

1955年创刊

无线电

科 普
创 新
实 作
分 享

WXD Hands-on Electronics

2014年
合订本

www.radio.com.cn

2014年第7期~第12期

《无线电》编辑部 编

下

创客 | MAKER

制作 | PROJECT

装备 | EQUIPMENT

技巧 | HINTS & KINKS

入门 | START WITH

史话 | HISTORY

TECSUN
德生牌收音机

因为梦着你的梦……

……一群广播爱好者为众多广播爱好者精心打造的收音机！



德生收音机论坛: <http://bbs.tecsun.com.cn>

德生淘宝店: <http://best-radio.taobao.com>

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

无线电

2014 年合订本（下）

《无线电》编辑部 编

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

《无线电》2014年合订本. 下 / 《无线电》编辑部
编. — 北京: 人民邮电出版社, 2015. 1
ISBN 978-7-115-38043-2

I. ①无… II. ①无… III. ①无线电技术—2014—丛
刊 IV. ①TN014-55

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第300318号

内 容 提 要

《无线电》2014年合订本(下)囊括了《无线电》杂志2014年第7~12期所有栏目的全部内容,并经过了再次加工整理,按期号、栏目、专题等重新分类编排,以方便读者阅读。

与部分文章相关的源程序、印制电路板图等资料请到《无线电》杂志网站www.radio.com.cn上下载。

本书内容信息量大,涉及电子技术广泛,文章精炼,技巧经验丰富,实用性强,适合广大电子爱好者、电子技术人员及相关专业师生阅读。

-
- ◆ 编 《无线电》编辑部
责任编辑 周 明
责任印制 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京新华印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 33.75 2015年1月第1版
字数: 1 200千字 2015年1月北京第1次印刷
-

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055339 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

2014年合订本(下)

目 录

创客 MAKER

70后的电视游戏机制作分享☆	◇许亚敏	001
全面认识3D打印技术	◇陆明机	005
Maker Faire Bay Area 2014 游记	◇周书洋	013
“程序猿”的二进制时钟	◇程晨	016
穿戴式智能设备的昨天与明天	◇金今	019
2014 北京创客嘉年华游记	◇子时DIY	023
当教师成为创客, 当创客成为教师		
——2014北京创客嘉年华散记	◇吴俊杰	025
“程序猿”的二进制时钟(2) ☆	◇程晨	027
上海创客嘉年华游记	◇侯欣悦	031
分享创造的喜悦——2014上海创客嘉年华回顾	◇龚晨	034

制作 PROJECT

自制低成本四轴航拍飞行器	◇杜建	036
自制航模启动机	◇蒋政淼	040
照相机镜头DIY	◇吴汉清	042
得心应手的微型电钻	◇张晓东	047
悬崖巡边机器小车: 守卫者(3)	◇PVCBOT	052
智能小车任我行		
给小车一双“眼睛”	◇温正伟	054
基于模拟PID控制电路的上拉式磁悬浮系统	◇潘文简	057
创意科技总动员	◇金今	061
智能桌面时钟(Speaker版)	◇曹延焕	062

机电自动转换的智能防盗锁芯☆	◇徐世刚	066
人人都是安卓软件开发工程师(3)☆	◇徐立宁 尹晓巍	070
基于Arduino与LabVIEW的直流电机转速控制系统		
	◇沈金鑫 冯倩	075
ARM设计跟我学		
I ² C总线接口的特性与应用	◇周兴华	082
制作物美价廉的小体积功放	◇高宙	087
6C33C-B 推挽机(A 类推挽)的制作	◇王永锋	090
DIY一只可穿戴式电子表	◇臧海波	096
开源群体机器人X-Bot☆	◇Leo Yan	099
Freetalk 姿态控制器☆	◇杨赫 梁宇	102
用最常见的工具与最简单的方法DIY 最便宜的Arduino		
	◇袁培根 张婧	108
画笔电子学	◇郭少豪	110
超简单的宽频段无线电发射检测场强仪	◇余建波 等	112
当“焦耳小偷”邂逅超级电容	◇杨林	114
漫谈夜光灯驱动电路	◇曹延焕	116
飞起来的LM2587☆	◇王潇爽	120
纯手工打造miniUSB声卡	◇汪桃源 苗宝文 黄美兴	124
智能小车任我行		
智能小车的速度控制	◇温正伟	127
ZigBee转以太网网关的设计与实现☆	◇国翠 徐洋 刘琛	129
ARM设计跟我学		
SSP总线特性及电阻式触摸屏的驱动应用☆	◇周兴华	133
纯锂电池供电后级的制作	◇陈延锐	138

