

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G05B 19/418 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810223948.8

[43] 公开日 2009年4月1日

[11] 公开号 CN 101398687A

[22] 申请日 2008.10.10

[21] 申请号 200810223948.8

[71] 申请人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路30号

[72] 发明人 解 仑 王志良 祁鸿雁

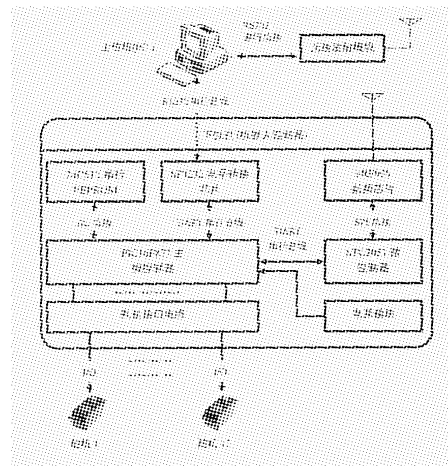
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

## [54] 发明名称

一种小型双足机器人的信息处理平台

## [57] 摘要

本发明提出一种双足机器人的信息处理平台，涉及一种人工智能技术，在机器人有限的空间、有限资源上融合更多适合机器人的信息处理技术。平台包括：机器人控制器硬件、通信协议、控制系统软件。机器人控制器以舵机控制模块为核心，无线通讯模块、有线通讯模块、数据存储模块和电源模块分别与舵机控制模块相连，由电源模块向上述各模块提供稳定电压。PC机将数据通过带有通信协议的有线通信模块或无线通信模块传输到该信息处理平台上，经过控制器处理后，将数据存储到数据存储模块，供以后读取调用。本信息处理平台可作为舵机控制的通用平台，不仅能在仿人机器人上使用，还可用于控制其他机器人的关节、机械手、机器鱼等以三线舵机作为关节的机构。



1、一种双足机器人的信息处理平台，其特征在于：该信息处理平台由机器人控制器硬件系统、机器人通信协议，控制软件系统组成；机器人控制器硬件系统包括：电源模块、数据通信模块、数据存储模块和舵机控制模块，其中航机控制模块分别与数据通信模块、数据存储模块及电源模块相连接；机器人通信协议包括上位机发送协议和机器人控制板反馈协议，这两种协议都采用定长的格式，每帧数据为26个字节；控制软件系统采用单片机定时中断的方法产生PPM信号控制舵机，采用串行和并行混合处理的办法实现对多路舵机的控制，通过在待机模式下通过SPI接口通信配置其内部寄存器来完成通信程序的设计，通过将存储器划分27个存储区来数据存储程序的设计。

2、如权利要求1所述的一种双足机器人的信息处理平台，其特征在于：所述的电源模块采用额定电压为7.4V，带有保护电路的锂聚合物电池，瞬间放电能力强、放电电流大，向舵机控制模块、无线通讯模块、有线通讯模块、数据存储模块提供稳定的电压，并抑制舵机产生的抖动问题。

3、如权利要求1所述的一种双足机器人的信息处理平台，其特征在于：所述的数据通信模块同时支持有线通信和无线通信两种模式，通过开关进行选择，有线部分采用RS232串口通信，无线收发模块是将下位机中的无线通讯模块单独出来，加上RS232电平转换芯片和低压差稳压芯片构成，发射器通过从PC的USB口取5V电压给电路供电，RS232的三个引脚通过耳机线的三个引脚接到发射器上。

4、如权利要求1所述的一种双足机器人的信息处理平台，其特征在于：所述的数据存储模块，由IIC总线的串行EEPROM组成，选用AT24C512作为外扩存储器来存储动作数据，PC机控制机器人时将一部分行为数据预先存储在该模块中，以减小不必要的通信量，舵机控制模块通过IIC总线对该模块进行读写操作。

5、如权利要求1所述的一种双足机器人的信息处理平台，其特征在于：所述的舵机控制模块为微控制器的最小系统，该舵机控制模块以主控制器PIC16F877为基础，上电复位电路，振荡电路，状态指示灯分别连接与主控制器，模块具有独特的在线调试和系统自编程接口，便于程序的调试和升级维护，利用片内的模数转换电路、电阻R51和R54构成的电池电压采样电路，实现对电池的欠压保护。

6、如权利要求1所述的一种双足机器人的信息处理平台，其特征在于：所述的上位机发送协议，其发送数据格式为：2字节的数据包头+23字节的包内容

+1字节的校验和。

7、如权利要求1所述的一种双足机器人的信息处理平台，其特征在于：所述的下位机反馈协议，其反馈数据格式为：其发送数据格式为：2字节的数据包头+23字节的包内容+1字节的校验和。

