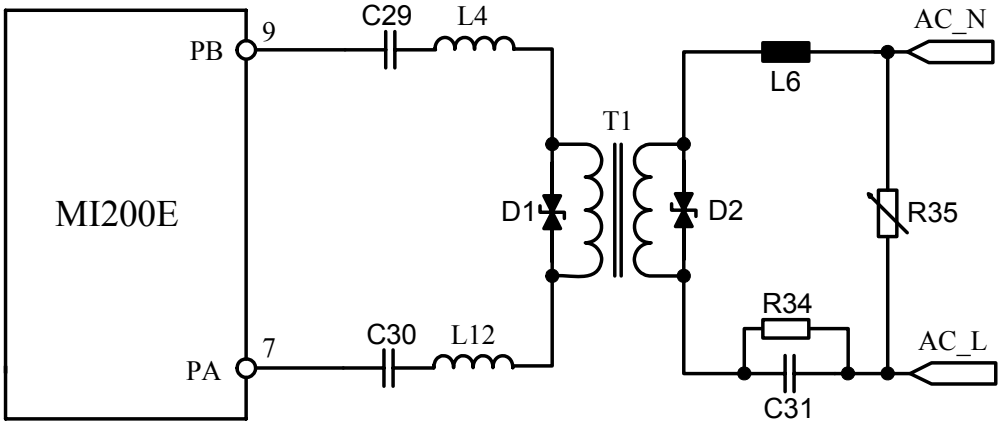

图 4

载波频率	LC 参数			
	C29	C30	L4	L12
57.6KHz	100nF	100nF	68μH	68μH
76.8KHz	100nF	100nF	47μH	47μH
115.2KHz	68nF	68nF	33μH	33μH

表 4:发送滤波电路参数

Copyright © Miartech, Inc

3.5 接收滤波器

MI200E 的接收滤波电路如图 5 所示。同样对于不同的载波频率，电路参数也需做相应的调整，来取得更好的通信效果。对应不同载波频率的 LC 参数见表 5。

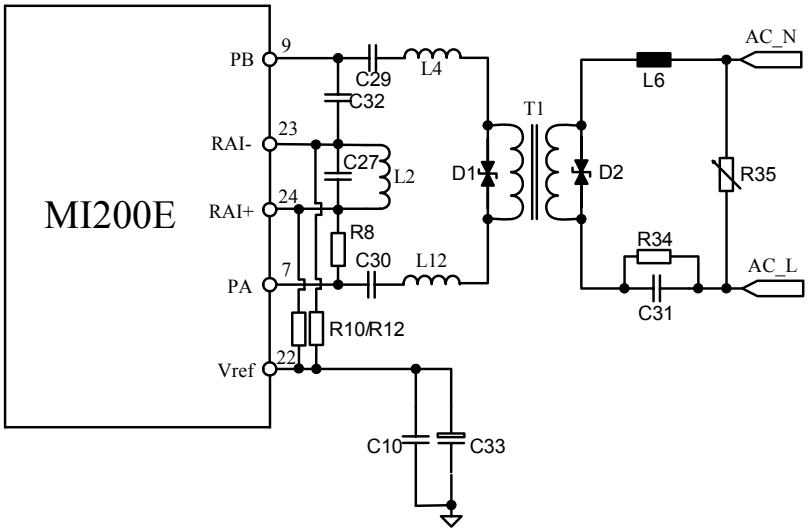

图 5

载波频率	参数			
	R8	C32	C27	L2
57.6KHz	470Ω	22nF	47nF	150 uH
76.8KHz	680Ω	22nF	10nF	470 uH
115.2KHz	470Ω	22nF	33nF	68uH

表 5:接收滤波电路参数

Copyright © Miartech, Inc

3.6 SPI 接口

MI200E 与主控端（通常 MCU）的数据交换通过 SPI（Serial Peripheral Interface）实现。在点对点的通信中,SPI 接口不需要进行寻址操作,且为全双工通信,显得简单高效，最高速率可达几 Mbps，并且能够与主流 MCU 实现简单良好的联接。其接口电路如图 7。图中的匹配电阻 R1～R5 推荐使用 33Ω。

SPI 接口读写时序请参考 MI200E Datasheet.

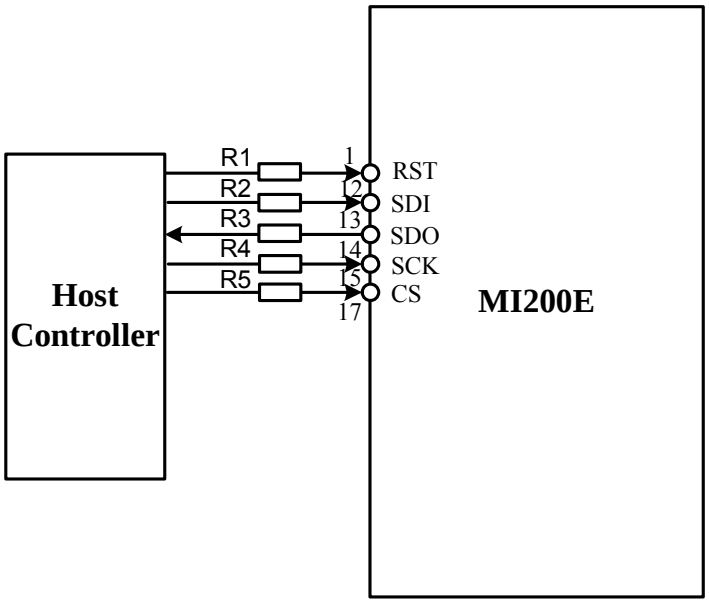

图 6

3.7 复位电路

主控端通过对该引脚的电平控制来对 MI200E 内部寄存器进行复位，在低电平时内部寄存器进行复位操作(建议低电平保持时间为 1 秒)，复位之后应延时 50 毫秒，等待 MI200E 内部电路进入稳定工作状态，再对内部寄存器进行操作（如读写寄存器），以保证可靠读写寄存器。

MI200E 的复位时序见图 7.

