

雷达伺服系统的硬件设计与实现*

姚志红 吴天福 沈宪章

(郑州工学院计自系)

摘 要: 本文对雷达伺服系统的硬件系统设计及其实现作了较详细地阐述, 该系统是对雷达伺服系统进行有效控制的先决条件。在设计一套完备、可靠的硬件系统的工作中, 采用多种技术措施, 最终成功地完成了全部硬件系统的设计与实现工作。神经网络智能 *PID* 控制实验的顺利完成, 也进一步证明了该系统的实用性、可靠性。

关键词: 伺服系统, 硬件, 实现

中图分类号: TN95

伺服系统是弹载雷达的一个重要组成部分, 它对于发现目标、跟踪目标以及准确地测量目标的位置和速度都起着十分重要的作用。特别是在现代化电子战环境下, 对雷达伺服系统的要求就更高。因此, 如何将最新的科学理论应用于控制、滤波、建模等软环节中, 是一个很有新意的重要问题, 而如何用优良的硬件系统实现这些环节, 则是新的理论是否真正得到应用的关键, 本文阐述了某雷达伺服系统的硬件设计与实现, 最后的控制实验证明本系统设计是合理的、适用的。

1 系统结构及执行电机的确定

整个伺服系统结构如图1所示, 其中最主要的硬件是伺服电机, 因此, 它的好坏决定着整个系统性能的优劣。为了满足系统性能要求, 首先要确定选何种执行电机。

由于该系统所要求的电机转速比一般直流伺服电动机的额定转速小得多, 所以若选用一般直流伺服电机, 就需要用齿轮减速后再去拖动天线旋转, 这样, 一来增大了整个弹体的体积, 二来齿轮之间的间隙对提高控制系统的性能指标很有害, 它会引起系统在小范围内的振荡和降低系统的刚度。为了解决这两个问题, 该系统选用了一种低转速, 大转矩的直流力矩电机作为伺服电机, 它能够在长期堵转或低速运行时产生足够大的转矩, 而且不需要经过齿轮减速而直接带动负载。它具有反应速度快, 转矩和转速波动小, 能在很低转速下稳定运行, 机械特性和调节特性线性度好等优点。

* 收稿日期: 1995-02-20

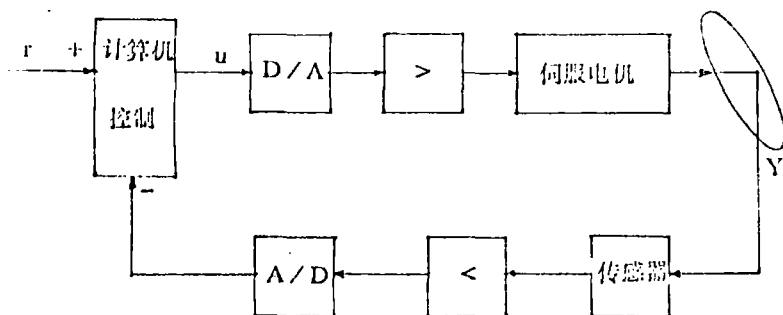


图 1 雷达伺服系统结构图

2 数模/模数转换板的选用

考虑到经济、可靠及条件的制约, 本实验选用 MS—0812 模入模出接口板完成该系统 D/A, A/D 转换工作。本接口具有多路 A/D 输入及多路 D/A 输出。A/D 输入端接有通道保护电路, 并有两档量程可供选择。D/A 输出有电压、电流两种形式可供选择, 并带有加电清零功能。本实验选择电压形式。

2.1 该实验选用的技术参数

2.1.1 模入部分

通道数: 用单端 64 路; 输入电压范围选 0~5V; 转换码制用单极性原码; 误差为 +5V, $\pm 5\%$ (满量程)。

2.1.2 模出部分

输出通道, 8 路中任选 1 路; 转换位数为 8 位; 输出范围选电压方式: 0~5V; 误差选电压方式: 小于等于 $\pm 4\%$ (满量程); 电源用外接 +15V。