## 一种小型双足机器人的信息处理平台

### 技术领域

本发明涉及一种人工智能技术，尤其涉及一种小型双足机器人的信息处理平台。

### 背景技术

随着信息技术的发展，信息技术被广泛的应用到各行各业，它正改变着人们的工作方式与生活方式。仿人机器人是一个集机械结构、电机制造技术、传感技术、快速信息处理技术、图像处理与识别技术、控制技术和通信技术等于一体的智能化设备，也是机器人中智能化程度最高，研究难点最多的一种机器人，它除了具有人类的基本外貌特征和步行运动功能外，还具有视觉、听觉等感知智能，在一定环境中能够自主运动，并与人进行一定程度的交流。仿人机器人在机器人研究中占有特殊地位，各国机器人学界都在致力这方面的研发，中国高校也一直关注和跟踪发达国家相关领域的进展。

近年来，国内外研究机构纷纷研制出了自己各具特色的仿人机器人，比较具有代表性的有早稻田大学的 WABIAN 系列，本田公司的 ASIMO，索尼公司的 SDR-4X，韩国的 KHR 系列等。但是这些仿人机器人有一个共同的缺点就是造价高昂，ASIMO 的价格据说超过了高级跑车。高昂的造价使得许多对仿人机器人感兴趣的研究者望而却步，缺少新的研究力量的投入也使得仿人机器人的研究一直进展缓慢。研制出一款成本低廉，又能够满足科研要求的仿人机器人，则不仅能够满足广大仿人机器人爱好者的需要，又能够在一定程度上促进仿人机器人的研究。

### 发明内容

在此背景下，利用仿人机器人这个平台，研究信息领域相关的信息处理技术，同时也将部分信息技术融合起来控制仿人机器人，提高仿人机器人的智能化水平。本发明的目的在于在机器人处理平台上融合更多的信息技术，通过不同的实验尝试，在机器人有限的空间、控制器的有限资源上寻找适合仿人机器人的信息处理技术。

本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：

一种双足机器人的信息处理平台，包括：机器人控制器的硬件设计、机器人通信协议的设计，控制系统的软件设计。

机器人控制器的硬件设计，包括：电源模块的设计、数据通信模块的设计、

数据存储模块的设计和舵机控制模块的设计。

其中舵机控制模块是机器人控制器的核心部分，决定了整个系统的性能好坏，其主要作用就是实时同步地产生多路PWM波形来驱动机器人关节，该模块由PIC16F877微控制器组成，来实现控制算法、下位机协调和多路舵机控制信号的生成。无线通讯模块、有线通讯模块和行为数据存储模块分别与PIC16F877微控制器相连。控制器同时支持有线通信和无线通信两种模式，通过通信模式开关选择即可，PC机离线计算的数据可通过有线模块和无线模块传输到机器人信息处理平台上。无线通讯模块由nRF905射频芯片和STC4051AD微控制器组成，使上、下位机通过射频（RF）进行数据交互；有线通讯模块由SP3232电平转换芯片实现，使上、下位机通过RS232总线进行数据交互；行为数据存储模块由IIC总线的串行EEPROM组成，选用AT24C512作为外扩存储器来存储动作数据，其内部有64K字节（65536位）的存储空间。为了减小不必要的通信量，控制机器人时可以将一部分行为数据预先存储在机器人控制器的行为数据模块中，舵机控制模块可以通过IIC总线对其进行读写操作；电源模块通过与PIC16F877微控制器相连向上述各模块提供稳定的电压。

机器人通信协议的设计，包括：上位机发送协议和下位机反馈协议，这两种协议都采用定长的格式，每帧数据为26个字节。

上位机发送数据格式为数据包头（2字节）+包内容（23字节）+校验和（1字节）。数据包头标识一包数据的开始，由两个字节组成，第一个字节是0xFF，第二个字节是0xFE；包内容为上位机向舵机控制器发送信息，包内容含义为（按字节分隔）：控制器地址码（ $1^{-252}$ ）+控制命令+数据组号（ $0^{-255}$ ）+数据帧号（ $0^{-255}$ ）+最大帧数（ $0^{-255}$ ）+速度信息（ $0^{-7}$ ）+x路舵机的期望角度（ $0^{-180}$ ）。控制地址码代表机器人的ID号，ID号匹配的机器人接收和处理数据，同时约定ID为127时是广播地址码，所有机器人都接收数据或命令；校验和采用“和校验”的方式，用一个8位的无符号数，对数据包头，包内容的每一个字节相加求和，不考虑溢出，然后对和取补码（用数字0减去这个和）即可。

下位机反馈协议和上位机发送协议编码的格式基本一样，所不同的是包内容不同：控制器地址码（ $1^{-252}$ ）+数据标签+数据组号（ $0^{-255}$ ）+数据帧号（ $0^{-255}$ ）+最大帧数（ $0^{-255}$ ）+速度信息（ $0^{-7}$ ）+x路舵机的期望角度（ $0^{-180}$ ）。

