

图4 控制器LCD板结构图

结合原理框图，系统特点分析如下：

系统采用主从模式。主节点是一个EPCU板，负责调度所有的从节点。它必须能够识别从节点的子系统，初始化、开始、停止子系统，并且负责各个子系统的信息共享。这些通过CAN网络予以实现。通过RS232和RS485通信接口，EPCU板可以按照MODBUS/RTU协议与上位机进行通信。此外，EPCU板还负责模拟量的采集和控制功能。它支持不同范围的电流或电压输入输出。我们采用高性能AD、DA芯片来实现多功能输入输出，还采用PID算法对被测对象进行控制。从节点设置一个ELCD板，负责人机交互。使用键盘作为输入设备，LCD液晶显示器作为输出设备。此外系统要求有足够的输出功能，因此采用了一个微型打印机，但是由于EPCU为真正的信息控制中心，因此把微型打印机设置在EPCU上。内部的各个子系统采用CAN总线通信。这样设计使系统的扩展性非常好，当需要另加一种测量方式，或是测量通道不够的时候，只要再加一个从节点就可以了。

各节点核心采用MCS-51兼容的W78E516B单片机。

A/D输入选用AD7705，具有16位转换精度，工作环境为-40℃~+85℃，在系统晶振8 MHz的条件下采样频率为2.4576 MHz；4个模拟量输入通道独立工作，分别采样温度和溶氧信号，并有两路备用，在一个采用通道发生故障时可以投入备用通道。AD7705可以用SPI总线方式读写。数模转换芯片采用AD420，它也有16位转换精度，高速串行接口，多种类多范围输出，还有内部输出错误检测。MAX813L是一片外置看门狗，它可以实现看门狗功能和电压检测功能。时钟芯片采用DS12887，支持BCD和二进制存储方式，支持夏令时，可编程方波输出，支持多个中断源。AT29C040是一种FLASH存储器，容量很大(512kB)，它把整个空间分成2048个分区，每个分区有256 Byte。PSD311是一种可编程逻辑电路，在本系统中用来对EPCU板和ELCD板进行地址译码。8255用来进行并口扩展。TP-UP-AF是一种微型打印机，采用标准并口连接，可以打印448个英数字符，32个用户自定义字符，国标一、二级汉字。支持40多个打印控制命令，可以放大缩小打印、加上下划线、打印点阵图形。

系统提供两路报警输出、两路数字输入和两路模拟输

出。报警可分别设置映射到各种测量参数，并且报警限值和延迟时间可灵活设定。数字量输入和4~20 mA标准电流输出也可以灵活进行设定，用户进一步扩展使用非常方便，可以满足各种用户的不同需要。

3 软件设计

普通的单片机软件，都是采用一种前后台的形式，后台采用死循环轮询的方式，前台处于等待中断的状态，一旦中断发生就会打断后台的轮询。这种方式使得各种情况的处理混杂在一起，使得软件的复杂度大大增加，编写和维护都很困难，而且任何一个部分出了问题，整个系统就会处于死机状态。为此我们选择在RTOS(Real-time Operation System)基础上构建系统的软件。RTOS的特点就是多任务，允许多个任务同时存在，根据一定的调度规则进行任务切换。多任务使得CPU的利用率达到了最大，并且使软件最大程度地模块化，便于编写。

(1)系统工作可分为两大模块：CPU模块和LCD模块。

其中CPU模块包含以下任务：

- 1)CAN 管理任务负责CPU和LCD板的通信，可以发送/接收一个Modbus的数据包；
- 2)232 管理任务负责CPU和上位机的通信，可以发送/接收一个Modbus的数据包；
- 3)CAN中断任务负责发送或接收一个CAN帧；
- 4)232中断任务负责发送或接收一个232帧；
- 5)Modbus任务可以执行以下操作：
 - ①接收一个232/can的数据包；
 - ②发送一个232/can的响应数据包，等待232/can的发送状态返回信息；
 - ③分析接收到的232/can数据包中的内容，对实时数据库和历史数据库进行读写操作，或者搜索操作；
- 6)IO时钟任务，定时执行以下操作(两次刷新间隔500 ms)：
 - ①读取外界模拟量，并写到实时数据库；
 - ②读取外界开关量，并写到实时数据库；
 - ③读取实时数据库，并输出开关量和模拟量；
 - ④调整系统的时间，刷新系统的时候要求独占CPU；
- 7)时间任务，定时刷新看门狗(两次刷新间隔500 ms)；
- 8)打印任务，接收信箱中的要求，进行打印，每次打印一个字符(两个字符间隔100 ms)；
- 9)存盘任务，接收信箱中的要求，进行存盘，每次存储一个内存块，独占CPU(两个内存块间隔100 ms)；
- 10)自动检测任务，根据当前系统的状态，执行自动检测控制逻辑，调节数据库，达到控制所有I/O的目的(两次调节相差1s)。