2.2 工作原理

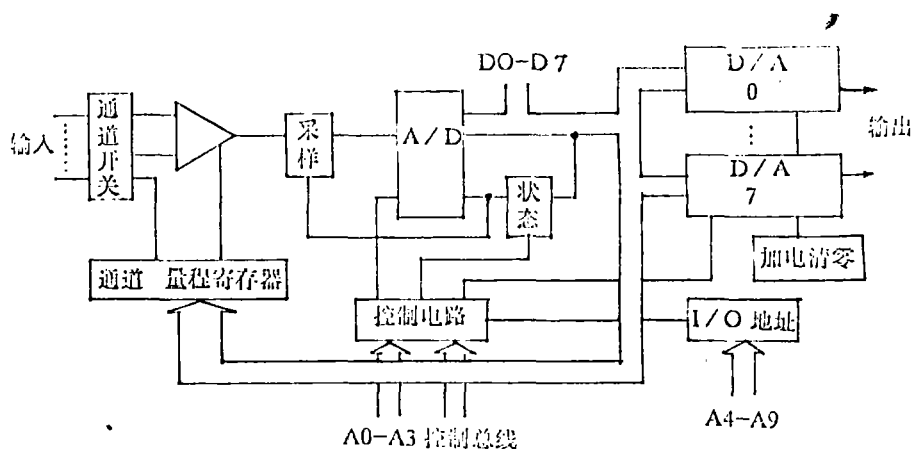


图 2 数模/模数板工作原理框图

原理框图如图 2 所示, 地址总线 $A_4 \sim A_9$ 通过板上开关 K 预设, 地址设定后, 由地

址选码器发出板选信号, 本接口一经选中, 控制电路则根据 $A_0 \sim A_3$ 状态译出所需的 12 个端口与控制总线 IOW、IOR 配合, 完成不同的操作。

模拟通道地址与量程由端口“0”控制, 端口“1”启动 A/D, D/A 转换好的数码由端口“2”读出。端口“1”读操作时可以查询 A/D 工作状态。8 路 D/A 由端口“3~10”写入数据后, 由端口“11”同时启动。实验中选用第三根线, 即模入的“0”端口, 第四根线即模入的“1”端口, 其地址均为 370H, 分时采样, 模出选用“ V_0 ”及“地”线。

3 放大电路及传感器的设计与实现

由图 1 可知, 放大器包括前向通道的功率放大器和反馈通道中电压放大器两个。为了简便, 我们将传感器同电压放大器放在一起设计。

3.1 功放的设计与实现

本系统对功率放大器的要求是, 既要能放大输入信号, 以推动直流力矩电机, 带动负载, 又要能够与前面的 D/A 转换口相匹配。由于负载要求能够双向转动, 而 D/A 板只能输入、输出 0~5V 电压, 所以, 需要在功放前加一级前置放大器, 和一对称性能良好的功率对管输出放大级, 使它能在完成放大功能的同时, 完成单极性到双极性的转换工作。整个电路如图 3 所示。从中可以清楚地看到, 功率放大电路的输入来自控制器, 这是一个单极性的微弱电压信号, 范围在 0~4.3V 之间, 但一般小于 2V。而功放的输出电压范围是 $\pm 9V$ 。这样足以推动电机, 从而带动负载向着期望的方向转动。

