

角速率陀螺在碟形飞行器中的应用*

彭军桥 陈慧宝 吴安德

(上海大学机械电子与自动化学院, 上海 200072)

摘 要: 该文主要介绍了角速率陀螺在碟形飞行器中的应用。分析了碟形飞行器对飞行控制系统的要求, 角速率陀螺的工作原理, 以及角速率陀螺在碟形飞行器中的软硬件设计。

关键词: 角速率陀螺 碟形飞行器 旋翼机 控制系统

Abstract: The paper has introduced the application of piezoelectric oscillation gyro in four-rotor flying robot. And has analysed the demand of flying control system of four-rotor flying robot, the operation principle of piezoelectric oscillation gyro, as well as the soft & electro circuit design for the application.

Key words: piezoelectric oscillation gyro four-rotor flying robot gyroplane control system

0 引言

旋翼式飞行器是一个发散的系统, 其稳定性差, 不易控制。特别是微型飞行器, 体积小, 重量轻, 惯性小, 且飞行速度低, 因此飞行器易受气流等外部环境影响。

四桨碟形飞行器属于多旋翼式飞行器, 各桨翼之间在旋转过程中存在相互干扰, 导致飞行器在飞行过程中稳定性极差, 是一个比单旋翼机更为发散的系统。此外, 四桨碟形飞行器在电机特性、桨叶及飞行器机身等方面也提出了更高的要求。它要求各旋翼电机特性均一、各副桨叶的桨距和安装角相同、机身对称等。由于这些条件在实际中很难满足, 而且往往差别较大。表 1 列出了本研究所采用的四副桨翼在相同条件下所测得的升力情况。

表 1 旋翼特性测定(升力)

给定电压(V)	前电机(g)	后电机(g)	左电机(g)	右电机(g)
2.6	70	62	58	61
3.0	89	80	76	79
3.4	107	99	93	99
3.8	126	117	114	117
4.0	137	127	119	120
4.3	148	132	128	125
4.5	157	143	132	130
5.0	176	164	164	143

由于该飞行器稳定性差, 飞行难以控制, 因此需要设计增稳系统以增加其飞行稳定性。增稳系统的作用是测量飞行器当前姿态, 并根据当前姿态自动调整控制参数, 使飞行器飞行平稳。

用于姿态控制(增稳系统)的元件主要有: 倾角传感器、电子罗盘及角速率陀螺等。其中角速率陀螺的主要作用是对飞行器动作产生阻尼, 保持当前姿态, 因此在增稳系统设计中十分重要。

1 角速率陀螺工作原理

当压电陀螺感应到有角速率时, 将产生科里奥利(Coriolis)力, 角速率陀螺就是通过利用所产生的科里奥利力而工作的。

压电陶瓷在垂直方向以共振频率振动, 当系统有角速率时, 因角速率而产生的科里奥利力将会导致陶瓷在水平方向振动, 从而使陶瓷材料发生从左到右的材料弹性变形。这一变形使压电材料改变输入电压的相位角, 使相位角从左边变到右边, 当产生的科里奥利力为最大时, 其影响将使信号延迟 90°。产生的这些力仅仅和角速率有关。位于双压电晶片材料上的传感器就这样把角速率信号以模拟输出电压反映出来。

