

CAN-bus 开发步骤

一、学习目标

CAN-bus (Controller Area Network) 即控制器局域网, 是国际上应用最广泛的现场总线之一。起先, CAN-bus 被设计作为汽车环境中的微控制器通讯, 在车载各电子控制装置 ECU 之间交换信息, 形成汽车电子控制网络。比如: 发动机管理系统、变速箱控制器、仪表装备、电子主干系统中, 均嵌入 CAN 控制装置。

CAN-bus 是一种多主方式的串行通讯总线, 基本设计规范要求有高的位速率, 高抗电磁干扰性, 而且能够检测出产生的任何错误。当信号传输距离达到 10Km 时, CAN-bus 仍可提供高达 5Kbps 的数据传输速率。由于 CAN 串行通讯总线具有这些特性, 它很自然地在汽车、制造业以及航空工业中受到广泛应用。

作为一种技术先进、可靠性高、功能完善、成本合理的远程网络通讯控制方式, CAN-bus 已被广泛应用到各个自动化控制系统中。从高速的网络到低价位的多路接线都可以使用 CAN-bus。例如, 在汽车电子、自动控制、智能大厦、电力系统、安防监控等各领域, CAN-bus 都具有不可比拟的优越性。

二、主要内容

2.1 学习方法

CAN-bus 是一门比较系统的技术, 涉及的许多新技术来自于各个应用领域。其中, 包含各类技术的产品之间的关系是相辅相成, 协作无间, 才能构成一个实际运行的 CAN-bus 通讯网络控制系统。站在一个实际项目的角度, 可能只需要取其中一些环节, 就足够于具体应用。许多与 CAN-bus 相关的知识点是紧密衔接的, 同时去理解两个知识点有可能比学习其中一个知识点效果更好。比如, 熟练地运用 CAN 接口卡或用户设备模块进行网络通讯, 自然而然, 就会对 CAN2.0A/B 协议与芯片加深理解, 还能够同时掌握与通讯协议相关的知识点。

2.2 基础理论

由 BOSCH 制定的《CAN2.0A/B 协议》可能是 CAN-bus 技术中最枯燥的章节。单独地去理解这些理论并不容易, 最好的方法是多看几个从逻辑分析仪上捕获的 CAN-bus 帧信息波形, 一边对照一边分析。另外, 将 CAN 原型板与 CAN 接口卡构成一个 CAN-bus 通讯网络 (例如 CANstarter 开发套件), 然后进行 CAN-bus 帧通讯 (接收/发送/故障) 等测试, 会对理解《CAN2.0A/B 协议》起到比较好的帮助作用。

下图是用示波器捕获的一个 CAN-bus 帧信息 (数据帧) 的波形, 分别为 CAN-H、CAN-L 引脚波形, 相减即为差分信号。信号包括帧起始、仲裁场、控制场、数据场、CRC 场、应答场、帧结尾等部分。报文传输由数据帧、远程帧、错误帧、过载帧表示和控制。数据帧/远程帧通过帧间空间相分隔。

下图为 CAN-bus 标准报文帧的波形示意图:

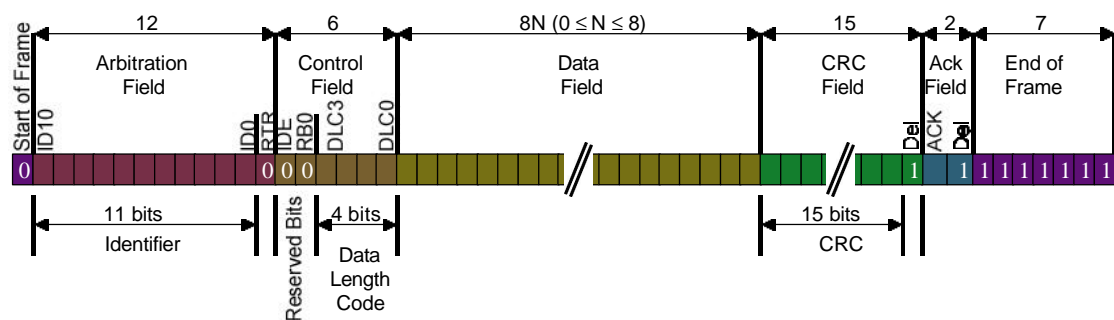


图 2.1 CAN-bus 标准报文帧

下图为 CAN-bus 扩展报文帧的波形示意图:

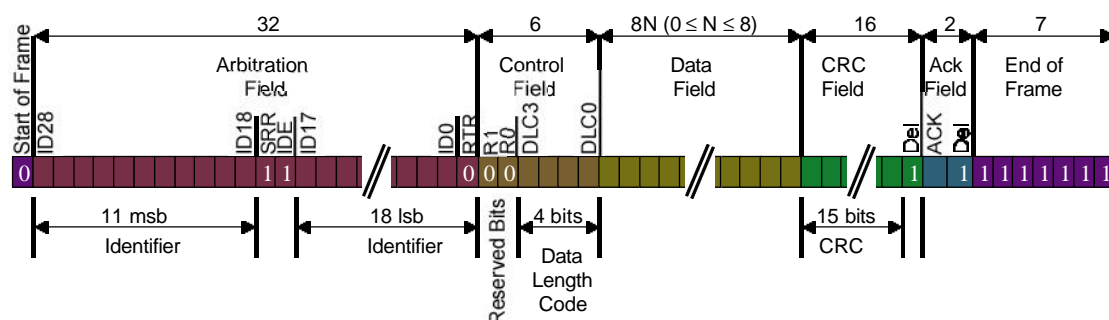


图 2.2 CAN-bus 扩展报文帧

下图为 CAN-bus 远程帧的波形示意图：

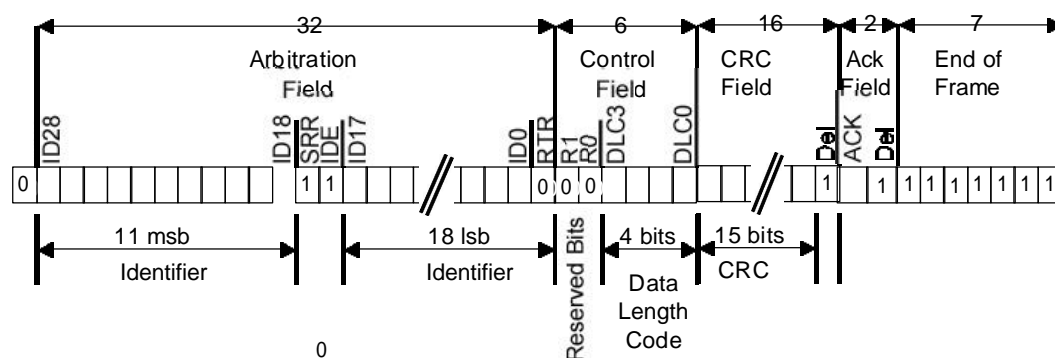


图 2.3 CAN-bus 远程帧

下图为 CAN-bus 错误帧的波形示意图：

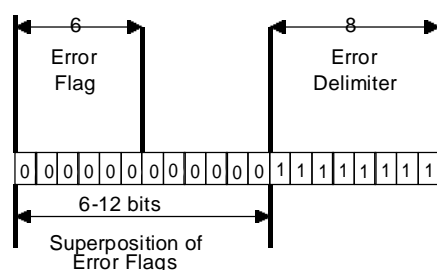


图 2.4 CAN-bus 错误帧

例如，使用示波器捕获一个报文帧（标准数据帧）的 CAN-H、CAN-L 波形分别如下：

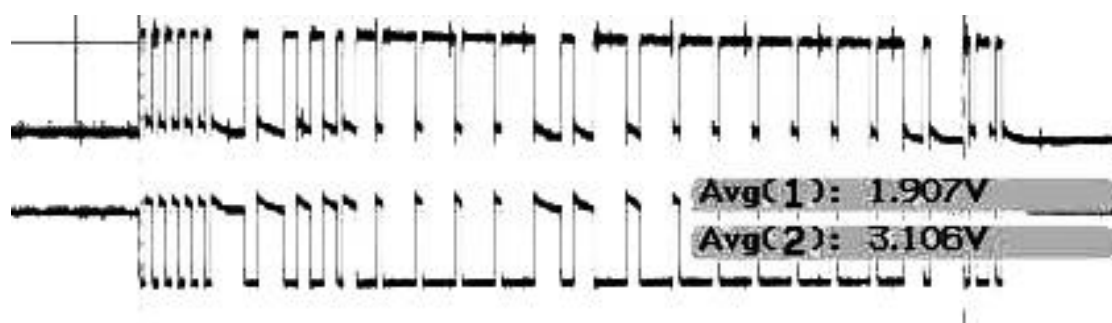


图 2.5 CAN-bus 数据帧波形

2.3 CAN 芯片

目前，许多大的半导体厂商都生产有各类 CAN 控制器、收发器芯片；但在欧洲，由 PHILIPS 生产的 SJA1000 芯片、CAN 收发器占领着大部分 CAN 应用领域。至 2002 年，累计已生产有 10 亿个 CAN 芯片投入应用。

对于不同的应用领域，应该向用户提供不同的芯片组合，包括合适的 CAN 收发器、CAN 控制器或者内嵌 CAN 控制器的处理器。

由 PHILIPS 生产的 CAN-bus 芯片分为以下几类：

分类	型号	简介
32 位 ARM7 芯片	LPC2119/2192/2194	集成 2 路 CAN 通道，LQFP64 小型封装
	LPC2290/2292/2294	集成 2/4 路 CAN 通道，TQFP144 封装
8 位 8xC51 芯片	P87C591	集成 Pelican 控制器的增强型 MCU
独立 CAN 控制器	SJA1000	应用最广的独立 CAN 控制器
通用 CAN 收发器	PCA82C250	通用，远程通讯
	PCA82C251	适合工业控制
高速 CAN 收发器	TJA1050	适合 DeviceNET 网络、控制应用
	TJA1040	适合汽车电子、DeviceNET 网络
标准 LIN 收发器	TJA1020	适合汽车电子等
其他器件	十多个型号的 DC/DC 模块、其他 CAN-bus 元件等	

表 2.1 ZLGCAN 系列芯片

针对这一系列芯片，ZLGCAN 已制作了很容易编程的程序库，使得工程师可以在不需要深入理解 CAN2.0 协议及芯片内部结构的基础上，就能方便地实现 CAN 通讯。比如，针对 SJA1000 芯片，就只需调用“初始化、发送、接收”命令，并编写简单的“错误处理”程序，就可以实现与 CAN 相关的所有操作，从而可以将更多的精力用于产品的通讯（协议）功能、操作、显示等方面。