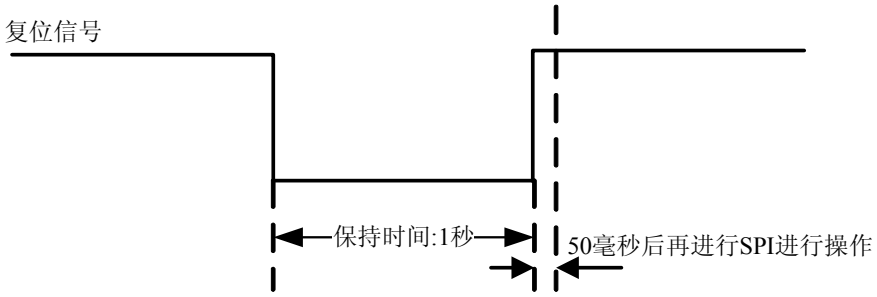

图 7

Copyright © Miartech, Inc

3.8 晶振电路

MI200E 的晶振频率为 11.0592MHz。既可以独立使用(图 8)，也可以与主控 MCU 共用晶振（图 9）。

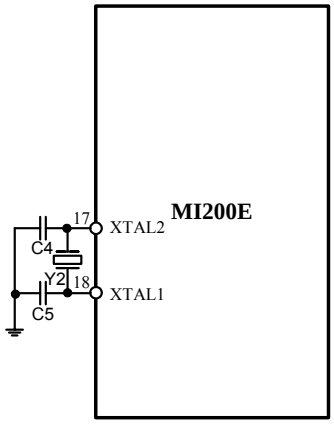

图 8（独立晶振方式）

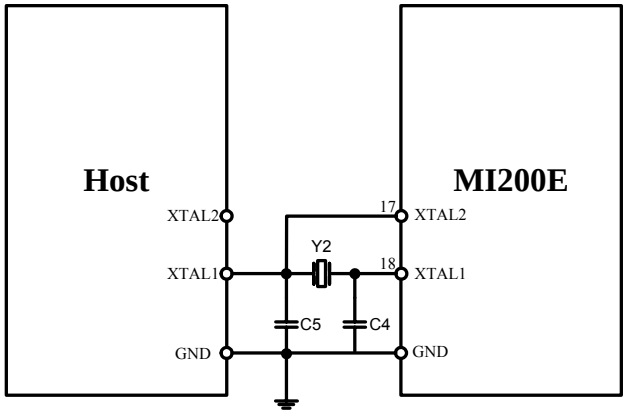

图 9（共用晶振方式）

3.9 过零检测

MI200E 的过零检测电路如图 10 所示。

R82/R83 为 5.1MΩ。

R30/R31 为 220KΩ/1W。

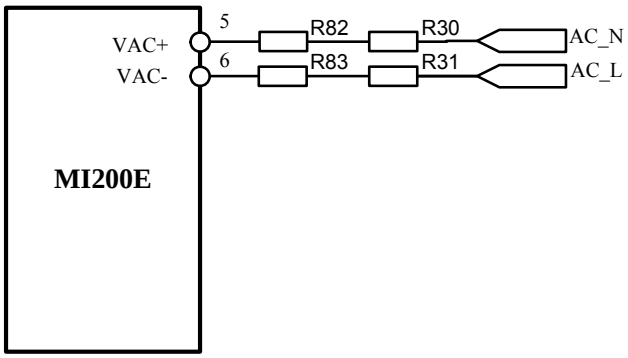

图 10

3.10 发送/接收波形

当需要对观察 MI200E 发送与接收的波形时，可如图 11 所示,接入示波器。

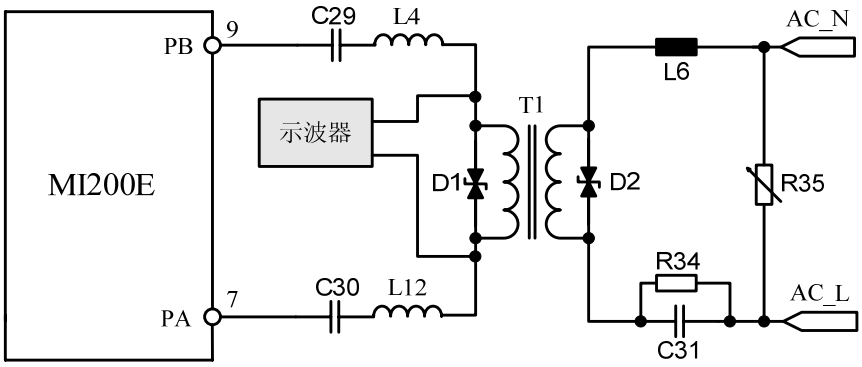

图 11

图 12 是以 76.8k/1600bps 发送时的波形.

