一种基于 FPGA 的机器人运动控制系统设计

（这是一篇做广告的文章，所以在 FPGA 实现细节上说的很模糊，如果有兴趣交流可以私下里邮件交流）

一. 简介

FPGA 最大的特点是并发性和可靠性，因此常被用做在快速数据采集系统等对速度要求快的领域，它有着 ASIC 的特点，但可以编程，非常灵活，适合小批量的场合。目前机器人正在进入一个快速发展的时期，多大数的控制都是基于嵌入式处理器来完成的，比如单片机，ARM 等，笔者最早就是用 ARM7 搭配实时操作系统做的，这当然是一种很好的做法，可是有的时候需要的资源不够，不需要的往往浪费，同时嵌入式处理器有时往往需要很多配套的电路，因此后来采用 ARM＋CPLD 的结构发展到单片 FPGA 来实现。笔者也相信 FPGA 技术也是机器人发展的必经之路，最终的结果就是机器人专用 ASIC，它会集成导航，显示，语音等方面的技术，那一天也就是机器人进入普通家庭的日子。

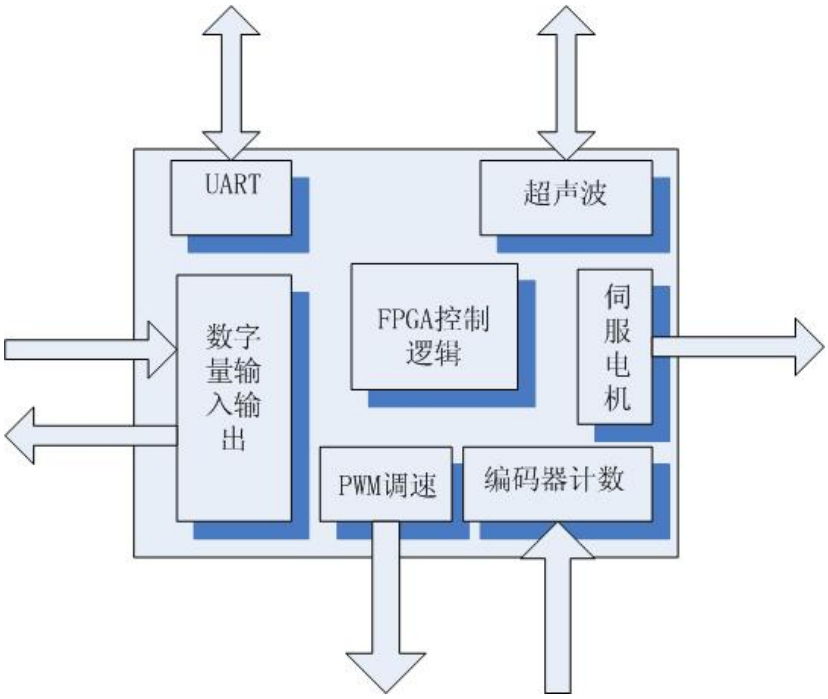
二. 机器人运动系统

机器人的运动包括（以目前常见的轮式机器人为例）行走，手臂头部动作，周围状态感知。动作一般靠直流电机和伺服电机来实现，感知一般是碰撞开关，红外传感器，超声波传感器，热释电等，分析发现大多数的信号都是开关量信号和脉冲信号。

对于直流电机一般采用 PWM 来控制转速，这个的处理比较简单，设置一个定时器计数，到达预设的值翻转输出信号电平。伺服电机类似，唯一不同的是伺服电机的脉冲周期是固定的，一般是 20ms。

感知部分常见的是碰撞传感器，开关型红外传感器（用于防跌落，循迹导航，防碰撞等），触摸传感器，热释电传感器，和超声波传感器。超声波传感器以串口的居多，也有脉冲宽度的，但是一般成本比较高，因为它们大多数带有单片机，对数据进行了处理，但是超声波测距的原理都是一样的，一段脉冲产生超声波发射并计时，遇到障碍反弹后接收并停止计数，然后就可以计算距离了。

通过上面的分析我可以提出以下的结构来实现



UART 接口是最常见的通信方式，它的特点就是使用简单，并且在嵌入式系统中几乎是必备的，很容易构建系统，CAN 总线也是非常好的总线，扩展性好，也是可以考虑的选项。

超声波的原理并不复杂，就是利用回声定位，用计数器产生一列 400Hz 的脉冲，经过能量放大给换能器产生振动发出超声波，接收原理相反，关键是接收的放大和检波处理，具体电路这里不做介绍。利用发送接收时间就可计算距离。

伺服电机常见的是 20ms 周期的，一般动作范围在 0.5ms－2.5ms，不同型号会有差别，所以使用的时候还得自己测量，这部分和超声波产生脉冲的方法类似。

PWM 调速和编码器计数也是充分利用 FPGA 的计数器来实现，要注意的一点是 VHDL 语言中的二进制计数器不是很可靠。

数字量输入输出是最容易处理的，很多 VHDL 语言的书里就有 8255 的介绍，直接参考就可以。

三. 机器人的运动控制板

在上面介绍的基础上，我开发了专为机器人设计的终端控制板系列。



终端控制板 V1 系列专为机器人爱好者，DIY 设计开发的产品，其核心控制使用 FPGA，并行处理。尺寸小巧 130×50×20mm，可以直接安装在狭小的空间内，比如机器人的手臂。USB 或 Uart 串行接口方便使用和系统的搭建。终端控制板 V1.10 核心采用 FPGA，响应速度快（受限于通信的波特率），使用方便，USB 接口可以直接连接到工控板，利用串口调试助手就可以进行调试，也可以利用 Uart 接口和 ARM 等嵌入式处理器一起使用或使用无线模块远程遥控。协议简单仅 3 个字节。