- 《基于 ARM7 的 FullCAN 函数库，V1.00》
- 《P87C591 CAN 控制器 Pelican 模块，V1.00》
- 《P87C591 的 A/D 转换控制器函数》
- 《SJA1000 Pelican 函数库，V1.30》
- 《SJA1000 BasicCAN 函数库，V1.00》

2.4 CAN 工具

一旦准备启动一个具体的 CAN-bus 项目，首先就会选择合适的 CAN-bus 开发工具。ZLGCAN 系列 CAN 工具品种众多、规格齐全，能够向客户提供多种层次的选择；不仅具有与国际产品相近甚至超越的性能，又有适合中国国情的价格，性能价格比一流。

由于 CAN-bus 是一个串行通讯网络，单个 CAN 节点的调试存在局限性，也会产生许多困难，并不能够代表实时运行的真正 CAN-bus 网络；因此，在网络中需要建立 1 个基于 PC 的 CAN 节点（可使用 ZLGCAN 接口卡等），才能够有效地对 CAN-bus 网络通讯进行“实时”调试/监控。

ZLGCAN 可以提供 CANstarter 开发套件、CAN 原型开发板、芯片仿真器、CAN 接口卡、CAN 分析仪、CAN 协议转换器、CAN 中继器等产品；部分型号已经通过多个行业、企业的实际运行测试，其中包括很多知名的大型企业，产品性能与质量受到客户信赖。

2.5 通讯协议

在建立一个实际运行的 CAN-bus 通讯网络时，由 CAN 底层硬件来实现对物理层、数据链路层的控制；CAN2.0 协议规定的通讯检错机制已足够保证 CAN-bus 通讯网络具有非常高的可靠性。但对于用户协议层，仍然需要制定或选择合适的通讯协议，对网络上的通讯数据流进行解析与管理。

下图为 CAN-bus 通讯层的概念。

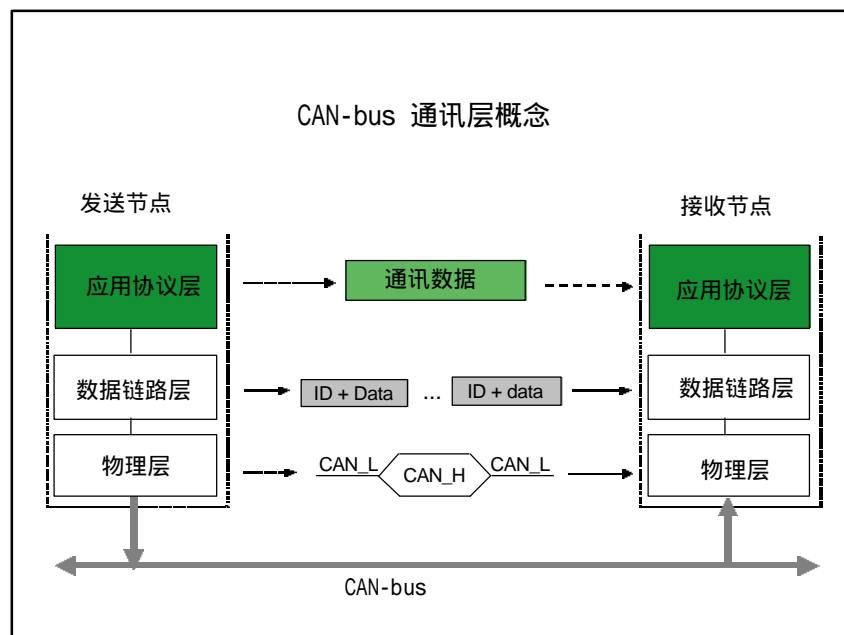


图 2.7 CAN 通讯层概念

对于普通的 CAN-bus 应用领域，采用通常的“命令—响应”模式通讯协议，即可以实现非常可靠且有效的“主—从”通讯网络。对于需要进行大量数据交换，或者通讯方式灵活的 CAN-bus 网络，也可以采用一些标准的多主通讯协议，比如 HilonB 协议，或者采用 CAN2.0 协议中远程帧定义。

在汽车电子产品领域，通常可参考或直接采用 SAE J1939 等一系列国际标准规范。

在电力通讯设计领域，DeviceNET V2.0 规范已被采纳为中国国家标准，是未来数年中电力通讯产品的通讯规约领导者。

在智能楼宇通讯领域，建议使用 Modbus 协议或沿用原 RS485 模式等“主—从”协议，以保持产品的可持续发展，并可以节省开发人力资源。

2.6 CAN 附件

在 CAN-bus 通讯网络的建设中，还需要涉及其他相关联的技术支持，比如：网络保护、通讯电缆。

CAN-bus 网络最初被设计作为汽车环境中的微控制器通讯，在车载各电子控制装置 ECU 之间交换信息，形成汽车电子控制网络。基本设计规范要求有高的位速率，高抗电磁干扰性，而且能够检测出产生的任何错误，主要是用在强干扰环境、室外远程通讯等场合。因此，CAN-bus 收发器已具备一些保护功能，新一代收发器（比如 TJA1040、TJA1041、TJA1054 等）更具备很完善的保护功能，但在一些远程通讯场合或强干扰通讯的场合，还需要根据实际情况，考虑增加一些附加网络保护设施，比如过电压保护 TVS、温度保护 PTC、共模扼流圈、防雷击装置、极性保护等，以防止雷击、浪涌、极性反接等，以预防故障发生，起良好的保护作用。

