

宋庆恒,李政峰,谭 懿. 便携式土壤 pH 值、电导率测试仪的设计与实现[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):440-443.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.135

便携式土壤 pH 值、电导率测试仪的设计与实现

宋庆恒^{1,2}, 李政峰¹, 谭 懿¹

(1. 怀化学院物理与信息工程系, 湖南怀化 418008; 2. 武陵山片区生态农业智能控制技术湖南省重点实验室, 湖南怀化 418008)

摘要:介绍了一种便携式土壤 pH 值、电导率测试仪的设计与实现,该系统由 CC2530 最小系统、土壤 pH 值传感器、土壤电导率传感器、GPS 定位模块等组成,可完成土壤 pH 值、电导率、温度、测试地点经纬度、海拔等参数的采集和存储,并利用土壤温度对 pH 值、电导率进行校正,用户可通过串口将所存数据转到计算机进行分析和处理。

关键词:CC2530;pH 值;电导率;GPS;测试仪

中图分类号:S625.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)12-0440-04

土壤电导率包含了反映土壤品质与物理特性的丰富信息,土壤电导率由孔隙度、温度、盐分、阳离子交换能力等土壤性质所决定^[1]。土壤 pH 值是土壤酸碱度的强度指标,是土壤的基本性质和影响肥力的重要因素之一^[2]。它直接影响土壤养分的存在状态、转化和有效性,从而影响植物的生长发育。因此,土壤 pH 值、电导率的实时检测对数字农业、温室大棚、花卉蔬菜、草地牧场、土壤速测、植物培养、科学试验等

领域皆具有重要意义。传统的便携式土壤 pH 值、电导率测试仪具有以下缺点,一是常见测试仪只能测量 1 种土壤参数,且测量的大量数据无法存储,不能将数据转存到计算机进行进一步分析和处理;二是进行野外测量时无法利用测试数据绘制时间和空间分布图,并利用分布图进行综合分析^[3-4]。本研究设计了一种便携式土壤 pH 值、电导率测试仪。其工作原理是利用 pH 值传感器采集土壤 pH 值数据;利用电导率传感器采集土壤电导率;利用 GPS 模块采集土壤经纬度、高度数据;利用温度传感器采集土壤温度,并对 pH 值、电导率进行校正,并将测量数据进行存储。

1 系统总体设计

利用 CC2530 搭建土壤 pH 值、电导率测试仪硬件平台,该平台主要由 CC2530 最小系统、土壤 pH 值传感器、电导率传感器、温度传感器、GPS 模块、存储模块、电源模块组成,系

收稿日期:2014-08-26

基金项目:湖南省科技计划(编号:2014NK3072,2013GK3145);怀化学院科技项目(编号:HHUY2013-04);湖南省大学生研究性学习和创新性实验资助项目(编号:2014-454);武陵山片区生态农业智能控制技术湖南省重点实验室资助项目(编号:ZNKZ2014-3)。作者简介:宋庆恒(1980—),男,湖北崇阳人,硕士,讲师,研究方向为多传感器数据融合、农业自动化与信息化。E-mail:66435781@qq.com。

的空间相关信息。本研究利用二维 OTSU 法,通过加入像素点邻域内像素的信息可提高分割效果,背景中杂质部分以及叶片上区域小的杂质部分都被过滤掉,着重的突出绿色植物的轮廓。解决了由于光照、反射等原因引起的失真问题,二维 OTSU 法由于考虑到邻近灰度值的信息,在解决失真问题方面明显优于一维 OTSU,分割结果较好地保留了植物部分的完整性,为后续提高杂草识别率奠定了基础。但性能的提高是靠增加计算时间为代价的。

参考文献:

- [1]郭振升. 农田杂草的危害及防除[J]. 河南农业,2003(9):32.
- [2]徐保华. 农田杂草危害与防除[J]. 现代农业,2007(10):16-17.
- [3]毛文华,曹晶晶,姜红花,等. 基于多特征的田间杂草识别方法[J]. 农业工程学报,2007,23(11):206-209.
- [4]Ji R H, Fu Z T, Qi L J. Real-time plant image segmentation algorithm under natural outdoor light conditions[C]. Proceedings of the First International Conference on Computers and Computing Technologies in Agriculture,2007.
- [5]吴兰兰. 基于数字图像处理的玉米苗期田间杂草的识别研究[D]. 武汉:华中农业大学,2010.
- [6]Burgos - Artizzu X P, Ribeiro A, Tellaeche A A, et al. Analysis of

