

WINDOWS 3.1 下实时心电图监护系统软件的设计

厦门大学电子工程系 (361005) 许俊 许茹

摘要: 主要介绍在 WINDOWS 3.1 操作系统下如何编制实时心电图监护软件, 提出了 WIN 3.1 下编写实时硬件中断代码的一般性准则, 同时介绍视窗下的心电波形 (ECG) 实时显示, QRS 波宽的检测, 以及一种数字滤波算法等。

关键词: ECG QRS 硬件中断 动态位图 数字滤波

超薄显示多道遥测心电图监护系统是典型的微机应用系统, 它充分利用通用微机的各种软硬件资源, 在扩展插槽上插入一块专用插卡, 在监护软件的指挥下, 完成对遥测接收 (或有线接收) 的心电信号的实时监护。

监护仪的核心部分是一块 ISA 总线标准的专用插卡, 占用微机系统的 IRQ10 IRQ11 IRQ12 IRQ15 四个外部中断申请端口及 I/O 地址号 220H~223H

1 工作原理

从监护仪的工作原理来讲, 它是一实时系统, 即必须准确地知道病人 R 波到来的时刻, 同时每隔固定时间对被监护的病人的心电数据进行一次采集, 并据此作出相应的监护反应, 这就要求我们所设计的系统能从软件和硬件两方面来保证: (1) 硬件方面要求

配置时钟, 中断优先级处理电路; (2) 软件方面要配备实时多任务系统, 实时调度, 中断管理程序等。但是 Windows 3.1 操作系统是非抢先式的多任务系统, 它不具备实时性, 为了满足实时性的要求, 必须避开了消息循环和打乱消息排队的次序。

监护系统必需设置的两种硬件中断信号是病人 R 波到达脉冲及 5ms 定时脉冲, 它们对于 Windows 的所有应用程序而言是监护系统设置的专用设备, 直接响应这两种信号不会引起系统资源竞争的现象。Windows 虽然是多任务的, 但它不是剥夺式的, 当硬件中断产生时, 它会释放控制权, 而中断服务程序不将控制权返回, Windows 就无法再次控制, 据此原理, 我们利用系统空闲的 4 个外部中断端口, 成功地实现了硬件实时中断。修改后的 Windows 系统运行机制见图 1:

2 系统软件实现

系统软件是利用 Borland G++ 4.5 for windows

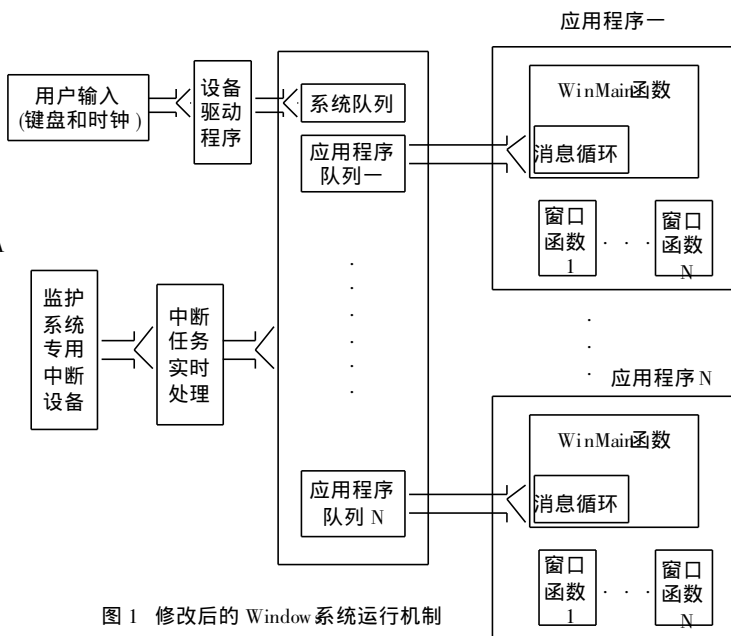


图 1 修改后的 Window 系统运行机制

3.1 开发的, 系统软件的设计需要满足实时性强、监测参数较多的智能专家系统的要求: 外部专用 ISA 心电图监护卡每隔 5ms 向微机系统申请一次中断, 在 5ms 中断服务程序中, 完成对三个通道一点数据的采集数据记录区传送心电数据等工作; 同时三个通道的 QRS 波群到来时, 将产生三个不同的中断入口, 之所以对 QRS 波采用硬件中断的处理方式是为了保证 QRS 波宽判别、病态模式判别、心率值计算的实时性和准确性; 系统将实时性不是太强的处理部分放在主程序中, 例如三通道的 ECG 缓移显示、心率值和病态字的显示、冻结心电图和心率趋势的显示等等。