对于通讯电缆，使用国标 AWG18（截面积为 $\Phi 0.75 \text{ mm}^2$ ）的普通双绞线，一般可以保证在 1KM 距离下实现 CAN 可靠通讯；如果 CAN 通讯距离超过 1KM，则建议通讯电缆线的截面积大于 $\Phi 1.5 \text{ mm}^2$ ，

常规方式是随通讯距离的加长而适当加大电缆线截面积。在强干扰的应用环境下，建议选择有屏蔽层的通讯电缆线；此时，通讯电缆线应单端良好接地。如果设备要求符合 CAN 高层协议（DeviceNET、CANopen 等），则通讯电缆也必须符合对应规范中的要求。

三、重点分析

3.1 CAN-bus 历程

虽然，CAN-bus 被称为最易于设计的现场总线技术，但是，如果从头至尾设计一套 CAN-bus 通讯网络，即使对非常熟悉 MCU 的用户来说，这也不是那么简单的事。

ZLGCAN 提供了非常完善的 CAN-bus 技术支持；依靠 ZLGCAN 提供的设计文档、开发工具等帮助，客户甚至只需花费一个工作周的时间，即可以设计并调试完成一个真正的基本 CAN-bus 通讯网络。要知道，原来这些工作原先可能要花费一个单片机设计工程师近半年的工作时间。

下面，我们就以设计并调试一个完整的 CAN-bus 通讯网络（包括芯片为 SJA1000 的 2 个通讯节点）为例，详细介绍这个学习、设计、调试的过程。



图 3.1 一个简单的 CAN-bus 通讯网络

3.1.1 CAN-bus 网络的连接

CAN-bus 网络采用直线拓扑结构，在一个网络上至少存在 2 个 CAN-bus 节点。在总线的 2 个终端，各需要安装 1 个 120Ω 终端电阻；如果节点数目大于 2，中间节点就不要求安装 120Ω 终端电阻。

对于干线，其通讯距离与 CAN-bus 网络通讯波特率成反比：在 5Kbps 下能够传输 10Km 距离，在 1Mbps 下能够传输 40m 距离。对于支线，其长度一般不应超过 3 米。如果直接采用国际标准规范，则对干线、支线有更严格的要求。

CAN-bus 信号采用差分传输方式，所有节点的 CAN_H 连接在一起，CAN_L 连接在一起。当总线上有“1”信号时，CAN_H、CAN_L 之间压差 $\geq 0.9V$ ，称“显性”；当总线上有“0”信号时，CAN_H、CAN_L 之间压差 $\leq 0.4V$ ，称“隐性”。

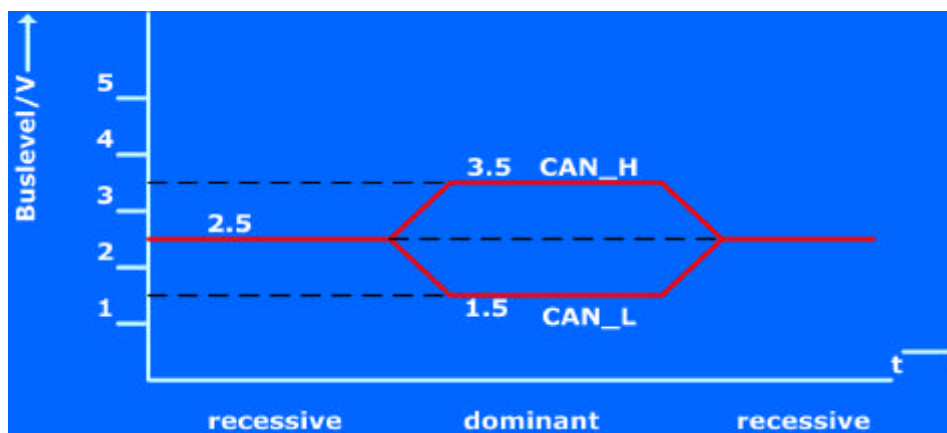


图 3.2 CAN-bus 信号的差分波形

3.1.2 CAN-bus 单元电路设计

我们以一个参考的 CAN-bus 节点电路为例，进行分析、介绍。这个电路的原图（Protel 格式）存放在 CANstarter-I 开发套件中。

这是一个由“P87C52+SJA1000+PCA82C250+电气隔离”组成的 CAN-bus 标准节点电路，SJA1000 芯片选用 XDATA 空间的 0x7F00 地址页。如果是一个简单的应用，则可以省略电气隔离电路；如果用于强干扰场合，则需要补充前面章节所述的保护电路。SJA1000 芯片的复位电路受 P87C52 芯片 IO 引脚控制，这一点需要注意。