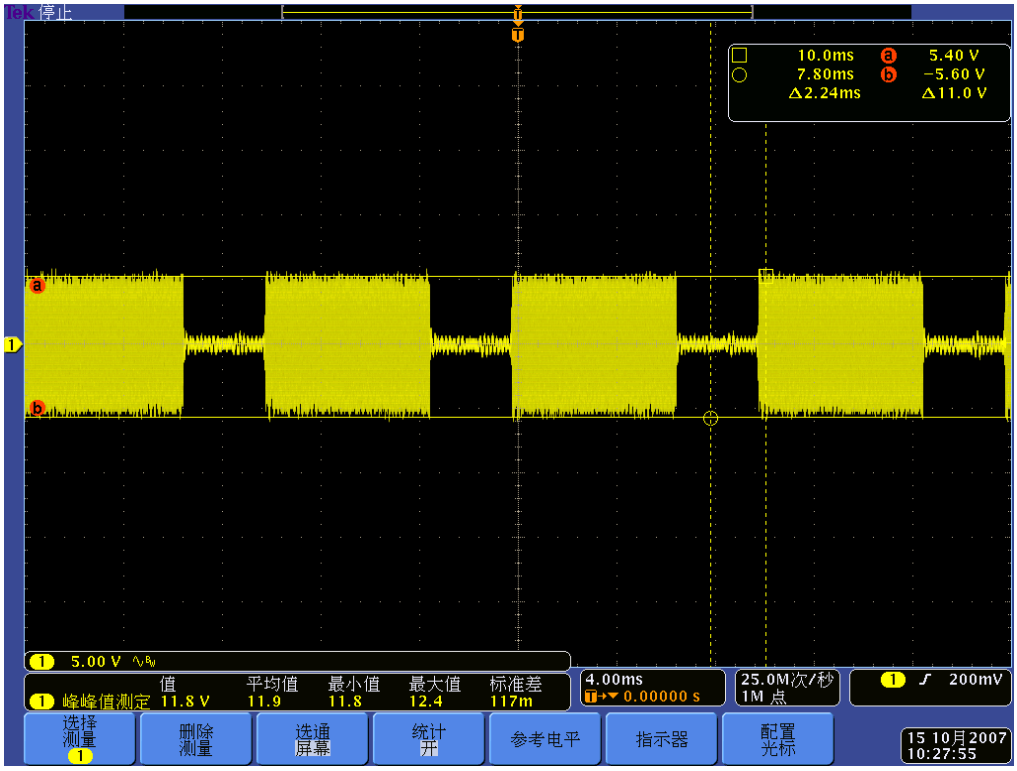

图 12

图 13 是以 76.8k/1600bps 的接收波形.

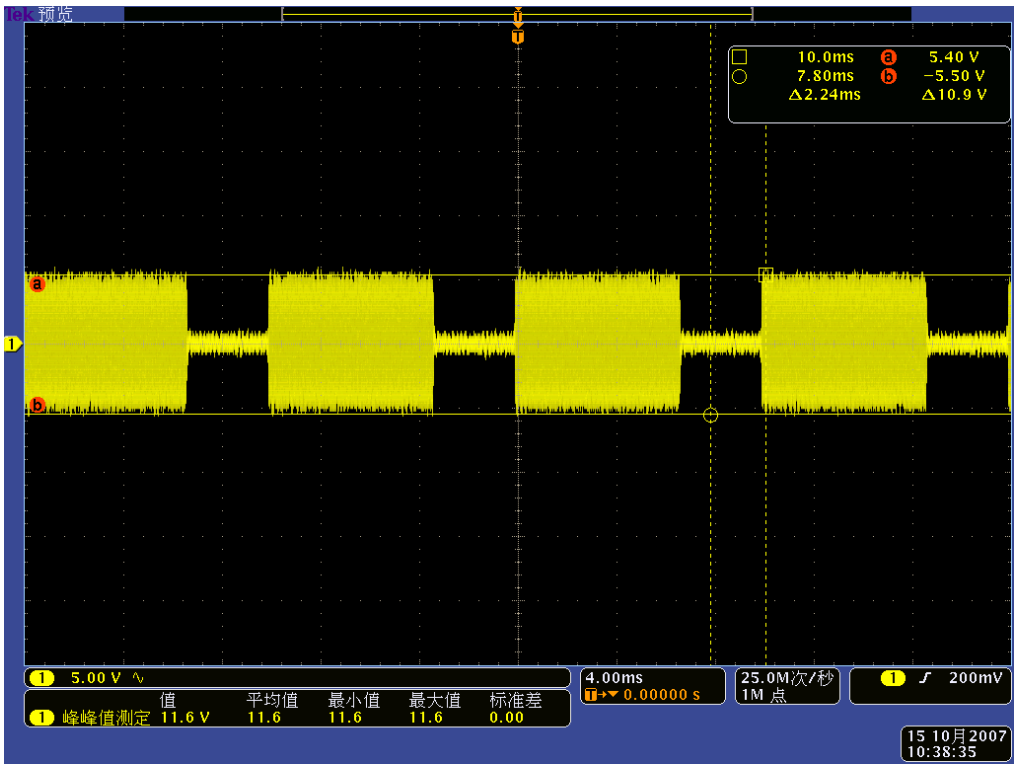

图 13

Copyright © Miartech, Inc

3.11 PCB 设计

MI200E 的模拟输入输出（包括交流检测的 AC+/AC-，信号输入 RAI+/RAI-以及功率输出 PA/PB）均为差分形式，所以 MI200E 具有较强的在板抗干扰能力，一个普通的 PCB 设计就能够让 MI200E 发挥出较好的抗干扰特性。 MI200E 的 PCB 设计需注意以下事项：

