

# 基于 MSP430F149 的低功耗测树仪

祁祥斌<sup>1,2</sup>, 张茂震<sup>1,2,3\*</sup>, 陈金星<sup>1,2</sup>, 赵平安<sup>1,2</sup>

(1. 浙江农林大学 环境与资源学院, 浙江 临安 311300;

2. 浙江农林大学 浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室, 浙江 临安 311300;

3. 亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 为了解决目前国内树木的测量工具都依靠人工手动测量,且无法对树木的直径进行长期连续观测和自动记录的问题,设计了一种以 MSP430F149 芯片为核心的低功耗测树仪。对整个系统的软硬件实现进行了详细阐述,同时对系统功耗进行了估算及测试。该测树仪采用 2 节 1.5 V 电池供电,能够连续记录直径生长量,并提供了方便地数据采集接口,只要插入 SD 卡便可自动读取数据。研究表明,该测树仪具有结构简单、操作方便、数据自动记录与自动存储、低功耗、低成本等优点,具有较强的实用性。

**关键词:** 测树仪;低功耗;生长量;MSP430F149;SD 卡

中图分类号: TH79;S758.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)03-0282-04

## Low-power dendrometer based on MSP430F149

QI Xiang-bin<sup>1,2</sup>, ZHANG Mao-zhen<sup>1,2,3</sup>, CHEN Jin-xing<sup>1,2</sup>, ZHAO Ping-an<sup>1,2</sup>

(1. School of Environment and Resource, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China;

2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Carbon Cycling in Forest Ecosystems and Carbon Sequestration, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China;

3. The Nurturing Station for the State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Lin'an 311300, China)

**Abstract:** In order to solve the problems that the diameter measurement in China is still based on measuring tape and can not be automatically done and the data can't be automatically recorded, a kind of low-power dendrometer based on MSP430F149 chips was designed. The hardware and software of the system were expounded in detail, and the system power dissipation was estimated and tested. The dendrometer powered by two 1.5 V batteries can record the diameter growth of the trees continuously. It also provides a convenient interface for data transferring from the system to a SD card as long as the SD card is inserted. The results indicate that the dendrometer has stronger practicability with advantages of simple structure, convenient operation, data automatic recording and automatic storage, low power consumption, low cost etc..

**Key words:** dendrometer; low-power; growth; MSP430F149; SD card

## 0 引言

所谓生长量就是指一定间隔期内树木各种调查因子所发生变化的量<sup>[1]</sup>。树木的生长量(尤其是树木直径的生长量)对于指导林业生产和科学研究具有十分重要的意义。通过树木的生长量可以研究立地条件、修枝、施肥、病虫害等对树木生长的影响,从而找出树木最佳的抚育方法<sup>[2-6]</sup>。目前国内外直接测量生长量的

仪器还很少,一般是先测量树木的直径数据,然后人工求出直径生长量。中国有史可考的测径是春秋战国时代采用“拱把”和“围”的办法测量树木粗度。目前国内外常用的测树工具有轮尺、直径卷尺(围尺)和检径尺(钩尺)等。轮尺不仅用于测定单株树木的直径,也可作为森林调查中测定大量立木直径的工具,是应用最广的一种测径工具。轮尺有许多变形和改进,如两臂可以折叠,只留固定臂或把固定臂改为弧形臂而去