控制系统的软件设计，包括：多路舵机控制、通信程序设计和数据存储模块程序设计。

平台采用单片机定时中断的方法产生PPM(Pulse Position Modulation)信号控制舵机。通过对舵机进行速度控制和同步控制并且采用串行和并行混合处理,利用定时器中断来产生PPM信号来实现多路舵机控制;驱动nrf905的软件和在待机模式下通过SPI接口通信配置其内部寄存器,采用UART串口进行有线通信或是无线通信,如果单片机没有SPI口在软件下可以用软件模拟。数据存储模块选用带有IIC接口的AT24C512存储器,AT24C512共有65535个字节,按照每帧数据19个字节(有效信息18字节+校验和1字节),规定每个区最多能存储128帧,则一片AT24C512可以划分 27个区来存储数据。

本发明的基于双足机器人信息处理平台的有益效果在于,信息处理平台的软件采用了嵌入式软件的编程格式,分为驱动层、配置层,控制层和调度接口层。在配置层可以增加舵机的类型、修改舵机的参数;可以根据硬件电路板实际硬件结构修改程序参数等,因而本信息处理平台可以作为舵机控制的通用平台,不仅能够仿人机器人上使用,还可以用于控制其他机器人的关节、机械手、机器鱼等所有以三线舵机作为关节的机构。

### 附图说明

图1是本发明实施例的双足机器人平台控制系统的硬件结构图。

图2是电源模块电路原理图。

图3是舵机控制算法模块原理图。

图4是PPM信号的发生程序流程图

图5是本发明实施例的双足机器人平台控制装置的模块结构图。

### 具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

#### 一、机器人控制器的硬件设计

如图1所示,机器人控制器的硬件部分主要包括四大模块:通信收发模块、舵机控制模块和数据存储模块,电源模块,其中舵机控制模块是机器人控制器的核心部分,决定了整个系统的性能好坏,它的主要作用就是实时同步地产生多路PWM波形来驱动机器人关节。

如图1所示,该控制器采用多级分布控制方法,分为上、下两层控制,功能分别为:

上层：PC机，完成机器人行为数据的离线计算和调整，通过有线或者无线网络控制和协调各个机器人的动作行为，并且可以通过机器人所带的传感器获取环境信息。

下层：实现控制算法，控制多路舵机协调运动。相应的控制系统模块可以分为以下内容：

电源模块：向下位机系统各模块提供稳定的电压。

算法、电机控制模块：由PIC16F877微控制器组成。实现控制算法、下位机协调和多路舵机控制信号的生成。

无线通讯模块：由nRF905射频芯片和STC4051AD微控制器组成。实现上、下位机通过射频（RF）进行数据交互

有线通讯模块：由SP3232电平转换芯片实现。实现上、下位机通过RS232总线进行数据交互。

行为数据存储模块：由IIC总线的串行EEPROM（24C512）组成。PIC16F877通过IIC总线对其进行读写操作。

## 1、电源模块的设计

如图2所示，本发明实施例的机器人信息处理平台控制器中的电源模块，采用额定电压为7.4V并且带有保护电路的锂聚合物电池，瞬间放电能力强、放电电流大，向下位机系统各模块提供稳定的电压。在多个舵机工作时，电路中电流很大，电池电压很快就会降到6.5V左右，为了使电路工作在宽电压范围，系统均选用3.3V供电的芯片，这就需要使用稳压芯片输出3.3V。为了防止电池反接对电路造成损坏，串入了二极管D1。U1为低压差的稳压电路LM1117，向控制系统提供稳定的3.3V工作电压。U6为另一片LM1117，提供5V的稳定电压，以使得舵机的控制线能在很大电源纹波时也满足稳定电平的需求，从而抑制舵机产生的抖动问题。

## 2、数据通信模块的设计

由于机器人的动作数据来自于PC机，因此需要使用通信技术将数据传送到机器人硬件控制器上。双足机器人有多达24关节，这样每一帧数据最少得包含24个角度信息值，属于长帧通信。比较几种总线通信中，采用RS-232总线作为PC机与机器人控制器间进行通信最为合适，原因如下：

(1)系统资源所限：PC机一般都有串口，没有直接的IIC接口或CAN接口，使用RS-232最为方便，也最节约系统成本；

(2)通信速率:在几种总线中RS-232的通信速率最低,PC机传给机器人的是动作数据,要么是脱机传到机器人控制板上,要么同步传送数据,但相对与机器人舵机运行时间也是很快的,所以对通信速率要求不高;

(3)帧信息:由于每帧包括的字节很多,CAN总线是一种短帧通信,每帧最多传送8个字节的数据,需要好几帧才能传送,接收端处理起来比较困难。

(4)传输距离:RS232总线的传输距离要比IIC总线传输距离长。

为了调试方便,机器人控制器同时支持有线通信和无线通信两种模式,通过开关选择即可。有线部分采用RS232串口通信,无线通信部分是在有线通信部分的基础上增加了无线收发模块,即射频通信模块NRF905,无线收发模块是将下位机中的无线通讯模块单独出来,加上RS232电平转换芯片和低压差稳压芯片(LDO)构成,发射器通过从PC的USB口取5V电压给电路供电,RS232的三个引脚通过耳机线的三个引脚接到发射器上。