制作平衡传输的前后级音频放大器（上） ☆ ◇胡乃群	142	3D 版模拟交通灯 ☆ ◇曹延焕	243
创意科技总动员 ◇金今	147	制作简易电动同步模拟雕刻机 ◇赵晶 康贺军	249
语音控制铁甲钢拳 ☆ ◇程晨	148	冷门管6T1桌面小推挽胆机 ◇陈强 张文亮	251
模仿然后超越，做自己的蓝牙手表！ ☆		OCL 电子管功放制作 ◇范禄祥（VR2ZOC）	254
——基于Arduino平台的可穿戴式智能蓝牙手表的制作		Galileo 的成长——全方位体验Galileo Gen2 ◇nille	256
◇孙帅（BH1KZK）	151	传感器、舵机、Arduino和机器狗 ◇臧海波	263
触控全彩LED 极光 ◇伍浩荣	155	可与谷歌地球联动的GPS码表&轨迹记录仪 ☆ ◇潘可佳	267
OLED 屏的驱动与使用 ☆ ◇杜洋	159	用Arduino 玩转传感器（2） 距离测量篇 ☆	
DT830B 型数字式万用表的组装 ◇张晓东	164	◇沈金鑫 冯倩	270
二次变频自动搜索PPM/PCM 接收机的制作 ◇陈达昌	171	智能小车任我行	
智能小车任我行		让小车看得到、听得见 ☆ ◇温正伟	275
让你的机器小车会听话 ◇温正伟	174	具有平视显示器的Arduino 时钟 ☆ ◇连龙	277
电感式单线进出触摸开关 ◇俞虹	176	更炫的LED极光 ☆ ◇Chinked-out工作室	280
创意科技总动员 ◇金今	179	分立VS集成——数字电子秤制作方案 ☆ ◇曹延焕	283
基于STM32F4 的《2048》游戏机 ☆ ◇邓立唯 周晓航	180	可回收电能的车动力电池平衡充电系统 ◇赵雪宁	287
具有图形界面的Arduino 抢答器 ☆ ◇连龙	184	用三极管搭棚焊直线式2相4线制步进电机驱动器 ☆	
语音识别的微博签到系统 ☆ ◇张文娟	187	◇张赫	290
ARM设计跟我学		ARM设计跟我学	
文件系统及电子书实验 ☆ ◇周兴华	192	数码相框及GUI实验 ☆ ◇周兴华	293
制作平衡传输的前后级音频放大器（下） ☆ ◇胡乃群	196	多用途6P3P单端胆机的制作 ◇张全定	295
制作一台高性能的台式声卡 ◇潘忠峰	200	呕心力作 追求天籁	
1000 元自制并联臂3D 打印机 ◇赵义鹏	206	——记一款FU-13分体甲类单端功放的制作 ◇松贵年	300
用蜡质耗材进行3D 打印的创意与实测 ◇张巍	211	渐行渐近智能家居 ◇金今	303
用Arduino 玩转传感器（1） 温度测量篇		家电电能消耗监控设备及系统设计 ☆ ◇程天石	306
◇沈金鑫 南京创客空间	214	MegaLink城市生态圈立体环境感知互联系统 ◇朱泽州	312
智能小车任我行		Intel Galileo Gen 2开发板的性能评估、使用技巧和	
用手机蓝牙功能遥控机器小车 ☆ ◇温正伟	222	实现分析(上) ◇陈士凯 RoboPeak团队	316
用VB 和单片机设计手机短信远程监控系统 ◇徐世刚	224	智能手表自己做（上） ◇杜洋	322
事故画面传回及物联网定位装置原理试制 ☆ ◇赵东哲	230	单片机控制的OLED简易电子表原型 ☆ ◇张文挺	326
运用物联网实现远程遥控电源开关 ☆ ◇吴汉清	235	模块化智能小车制作全攻略（硬件篇） ◇臧海波	331
打造射频卡流量监控系统 ☆ ◇张万强 陈思辰	238	智能小车任我行	

小车制作总结篇	◇温正伟	335
即插即用的PC红外遥控接收器☆	◇任鹏	336
自制48V转12V开关电源	◇俞虹	340
用6T1和6N15制作共阴极桌面小功放	◇陈强 李国鹏	343
车载音响的家用改造方案☆	◇王健	346

装备 EQUIPMENT

我的仪表我做主		
频率计选购指南	◇杨法 (BD4AAF)	348
"浅尝"虚拟示波器	◇郑玉生	352
中档多功能示波器试用	◇聆听	354
我的仪表我做主		
射频衰减器选购指南	◇杨法 (BD4AAF)	358
小巧玲珑的袖珍播放器德生Q3	◇张峥 (BG8SF)	362
私人定制——信号测量多面手		
——试用泰克MDO3000 系列混合域示波器	◇聆听	365
话说电池式烙铁	◇杨法 (BD4AAF)	370
3D打印机试用评测——精工三维炫彩铝合金3D打印机	◇Rover Jay	372
泰克MDO3054 试用体验	◇余综	377
指标和精准度是我们制造仪器的第一要素	◇本刊记者	381
——专访泰克亚洲区技术营销经理沈鼎骞女士		
我的仪表我做主		
射频测试电缆选购指南	◇杨法 (BD4AAF)	382
我的仪表我做主		
网络分析仪选购指南	◇杨法 (BD4AAF)	386
好工具之多功能微型电钻	◇张晓东	391
创意科技总动员	◇金今	397
又到一年盘点时——2014年测量仪器市场大盘点	◇杨法 (BD4AAF)	398
试用一款便携式函数/任意波形发生器	◇李福利	404