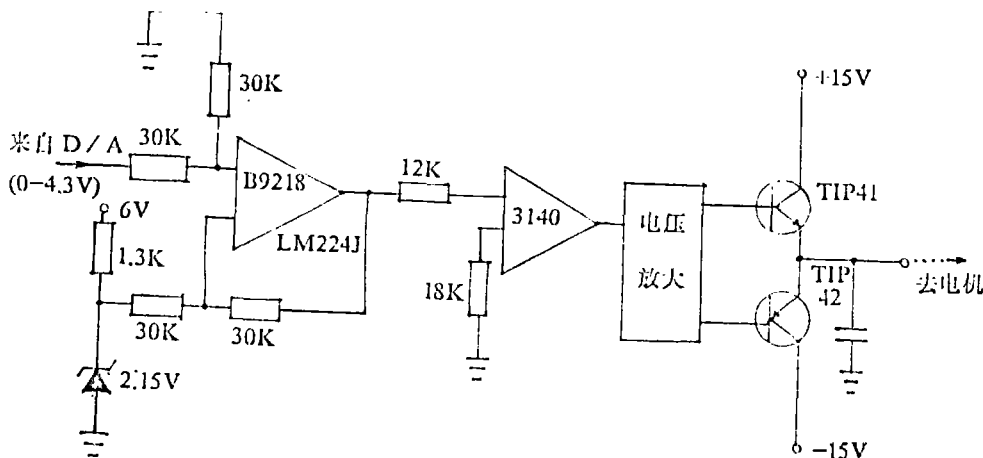


图 3 功率放大电路图

3.2 电压放大器及传感器的设计与实现

传感器的作用是将负载的转动角度转换成电压值送回系统输入端与期望值进行比较。由于直接转换后的电压值往往不能精确地满足理论公式的比例关系而产生误差, 这样势必造成输出与输入不能匹配, 所以需要加一个后置电压放大器以补偿其差值, 同时为了匹配负载的双极性输出, 需要在后置电压放大器的输出端再加一级转换电路, 如此, 可设计出

包括传感器在内的反馈通道电压放大电路如图4所示。

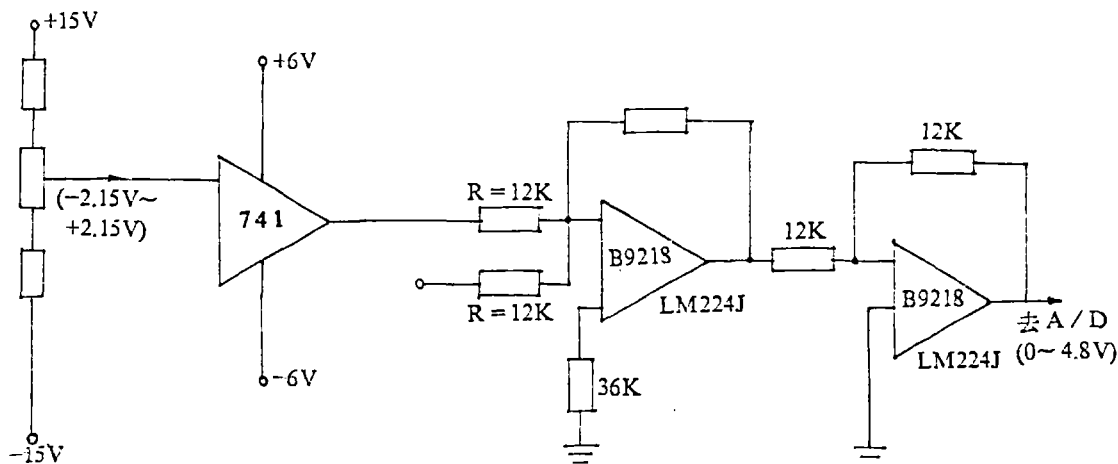


图4 反馈通道传感器及电压放大电路

4 开发工作

4.1 对接口板的开发

MS-0812 接口板编程使用的是基本 BASIC 语言，口地址的调用也是用基本 BASIC 命令，而控制软件是用 TRUE BASIC 语言编写，它比基本 BASIC 功能全，速度快，为了将其直接用于该接口板，我们作了一定的开发工作，使得可以直接用 TRUE BASIC 语言将软、硬件联接，结果不仅省去了语言转换的麻烦，避免了不必要的出错机会，而且提高了实验的精度和速度。

4.2 硬件与软件的联接

如图1所示，输入信号 r 由稳压电源产生，（ r 是模拟目标位置信号）它是可以人为控制的，将此信号作为 r 从稳压电源直接送至 A/D 板的第三根线（0 通道），通道口地址为 370H。

反馈信号 Y_1 从电压放大器送出，进入 A/D 板的第四根线（1 通道）、通道口地址仍为 380H。1 通道与“0”通道口地址相同，内部自动分时采样， ΔT 为 $30\mu s$ （即采样间隔时间）。