收稿日期:2011-10-24

作者简介:祁祥斌(1986-),男,山东济南人,主要从事森林碳汇计量与监测技术方面的研究。E-mail:qxb.1225@163.com

通信联系人:张茂震,男,博士,教授,硕士生导师。E-mail:zhangmaozhen@126.com

掉滑动臂,甚至只有特殊尺身而无一臂等。吉林省林科院赵彤堂发明了“不用卡、不用围,通过三点靠至树干便可测量出树径大小”的测径工具—测径靠尺<sup>[7]</sup>。有效的改进测径工具是自动记录直径的自记轮尺,其中以能使测量胸径分类计数结果直接输入电子计算机的最为先进。2004年北京林业大学冯仲科等研制出电子角规测树仪<sup>[8]</sup>。2006年关强等采用超声波传感器和条码阅读器设计了一种光电式直径测量仪,该仪器先用超声波测距原理测量树木胸径的位置,然后根据所测树种利用相应的条码带测量树木的直径信息,能自动读取、保存直径信息<sup>[9]</sup>。2008年鄢前飞根据自动分臂三切点法,设计了一种数字测径仪,解决了森林直径计测中数字式读数、非触式测量、大树测量等问题<sup>[10]</sup>。然而,实践证明其仍然无法胜任在复杂的森林环境下进行长期测量。关强等设计的测树仪器只能对特定树种的树木进行人工测量,而且超声波传感器价格昂贵且精度不高,因此不仅费时费力,所测数据精度也不高。鄢前飞设计的数字测径仪主要是利用分臂三切点法,该原理是基于树木是圆形的假设,但现实中树干并非正圆,要想提高精度就要多次测量取平均值,费时费力。目前国内外在单株立木直径测量时,仍以围尺或轮尺等需要手动操作、人工读取记录测量数据的树径测量工具为主,数据采集仪器比较陈旧、效率低下、费用昂贵,严重妨碍了森林资源调查工作的进度,加之调查准确度要求日益提高,因此,迫切需要先进的测树仪器来适应当前森林资源信息采集技术的发展。

本研究采用 KTF 型直线位移传感器,设计一种基于 MSP430F149 单片机的测树仪。

## 1 总体设计方案

该测树仪总体上包括以下几个部分:主控制部分、电源电路、直径信号接收放大电路、SD 卡存储电路以及时钟电路等。直径信号接收放大电路主要是接收模拟信号,A/D 转换使用单片机内部的 A/D,配合一定精度的传感器,可以满足测量精度要求;传感器应用的是 KTF 型直线位移传感器,精度可达到 0.1 mm,独立线性度 0.05%;板上平时采用 1.5 V 的干电池充电,简化了电路;板上有实时时钟,提供时间信息和周期性的中断信号;本研究采用单片机内部 Flash 存储生长量数据,经过一定时间后,可通过 SD 卡将数据读取。设计方案的系统框架图如图 1 所示。

由于是进行数据的长期测量,该仪器在使用时要体现低功耗的特点,所选用的控制器必须是低功耗单片机,在不使用时其耗电要极低,并且能关断其他模块电源。在所有低功耗单片机里,MSP430 系列的单

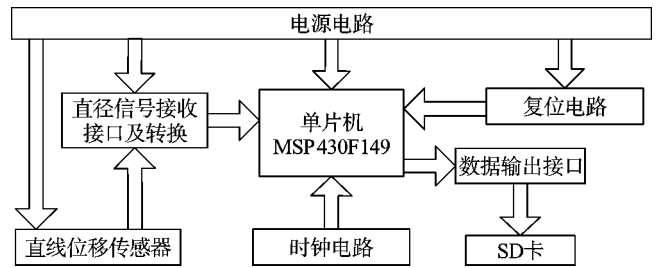


图1 系统框架图

片机表现出色,它已有十多年历史,技术成熟。它提供 5 种休眠模式,每种休眠模式可以关断不同外围模块,耗电都很低,并且在休眠时可以中断唤醒,唤醒时间极短(小于 6  $\mu$ s)。本研究采用 MSP430F149 单片机作为控制芯片,它有丰富的内外部资源,其内部具有“60 KB+256 B”的 Flash 存储器,由于树木生长缓慢,没有必要实时采集数据,完全能够满足树木生长量数据存储的需求。

本研究将传感器固定于树干的胸径处,利用直线位移传感器将树木直径信号转换为电阻信号输出,由 MSP430F149 内部集成的 A/D 转换器完成直径的生长量测量、计算,并将日期和所测数据保存到 MSP430F149 内部 Flash 中。经过长时间的数据记录后,只要插入 SD 卡,系统便自动识别并自动读取数据到 SD 卡中。