技巧 HINTS & KINKS

DIY中必须掌握的定位、钻孔、攻丝方法	◇网仙	408
问与答		410
磷酸铁锂5号电池——我的佳能SX130 救星	◇王毅	412
人体秤为什么不显示读数了	◇刘福胜	413
问与答		414
修复一个10 英寸低音单元	◇倪文贤	416
NIXIE 管的检测与修复	◇张锋	418
修复一对汽车同轴扬声器	◇倪文贤	420
将德生2P3收音机改用锂电池	◇尹可平	422
手持万用表测量电阻之谜	◇Falcon	423
问与答		425
SSR固态块与微型继电器的差别与选用	◇刘福胜	426
创意科技总动员	◇金今	429

入门 START WITH

电路之美		
制作声控开关灯电路	◇杜洋	430
测向入门指南		
制作PJ-80型无线电测向机	◇兰海越 (BG1GJP)	432
业余电台入门必读		
如何开展青少年业余无线电活动	◇王龙	436
全国“少年电子技师”科普活动推荐使用套件辅导		
电子温控声光报警器	◇张军	438
全国“少年电子技师”科普活动推荐使用套件辅导		
多谐振荡器	◇张军	439
2014年全国少年电子技师（南京赛区）电子制作技能竞赛		
成功举办	◇张元庆	440
测向入门指南		
无线电测向辅助器材	◇兰海越 (BG1GJP)	441

在科技活动的平台上放飞梦想

——记上海市杨浦区基础教育创新试验 ◇陆忠良 443

全国“少年电子技师”科普活动推荐使用套件辅导

闪光变音报警器 ◇张军 445

校园中的科技之路 ◇徐欣杰 446

——武汉市武昌区三角路小学无线电科技教育纪实

2014年全国青少年电子信息与智能控制大赛成功举办
◇孙可 448

业余电台入门必读

常用青少年集体电台设备的操作 ◇王龙 451

三极管放大了什么? ◇杜洋 454

全国“少年电子技师”科普活动推荐使用套件辅导

电池测量仪 ◇张军 457

营造科技文化,培养学生创客

——浙江省温州中学科普教育总结 ◇谢作如 458

LM386音频放大电路入门说 ◇杜洋 460

全国“少年电子技师”科普活动推荐使用套件辅导

循环灯实验电路 ◇张军 464

2014年全国科普日活动之无线电DIY工作坊掠影
◇本刊记者 465

为什么是蓝光LED

——2014年诺贝尔物理奖原理简析 ◇薛加民 467

全国“少年电子技师”科普活动推荐使用套件辅导

LED模拟旋转灯电路 ◇张军 470

创意科技总动员 ◇金今 471

业余电台入门必读

业余无线电通联前的必备知识 ◇赵瑞 472

无线电科技活动与青年奥林匹克运动会同行

——记南京三中BY4RRR青奥会无线电活动 ◇王龙 474

史话 HISTORY

收音机史话(十四)

天津淘机小记之一 ◇徐蜀 陈汉燕 476

Telefunken——播放享誉世界的乐章(一)

◇Martin Schmidt(德) 田浩 480

收音机史话(十五)

天津淘机小记之二 ◇徐蜀 陈汉燕 486

Telefunken——播放享誉世界的乐章(二)

◇Martin Schmidt(德) 田浩 490

Telefunken——播放享誉世界的乐章(三)

◇Martin Schmidt(德) 田浩 496

收音机史话(十六)

天津淘机小记之三 ◇徐蜀 陈汉燕 501

收音机史话(六)

Telefunken——播放享誉世界的乐章(四)

◇Martin Schmidt(德) 田浩 505

收音机史话(十七)

民国时期来自日本的收音机 ◇徐蜀 陈汉燕 510

收音机史话(十八)

天津淘机小记之四 ◇徐蜀 陈汉燕 514

Telefunken——播放享誉世界的乐章(五)

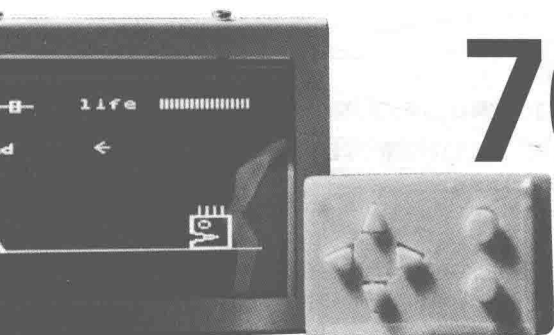
◇Martin Schmidt(德) 田浩 518

收音机史话(十九)

谈谈20世纪60年代前后的DIY(一) ◇徐蜀 陈汉燕 525

Telefunken——播放享誉世界的乐章(六)

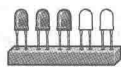
◇Martin Schmidt(德) 田浩 528



70后

的电视游戏机

制作分享



◇许亚敏

20 世纪 70 年代末 80 年代初的小伙伴们，还记得小时候第一次看到电视游戏机时的兴奋吗？我记得小学时，看到邻居借了一个深色的方盒子，用一根线连接到黑白电视机上，黑白电视机里居然播放出了弹球游戏画面。两个人可以用类似收音机旋钮的东西控制球拍的位置，互相对战弹球，扬声器里还发出“叮叮当当”的声音（见图 1）。那种惊讶和好奇直到现在都记忆犹新。5 年后，当父亲送给我一台任天堂 FC 游戏机时，我第一件事就是把它拆开……