### 3、数据存储模块的设计

机器人的行为数据是在上位机中离线计算和手动微调生成的,上位机在对机器人的控制时,为了减小不必要的通信量,可以将一部分行为数据预先存储在机器人控制器的行为数据模块中。本发明实施例的行为数据存储模块:由IIC总线的串行EEPROM组成,即选用AT24C512作为外扩存储器来存储动作数据,其内部有64K字节(65536位)的存储空间。机器人的行为数据是在上位机中离线计算和手动微调生成的,为了减小不必要的通信量,PC机控制机器人时可以将一部分行为数据预先存储在机器人控制器的行为数据模块中。舵机控制模块可以通过IIC总线对其进行读写操作。

### 4、舵机控制模块的设计

如图3所示,舵机控制模块为微控制器的最小系统,包括主控制器PIC16F877,上电复位电路,振荡电路,状态指示灯。该舵机控制模块以主控制器PIC16F877为基础,上电复位电路,振荡电路,状态指示灯分别连接与主控制器,上电复位电路与主控制器PIC16F877管脚1(nRST)相连;振荡电路DEBUG芯片的管脚1连于主控制器PIC16F877管脚1(nRST),管脚4、5、6分别与主控制器PIC16F877的管脚40(RB7)、39(RB6)、36(RB3)相连接;状态指示灯连接主控制器PIC16F877的管脚6(LED)。PIC单片机还设计了其独特的在线调试和系统自编程接口,便于程序的调试和升级维护。利用片内的模数转换电路(ADC)和电阻R51和R54构成的电池电压采样电路,实现对电池的欠压保护。



为了与无线模块相兼容,下位机采用的电源电压为3.3伏,而舵机的信号电压则要求为5V以上,这涉及混合信号电路处理。如果直接将PIC16F877的端口连到舵机的信号线上,将是十分危险的。因为该微控制器采用的是CMOS工艺,若是其端口电压比其芯片电源电压(3.3V)高,则芯片会产生CMOS芯片特有的电流“闩锁”效应,导致芯片的电流急剧增加,最后芯片过热而烧毁。

混合信号处理可以应用专用的芯片,如74LVC245,实现3.3V和5V的信号兼容。但本发明属于低速信号的应用场合,可以用电阻分压的形式实现混合信号电路的处理。

## 二、机器人通信协议的设计

本信息处理平台的通信部分包括两大部分:上位机(PC)发送协议和机器人控制板反馈协议,这两种协议都采用定长的格式,每帧数据为26个字节。

### 1、上位机发送协议

上位机发送数据格式:数据包头(2字节)+包内容(23字节)+校验和(1字节)。

#### (1) 数据包头

标识一包数据的开始,由两个字节组成,第一个字节是0xFF,第二个字节是0xFE。

#### (2) 包内容

上位机向舵机控制器发送信息,包内容含义为(按字节分隔):控制器地址码(1~252)+控制命令+数据组号(0~255)+数据帧号(0~255)+最大帧数(0~255)+速度信息(0~7)+x路舵机的期望角度(0~180)。控制地址码代表机器人的ID号,ID号匹配的机器人接收和处理数据,同时约定ID为127时是广播地址码,所有机器人都接收数据或命令。

#### (3) 校验和

采用“和校验”的方式,具体做法是,用一个8位的无符号数,对数据包头,包内容的每一个字节相加求和(不用考虑溢出),然后对和取补码(用数字0减去这个和),即可生成校验和。

### 2、下位机反馈协议

下位机反馈协议和上位机发送协议编码的格式基本一样,也是由数据包头+包内容+校验和构成。所不同的是包内容不同:

控制器地址码(1~252)+数据标签+数据组号(0~255)+数据帧号(0~255)+最大帧数(0~255)+速度信息(0~7)+x路舵机的期望角度(0~180)。

### 三、控制系统的软件设计

本平台采用单片机定时中断的方法产生PPM(Pulse Position Modulation)信号控制舵机。

#### 1、多路舵机控制

舵机控制器的核心任务就是对舵机的速度控制和多舵机的同步控制。本发明采用微分的方法，即每隔 $t$ 改变一定的角度 $P$ ，则 $t$ 越大舵机转动的速度越慢，然后在程序中引入步进量的概念，即每个周期20ms内改变的指令数，实现舵机的速度控制。多舵机的同步控制使得两个转到角度不同舵机同时到达指定的位置，同步控制是指每隔 $T$ 时间每个舵机改变的 $P$ 值不同。