由于每个角速率陀螺只能测量一个方向的角速

* 航天支撑技术基金项目(2001-HT-SHDX)。

作者简介: 彭军桥 1979 年生, 硕士研究生。主要从事微型飞行器方面的研究。

陈慧宝 教授, 研究生导师, 上海大学精密机械系主任。主要从事 MEMS 方面的研究工作。

吴安德 博士后。主要从事飞行器方面的研究。

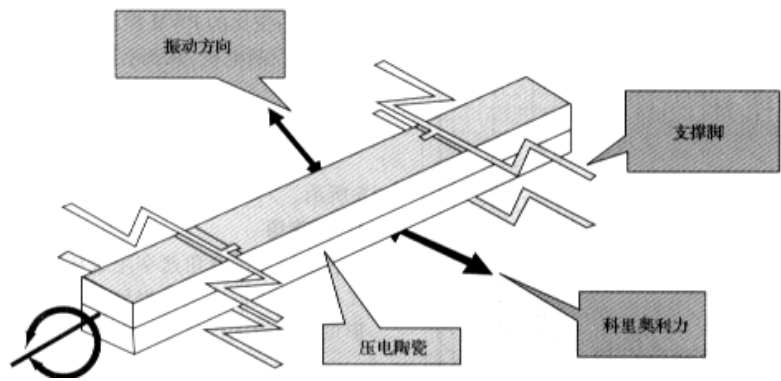


图1 角速率陀螺工作原理

率信号,因此,需要安装3个相互垂直的角速率陀螺来测量三维方向的角速率信号。

2 硬件设计

由于从角速率陀螺输出的信号变化幅度较小,而且含有高频杂音等,因此需要对传感器输出的信号经滤波和放大之后,才能进行A/D转换。整个应

用电路的设计原理可以简要地用图2表示。

增稳系统采用日本Murata(春田)公司ENC系列产品。其响应频率50 Hz,比例因数 $0.67\text{ mV}/^\circ\cdot\text{s}$,输入电压 $2.7\sim5.5\text{ V}$ 。图3给出了X方向上角速率陀螺(GYRO-X)所采用的外围电路,Y/Z方向上角速率陀螺外围电路基本与此相同。

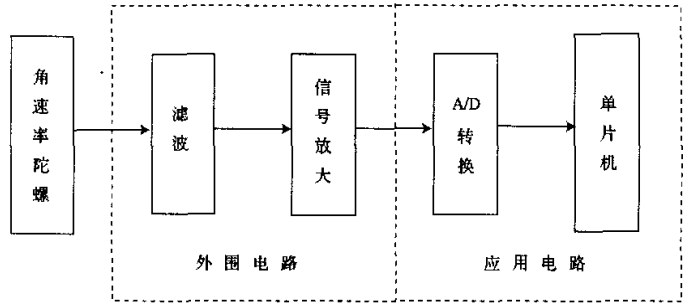


图2 应用电路设计原理

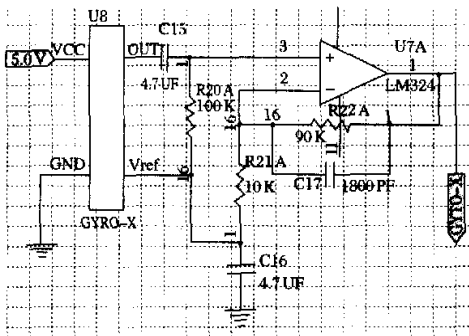


图3 外围电路

该外围电路主要有3个作用:

- (1) 高通滤波,滤除频率低于 0.33 Hz 的信号,同时去除直流分量。
- (2) 低通滤波,允许频率低于 $1\,000\text{ Hz}$ 的信号

通过,将高频杂音滤除,提高抗干扰能力。

- (3) 具有放大作用,将信号变化幅度放大为原来的10倍,提高A/D转换的精度。

图4给出了角速率陀螺输出信号经处理后和单片机的连接方法。本研究采用Cygnal公司的C8051F021/3单片机。该单片机共64个引脚,其中引脚58、59、60、61为JTAG调试接口,引脚17、18接外部晶振,引脚7为A/D转换参考电压,角速率陀螺信号GYRO-X、GYRO-Y、GYRO-Z分别经由引脚11、12、13三个模拟输入通道和单片机连接。

单片机通过模拟输入通道对角速率陀螺的信号进行采集,经A/D转换后,并经PID运算,再和倾角传感器(Tilt)信号及遥控器接收(Receiver)信号经模糊控制运算之后,得到碟形飞行器各个电机的控制量,通过单片机PCA捕捉比较模块产生相应的具