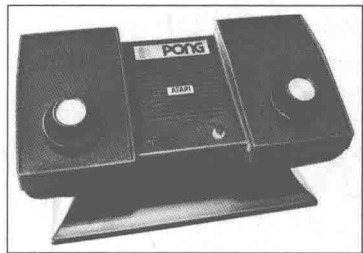


图 1 雅达利 PONG 游戏机

一晃 20 多年过去了，游戏机从早期的 8 位机发展到了现在的全高清体感游戏机，我也从一个小学生变成了业余创客。好，现在就自己动手制作一台 20 世纪 70 年代风格的电视游戏机，怀念一下黑白像素和方波的音效乐趣吧！让看惯了 iPad 游戏绚丽画面的小朋友们玩玩我们小时候的游戏机，顺便让他们对物理学里的抛物运动知识有一个

感性的认识，起到培养兴趣的作用。

准备工作：

经过构思，我画了一张设计稿（见图 2），对角色造型、布局、玩法进行了大概的设计。

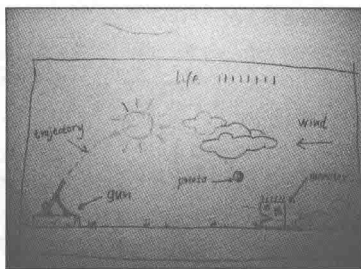


图 2 设计稿

游戏的逻辑非常简单：有一天怪兽袭来，小伙伴们奋不顾身用土豆还击，发射土豆的装置类似迫击炮，可以调整炮管的仰角，土豆将以抛物线形式发射出去，当土豆碰到怪兽时，怪兽的生命值会减少，在怪兽到达炮台前将其消灭即可赢得胜利；但是天有不测风云，风会对土豆的弹道产生影响，所以一个优秀的炮手要能够根据怪兽的距离和风向准确地调整发射仰角以命中目标，这个艰巨的任务就交给玩游戏的小伙伴们！

为了降低开发难度，快速地实现效果，我选择了 Arduino UNO 进行了原型机的测试。我的计划是只使用一片 ATmega328P 配合极简单的外围电路实现上述游戏的全部

功能。这里面包括电视信号的产生、2D 图像渲染、音效的产生、弹道的物理计算、游戏逻辑、游戏手柄的控制信号输入。

我的创客哲学是：“以快速实现目标为原则，着重创新，不纠缠技术细节，开源分享，不做重复劳动”，因此先上网搜索，看看是否有人做过类似的事情。幸运的是，我找到了开源的 TVout 库。经过测试，发现它非常方便，不但能够绘制点、线、多边形，还可以生成文字和声音。有了它，电视信号的生成、图像的显示和音效问题就非常方便解决了。TVout 库的测试效果如图 3 所示。

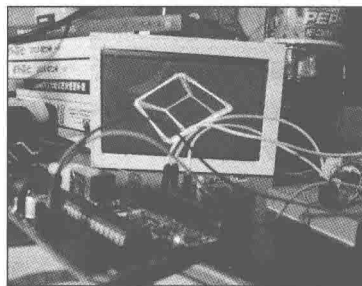


图 3 TVout 库的测试效果

弹道的计算

第二个问题就是弹道的模拟了。一般情况下，各类游戏引擎就是专门用来计算这个的，可是我需要的仅仅是简单的 2D 抛物线计算而已，完全没必要兴师动众地去移植一款大型的游戏引擎，所以就自己动手写一个

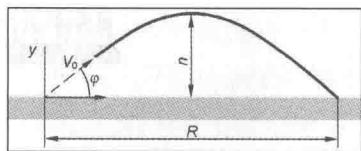


图 4 在不考虑空气阻力的理想情况下简化的土豆抛射运动

吧。

首先在不考虑空气阻力的理想情况下简化土豆抛射运动，如图 4 所示。

如果土豆不是垂直向上发射，而是与地平面呈 ϕ 角度射出，那么，这物体会按照抛物线轨迹移动，它的水平运动与垂直运动可以通过下式计算。

$$x(t) = (v_0 \cos \phi) t$$

$$y(t) = (v_0 \sin \phi) t - (g t^2) / 2$$

$$v_x(t) = v_0 \cos \phi$$

$$v_y(t) = v_0 \sin \phi - g t$$

$$v(t) = \sqrt{v_0^2 - 2 g v_0 \sin \phi + g^2 t^2}$$

$$h = (v_0^2 \sin^2 \phi) / (2g)$$

$$R = v_0 t \cos \phi$$

$$t = (2 v_0 \sin \phi) / g$$

其中， R 代表土豆的抛射距离， v_0 代表抛射的初速度。

如果假设土豆是以初速度 50m/s，与地平面呈 30° 角射出。根据公式，不考虑任何干扰因素，它会飞到 220.7m 远的地方。如果怪兽真被砸到，估计会很痛。

以上是假设了一个具体数字来帮助大家理解。在这个游戏程序中，我们需要解决的问题就是如何写一个程序来计算任意 ϕ 时的土豆运动轨迹。一旦这个土豆在某时刻的位置达到怪兽的边界坐标内，那么即说明怪兽被击中；否则当土豆运动到 0 高度时，则说明碰撞到地面，没有击中目标。