这是一个非常成熟且可靠的电路，建议直接采用。

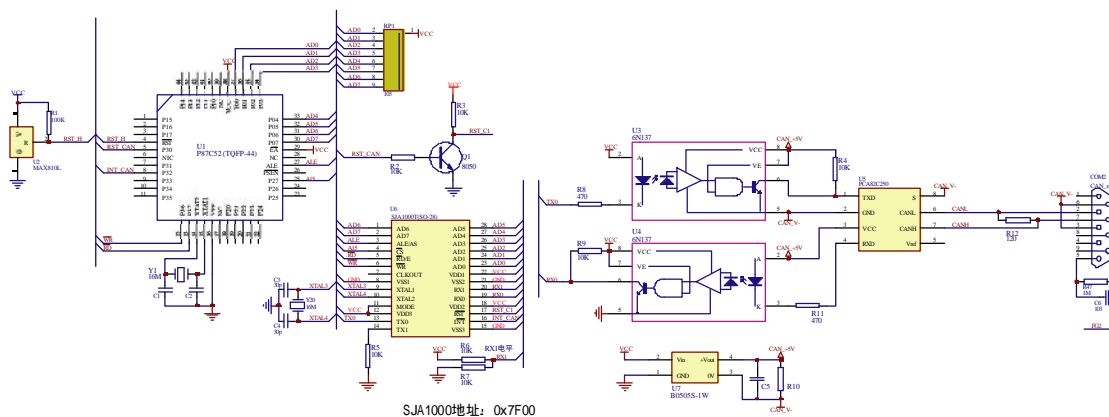


图 3.3 CAN-bus 参考单元电路

3.1.3 芯片控制程序的编写

在 CAN-bus 网络中, 通讯的数据格式有 2 种: CAN2.0A 格式, 11 位 ID 码, 也称 BasicCAN 模式; CAN2.0B 格式, 29 位 ID 码, 也称 PeliCAN 模式; PeliCAN 模式的通讯具有更优秀的表现, 且可以兼容 BasicCAN 模式的通讯。因此, 对于新开发的 CAN-bus 设计项目, 一般都选择 PeliCAN 模式进行通讯。

ZLGCAN 提供有 BasicCAN 模式、PeliCAN 模式下 SJA1000 芯片的操作函数库，支持 A51、C51 语言直接调用，使用非常灵活。因此，我们直接在项目中调用 SJA1000_PELI 函数库的 C51 语言版，无需自行开发关于 SJA1000 的控制程序。

对 SJA1000 芯片的操作主要由 3 个功能环节组成：初始化、发送帧、接收帧。

SJA1000 芯片的初始化过程比较繁琐，好在 CANstarter-I 开发套件中也提供有完整的初始化示范源程序，直接调用即可。根据程序分析，SJA1000 芯片的初始化工作分成 10 个步骤完成。

	步骤	操作对象	函数定义
1	检测硬件连接是否正确	REG_CAN_TEST	SJATestInterface()
2	进入复位状态	REG_CAN_CMR	SJAEntryResetMode()
3	设置时钟分频寄存器	REG_CAN_CDR	SJASetClockDivision()
4	设置输出控制寄存器	REG_CAN_OCR	SJASetOutControl()
5	设置通讯波特率	REG_CAN_BTRx	SJASetBandRateStandard()
6	设置代码验收寄存器	REG_CAN_ACRx	SJASetAccCode()
7	设置代码屏蔽寄存器	REG_CAN_AMRx	SJASetAccMask()
8	退出复位状态	REG_CAN_CMR	SJAQuitResetMode()
9	设置工作模式	REG_CAN_CMR	SJASystemPrgCMD()
10	设置中断使能寄存器	REG_CAN_IER	WriteSJAREg()

表 3.1 SJA1000 芯片初始化过程

注意：SJA1000 初始化时，必须确定芯片的硬件复位已经完成，即复位引脚已变为高电平状态。

通过 SJA1000 芯片发送 CAN 帧报文、接收 CAN 帧报文，也可以在 SJA1000_PELI 函数库中直接调用对应的函数：

```
SENDSJADATA(unsigned char *SEND_BUFFER,unsigned char len);
```

```
REVSJADATA(unsigned char *REV_BUFFER,unsigned char len);
```

在使用发送函数 SENDSJADATA()和接收函数 REVSJADATA()时，注意其参数*SEND_BUFFER、*REV_BUFFER 中所指向的数据内容应符合 CAN2.0B 协议帧格式。

在节点设备运行的应用程序中，还需要完成的代码部分就是采用中断/查询方式读取 SJA1000 的中断寄存器，这也与 SJA1000_PELI 函数库相关，直接调用以下函数：

```
ReadSJAREg(REG_CAN_IR);
```

关于节点设备其他部分的功能程序，则参照通常的程序设计方法完成。

3.1.4 通讯协议的编制

通讯协议的选择可以根据具体应用项目而决定，相关的详细情况请参考前一章节的有关内容。

下面以通常的“命令—响应”模式为例，说明在此过程中需要注意的一些习惯事例：

- 主节点发送命令时，遵循“主节点发命令—等从节点发回应—OK”模式，即主节点下达一命令，然后等待接收从节点发来的响应数据，再根据所接收数据的正、误，向应用程序报告此命令的执行情况。
- 在帧报文传输过程中，任一帧报文均包含有校验码；接收方需要对报文进行处理，与校验码比较，判断帧报文的传输正确性。
- 当主节点发送命令后未收到响应，则尝试重发（由硬件或软件完成）；累计达到设定的次数时，即向应用程序报告通讯失败，请求进行检测与维护。

3.1.5 CAN-bus 网络的调试

CAN-bus是一个串行通讯网络，因而，单个节点的调试存在许多局限性，并不能够代表实时运行的真正CAN-bus网络。使用PeliCAN模式支持的“自收自发”测试功能可以检测节点本身的CAN硬件电路功能，但也不能够测试与CAN-bus网络密切相关的通讯参数，比如：通讯波特率、验收滤波器、总线仲裁、网络负载等相关参数。