- natural images processing for the extraction of agricultural elements[J]. Image and Vision Computing,2010,28(1):138-149.
- [7]刘广瑞,黄 真,毛树春,等. OTSU 最佳阈值法在棉花幼苗识别中的应用研究[J]. 棉花学报,2013,25(1):86-89.
- [8]胡 波,毛罕平,张艳诚. 基于二维直方图的杂草图像分割算法[J]. 农业机械学报,2007,38(4):199-202.
- [9]李 漪. 浅淡图像处理技术在杂草识别中的应用[J]. 科技创新导报,2009(31):26.
- [10]梅汉文. 基于 DSP 的玉米苗期杂草识别方法的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009.
- [11]齐 平. 基于图像处理的杂草识别研究[D]. 成都:西华大学,2010.
- [12]郭英华. 基于 HSV 色彩空间的图像分割[J]. 黑龙江冶金,2011(2):35-37.
- [13]刘广瑞,黄 真,毛树春,等. 基于最小阈值法的棉花幼苗识别研究[J]. 棉花学报,2012,24(6):562-565.
- [14]赵德升,毛罕平,陈树人,等. 杂草识别中背景分割方法的比较研究[J]. 农机化研究,2009(11):76-79.
- [15]刘艳红. 图像分割技术之迭代算法在杂草识别中的应用[J]. 山西农业大学学报:自然科学版,2009,29(1):86-88.
- [16]刘健庄,栗文青. 灰度图象的二维 OTSU 自动阈值分割法[J]. 自动化学报,1993,19(1):101-105.

统框图如图 1 所示。通过仪表放大器将土壤 pH 值传感器输出转换成电压输出;2 V、500 Hz 的正弦信号发生器为电导率传感器提供工作电压;输出电压通过自动量程调整放大并转换成电压输出;利用 CC2530 内含的 8 路 12 位 ADC 进行 AD 转换;GPS 模块将经纬度信息通过串口发送到 CC2530;土壤温度传感器采用数字式单总线温度传感器 DS18B20;CC2530 将测试数据存储在内部 FLASH 并在液晶上进行显示,也可通过串口将数据转存到计算机,进行进一步的分析和处理;电源采用大容量可充电锂电池进行供电,可连续测量 6 h 以上。