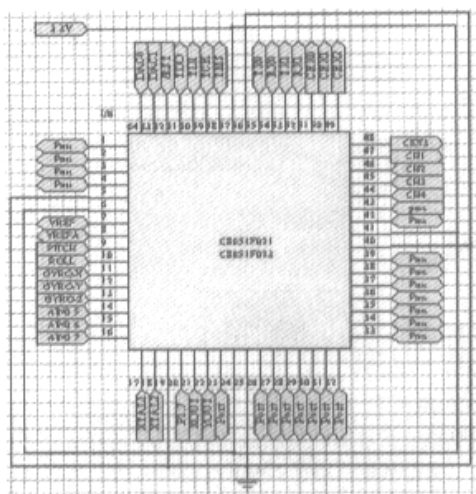


图4 角速率陀螺和系统的连接

有一定占空比的PWM控制信号,从引脚48、49、50、51输出控制电机,从而控制飞行器的姿态,使之保持稳定。

3 软件设计

本设计中角速率陀螺的应用程序流程框图如图5所示。

4 结束语

通过使用有角速率陀螺构成的增稳系统,碟形飞行器的飞行稳定性得到显著改善,大大降低了碟形飞行器的飞行难度。

参考文献

- 1 王晓明. 电动机的单片机控制. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002
- 2 彭军桥, 吴安德, 陈慧宝. 碟形飞行器发展现状及其关键技术. 中国航天, 2003(8)

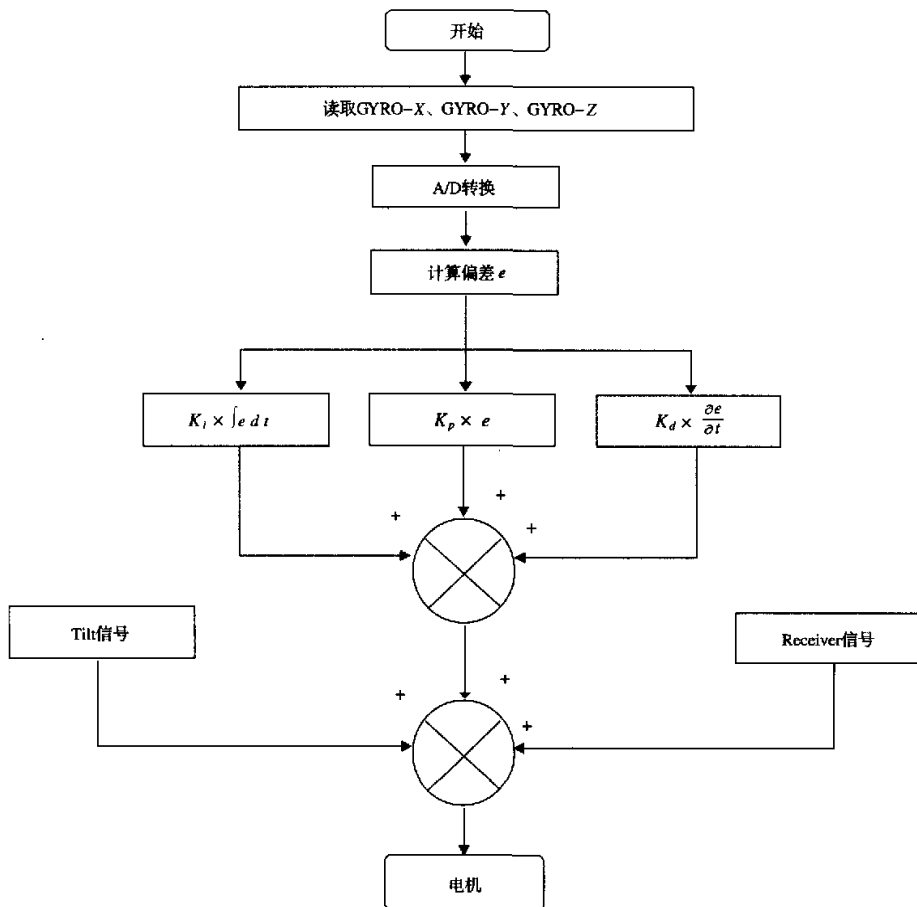


图5 应用软件程序框图