为了能让程序实时地计算出土豆的位置，我们回顾一下那个遗忘了很多年却又十分神奇的牛顿定律。通常线性的运动方程表示如下。

$$F = m \, dv/dt$$

换个形式让它可以被积分

$$dv/dt = F/m$$

$$dv = (F/m) dt$$

可以认为速度上的无穷小的变化量 dv 等于 (F/m) 乘以时间无穷小的变化量。可是在计算机中我们是无法让时间无穷小的，因此我们只能取一个较小的离散时间增量 Δt ，那么 Δv 就可以通过下式表示。

$$\Delta v = (F/m) \Delta t$$

Δv 是在离散的时间片段内速度的改变值，因此当前的速度取决于之前的速度与速度变化之和。

$$v(t) + \Delta v = v(t) + (F/m) \Delta t$$

在初始条件下， v 为土豆离开炮筒时的速度。同理，位置的计算也可以用类似的方法表示。对于风力的影响，我们可以把它简化为在水平方向上的恒定加速度，然后用与垂直方向相同的方法来处理。

经过这样的转化和简化，以上微分方程问题就适合数字计算机来计算了，这就是游戏引擎中常用的所谓“欧拉积分法”。虽然这种方式的计算精度不高，只是对函数曲线进行了多边形近似，但是如果把离散时间尽量取得小一些，对付这种简单的小游戏还是绰绰有余了。搞明白了上面的内容，相关代码就简单了。我们只摘录其中最需要说明的部分。

```
.....
xspeed=xspeed+ (float(wind_force)-50.0)*0.0004; // 计算离散时间内风对 x
速度分量的影响
yspeed=yspeed+force; // 计算离散时间内重力对速度 y 分量的影响
xpos = xpos + xspeed; // 计算速度对位置 x 坐标的影响
ypos = ypos + yspeed; // 计算速度对位置 y 坐标的影响
deg=(analogRead(A0)*0.0005)+offset; // 通过 ADC 采集电位器的角度信息，经过
转换后用于控制发射方向
xspeed_p = cos(deg)*6; // 计算初始速度 x 分量
yspeed_p = sin(deg)*6; // 计算初始速度 y 分量
.....
if(digitalRead(2)==0) // 按下发射按钮
{
    .....
    xspeed=xspeed_p; // 给初始速度 x 分量赋值
    yspeed=yspeed_p; // 给初始速度 y 分量赋值
    .....
}
```

在精心地调整各项参数之后，弹道的模拟效果还是比较满意的。

游戏画面的绘制

设计好角色后，就可以用简单的几何图形来建模了。比如，首先根据画好的怪兽图形测量出每个定点的坐标，实现这个的方法很多，比如可以借助 2D 或 3D 软件直接生成，或者干脆在纸上画上格子数一下。由于 TVout 库提供了绘制直线和圆的函数，所以可以方便地直接调用。其中 `enmey_pos` 是控制怪兽移动的变量。

```
TV.draw_line(enmey_pos,74,enmey_pos+15,74,WHITE);
```

```
TV.draw_line(enmey_pos+15,74,enmey_pos+15,94,WHITE);
TV.draw_line(enmey_pos,94,enmey_pos+15,94,WHITE);
TV.draw_line(enmey_pos,90,enmey_pos,94,WHITE);
TV.draw_line(enmey_pos,90,enmey_pos+10,87,WHITE);
TV.draw_line(enmey_pos,84,enmey_pos+10,87,WHITE);
TV.draw_line(enmey_pos,74,enmey_pos,84,WHITE);
TV.draw_circle(enmey_pos+5,79,2,WHITE);
TV.draw_line(enmey_pos+3,74,enmey_pos+3,68,WHITE);
TV.draw_line(enmey_pos+6,74,enmey_pos+6,68,WHITE);
TV.draw_line(enmey_pos+9,74,enmey_pos+9,68,WHITE);
TV.draw_line(enmey_pos+12,74,enmey_pos+12,68,WHITE);
```

在绘制角色时要注意图像缓冲区不要设置得太大,否则会导致内存溢出。经过几次尝试,我设置的是 120 像素 × 96 像素大小。代码如下:

```
TV.begin(PAL,120,96);
```

最后实际完成的游戏画面如图 5 所示。

游戏逻辑

这个回合制小游戏的逻辑并不复杂,目前也没有特别完善。每发射一颗土豆,怪兽就向前走一步,所以必须在有限的时间内将足够多的土豆扔向怪兽。对于命中怪兽的检测方法,通过条件语句判断在当前时间内,土豆的坐标是否落在怪兽的坐标范围内就可以。

```
.....
if(xpos>enmey_pos-5 && xpos<enmey_pos+15&&ypos>82)
.....
```