借助于一套有ZLGCANtest通用测试软件支持ZLGCAN接口卡，就可以方便地监听CAN-bus网络通讯数据，或者模拟单个CAN-bus节点的行为，向网络发送CAN-bus帧报文，以提供给其它节点接收信息。

使用CANalyst分析软件，可以实时监控每一秒的CAN-bus总线负载率（总线传输数据时间/总时间），以确保系统运行在可靠的环境下；另外，借助其标识符编辑功能，还可以将总线上捕获的帧报文按易读的格式显示。

在强大的开发工具帮助下，CAN-bus网络的调试也就变得十分容易而简单。

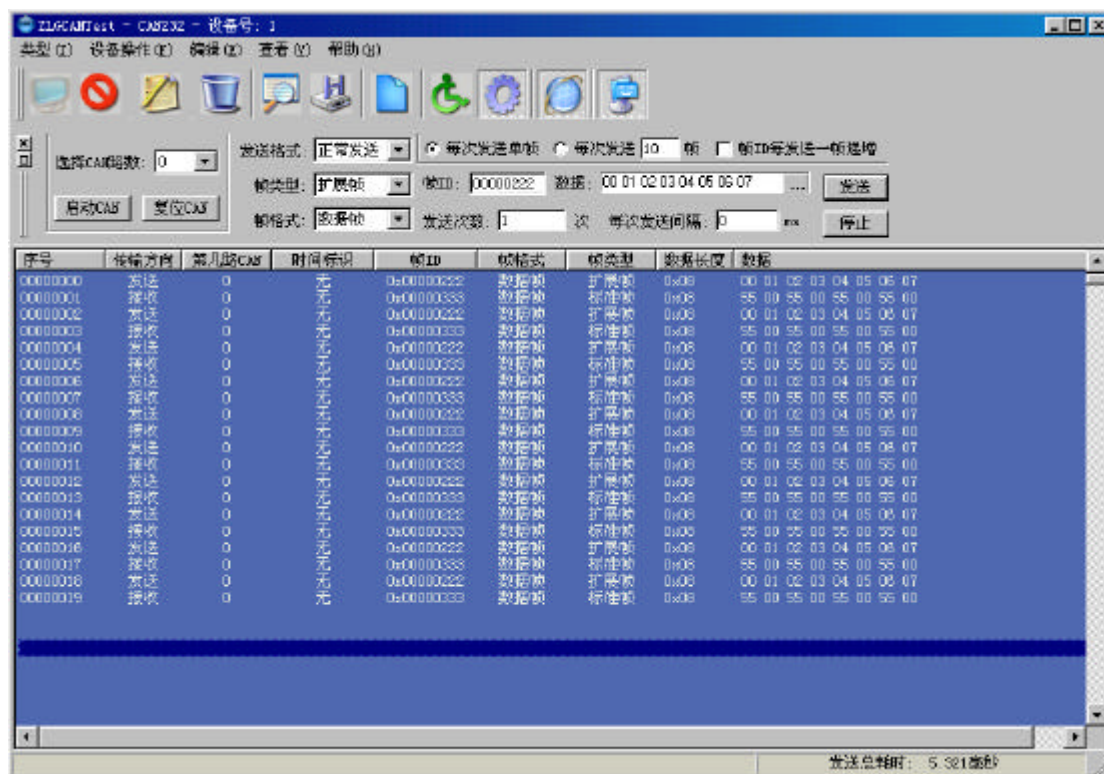


图 3.4 ZLGCANtest 测试软件界面

经历以上步骤，即已成功建立一个CAN-bus通讯网络。

3.2 CAN-bus 应用

对于一个 CAN-bus 应用人员，所关心的重点多会集中于 CAN-bus 网络能够真正实施的实际运行项目。CAN-bus 通讯网络功能强大，领先于众多串行通讯应用领域；在具体的应用项目中，客户需要适当“裁剪”，以经济、可靠的方式组建自己的 CAN-bus 通讯网络。

- 组态开发：为能够使更多的用户可以容易地体验、设计 CAN-bus 通讯网络，ZLGCAN 系列产品提供 OPC 接口，支持在流行的组态软件环境（国内 MCGS、KingView、国际 Intouch、iFix 等）开发用户自己的 CAN-bus 网络项目。

如果大家在设计/应用过程中，了解到或掌握与 CAN-bus 网络相关的通讯规范、产品信息、控制网络、拓展应用等，请与 cantools@zlgmcu.com 邮箱联系。

四. 难点讲解

4.1 网络通讯连接

所有符合 CAN2.0 规范的节点可以连接在一起，构成一个直线拓扑结构的 CAN-bus 通讯网络；在网络的 2 个终端，各需要安装 1 个 120Ω 终端电阻，中间节点不要求安装 120Ω 终端电阻。

同一个 CAN-bus 通讯网络中，所有 CAN 节点的通讯波特率必须一致。CAN-bus 网络的干线长度与通讯波特率成反比。通讯波特率为 5Kbps 时能够传输 10Km 距离，为 1Mbps 时能够传输 40m 距离。

符合 CAN2.0B (Pelican) 规范的 CAN 节点可以接收或者发送符合 CAN2.0B (BasicCAN) 规范的 CAN 帧报文；反之则不行。即：CAN2.0B 规范是扩展的规范，并向下兼容 CAN2.0A 规范。