1. 模拟地和数字地/功率地的分隔；
2. 电源 AC 侧和直流侧的隔离；
3. 其它数字部分（如 MCU 等应用电路）本身的布线。

图 14 至图 17 为 EV-board 3.1*的 PCB 版图。仅供用户参考。

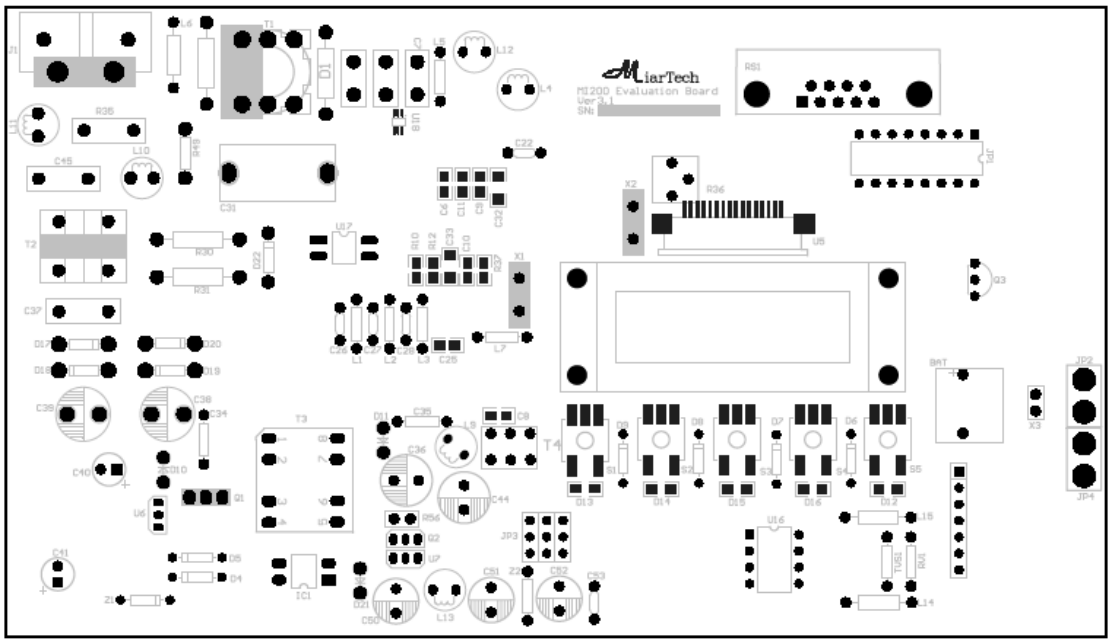

图 14 顶层元件面

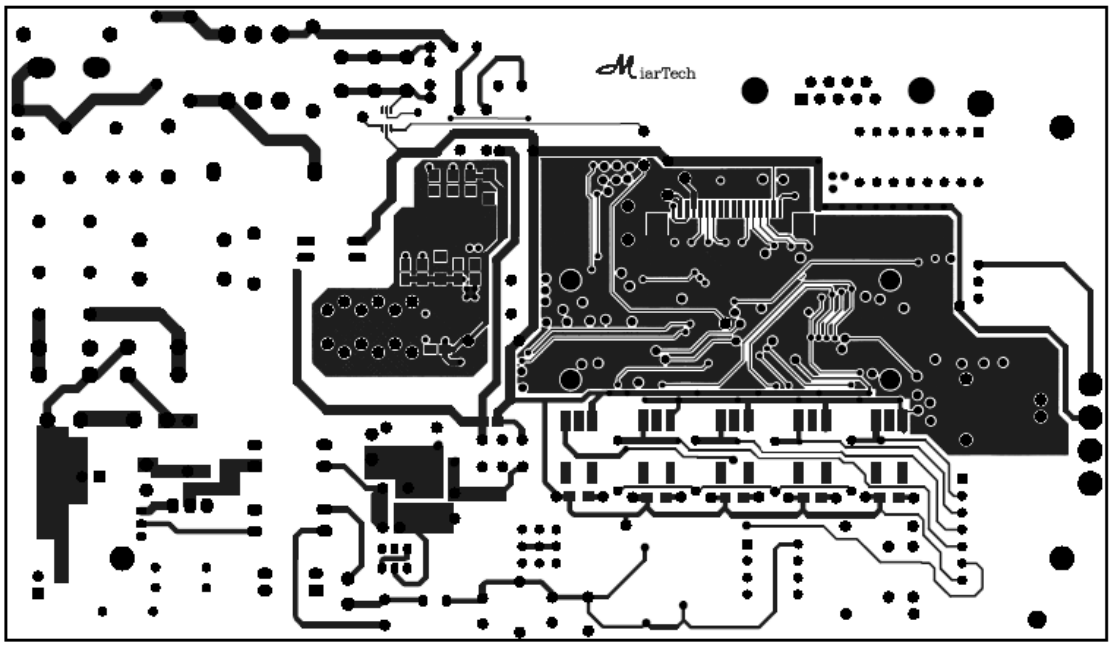

图 15 顶层布线

Copyright © Miartech, Inc

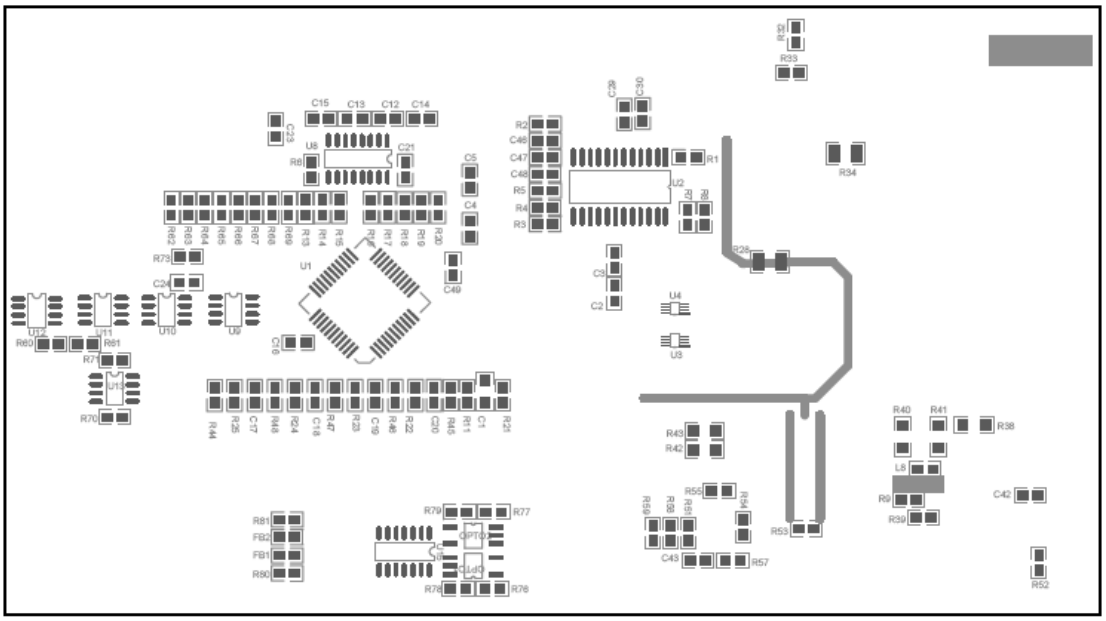

图 16 底层元件面

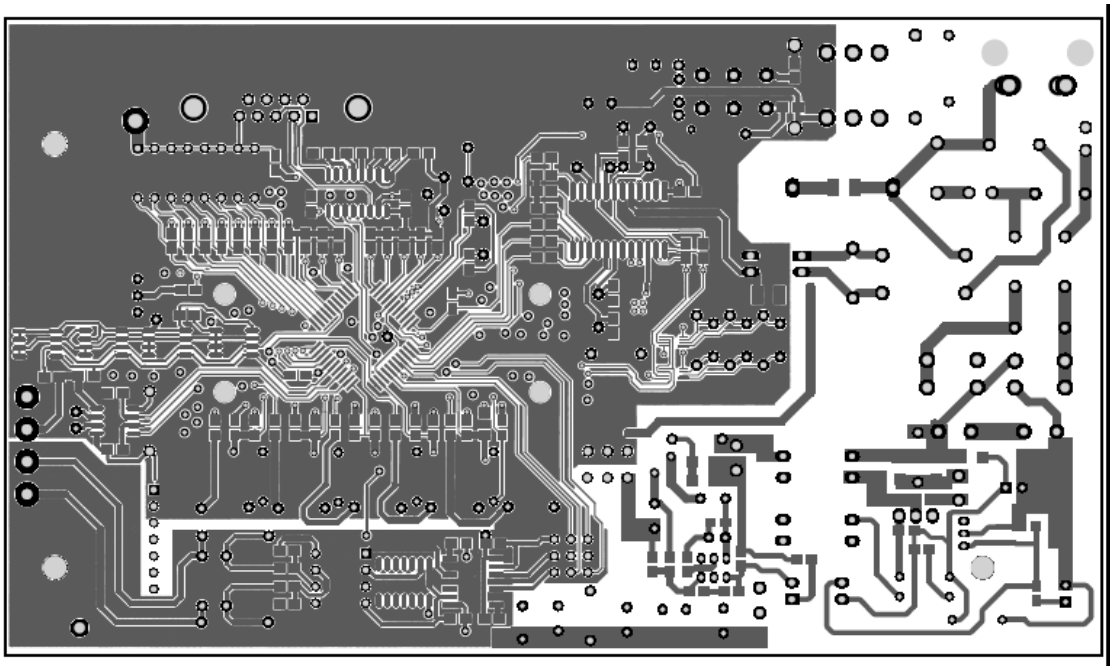

图 17 底层布线

*EV-board 3.1 用于对应用环境进行通讯效果测试而设计的通讯效果评估板。
评估板上包括了 MCU，显示，键盘，RS232/485 接口，开关电源等部分。

Copyright © Miartech, Inc

4 软件设计

4.1 寄存器设置

MI200E 的内部寄存器如表 6 所示。更详细的寄存器说明参见 MI200E 数据手册。

Instruction Name	W/R	Power On Value	Reference Value	Instruction Address	Operation
RDMR	R	0xff		0x81	Read Mode Configuration Register
WRMR	W			0x01	Write Mode Configuration Register
RDSR	R	0x00		0x82	Read Status Register
WRSR	W			0x02	Write Status Register
RDRR	R	0x00		0x83	Read Receiving Mode Configuration Register
RDRB0	R	0x00		0x84	Read Receiving Byte Register 0
WRTB0	W			0x04	Write Sending Byte Register 0
RDAR	R	0xff	0xff	0x87	Read Analog Signal Processing Configuration Register