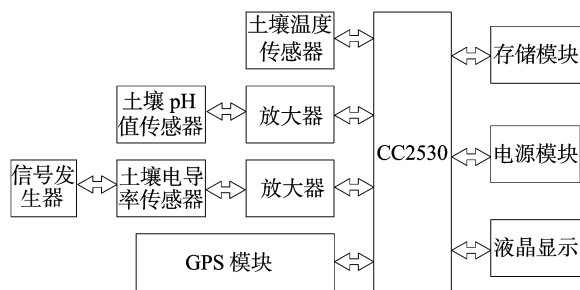


图1 系统框图

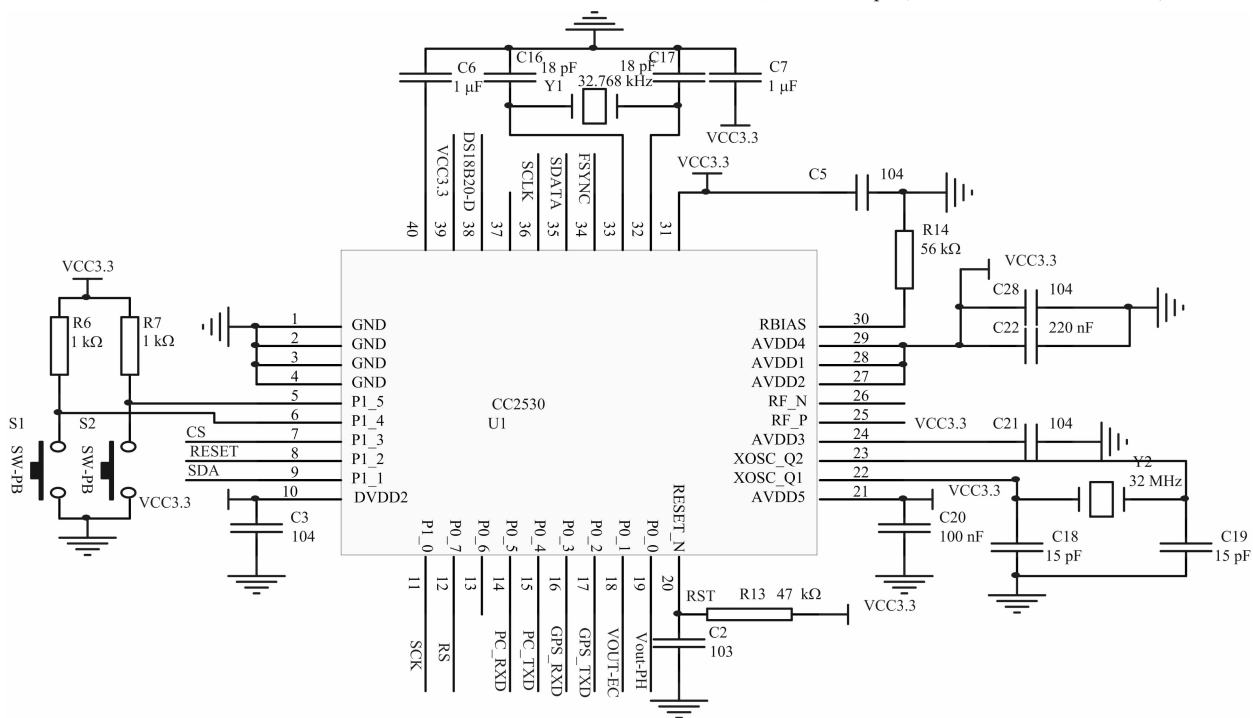


图2 CC2530 最小系统电路图

0 ~ 3.3 V, 输出接 CC2530 的 P0_0 口, 利用 CC2530 内部的 12 位 ADC 进行 AD 转换, pH 值传感器电路如图 3 所示。

2.3 电导率传感器电路

采用“电流 - 电压四端法”测量土壤电导率。采用 AD9833 产生频率 500 Hz、幅度 ± 2 V、占空比 50% 的方波信号, 输入电导率电极; 电极输出端电压通过仪表放大器放大; 本研究采用输入电阻大的仪表放大器 INA128 进行放大。输出电压在 0 ~ 3.3 V 之间变化, 可通过调整 RG 阻值调整放大倍数^[6-7]。输出接 CC2530 的 P0_1 口, 利用 CC2530 内部的 12 位 ADC 进行 AD 转换, 电导率传感器电路如图 4 所示。

2 系统功能实现

2.1 CC2530 最小系统设计

CC2530 最小系统电路图如图 2 所示。CC2530 最小系统主要由 CC2530F256 芯片、时钟电路、键盘电路、复位电路、电源组成。XTAL1 采用 32 MHz 晶振外接 2 个 15 pF 的电容, XTAL2 采用 32.768 kHz 晶振外接 2 个 15 pF 电容; 复位电路采用上电复位; 电源采用 3.3 V 供电; P1_5、P1_4 外接 2 个轻触开关进行系统的设置; 采用晶联讯电子 JLX12864G - 086 型液晶模块进行数据显示; 采用 4 线 SPI 串行接口与 CC2530 相连; CC2530F256 内含 256 kb 的 flash, 可实现上万条土壤 pH 值、电导率测试信息的存储, 不需额外设计存储器电路; 为使 flash 数据掉电不丢失, 程序设置为上电不擦写, 但可根据键盘设置进行擦写。

2.2 pH 值传感器电路

采用 pH 电极测量土壤 pH 值, 可直接插入土壤进行测量, 因为 pH 电极输出阻值较大; 本研究采用输入电阻大的仪表放大器 INA128 对输出电压进行放大, 通过调整 RG 阻值可调整放大倍数^[5]。当 pH 值在 0 ~ 14 之间变化时, 输出电压