只有正确初始化的 CAN 节点才是 CAN-bus 网络中的可见工作节点；不上电或未初始化为工作状态的 CAN 节点在 CAN-bus 网络中是不可见的，即使它们已经存在物理连接。

4.2 通讯波特率设置

CAN 节点的通讯波特率必须与所在 CAN-bus 总线一致。下面以 SJA1000 芯片为例，说明通讯波特率的计算过程。

SJA1000 独立 CAN 控制器的 CAN 通讯波特率由寄存器 BTR0、BTR1、晶振共 3 个参数共同决定。计算一个在指定晶振频率下的 SJA1000 节点通讯波特率，实际上是计算寄存器 BTR0、BTR1 的设置值，但手续非常繁琐，工作量很大，需要涉及计算 CAN 系统时钟周期（SYNC_SEG、TSEG1、TSEG2、SJW 和 NBT）。这是由 CAN2.0 规范所决定，主要是为了使在不同工作方式、通讯距离的 CAN 节点之间能够力保正常、可靠通讯。因此，我们建议直接采用国际 CiA 协会推荐的 SJA1000 波特率设置值，如下表所示。

Baudrate (Kbps)	晶振频率 = 16MHz		晶振频率 = 12MHz	
	BTR0 (Hex)	BTR1 (Hex)	BTR0 (Hex)	BTR1 (Hex)
10	31	1C	65	1C
20	18	1C	52	1C
50	09	1C	47	1C
100	04	1C	43	1C
125	03	1C	42	1C
250	01	1C	41	1C
500	00	1C	40	1C
800	00	16	40	16
1000	00	14	40	14

表 4.1 SJA1000 标准波特率

同时，需要注意：计算得出的 CAN 通讯波特率也仅是适合一个具体数值范围内的通讯波特率；这意味着，标称通讯速率为 100Kbps 的 CAN 节点，一般能够与通讯速率为 90Kbps—110Kbps 的 CAN 节点正常通讯。

有关这一方面的理论资料，可以参考《确定 SJA1000 CAN 控制器的位定时参数》等相关文档；《单片机与嵌入式系统应用》等杂志也有相关的论文《CAN 总线位定时参数的确定》等资料刊载。ZLGCAN 也提供有一个计算 SJA1000 通讯波特率的工具，供大家参考使用。

4.3 验收滤波器管理

通过合理设置一个 CAN 节点的代码验收/屏蔽寄存器组，可对该节点接收 CAN 帧信息构成非常灵活的滤波，从而减少 CPU 工作负载，提高运行效率。通常情况下，将代码屏蔽寄存器 REG_CAN_AMRx 组设置为 0xFF（在 BasicCAN 模式）或 0xFFFFFFFF（在 PeliCAN 模式）值，即可接收来自 CAN 总线上的所有 CAN 信息帧。

在 PeliCAN 模式下，滤波方式可以设置为单滤波和双滤波两种方式。有关这一方面的详细理论资料，可以参考《CAN 控制器 SJA1000 验收滤波器原理与应用》文档。

例如，我们设置 PCI-9810 接口卡为单滤波方式，用于只接收 ID 为 0x001、0x003 的 CAN 2.0A 格式标准数据帧，对应的 REG_CAN_ACRx、REG_CAN_AMRx 设置如下：

ACR0								ACR1								ACR2				ACR3			
ID11-ID4								ID3-ID0		RTR	X	X	X	X		数据 1				数据 2			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	X	X	X	X	XXXXXXXX				XXXXXXXX			
AMR0								AMR1								AMR2				AMR3			

ID11-ID4								ID3-ID0			RTR	X	X	X	X	数据 1	数据 2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	X	X	X	X	11111111	11111111

即设置: ACR=0x00 20 00 00, AMR=0x00 4F FF FF, 接收 ID 为 0x001、0x003 的 CAN 2.0A 格式标准数据帧。

4.4 错误管理机制

理解 CAN 错误管理机制, 对在设计过程中避免 CAN-bus 网络通讯故障会非常有效。下面将详细地介绍其中一些关键内容。

在 CAN2.0 规范中, 规定了检测以下错误类型的机制:

- 位错误

当发送器将自己发送的电平与总线上的电平相比较, 发现两者不相等时产生。当隐性位传输时, 显性位的检测在仲裁区; 在帧 ACK 时间段, 或被动故障标志传输期间, 检测电平不一致则不会导致位错误产生。

- 应答错误

当发送器确定帧信息没有得到应答时发生。在 CRC 校验场及帧结束场之间存在一个应答时间段, 该时间段内所有接收的节点, 无论是否是预定的接收者都必须对接收的信息作出应答。

- 填充错误

当节点检测到 6 个相同电平值的连续位时发生。在正常工作情况下, 当发送器检测到它已经发送了 5 个数值相同的连续位时, 那么它将在第六位上插入一个取反值(称之为位填充)。所有接收器在 CRC 循环冗余检查计算之前将除去填充位。这样, 当节点检测到 6 个连续的具有相同值的位时, 即产生一个填充位错误。

- CRC 错误

当 CRC(循环冗余检查)值与发送器生成值不匹配时发生。每一帧包含一个由发送器初始化的循环冗余检查(CRC)域; 接收器计算出 CRC 值, 并与发送器产生的值相比较, 如果两个值不相等即产生 CRC 错误。