控制信号 μ 由神经网络智能 PID 控制器产生，在计算机内完成），送至 D/A 板的 V_0 通道，其口地址为 373H，然后传送到功放，推动伺服电机，由硬件完成实时控制任务。

5 神经网络智能 PID 实验

5.1 辅助设备

用 JX1721 型双路稳压电源三台，其中两台用来分别提供 $\pm 15V$ 、 $\pm 6V$ 的稳压电源，

另一台提供转换电路的+2.5V 电源及系统的模拟输入信号。

用一台 PC—286 型微型计算机完成计算软件及控制软件任务, 智能 PID 控制器用 TRUE BASIC 语言编制软件程序。用一只万用表测量控制输入信号以便调节其大小。

5.2 实验过程

按照 4.2 节所述将软件与硬件联接完毕, 再把控制器输出的中点调到 2.15V, 然后作实验如下:

①只加比例校正控制器, 使伺服系统闭环运行, 跟踪结果如图 5 所示。

②加 VSC 控制器的跟踪结果如图 6 所示。

③加上基本 PID 控制器, 使伺服系统闭环运行, 跟踪结果如图 7 所示。

④加上神经网络智能 PID 控制器, 让雷达伺服系统闭环运行, 跟踪结果如图 8 所示。

⑤在负载上加干扰 (共加了三次不同位置不同重量、不同角度的干扰), 分别用基本 PID 控制器及智能 PID 控制器控制, 观察各种情况下的跟踪结果, 给出其中一种情况示于图 9 和图 10 中。

⑥在硬件电路中加随机干扰 (共加了两次分别在不同的位置), 仍分别用基本 PID 及智能 PID 控制器控制, 观察各种跟踪结果。给出其中一种情况示于图 11 和图 12 中。