结合串行和并行处理的优缺点，本发明采用混合处理的办法。利用定时器中断来产生PPM信号，舵机控制信号最大脉宽为2.5ms，周期为20ms，可以将一个PPM信号周期(20ms)分成8个时段，每一个时段为2.5ms，这个定时时间正好满足舵机最大角度的脉宽要求。8段采用串行处理的方式，在每个时段里产生3路PPM信号，这三路PWM采用并行处理的方法，脉冲时间段的通道先结束置低，长的最后置低，如果三路信号的最长脉冲都没有2.5ms，则等待总定时时间到达2.5ms后，再继续执行下一组。这样一共可以产生多达24路PPM信号。如图4所示多路PPM信号的发生流程图。

#### 2、通信程序设计

无论是有线通信还是无线通信，实质都是UART串口通信，且对nrf905的软件驱动很简单，只需要在待机模式下通过SPI接口通信配置其内部寄存器即可，如果单片机没有SPI口在软件下可以用软件模拟。

#### 3、数据存储模块程序设计

本平台选用的是带有IIC接口的AT24C512存储器，AT24C512共有65535个字节，上位机发送数据时共有26个字节，其中有效信息为18个字节；在存储后为了保证读取正确，同时将校验和也存入到AT24C512中，因此每帧数据共19个字节，规定每个区最多能存储128帧，则一片AT24C512可以划分  $65535 / (19 * 128 + 1) = 26.9$ ，即可以划分27个区。

如图5所示，本发明的机器人信息处理平台，主要涉及了仿人机器人的信息采集技术、数据通信技术和关节驱动技术，所述控制器还包括实现信息处理和行为规划功能的信息处理和开放接口给用户以使用户能够进行二次开发的应用模块，图5中虚线条为二次开发和研究的部分。

---

本发明的机器人平台控制系统，其舵机控制器中信息采集和信息融合技术与数据通信技术应用于接收驱动模块的信息并完成信息融合处理，同时传送机器人的当前运行状态；根据接收到的来自PC机控制软件的任务指令，规划出机器人所应采取的具体行为模式。