- 格式错误

当在一必须发送预定值的区内检测到非法位时发生。确定的预定义的值必须在 CAN 帧内的一个确定点发送, 比如起始位、场间隙等。如果在这些区域中的一个内检测到非法位值, 即产生格式错误。

检测到节点错误将改变节点错误状态。为了尽量减小网络上故障节点的负面影响, 进而提供故障界定方法, CAN2.0 规范中定义了一个故障界定状态机制。一个节点可能处于下列三种错误状态之一:

- 错误主动(Error Active)状态

当一个错误主动节点检测到上述某个错误时, 它将发送一个错误主动帧, 该帧由 6 个连续的显性位组成, 这一发送将覆盖其他任何同时生成的发送, 并导致其他所有节点都检测到一个填充错误, 并依次放弃当前帧。

当处于错误主动状态的节点检测到一个发送问题时, 它将发出一个活动错误帧, 以避免所有其他节点接收信息包。无论检测到错误的节点是否要接收这个数据, 它都要执行这个过程。

- 错误被动 (Error Passive) 状态

当一个错误被动节点检测到上述的某一个错误时, 它将发出一个错误被动帧, 该帧由 6 个连续的隐性位组成, 这个帧可能会被同时出现的其他发送所覆盖。如果其它站点没有检测到这一错误, 将不会引起丢弃当前帧。

- 离线 (Bus Off) 状态

处于离线状态下的节点不允许对总线有任何影响, 它在逻辑上与网络断开。

- 关于故障界定状态机制, 其所含过程简述如下:

- 节点保持对发送和接收错误计数器的跟踪。

- 节点在开始错误主动状态时错误计数器的值等于 0, 硬件初始化后错误计数器的值也等于 0; 该状态下的节点假设所有检测到的错误非该节点所为。

- 错误类型以及检出错误的结点被赋予不同的计数值。这些计数值将根据是发送还是接收错误进行累加。有效的接收及发送使这些计数器递减，直至最小值 0。
- 当这些计数器中的任何一个超出 CAN 定义的阈值时该节点进入错误被动状态。在此状态下，该节点将被认为是导致错误的原因。
- 当发送错误计数值超出 CAN 定义的另一个阈值时，节点进入离线状态。CAN2.0 规范定义了从离线到错误主动之间的状态转换机制。
- 当错误被动的节点的发送及接收错误计数器值都减小至 CAN 定义的阈值以下时，节点重新进入错误主动状态。

关于出错管理机制的更详细内容，可以参考《CAN2.0 规范》中相关的叙述。

4.5 在 PeliCAN 模式下发送/接收标准帧

工作在 PeliCAN 模式下的 SJA1000 芯片同时兼容 BasicCAN 模式，可以实现对标准帧的接收与发送功能。帧接收缓冲区与帧发送缓冲区占用同一个逻辑地址空间（地址：16-28 共 13 个字节），对此地址空间进行读操作为访问接收缓冲区，进行写操作为访问发送缓冲区；实际上，这两个缓冲区分别属于不同的物理空间。

数据缓冲器被分为描述符区和数据区，描述符区的第一个字节是帧信息字节（帧信息）。它说明了帧格式（标准帧/扩展帧）、远程/数据帧和数据长度。标准帧有两个字节的 ID 识别码，扩展帧有四个字节的 ID 识别码。数据区最长 8 个数据字节。

在 PeliCAN 模式下发送和接收的 CAN 标准帧为 11 个字节，包括两部分：帧信息和数据部分；前 3 个字节即为帧信息。标准帧格式如下表，每个标准帧均符合此表的格式。

	7	6	5	4	3	2	1	0
字节 1	FF	RTR	X	X	DLC（数据长度）			
字节 2	（报文识别码）				ID.10-ID.3			
字节 3	ID.2-ID.0			X	X	X	X	X
字节 4	数据 1							
字节 5	数据 2							
字节 6	数据 3							
字节 7	数据 4							
字节 8	数据 5							
字节 9	数据 6							
字节 10	数据 7							
字节 11	数据 8							

- 字节 1 为帧信息。第 7 位（FF）表示帧格式，在标准帧中，FF=0；第 6 位（RTR）表示帧的类型，RTR=0 表示为数据帧，RTR=1 表示为远程帧；DLC 表示在数据帧时实际的数据长度。
- 字节 2、3 为报文识别码，11 位有效。
- 字节 4~11 为数据帧的实际数据，远程帧时无效。

五. 联系方式

ZLGCAN 向客户提供以下全面的 CAN-bus 技术支持与产品服务：

- 1、CAN-bus 芯片/元件
- 2、CAN-bus 开发套件/评估电路
- 3、CAN-bus 接口卡
- 4、CAN-bus 转换器

- 5、CAN-bus 分析仪
- 6、CAN-bus 技术方案

我们是国内第一流的 CAN-bus 开发、服务、应用的团队。关于 CAN-bus 的详细应用，请浏览技术支持专业主页：

<http://www.zlgmcu.com>

或进入 CAN-bus 技术讨论园地：

<http://www.zlgmcu.com.cn/club/bbs/bbsView.asp>

我们的服务邮箱：

can@zlgmcu.com 和 cantools@zlgmcu.com

技术支持电话：

020-8552095/85541621/85541773/85547386-222/223

关于对本文档资料的建议，请大家联系我们的服务邮箱：

can@zlgmcu.com

cantools@zlgmcu.com