游戏的文字和音效

TVout 库的声音函数也非常好用,只用一条代码就可以生成方波的声音。如果嫌音质不好,可以加一个简单的滤波器,把高频谐波去掉。文字的绘制需要先设置字体,然后直接用 print 函数即可。片头文字(见图 6)和音效部分代码如下。

```
.....
TV.select_font(font6x8);//选择字体
TV.print(22,24,"Monster will be back...");//在指定坐标绘制文字
TV.tone(100, 500);//产生 100Hz 的音频持续 500ms
TV.delay(1000);//延时 1000ms
TV.tone(200, 500);//产生 200Hz 的音频持续 500ms
TV.delay(1000);//延时 1000ms
TV.tone(300, 500);//产生 300Hz 的音频持续 500ms
TV.delay(1000); //延时 1000ms
TV.clear_screen();//清屏
TV.select_font(font8x8);//选择字体
TV.print(12,35,"POTATO GUN !");//在指定坐标绘制文字
TV.tone(100, 1000);//产生 100Hz 的音频持续 1000ms
TV.delay(1000); //延时 1000ms
.....
```

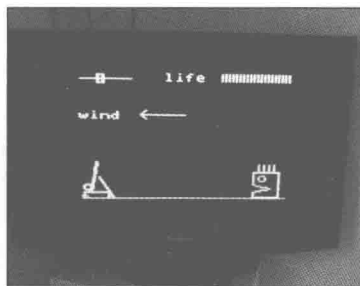


图 5 实际完成的游戏画面



图 6 片头文字

硬件电路

游戏机的电路非常简单,主机用 Arduino 加两个电阻和一些跳线即可,手柄使用一个电位器、一个电阻和一个按钮。硬件连接如图 7 所示。

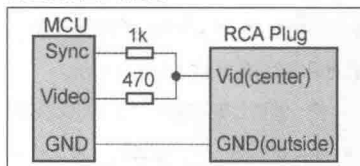


图 7 硬件连接方法

Sync 连接到 D9,用以产生同步信号。Video 连接到 D7,用以产生视频的像素信号。实物连接好后如图 8 所示,面包板上的那两个电阻,实际有点误差也没有太大关系。后面那个黄色的同轴电缆线是电视机的 AV 输

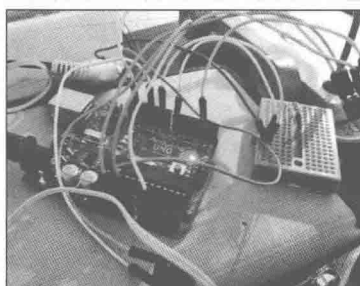


图 8 连接好的主机

入端子。D11 脚直接连接了一个小扬声器，用以产生游戏音效。

游戏手柄（见图 9）采用标准的可变电阻器和按钮的连接方法制作而成，电位器和开关分别接在 A0 和 D2 上，开关还要加上拉电阻（后来发现可以省略这个电阻，直接使用程序内部上拉电阻）。

到此为止，这个游戏机的原型机就完成了，现在可以烧入代码享受一下。

改进

在面包板上搭建完成原型机后，我开始着手改进工作。首先是使用体积更小的 Arduino mini 代替 UNO，这样可以把电池和主板都塞到游戏手柄里（见图 10）。为了减小体积，电池使用了小型的可充电锂电池，把扬声器替换成了压电陶瓷蜂鸣器，把视频输出的那两个电阻换成了贴片的微调电阻。原来的电位器有点占地方，所以我把它换成了 4 个微动开关，并且使用洞洞板代替面包板（见图 11 和图 12）。最后，用 Rhinoceros 软件设计了一款略有复古气息的外壳，由 3D 打印机打印成型（见图 13）。最终组装完成的游戏机如图 14 所示。

由于我精力实在有限，程序做得比较粗糙，本来设想了一些好玩的情节，比如土豆炮可以换不同性质的弹药，怪兽会发射炮弹反击，每一关会有生命力、速度、进攻力不同的怪兽出现，增加双人对战模式等，但时间有限，暂时无法完成。所以我把程序、电路、3D 打印模型文件都开源分享给大家，如果感兴趣，可以在这个基础上继续折腾下去，在这个平台上开发自己的游戏。

祝大家玩得开心，如果有什么新改进，开发了新关卡，或者折腾出了新玩法，别忘了第一时间在新浪微博 @ 超级亚敏，大家一起娱乐娱乐。或许可以组个“臭味相投”的小聚会，哈哈。