WRAR	W			0x07	Write Analog Signal Processing Configuration Register
WRACD	W	0x00		0x0a	Write delay time value for transmitter frame header
WRTDR	W	0x00		0x0b	Write delay time value for receiver frame header.
WRTH0	W	0x66	0x58	0x0c	Write Carrier detection threshold (Before Frame Sync)
WRTH1	W	0x50	0x0a	0x0d	Write Carrier detection threshold (After Frame Sync)
WR_F1FRE	W	0x00	0x66	0x10	Write adjustment value of 1st frequency point for BPF.
WR_F1Q	W	0x00	0x88	0x11	Write adjustment value of 1st Q value for BPF.
WR_F2FRE	W	0x00	0x66	0x12	Write adjustment value of 2nd frequency point for BPF.
WR_F2Q	W	0x00	0x88	0x13	Write adjustment value of 2nd Q value for BPF.
WR_F3FRE	W	0x00	0x66	0x14	Write adjustment value of 3rd frequency point for BPF.
WR_F3_Q	W	0x00	0x88	0x15	Write adjustment value of 3rd Q value for BPF.
RD_CRC_H	R	0x00		0xa8	Read high 8bits of CRC16 on transmit side
RD_CRC_L	R	0x00		0xa9	Read low 8bits of CRC16 on transmit side