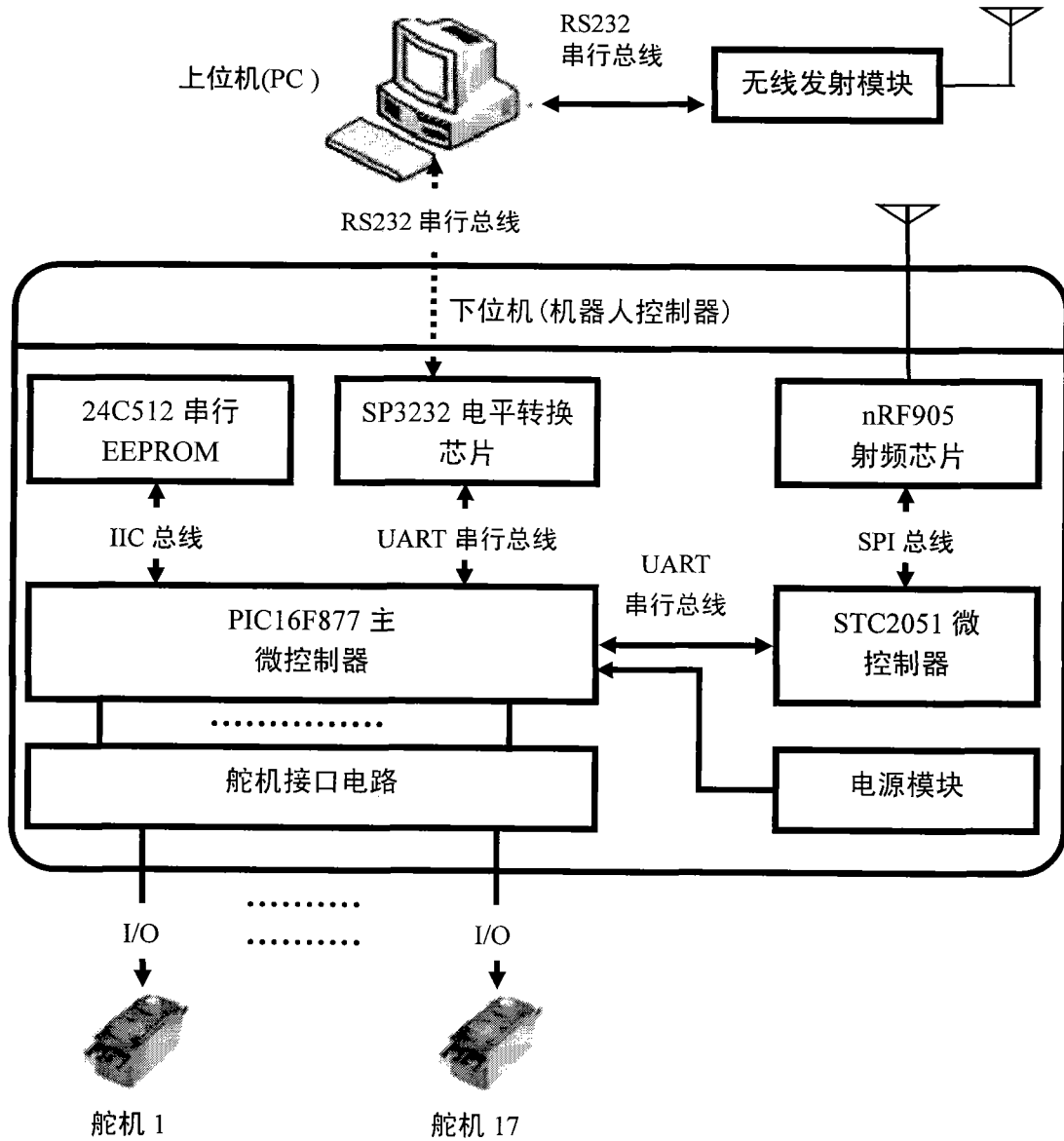


图 1

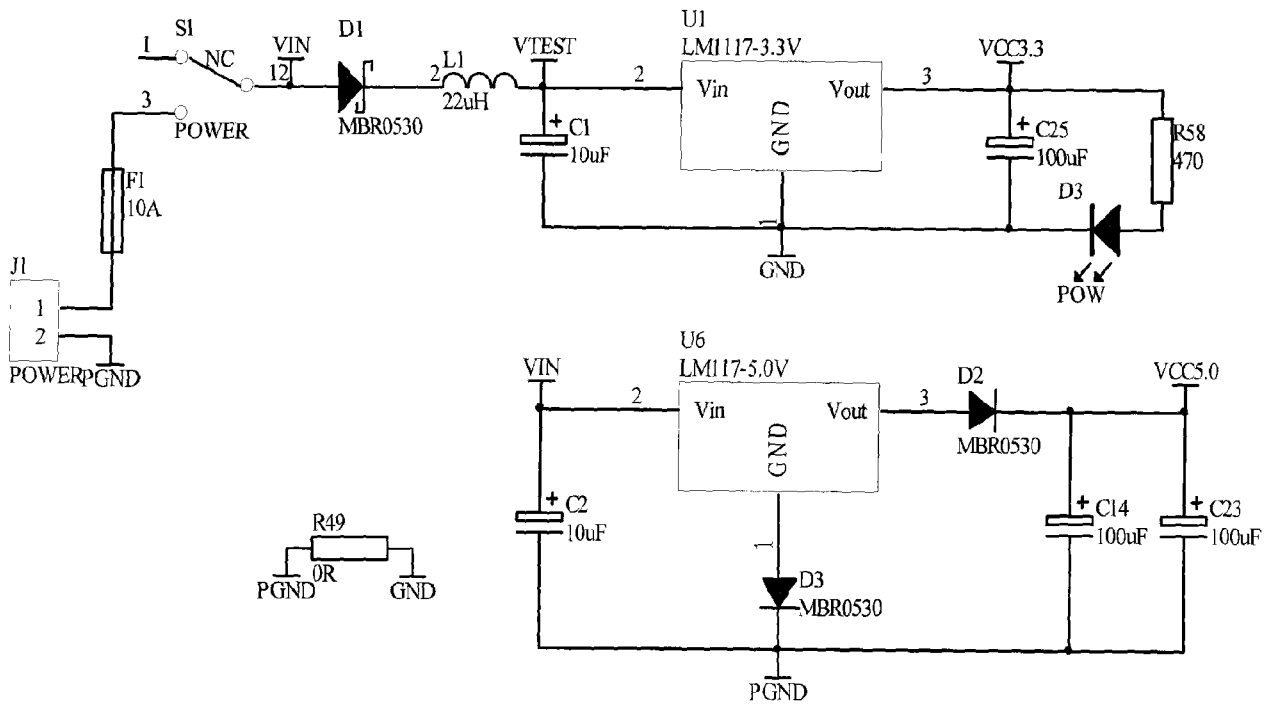