产品特性

通信：

1.1 路 USB 转 232 串口

2.1 路 232 串口

3.波特率可调（9600，19200，115200，256000）

数字量：

1.22 路数字量输入

2.16 路数字量输出

伺服电机：

1.8 路伺服电机

2.死区可调（0～840uS）

3.最小可调角度 1 度（0～180 度对应 0～2mS）

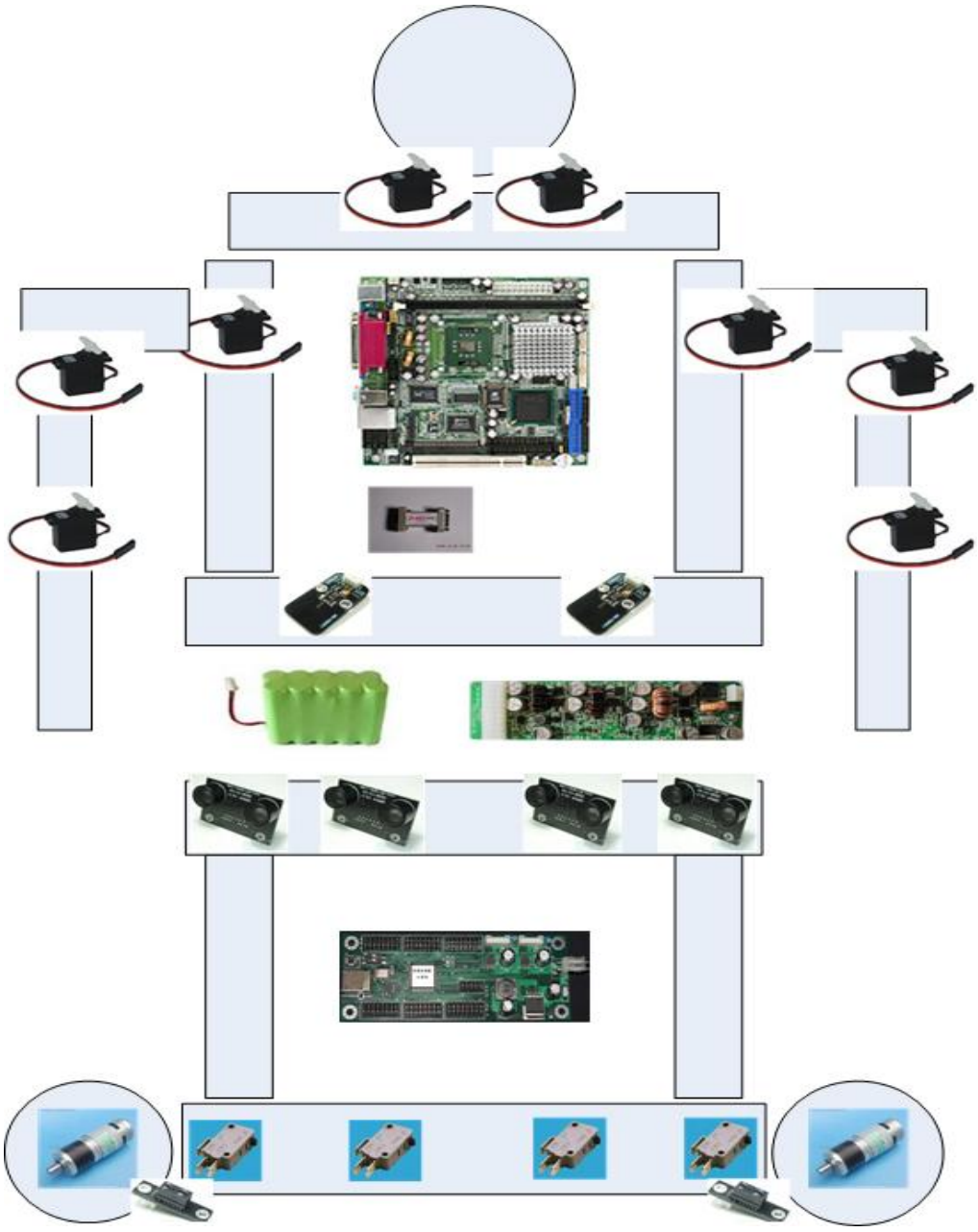
直流电机：

1.2 路直流电机

2.支持直流电机最大电压 20V，最大 2A 电流

3.过流，过热保护并报错（保护时间 1.2mS）
4.休眠功能
5.2 种制动模式

四．基于终端控制板的机器人运动系统



工控机或嵌入式 PC 通过 USB 或 UART 与终端控制板通信，上位机可以使用 VC 或 VB 开发控制软件，这里使用的超声波传感器是 485 总线的，因此需要一个 Rs232/485 的转接器，其余的传感器和电机均由终端控制板来控制。

这里只是运动系统，至于机器人的其他系统不在此次讨论的范围，有兴趣的话可以 QQ 上探讨。

终端控制板的使用请参考使用《机器人终端控制板 V1.10 使用手册》