表 6: MI200E 寄存器列表

Copyright © Miartech, Inc

4.2 主程序设计

MI200E 建议采用中断方式来进行数据的收发。建议设定一个 2ms 的中断，用作对 MI200E 的内部寄存器进行查询。主程序设计流程见图 18。

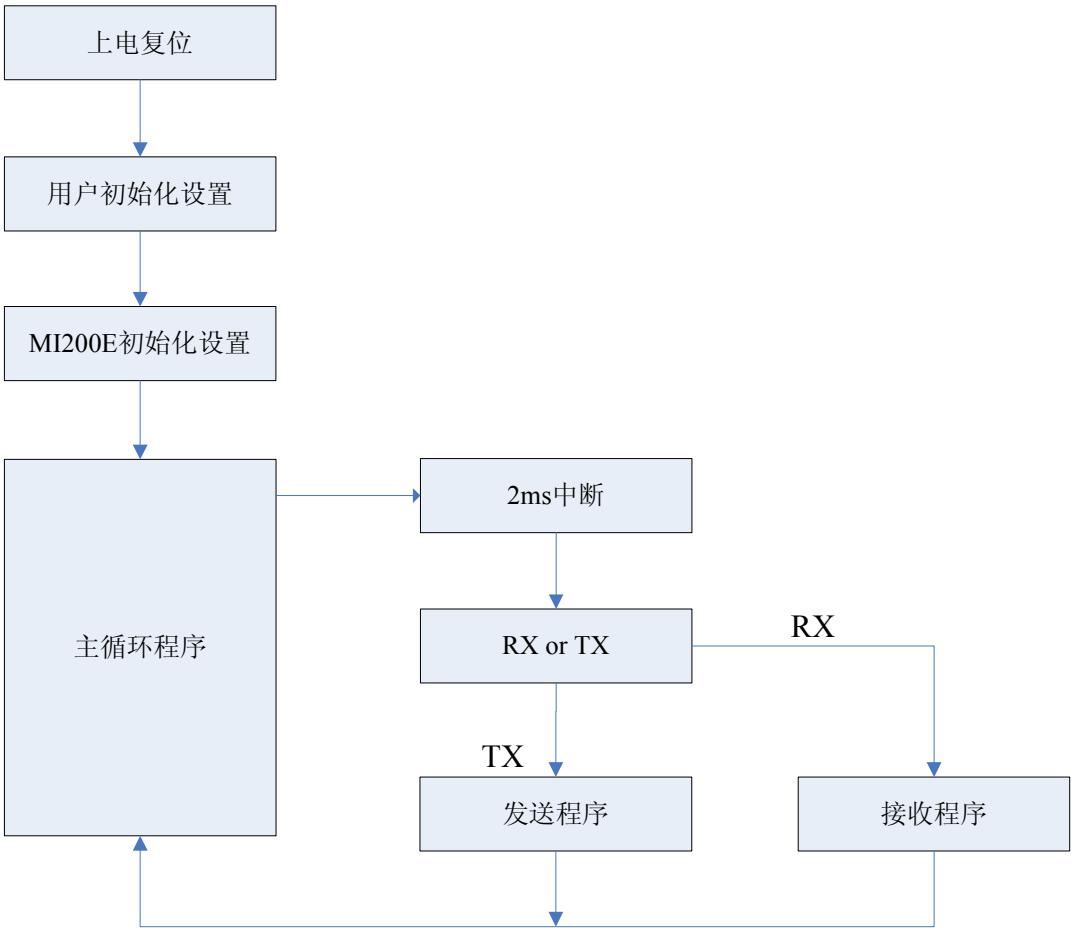

图 18

4.3 初始化设置

MI200E 的初始化包含以下内容:

MI200E 的复位，低电平有效。

通讯参数配置

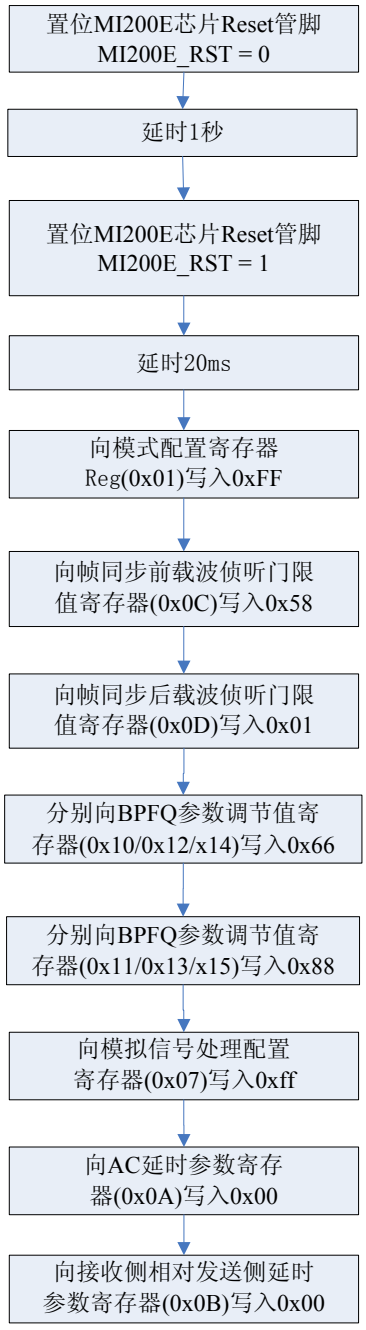

图 19

Copyright © Miartech, Inc

4.4 发送程序

MI200E 在发送时的数据包结构如图 20 所示.

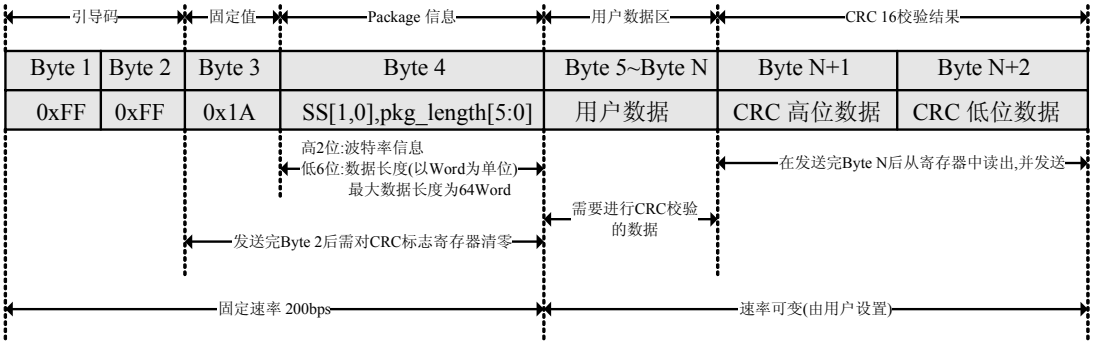

图 20

MI200E 每隔 10ms 进行一次数据发送，从 Byte 1~Byte 4 固定使用 200bps 进行数据发送。(为了能稳定建立起数据通讯,使用较低的速率)。

起始的 4 个 Byte 中包含引导码，后续发送采用的波特率以及数据长度。在发送完这 4 个 Byte 后，客户可改变发送波特率（重新配置模式寄存器）。在使用 1600bps 的速率情况下，每隔 10ms,将发送出 1 个 Word(2 Bytes)的数据。