■ 程序、TVout 库、3D 打印模型文件可从《无线电》杂志网站 www.radio.com.cn 下载。

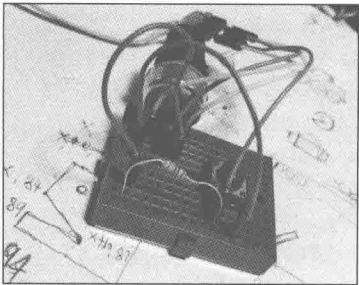


图 9 连接好的游戏手柄

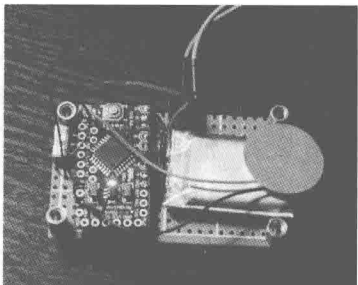


图 12 主机、电池、手柄组合在一起

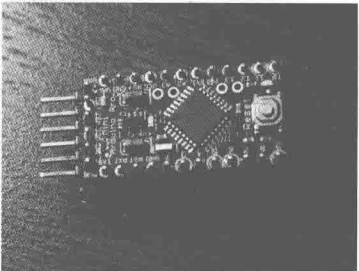


图 10 使用 Arduino mini 代替 UNO 制作的主机

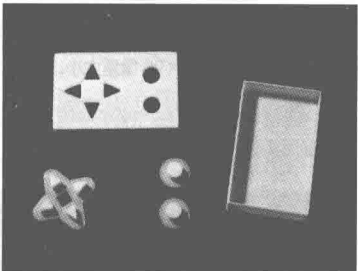


图 13 用 Rhinoceros 设计的外壳，由 3D 打印机打印成型

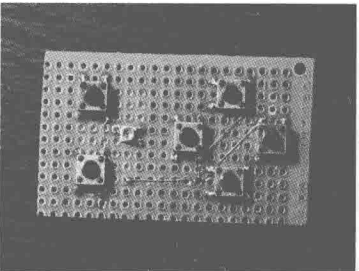


图 11 手柄上换成微动开关，并且使用洞洞板代替面包板



图 15 发射炮弹击中怪兽的画面

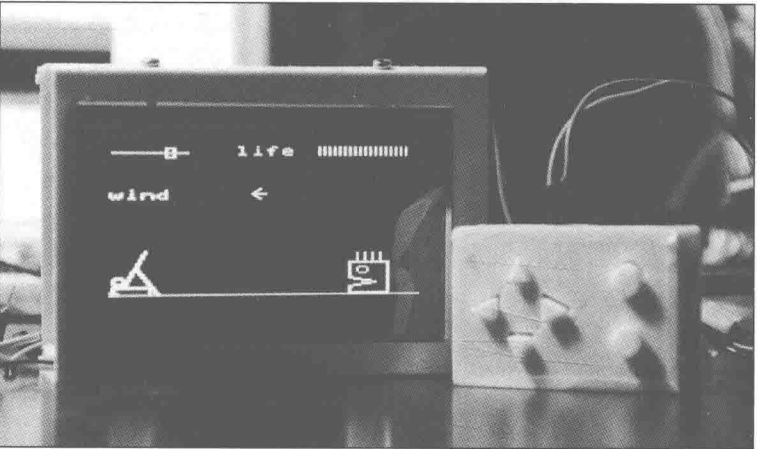


图 14 最终组装完成的游戏机

全面认识

3D 打印技术

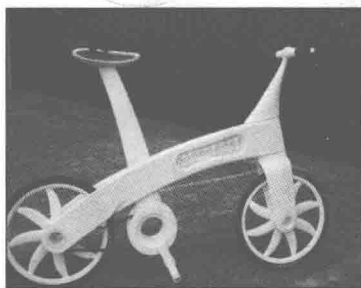


3D打印技术在过去的20年中,从实验室中一个小众的制造工艺走出来,发展成数十亿乃至数百亿美元的产业。据国外市场研究机构Canalys估计,今年全球3D打印市场,包括打印机销售、原料、软件及相关服务等,规模将超越去年,激增52%达38亿美元,预测至2018年,市场规模会增至162亿美元,即在4年间将递增4倍,甚至高于此估值。

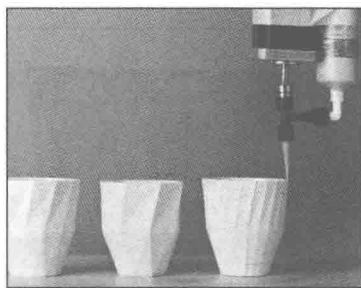
◇ 陆明机 ◇ 审: 臧海波

今天,人们利用3D打印技术制造出各种各样的产品,例如玩具、手表、家庭用品(见图1)、模型、装饰品、工艺品(见图2)、零件、糖果(见图3)、糕点、人体器官(见图4),甚至房屋、枪械等,数之不尽。总有一天,零件与电路板都可以用3D打印机依你的设计一起打印出来(见图5),不用焊接。