## 2 测树仪设计

### 2.1 硬件设计

#### 2.1.1 MSP430F149 及其外围电路

MSP430F149<sup>[11]</sup>为 16 位 RISC 结构,外设和内存统一编址,寻址范围可达 64 KB,还可以外扩展存储器,具有统一的中断管理,丰富的外围模块,片内有精密硬件乘法器、8 通道 12 位 A/D 转换器、2 个 16 位定时器及片内电压比较器、1 个 DCO 内部振荡器、2 个外部时钟、UART 通信接口和 SPI 通信接口等资源。其工作电压范围小(1.8 V~3.6 V),等待方式的工作电流是 1.3  $\mu$ A,RAM 关闭方式的工作电流更低至 0.15  $\mu$ A,正常工作下的电流消耗也很低,最大为 250  $\mu$ A。它有 60 KB+256 B 的内部 Flash 和 2 KB RAM。这些资源使它无论在工业领域还是在研究领域都具有相当广泛的应用。

MSP430F149 及其外围电路图如图 2 所示,直径模拟量信号分别从 P6.0/A0 脚输入,由内部 A/D 转换电路变为数字信号。经过处理的树木直径生长量数据保存在单片机内部 Flash 里。

#### 2.1.2 传感器测量电路

本研究采用 KTF 型直线位移传感器,其原理类似

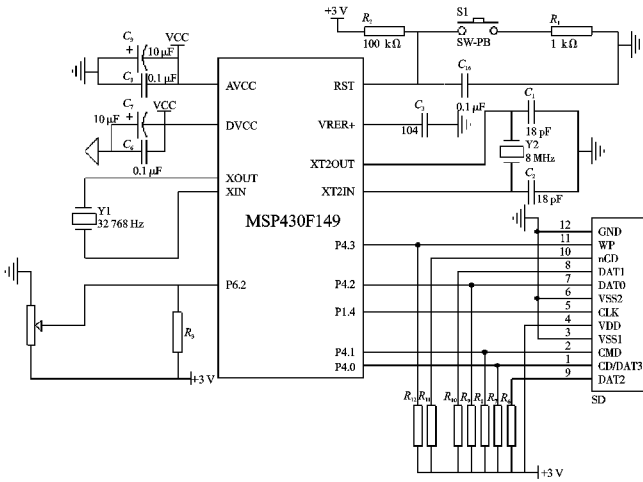


图 2 MSP430F149 及其外围电路

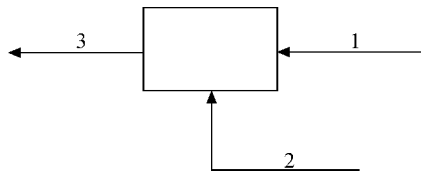


图 3 直线位移传感器的原理图

于滑动变阻器,原理图如图 3 所示(1 脚和 3 脚为电源和地,可交换,2 脚为数据的传输端)。通过大量的所测模拟数据  $x$  与传感器实际刻度值  $y$ (单位 mm),可得到关系式: $y = -0.0143x + 27, 1 \leq y \leq 27$ 。如果本研究设置传感器初始刻度为 27 mm,则树木的直径生长量  $y_1$  与传感器输出的模拟数据  $x$  的关系式为: $y_1 = 27 - y = 0.0143x$ 。为提高 A/D 精度,本研究对数据进行了多次取样取平均值,有效地提高了 A/D 的精度。

由传感器工作原理可知,本研究需要将传感器输出的电阻信号转换为电压信号,便于后续电路测量。为简化电路,本研究采用电阻并联分流法测量传感器输出电阻。当树木生长时,传感器将把树木直径的生长量通过电阻的变化转换为电压信号输入给单片机内部的 A/D 转换器。

### 2.1.3 SD 卡存储电路

SD 卡支持两种总线方式:SD 方式与 SPI 方式,主机可以选择其中的任一种模式,采用单片机对 SD 卡进行读写时一般都选择 SPI 模式。SPI 方式使用 CS、CLK、DataIn、DataOut 进行数据通信,与单片机之间的接口电路如图 4 所示。当 SD 卡插入时,系统自动识别,然后发送指令,直接将内部 Flash 存储的数据读取到 SD 卡中。只要拿上 SD 卡便可将数据方便地取回,有效地减轻了林业人员的负重。