其信号流程如图5。

LCD模块包含以下任务：

- 1)CAN 中断处理任务，负责接收发送一个CAN帧。
- 2)CAN管理任务，负责发送接收一个MODBUS数据包，负责LCD与CPU的通信。
- 3)MODBUS任务，负责MODBUS命令与需求间的解释。
- 4)刷新任务，(间隔500 ms)负责从CPU板上的数据库读取数据，刷新RAM区中的LCD动态信息，然后刷新LCD。
- 5)键盘任务，可以执行以下内容(间隔300 ms)：
 - 通过创建键盘捕获任务，捕捉按键(消颤处理)。
 - ①分析键盘捕获的按键，改变ram区中的LCD控制信息。
 - ②分析键盘捕获的按键，根据ram区中的LCD控制信息，从CPU上读取动态信息。
 - ③分析键盘捕获的按键，根据ram区中的LCD控制信息，刷新CPU上的动态信息。
 - ④刷新LCD。

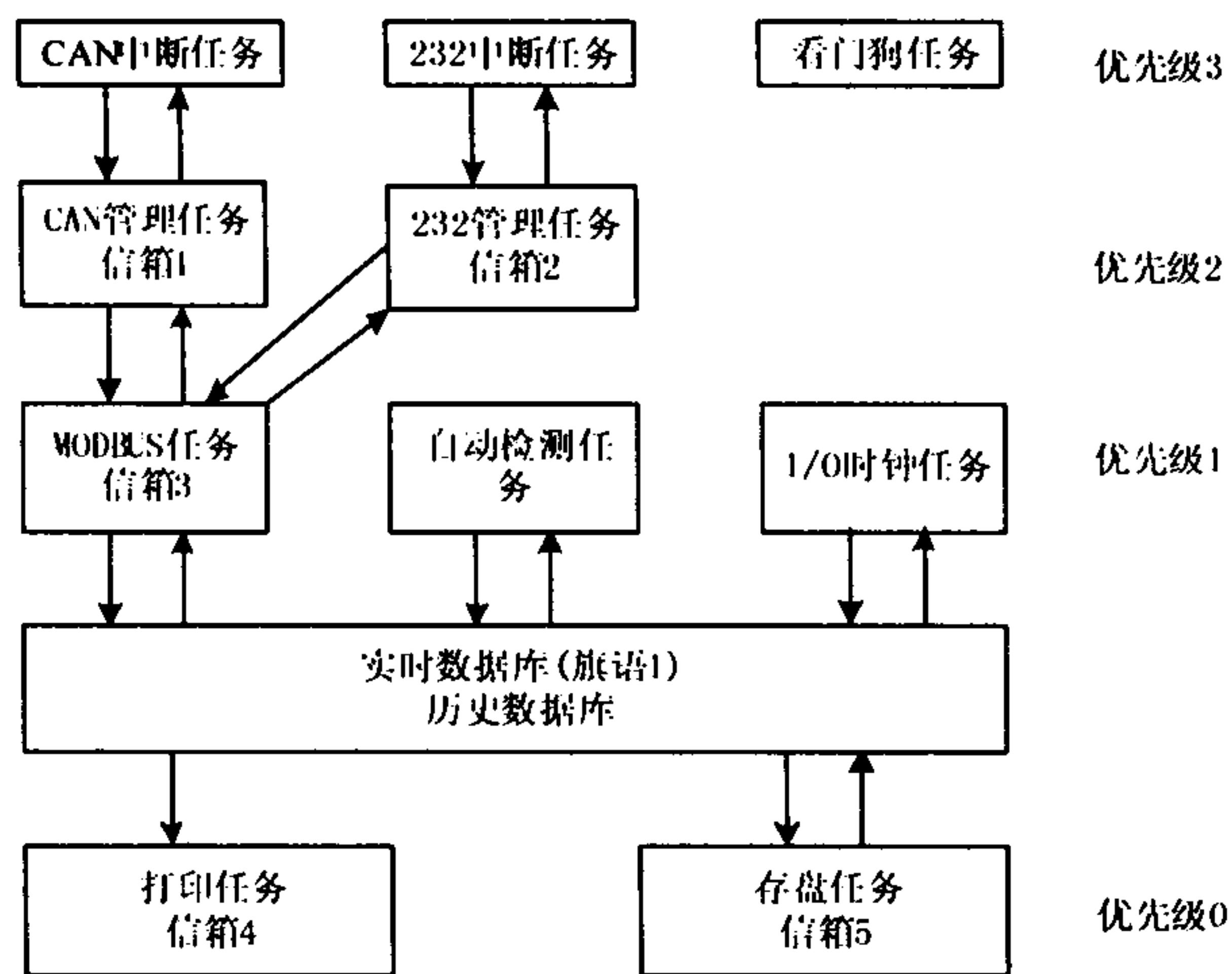


图5 ECPU板信号流程图

信号流程如图6。

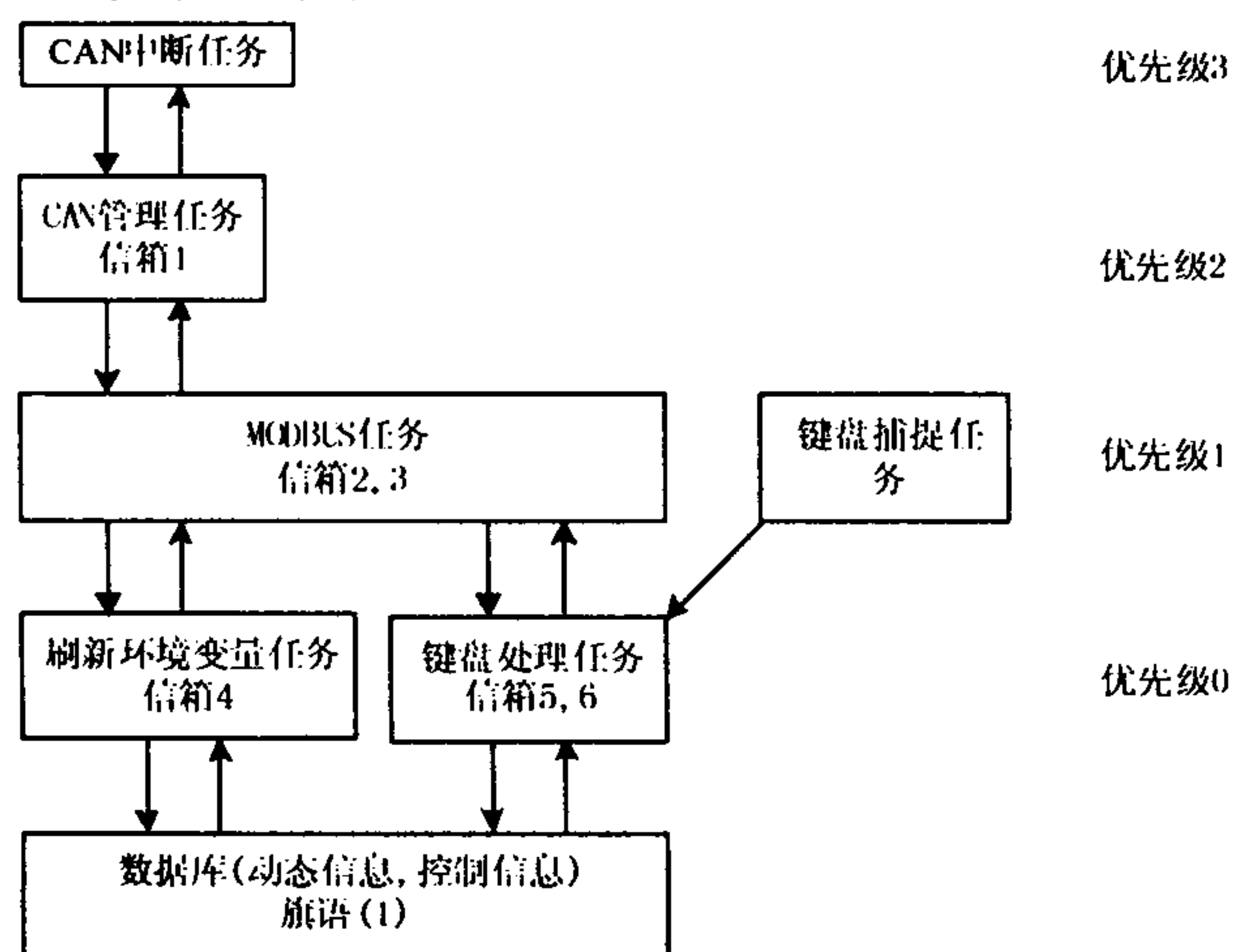


图6 ELCD板信号流程图

(2)人机交互界面的程序设计是软件设计的一个重要内容，本系统的液晶显示采用Windows菜单风格，在引入面向对象设计思想的基础上，将整个菜单形成一个树状结构，树上每个节点为菜单中的一项。此外还有一些变量为菜单的控制信息和动态信息。整个树保存在EPROM中，控制信息保存在RAM中，菜单中的动态信息保存在RAM区中。节点作为一个结构体，包含如下信息：