系统程序能放过正常的心电波形捕捉异常的心电数据, 当出现异常心电波时, 仪器将自动根据程序的规定用语音指出是哪一种心率失常, 同时 CRT 显示屏上相应通道出现报警显示, 并将报警时刻前 5 秒、后 10 秒的心电数据存储起来, 自动冻结该病态波形, 且立即

将该波形显示于冻结区。

系统软件的设计过程重点解决了以下几个方面的问题:

2.1 WINDOWS下硬件中断子程序的编程

由于 WINDOWS采用消息驱动、非抢先式的机制,因此要保证数据获取的实时性和病态判断的准确性,必须采用编写硬件中断代码的方法。当外部中断信号触发时,强行进入硬件中断。在 WINDOW S环境下为自己的硬件设备编写特定的中断处理程序,必须注意以下几点:

① 硬件中断服务函数必须说明成远函数,它不受任何程序的调用,而是靠外部中断信号来触发,内存中没有它相应的“重装入代码”,它的地址作为远指针保存在 WINDOW S中的中断向量表中,当外部中断信号发生时,CS IP自动指向中断向量表中保存该中断地址的中断向量,运行相应的中断服务程序。所以,硬件中断服务子程序的代码段和数据段都必须标记为固定的和不可遗弃的。

② 硬件中断服务子程序中不能任意调用 WINDOW S的 API函数,只有少数的 API函数才能被安全调用,Post Message函数是其中一个,利用这个 API函数发消息到主程序的消息队列中,这对中断服务程序与主程序的接口十分有用,但实时性稍差。

③ 中断服务子程序占用 CPU的时间不能太长,否则易引起 WINDOW S系统的不稳定和消息丢失,甚至造成死机或异常退出。

本系统共有四个硬件中断处理子程序:5ms中断处理子程序和三个通道的QRS波中断处理子程序,分别占用 IRQ10 IRQ11 IRQ12 IRQ15

2.2 三通道 ECG在 WINDOWS环境下的实时显示

为了达到实时观察病人心电图形的目的,就需要在显示屏幕上缓移实时显示病人心电波,这也是一个动态心电监护系统最基本的要求。以征在 DOS环境下,可通过直接写屏技术达到心电图波形在像素级的缓移显示;然而在 WINDOW S环境下不支持直接写操作,任何对屏幕的操作都必须通过 WINDOW S提供的 GDI(图形设备接口),因此本系统软件独辟蹊径,采用一种“动态位图”技术很好地解决了 WINDOW S环境下 ECG实时显示的问题。

以下个通道为例,首先在内存设备环境中创建两个大小相等的空白位图(A位图和B位图),宽度与屏幕相等,高度是最后在显示屏上看到的动态 ECG波形的高度。当接收到的心电数据达到一定个数,从5ms硬件中断处理子程序向主程序发送绘制心电波的消息 ID_ TIMER,主程序在接收到 ID_ TIME消息后,先把内存设备环境中已绘制好的位图 A/B粘贴到屏幕

上对应坐标处,再在 A/B位图尾部拼接粘帖 B/A位图;同时,将新接收到的心电数据经坐标变换后,在内存设备环境绘制新的位图。当下一次接收到 ID_ TIMER消息时,A/B位图左移相应个数(上一次接收到的心电数据个数)的像素点,同时 B/A位图也向左移动相应个数的像素点。只要两个位图移动和拼接粘帖的速度足够快时,在人眼看来,好象是一幅心电图接连不断地从右向左缓缓移动。这样就实现了三通道的 ECG在 Windows环境下的实时缓移显示。