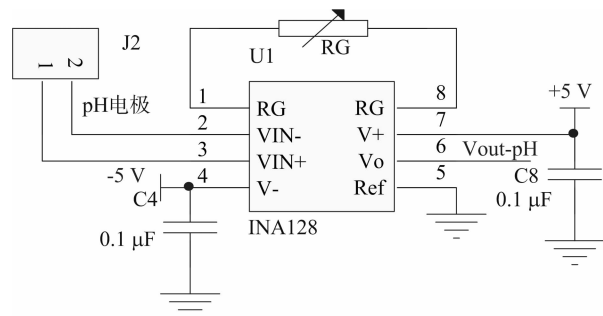


图3 pH 值传感器电路

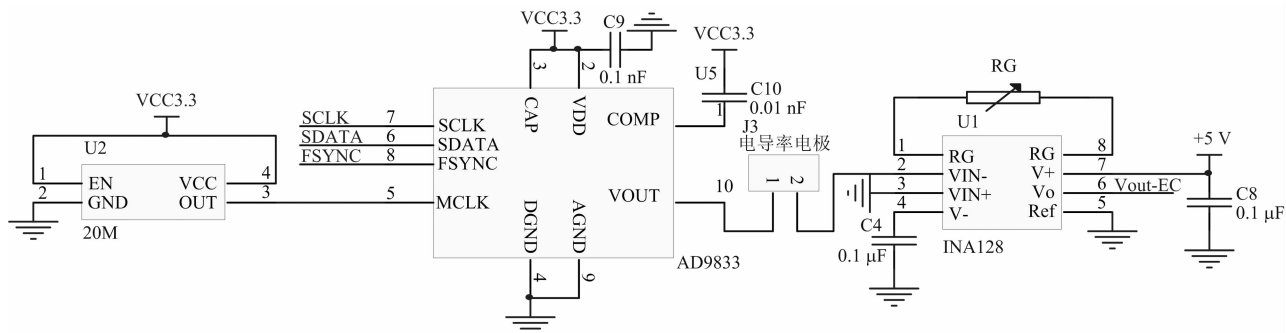


图4 电导率传感器电路

2.4 温度传感器电路

由于相同的土壤 pH 值和电导率在不同温度下变化较大,本研究采用单总线数字式温度传感器 DS18B20 测量土壤温度,利用测量温度对 pH 值和电导率进行校正,温度传感器电路如图 5 所示。

2.5 GPS 模块电路

本研究采用 ALIENTEK 公司的 ATK-NEO-GPS-6M 模块,模块电路如图 6 所示。该模块是一款高性能 GPS 定位模块,自带高性能无源陶瓷天线(无需购买有源天线),自带可充电后备电池以支持温启动或热启动。该模块可采用 3.3 V 供电,定位精度 2.0 mCEP,捕获追踪灵敏度 -161 dBm,热启动时间仅需 1 s。模块串口直接与 CC2530 串口连接,将

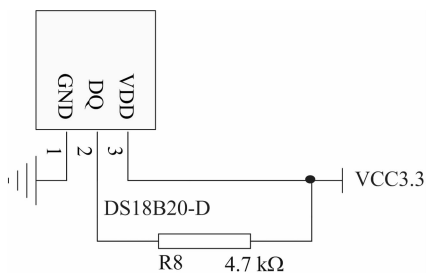


图5 温度传感器电路

CC2530 的 P1_2、P1_3 配置成 USART0, 串口波特率支持 4 800、9 600、38 400 (默认)、57 600 等多种不同速率,波特率可通过 R4、R5 进行设置^[8]。