图 2

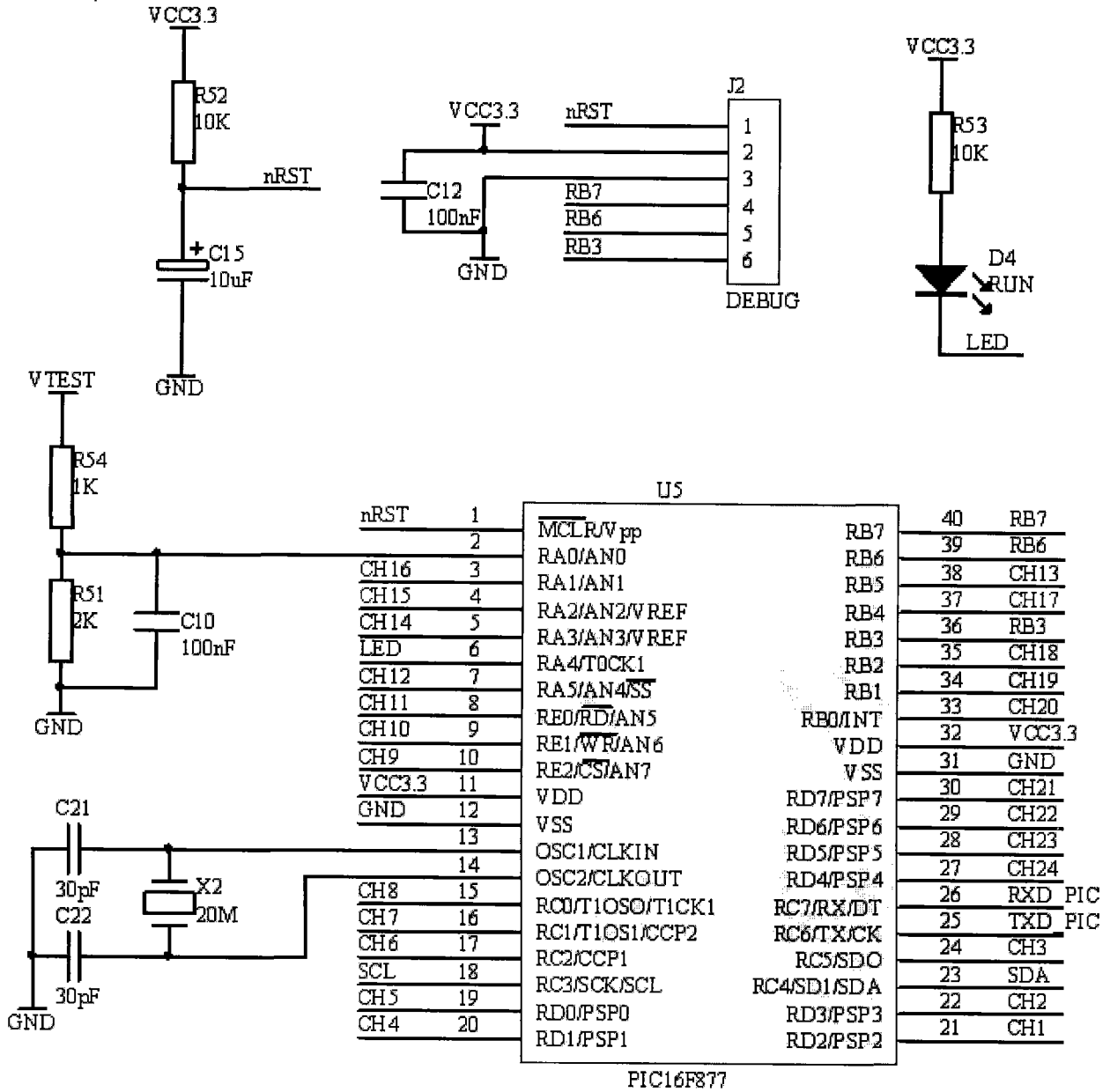


图 3