1)本节点在树中的位置。即该节点的父节点，子节点，兄弟节点的地址。

2)节点类型。分为4种：0，空；1，只有动态信息；2，只有静态信息；3，动态信息静态信息均有。

3)本节点的静态信息。即LCD显示的静态信息，它不会被改变，且与CPU上的数据毫无关系。

4)本节点的动态信息的类型。它与CPU上的数据有关，分为2种：环境变量，人为变量。环境变量是由CPU板上的器件检测到的环境的信息，它不会被键盘的输入影响，例如当前的温度值。分为4种：枚举型，浮点型，组合型(如时间)，历史数据型。从CPU读取。人为变量是由键盘输入的量，它不会被检测设备所改变。分为2种：枚举型和浮点型。

5)本节点的动态信息在CPU板上的数据库中的位置和最大长度，以及起始位置。其中最大长度对于浮点型有意义，对于枚举型则表示枚举集的代号，如开关状态只有“开”“关”两个状态，所以对于开关状态这个环境变量或是人为变量，它的枚举集为{“开”，“关”}，标识为04，在CPU上用01表示开，02表示关。

6)本节点对键盘的响应。

(3)控制信息包含：

- 1)当前液晶屏上要显示的头节点指针，尾节点指针；
- 2)当前光标所在的节点指针，以及光标显示开关和光标指向的静态信息反显开关；
- 3)每行的动态信息的当前长度。只对人为变量有用，确定输入的位置；
- 4)动态信息当前的状态；
- 5)动态信息区的头尾指针，与光标指针；
- 6)整个动态信息区是否有人为变量被改写过；
- 7)LCD是否需要刷新；
- 8)当前处理的键值。

当完成了对整个节点树的定义以后，编写程序就变得非常简单。显示界面之间的切换即对应于指针的变化，使得键盘响应模块变得异常简单。而操作都是直接面向每一个节点的，这就使显示内容与显示模块分离开来，如果以后系统需要修改或者增加新的显示内容，只需要修改或增加相应的节点，对于程序的其它部分没有任何影响。因此系统的可维护性极好，而且代码的重复性很小，对于节约单片机系统宝贵的程序空间也有很大好处。菜单的规模越大，结构越复杂，这种面向对象方法的优越性就越明显。

自诊断功能也是本系统的一个重要特点。本系统的自诊断包括两个方面：首先，是系统硬件的自检，维护人员可以通过自诊断控制模块依次对所有控制环节进行检测，从而迅速发现并定位已经存在或可能存在的问题；另外，当溶氧探头和反应室由于长期使用需要清洗时，测量数据的异样会反映在一个自诊断参数上，继而启动自清洗程序，或提供警示信息给操作人员。

4 结论

硬件设计采用了主从式设计思想。用CPU板作为主节点。其它主板作为从节点，通过CAN总线与主节点通信并由主节点控制，为系统硬件今后的改进和升级打下了良好的基础。

在软件设计中采用了RTOS进行开发。RTOS具有可靠、实时和利于大型软件编写等特性，使程序的可读性、模块化得到加强。

对于人机交互界面的设计，采用了新的方法。应用Windows菜单风格，在引入面向对象设计思想的基础上，将整个菜单形成一个树状结构，树上每个节点为菜单中的一项，包含这个节点的静态信息、动态信息和控制信息。其中控制信息包含菜单对各个按键的响应模式。使得键盘响应程序变得极为简单，避免了复杂的逻辑判断，保证了程序的正确执行。同时，显示模块的软件结构也极易被修改和扩展。

本系统测量误差小于5%，一次测量周期10~30分钟，使用快捷方便，并且实现了至少20天无人值守，已经成功应用于地表水、市政污水、工业污水等的在线监测领域。

参考文献

- 1 沙斐.机电一体化系统的电磁兼容技术.北京:中国电力出版社,1999
- 2 奚旦立.环境监测.北京:高等教育出版社,1987
- 3 C51 Users Guide. Keil Corp.,2002
- 4 RTX51 Users Guide. Keil Corp.,2002
- 5 BOSCH CAN Specification 2.0A. BOSCH Corp.,1991
- 6 张云生.实时控制系统软机设计原理及应用.北京:国防工业出版社,1998
- 7 阳宪慧.现场总线原理及其应用.北京:清华大学出版社,1999
- 8 蔡德聪.工业控制计算机实时操作系统.北京:清华大学出版社,1999