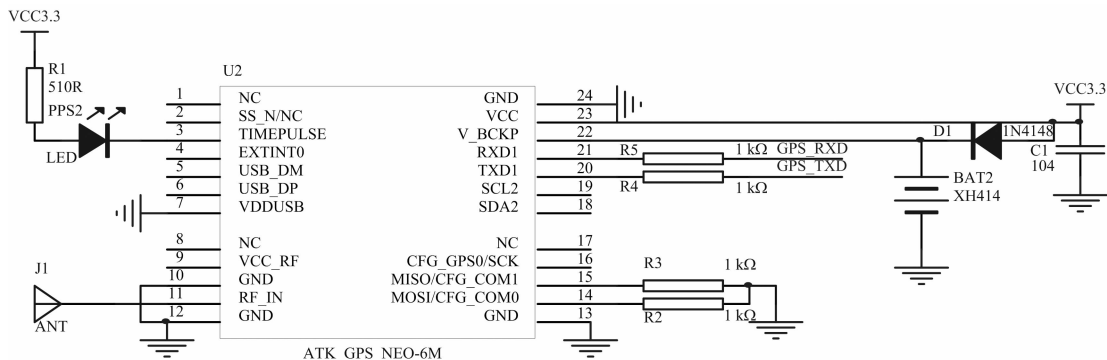


图6 GPS 模块电路

3 软件设计

程序流程如图 7 所示。首先,设备初始化,包括 CC2530 的 IO 口初始化、内部 ADC 初始化、液晶显示初始化、GPS 初始化、串口初始化等,判断 GPS 是冷启动还是热启动,如为冷启动则需重新计算星历数据,如为热启动,则直接读取存储的星历数据,根据需要读取 GPS 数据,本研究仅需读取经纬度数据,用户根据需要还可读取海拔、可用卫星数、信号质量等数据;然后,启动 pH 值、电导率输出电压进行内部 AD 转换,将 pH 值、电导率传感器输出的模拟电压转换成数字信号,读取温度传感器温度数据,计算土壤 pH 值、电导率,根据温度值进行校正,计算完成后,将 GPS 经纬度数据、pH 值、电导率数据按确定格式存储到内部 flash,并显示在液晶上。

4 仪器校正

4.1 pH 值传感器校正

根据一系列实验室土壤悬浮液测定的 pH 值和输出电压值的最小二乘拟合关系,确定校正公式为: $pH = 7.0 + (V_{out_EC} - pH_{offset}) / (pH_{slope} \times K \times 1.98416 \times 10^{-4})$,其中校准系数 $pH_{slope} = 4.6534$, $pH_{offset} = 2.5013$, V_{out_EC} = pH 传感器输出电压值, K 为所测土壤的开氏温度,偏差 = 仪器输出 pH 值 - 实验室 pH 值^[5]。

4.1 电导率传感器校正

温度每变化 1℃,电导率变化 2%^[3],一般将电导率校正为 25℃ 电导率进行输出。校正公式为:

$$\gamma_{25} = \gamma_t [1 - (t - 25^\circ\text{C}) \times 2\%]$$

5 结果与分析

为检测本土壤参数测试仪的综合测试性能,在怀化市鹤城区 16 个测试点进行了野外验证测试。部分数据如表 1 所示,采用克里格网格化方法,采用 surfer8.0 软件绘制土壤 pH 值、电导率等高面分布图,如图 8、图 9 所示^[9]。测试表明:数

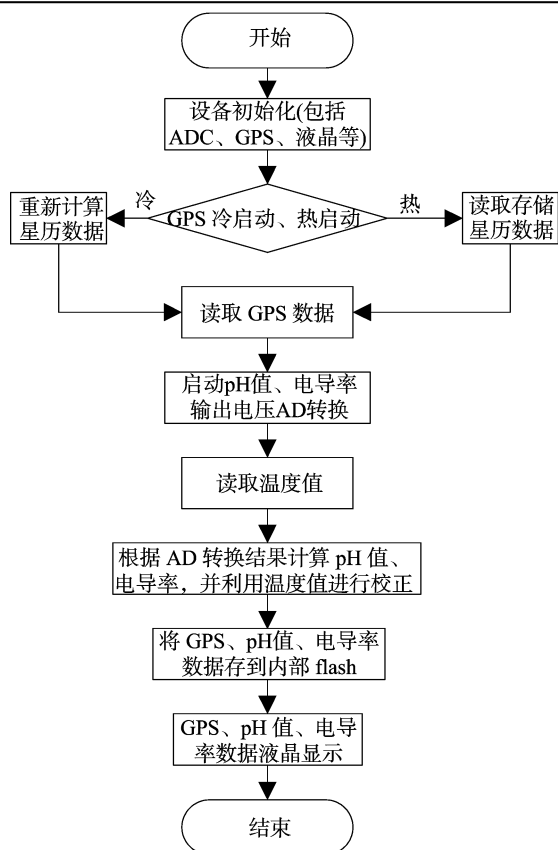


图7 程序流程

表 1 野外测量数据

东经(°)	北纬(°)	pH 值	电导率 (mS/cm)
109.953 72	27.554 50	8.1	0.162
109.953 73	27.554 55	8.6	0.173
109.956 53	27.552 54	7.8	0.201
109.954 78	27.553 34	7.4	0.362
109.955 31	27.553 74	6.5	0.143
109.955 25	27.553 92	8.8	0.337
109.952 54	27.553 17	6.3	0.218
109.953 46	27.553 76	7.2	0.143
109.952 72	27.551 50	6.5	0.189
109.954 73	27.556 55	8.2	0.265
109.958 53	27.551 54	8.3	0.191
109.955 78	27.555 34	7.6	0.218
109.952 31	27.554 74	7.8	0.192
109.957 25	27.554 92	8.2	0.239
109.953 54	27.555 17	6.5	0.258
109.952 46	27.557 76	6.5	0.201