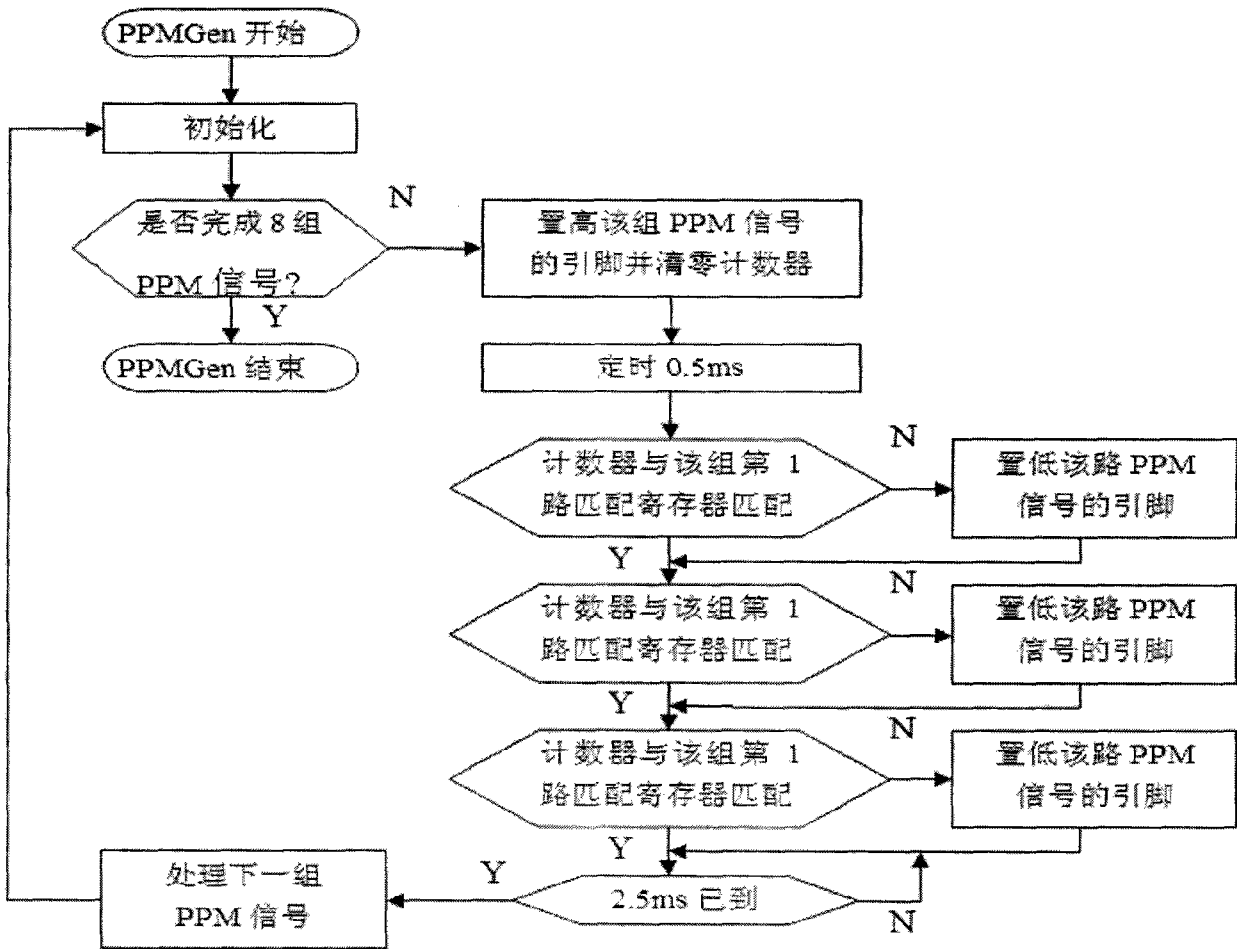


图 4

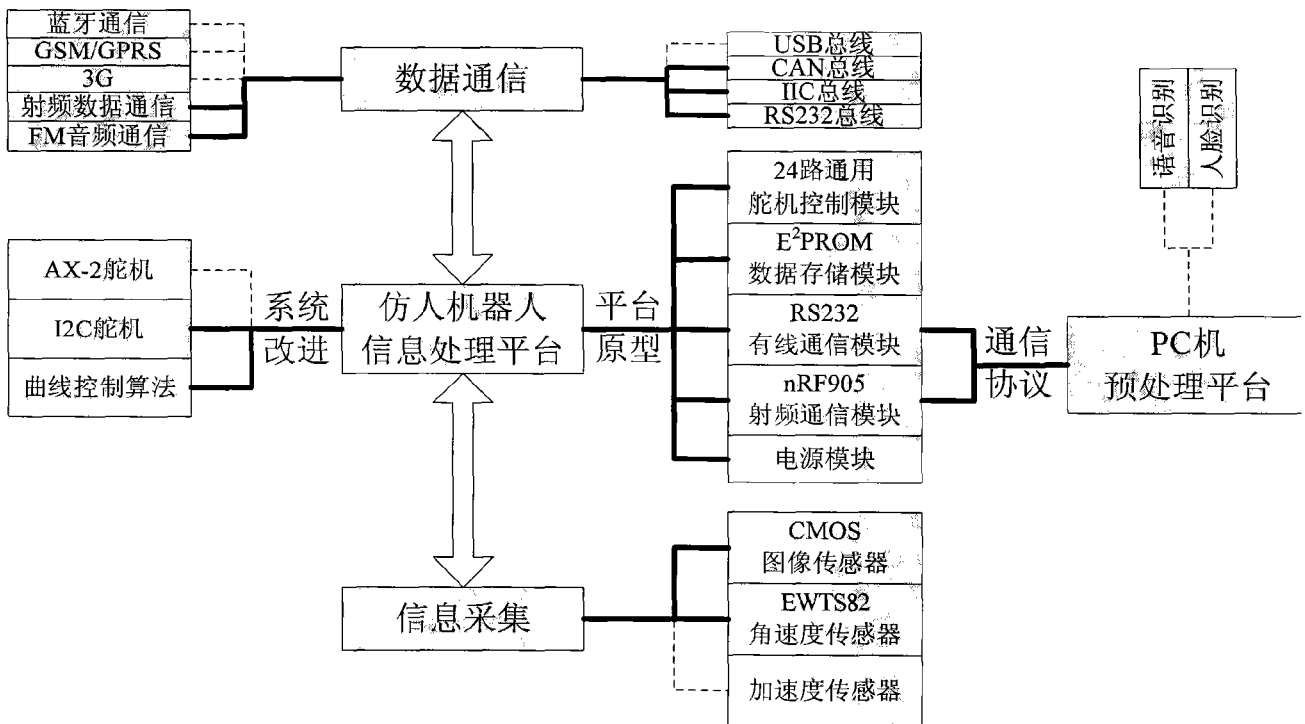


图 5