## 2.2 软件设计

系统软件包括初始化、直径生长量测量程序、单片机内部 Flash 存取程序、SD 卡存储等部分。主程序

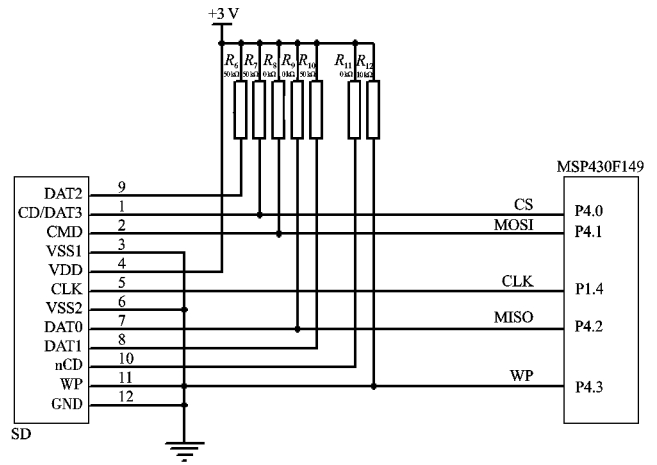


图 4 MSP430F149 与 SD 卡座的连接图

用于初始化各种外围模块,采集一次数据并存储,然后定时等待 10 s,如果没有其他操作,则进入休眠模式 3。若有操作,则调用相关程序处理,处理完后,定时 10 s 再次判断,没有操作则进入休眠状态(在板上电源没有断开情况下,主程序只会执行一次)。系统流程图如图 5 所示。

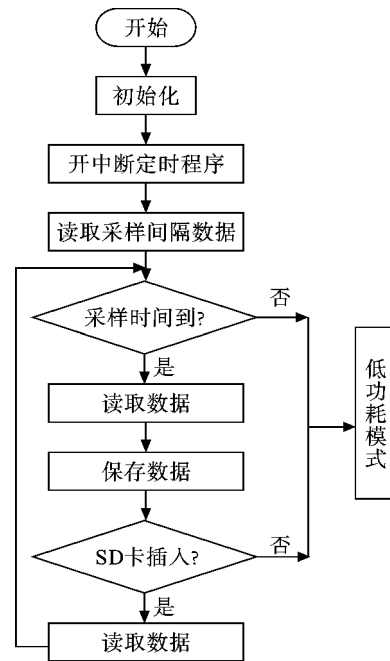


图 5 主程序流程图

MSP430F149 内部集成的模块开启后也消耗电流,尤其是 ADC、参考电压以及输出状态的 I/O 口,因此,只有在进入生长量采集程序的时候,才把 ADC 和参考电压打开,数据采集完毕后,在 ADC 中断服务子程序中关闭 ADC 和参考电压,进入低功耗模式 LPM3,不使用的 I/O 口的功能设定为输入,需要与外围器件通信时再设定为对应的输出或输入功能。

## 2.3 功耗分析

由于该系统需要进行长期的数据采集,本研究对

其功耗有较高的要求。系统整体耗电极低,实际功耗难以测试,下面按系统中各部件生产厂商提供的数据手册中的参数进行功耗估算,其结果如表1所示,其中各数据都是在3V测试条件下的参数典型值。其中,SD卡只有在人为操作时才处于活动模式,其他时间都处于待机模式,所以计算时间时仅使用其待机电流<sup>[12-14]</sup>。本研究设定系统每1h记录一次数据,每次记录数据耗时1s(实际上远小于1s,且不可能所有器件1s内同时处于活跃或操作状态),则可得1h耗电为:

$$3\ 599 \times (0.1 + 3 + 5 + 250) + 1 \times (250 + 15\ 000 + 5 + 500) = 944\ 656.9\ \mu\text{A} \cdot \text{s}$$

以普通干电池1500mA·h容量计,则可以供系统正常工作的时间为:

$$1\ 500 \times 1\ 000 \times 3\ 600 / 944\ 656.9 = 5\ 716.361\ \text{h} = 238.181\ 7\ \text{天}$$

表1 系统功耗分析

器件	休眠或待机模式耗电流	活动或操作模式耗电流
MSP430F149	<0.1 $\mu\text{A}$	250 $\mu\text{A}$
传感器	<3 $\mu\text{A}$	<15 mA
SD Card	<5 $\mu\text{A}$	15 mA(读)/20 mA(写)
其他	250 $\mu\text{A}$	500 $\mu\text{A}$