据测量、GPS 定位、数据存储一切正常。

6 结论

本研究设计的便携式土壤 pH 值、电导率测试仪,具有成本低、操作简单方便、测量速度快、GPS 定位精度高等特点;可满足野外测量的要求,实测误差小于 2%,具有较高的实用价值。

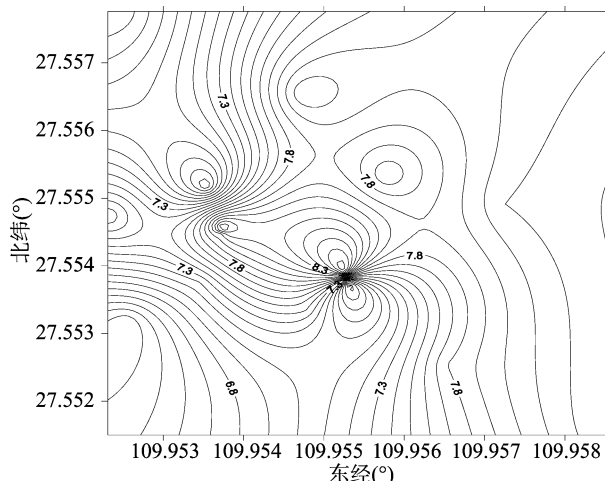


图8 土壤 pH 值等高面分布

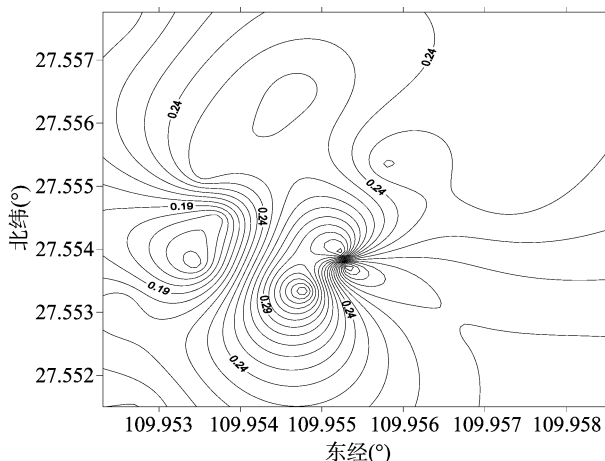


图9 土壤电导率(mS/cm)等高面分布

参考文献:

- [1] 张健,李敏,李玉娟,等. 江苏沿海盐碱地土壤电导率与 pH 值的关系[J]. 江苏农业科学,2013,41(1):357-358.
- [2] 袁建玉,周增辉,张娜,等. 设施蔬菜水旱轮作前后耕作层土壤盐分和 pH 值的变化[J]. 江苏农业科学,2014,42(3):301-303.
- [3] 王凤花,袁正军,介邓飞,等. 农田土壤 pH 值和电导率采集仪设计与试验[J]. 农业机械学报,2009,40(6):164-168.
- [4] 袁华,何培忠. 采用 MSP430 的 pH 值与电导率一体化测量仪设计[J]. 现代制造工程,2013(12):85-88.
- [5] pH 传感器使用说明 [EB/OL]. (2011-01-25) [2014-05-17]. http://wenku.baidu.com/link?url=ODAsQ0Y26u89pQSk sXnJYUqW6gWVWsIfAHj8Cl3vsk9k-FZ48sjES0aX7qdvnoILQzCUB Mccuo2I7xnKY-774wQ3donpECX5rEnXZiUz_wG.
- [6] 贾科进,张效玮,林波,等. 基于单片机 MSC1210 的智能电导率在线测量仪[J]. 自动化仪表,2007,28(5):43-46,50.
- [7] 王瑛瑛,宋良图. 土壤电导率测量系统开发[J]. 仪表技术,2013(12):21-24.
- [8] ALIENTEK. ATK-NEO-6M 用户手册[Z]. 2013:3-8.
- [9] Surfer 8.0 学习手册 [EB/OL]. (2012-04-17) [2014-06-21]. <http://wenku.baidu.com/view/eac6e27701f69e31433294c2.html>.