2.3 CPU处理时间的动态分配

对 CPU处理时间占用最多的是动态心电图的显示。因为本系统采用“动态位图”的方法来实现三个通道的心电波缓移显示,为保证显示波形不闪烁、不抖动,必须有一定的刷新频率,即在一定时间内必须有一定数量的 ID_ TIMER(自定义刷新屏幕消息)发送到主程序;同时显示动态心电图占用 CPU的时间又不能过长,否则 WINDOW S消息队列将全部是 ID_ TIMER消息,系统无法处理其它消息,将陷入消息死循环中。为了避免陷入消息死循环中,我们设定一个刷新频率,动态设定初值 time_ equ,并在5ms硬件中断处理子程序里,有一个计数器 timer,每来一次5ms中断使其加1,当 timer加至动态设定值 time_ equ时,从5ms硬件中断处理子程序向主程序发送刷新三通道心电图的消息 ID_ TIMER,主程序在处理该消息时,首先将标志 time_ flag清0,然后刷新三通道的心电波,最后判断 time_ flag状态。若 time_ flag被置位,则心电图的显示占用了过多的 CPU时间,必须加大 time_ equ的值以减少 ID_ TIMER消息的发送个数;若 time_ flag仍为0,则可以相应减小 time_ equ的值以增加 ID_ TIMER消息的发送个数,降低刷新频率,加快三通道心电图的更新频率。

2.4 数字滤波算法

对于200Hz的采样率系统采用四点算术平均的数字滤波算法,经过50Hz陷波器和前置差分放大电路后残余的50Hz工频干扰几乎全部被除去,微机产生的高频干扰也在一定程度上被平滑。数字滤波器的计算公式为:

$$Y_i = \frac{1}{4} (X_{i-3} + X_{i-2} + X_{i-1} + X_i)$$

式中, Y_i = 滤波后的数据, X_i = 采集后的原始数据

2.5 QRS波宽的计算

QRS波宽计算的关键在于:①可靠地检出R波;②准确地识别QRS波的起点和终点。系统采用硬件和软件相结合计算QRS波宽,有很高的准确性。

硬件:设计了一个自动阈值控制的QRS波检出器,实验表明这种检出器的检出率很高,而且对各种异

常 ECG均能可靠地工作。

软件: QRS波宽的具体求法是:当系统接收到自动阈值 QRS检出器的输出脉冲后,即从该脉冲所在的QRS处向P波方向求各点的微分值,取绝对值后与系统确定的阈值进行比较,如果连续六次小于阈值,说明已超过QRS波,则把最小的一点在RAM中的地址加6作为QRS波的起点;求QRS波终点地址的方法与求起点地址的方法相仿,不同的仅是从R波代表点开始向T波方向求微分值而已。则QRS波宽 = (终点地址 - 起点地址) \times 5ms

为了提高监护系统的操作性,软件中共设计了八种不同的无模式对话框,主要用于初始化参数设置、显示和打印设置、自学习信息提示、ECG存档信息提示、导联脱落和病人呼叫提示等。无模式对话框允许用户在同一个应用程序的各个窗口之间任意进行切换,但是无模式对话框没有自己的消息循环,它们共用WinMain函数中的消息循环。如何确定一个消息是发送给主窗口还是八个模式对话框中的某一个对话框是程序设计中的一个难点。

为翻译与相应的无模式对话框有关的键盘操作,在主函数的消息循环中要使函数IsDialogMessage,如果IsDialogMessage处理了消息,即表明该条消息是发送给句柄

为hDlgM odeless[i]的对话框,程序中就不再使用TranslateMessage和DispatchMessage处理同一条消息。由于无模式对话框并不总是存在的,所以在主函数的消息循环中还必须判断无模式对话框句柄的有效性。

基于MS-WINDOWS 3.1环境下监护系统软件的设计,不仅实现了系统多种文字、参数和多道心电图波形的同屏显示,而且能够提供多种显示设置、功能菜单和屏幕功能按钮,使监护系统具有良好的界面和可操作性。

参考文献

- 1 (美) Martin Heller著;朱鸿隽,王劲译. Windows高级程序设计. 北京: 电子工业出版社, 1995重印
- 2 陈宇红, 陈淑宁. Windows核心技术及其综合应用. 中国科学大学出版社, 1995
- 3 朱敏. Borland C++ 4.5使用指南. 成都: 电子科技大学出版社, 1996
- 4 (美) William Roetzheim著;陈晓明译. Borland C++ 4.5 for windows编程指南. 北京: 电子工业出版社, 1995
- 5 王换招. PC系列微机总线. 西安: 西安交通大学出版社, 1995
- 6 许茹, 程恩. 智能化多通道心脏监护系统的研制. 厦门大学学报自然科学版, 1993, 32(5)

(收稿日期: 1997-12-30)