由于 Byte 4 中 pkg_length 占用了 6 个 bits，因此每一个数据包的数据长度不应超过 64 个 Word(128 Bytes)。

请注意在进行 pkg_length 的计算时单位为 Word，除了用户数据长度，还需要加上 1 个 Word，即最后的 CRC 16 的校验结果。

在发送完引导码(Byte 1~Byte 2)之后，应对 CRC 标志寄存器清零。

从 Byte 5~Byte N 的数据都需要进行 CRC 16 的校验。(硬件自动完成)

在发送完 Byte N 后，需将 CRC 16 的校验结果从 MI200E 中读出,并依次发送。

每次发送数据前都需要对状态寄存器（0x82）的最高位（TI）进行查询，只有在 TI 为“1”时，才能将数据配置进 MI200E。

Copyright © Miartech, Inc

MI200E 的发送流程如图 21 所示

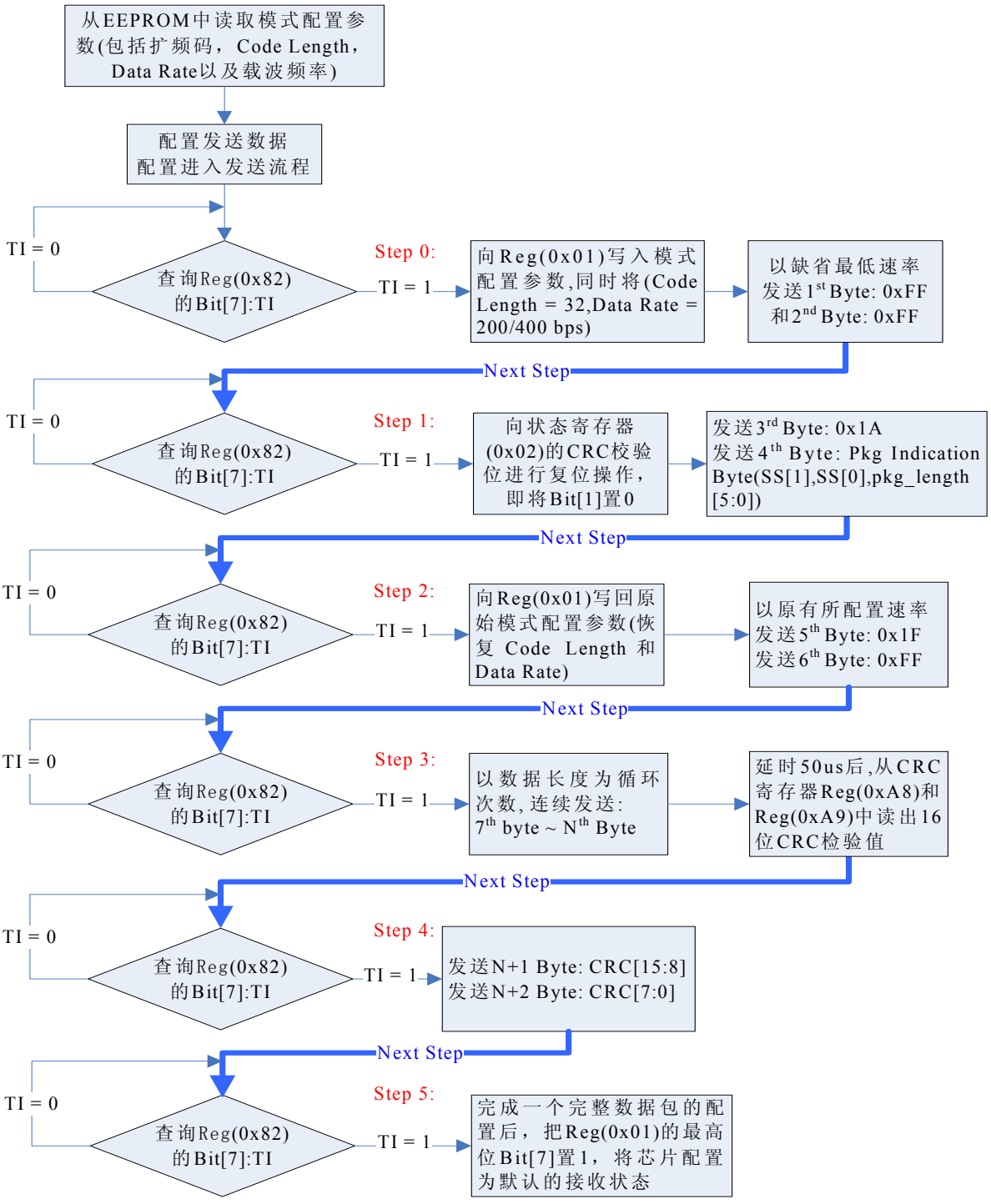

图 21

Copyright © Miartech, Inc

4.5 接收程序

MI200E 处在接收状态时，需要反复查询状态寄存器（0x82）的 RI/Carr/Frame 标志。当 Carr/Frame 被硬件置“1”后，先读取接收模式寄存器（0x83），取出 package 信息（波特率信息与数据长度）。并将接收到的波特率信息写入模式寄存器。（使得收发两端的波特率一致）

按照取得的数据长度进行接收。（每读取一个 Word 的数据前都需要查询 RI/Carr/Frame 标志,只有在 RI/Carr/Frame 都被硬件置“1”的情况下，再读取 MI200E 中的接收数据。）