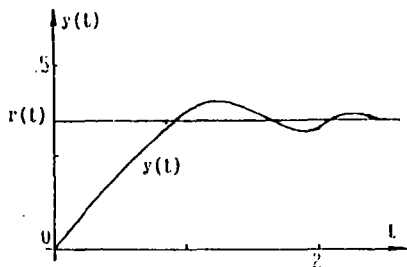


图 5 加比例校正控制的跟踪波形

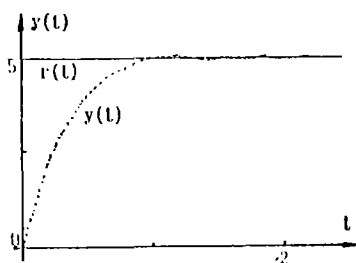


图 6 加 VSC 控制器的跟踪波形

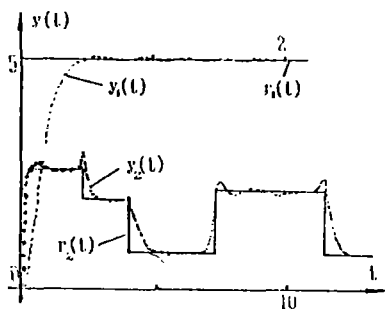


图 7 加基本 PID 控制器的跟踪波形

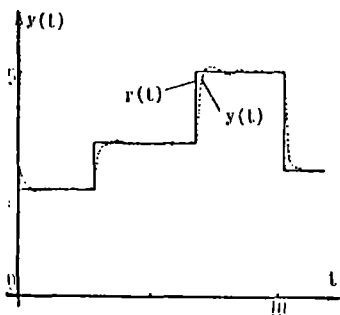


图 8 加智能 PID 控制器的跟踪波形

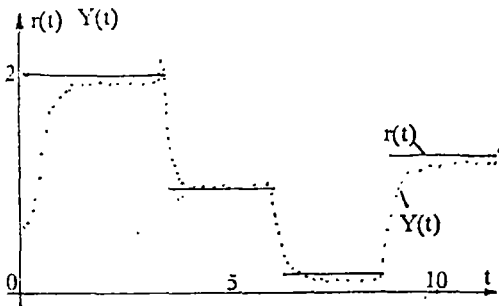


图 9 干扰加在电路中, 基本 PID 控制器的跟踪波形

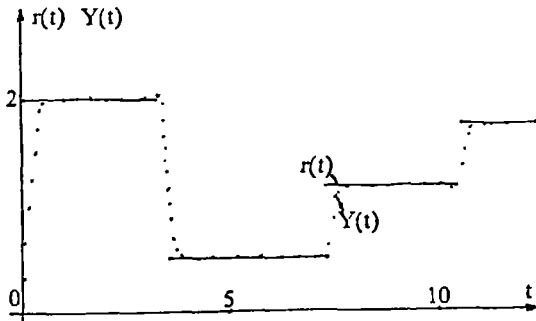


图 10 干扰加在电路中, 智能 PID 控制器的跟踪波形

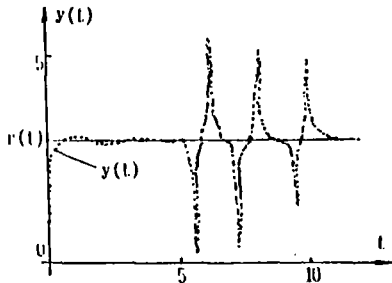


图 11 干扰加在负载上, 基本 PID 控制器的跟踪波形

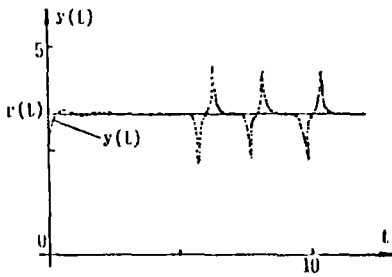


图 12 干扰加在负载上, 智能 PID 控制器的跟踪波形

5.3 实验结果分析

从记录下的数据及跟踪响应曲线分析可知, 以上各实验均达到了预期的结果(性能对比情况见表 1—表 3), 满足系统的闭环性能要求, 智能 PID 的闭环稳态及动态性能良好、抗干扰性能强, 其鲁棒性及自适应性均明显地优于常规 PID。整个实验过程中硬件全部工作正常, 与软件配合良好, 实验完成的比较理想, 且结果与仿真一致, 可见该硬件系统设计是合理的, 可靠的, 可以在此硬件上实施各种控制方案的实验。

表 1 系统参数变化时的性能比较

方 法	指 标		
	超调	调节时间	稳态值
基本 PID	60%	0.5S	0.5%
智能 PLD	0	0.3S	0.3%
无校正环节	25%	3S	7%

表 2 抗干扰性能比较一(伺服电路加干扰)

方 法	指 标		
	超调	调节时间	稳态值
基本 PID	200%	0.45S	0.35%
智能 PLD	50	0.38S	0.3%

表 3 抗干扰性能比较二(负载上加干扰)

方 法	抗干扰实验三		
	超调	调节时间	稳态值
基本 PID	+12%	0.6S	0.6%
智能 PLD	0.5	0.42S	0.4%

表 3 续

抗干扰实验四			抗干扰实验五		
超调	调节时间	稳态值	超调	调节时间	稳态值
0	0.6S	0.85%	8%	0.58S	0.7%
0.5%	0.45	0.3%	0.5%	0.45	0.28%

参 考 文 献

- 1 陈隆昌, 陈—艳. 控制电机. 西北电讯. 工业学院出版社
- 2 王起飞, 姚志红. 神经网络自适应控制小功率天线随动系统. 中国控制会论文集. 1994
- 3 Avsherman D. A. et al. Fvelopment in Radar Imaging. IEEE Trans. 1984 AES-20(4)
- 4 康华光. 电子技术基础. 人民教育出版社

Hardware Design and Realization of Radar Servo System

Yao Zhihong Wu Tianfu Shen Xianzhang

(Department of Computer and Automation)

Abstract: The paper expounds the hardware system design and realization of radar servo system. Hardware system is a precursor condition of the radar servo system control. We overcome many difficulties and adopt many measures to make it more perfect and reliable. The neural network intelligenalized PID controlling test verified forthly the practical and reliable of the hardware system.

Keywords: servo system, hardware, realize