以上估计中,“其他”包括其他I/O口的电流损耗等。“其他”电流值根据经验已经做了最大估算,所以该系统在1500mA·h电池供电情况下正常待机8个月没有问题。实际测试时设定为每秒记录,系统运行了30h,大于估算的24h,这可能是由于电池电压跌落导致工作电流变小有关,也符合了“其他”电流值偏大的设想。

### 3 结束语

围绕低功耗这一原则,本研究设计了一种基于MSP430F149单片机的低功耗树木直径生长量测量系

统,对系统工作原理与组成进行了详细介绍。设计的测径仪能够对树木直径生长量进行长期连续的测量,具有结构简单、操作方便、数据自动记录与自动存储、低功耗、低成本等特点,具有较强的实用性。

### 参考文献(References):

- [1] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京:中国林业出版社,2004.
- [2] 汤春常. 立地条件与柳杉幼林生长量的关系[J]. 福建林业科技,2010,37(4):108-110.
- [3] 刘美英,高永. 施肥对马家塔复垦区油松林生长量的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(3):1172-1174.
- [4] 宋占邦. 修枝对迭部林区人工云杉林生长量影响[J]. 陕西林业科技,2009(3):14-16.
- [5] 刘云鹏,解春霞,郑华英,等. 苏北杨树黄化病对苗木生长量的影响[J]. 江苏林业科技,2010,37(5):10-13.
- [6] 李辛雷,李纪元. 不同栽培条件下南方红豆杉生长特性研究[J]. 广西植物,2010,30(5):647-650.
- [7] 刘清玉. 一种新式测树工具——测径靠尺投产[J]. 林业调查规划,1993,18(4):1.
- [8] 刘发林,吕勇,曾思齐. 森林测树仪器使用现状与研究展望[J]. 林业资源管理,2011(1):96-99.
- [9] 关强,尹丽丽,李志鹏,等. 基于超声测距的定高树径测量仪的研究[J]. 东北林业大学学报,2006,34(4):27-30.
- [10] 鄢前飞. 林业数字式测径仪的研制[J]. 中南林业科技大学学报,2008,28(2):95-99.
- [11] Texas Instruments Inc.. MSP430x13x, MSP430x14x, MSP430x14x1 Mixed Signal Microcontroller Data Manual (Rev. F) [EB/OL]. [2004-06-03]. <http://focus.ti.com/lit/ds/sls272f/slas272f.pdf>.
- [12] 余善恩,郭淼,傅国定. 基于SD卡存储的便携式温湿度记录仪[J]. 机电工程,2009,26(11):87-90.
- [13] 梁峰,王平,宋文杰,等. RFID在粮仓无线温湿度检测中的应用[J]. 机械,2011,38(5):65-67.
- [14] 孙俊峰,李孝海. 基于无线技术的温湿度测量装置的开发[J]. 机电工程技术,2010,39(9):90-92.

[编辑:张翔]

(上接第281页)

- [3] 杨敬江. 排灌泵站立式轴流泵装置模型试验[J]. 排灌机械,2008,26(6):20-23.
- [4] HUANG N E, SHEN Z, LONG S R, et al. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for non-linear and non-stationary time series analysis[J]. **Proceedings of the Royal Society of London, Series A**, 1998(454):903-995.
- [5] HUANG N E. A new view of nonlinear water waves: the Hilbert spectrum[J]. **Annual Review of Fluid Mechanics**, 1999(31):417-457.
- [6] WU Zhao-hua, HUANG N E. Ensemble empirical mode decomposition: a noise-assisted data analysis method [J]. **Ad-**

**vances in Adaptive Data Analysis**, 2009, 1(1):1-41.

- [7] SHEN P C, KANG Y, WANG C C, et al. Study on the affection of gear fault diagnosis bases on HHT by noises [J]. **Advances in Intelligent and Soft Computing**, 2009(62):87-96.
- [8] 窦东阳,赵英凯. 集合经验模式分解在旋转机械故障诊断中的应用[J]. 农业工程学报,2010,26(2):190-195.
- [9] 时世晨,单佩韦. 基于EEMD的信号处理方法分析和实现[J]. 现代电子技术,2011,34(1):88-90.
- [10] 林近山. 基于EEMD和Hilbert变换的齿轮箱故障诊断[J]. 机械传动,2010,34(5):62-64.

[编辑:李辉]