在读取完所有的数据（包括 CRC 交验结果）后，查询状态寄存器（0x82）中的 CRC 标志，判断是否已正确接收到了数据。

MI200E 的接收流程如图 22 所示

Copyright © Miartech, Inc

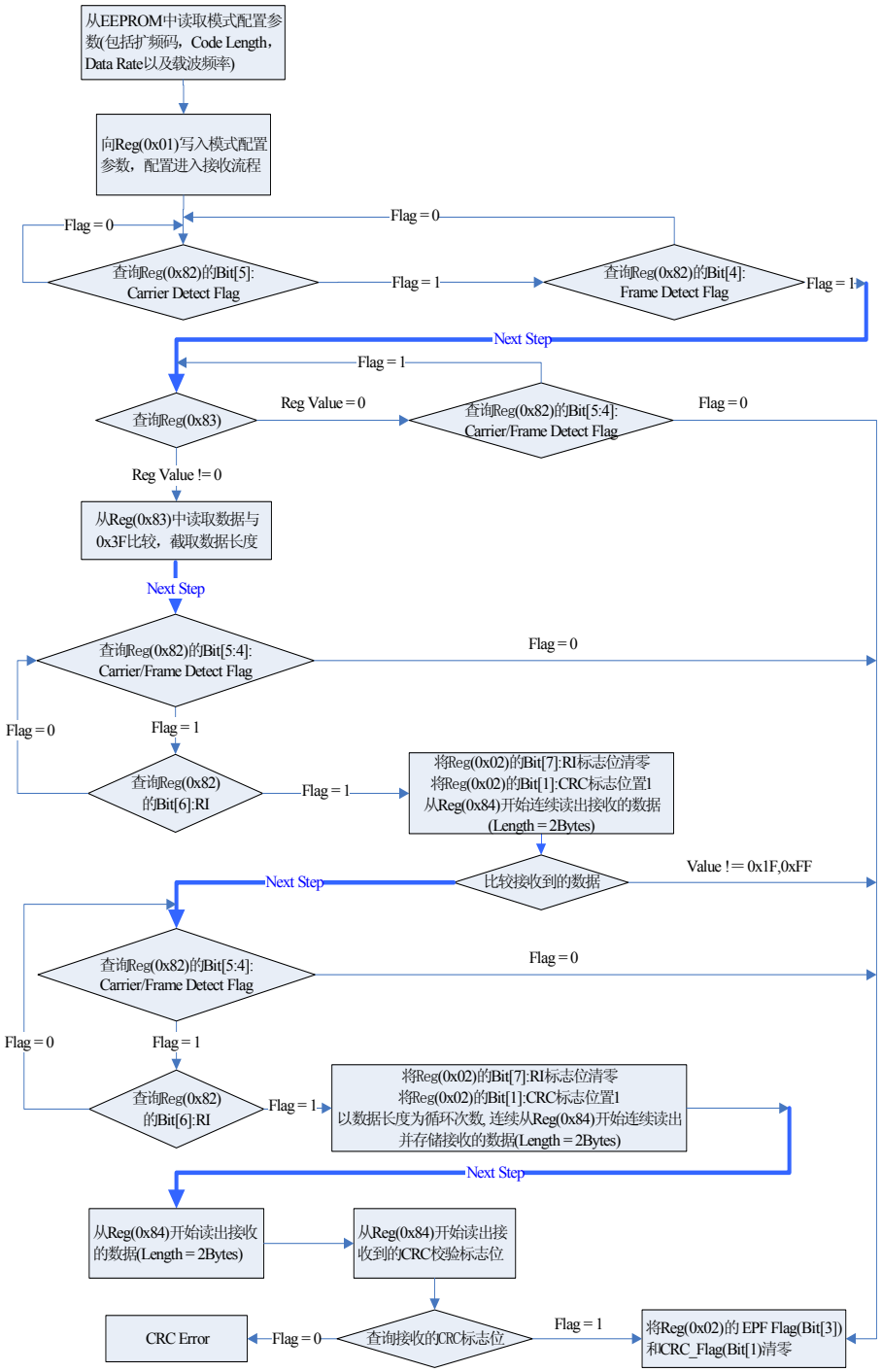
从EEPROM中读取模式配置参数(包括扩频码，Code Length，Data Rate以及载波频率)
向Reg(0x01)写入模式配置参数，配置进入接收流程
Flag = 0
Flag = 0
查询Reg(0x82)的Bit[5]: Carrier Detect Flag
Flag = 1
查询Reg(0x82)的Bit[4]: Frame Detect Flag
Flag = 1
Next Step
Flag = 1
查询Reg(0x83)
Reg Value = 0
查询Reg(0x82)的Bit[5:4]: Carrier/Frame Detect Flag
Flag = 0
Reg Value != 0
从Reg(0x83)中读取数据与0x3F比较，截取数据长度
Next Step
查询Reg(0x82)的Bit[5:4]: Carrier/Frame Detect Flag
Flag = 0
Flag = 0
Flag = 1
查询Reg(0x82)的Bit[6]:RI
Flag = 1
将Reg(0x02)的Bit[7]:RI标志位清零
将Reg(0x02)的Bit[1]:CRC标志位置1
从Reg(0x84)开始连续读出接收的数据(Length = 2Bytes)
比较接收到的数据
Value != 0x1F,0xFF
Next Step
查询Reg(0x82)的Bit[5:4]: Carrier/Frame Detect Flag
Flag = 0
Flag = 0
Flag = 1
查询Reg(0x82)的Bit[6]:RI
Flag = 1
将Reg(0x02)的Bit[7]:RI标志位清零
将Reg(0x02)的Bit[1]:CRC标志位置1
以数据长度为循环次数, 连续从Reg(0x84)开始连续读出并存储接收的数据(Length = 2Bytes)
Next Step
从Reg(0x84)开始读出接收的数据(Length = 2Bytes)
从Reg(0x84)开始读出接收到的CRC校验标志位
CRC Error
Flag = 0
查询接收的CRC标志位
Flag = 1
将Reg(0x02)的 EPF Flag(Bit[3])和CRC_Flag(Bit[1])清零

图 22

4.6 其他

在应用中，收发两端的通讯参数必须一致，否则无法正常通讯。需要设置的通讯参数如下：

- **载波频率**
- **波特率**
- **扩频码字**

由于 MI200E 内部集成了滤波器，在寄存器列表中可以看到有 3 组寄存器（0x10~0x15）用以对片内滤波器进行微调。请按照参考值进行配置。

此外 0x0C/0x0D 是用来调整检测载波信号的门限，按照我们的经验已经给出了参考值，请同样配置。

寄存器的参考值请参见表 5。

Copyright © Miartech, Inc