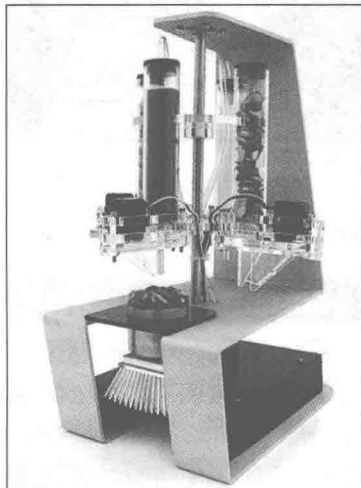
3D打印技术是一种以数字模型文件为基础,运用粉末状或条状的金属、塑料或树脂等可黏合材料,通过逐层打印的方式构造物体的技术。3D打印机出现在20世纪90年代中期,是一种加法技术的设备,而传统的雕刻机是减法技术的设备。3D打印机与普通(2D)打印机的工作原理基本相同,不同的地方是2D打印机的打印头只可两轴(x轴、y轴)移动,而3D打印机则通过电脑辅助设计技术(CAD)3D软件操控,喷嘴可三轴(x轴、y轴及z轴)移动。3D打印机把打印材料喷射出来,一层层叠加起来,利用光或风固化,最终把电脑显示屏上的虚拟立体图像,变成固态的实体物件,确



■ 图1 3D打印机制作的自行车



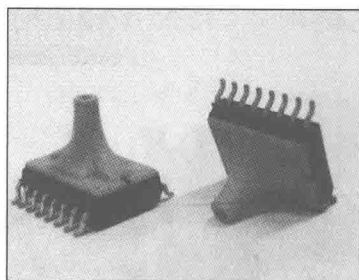
■ 图2 第一代开源3D打印机用塑料制作的工艺品



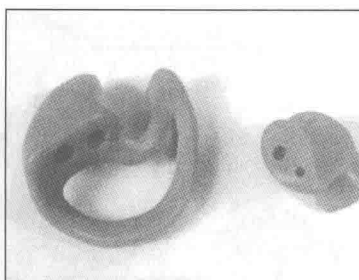
■ 图3 巧克力3D打印机



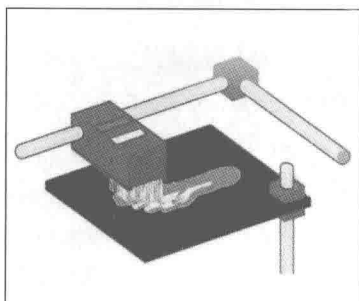
■ 图4 3D打印的器官组织



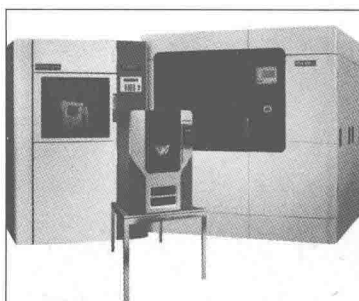
■ 图 5 3D 打印的 MEM (微电子组件装置) 元件



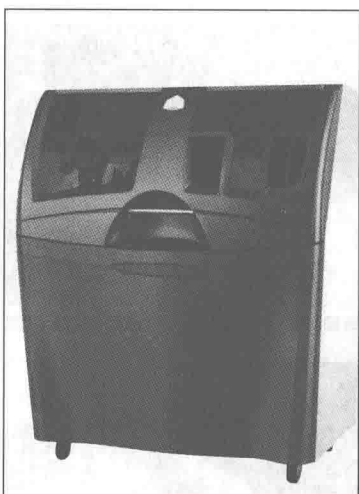
■ 图 6 3D 打印的助听器外壳



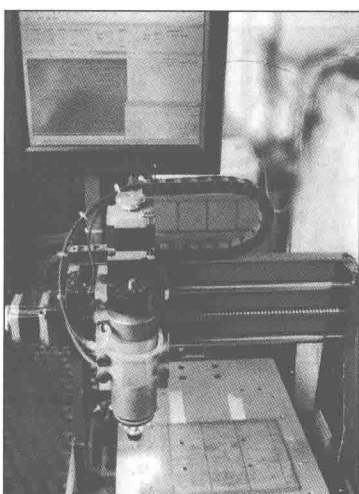
■ 图 7 2D 喷墨打印示意图



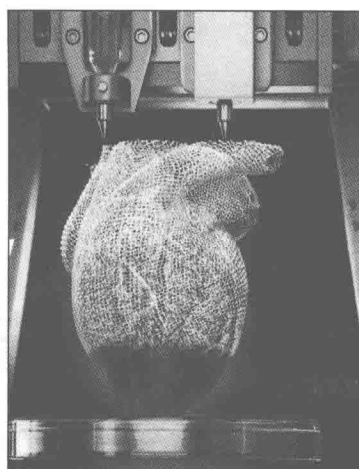
■ 图 8 制造业用大型原型及精细的 3D 打印机



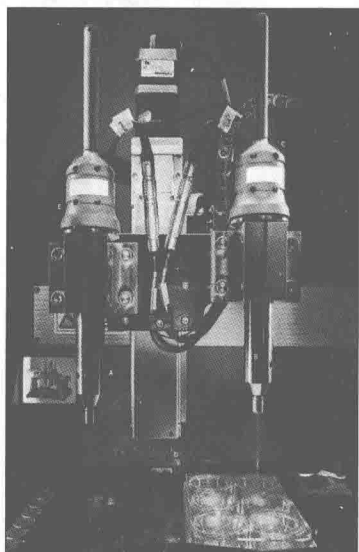
■ 图 9 可彩色打印的专业 3D 打印机



■ 图 10 雕刻机



■ 图 11 正在打印心脏的 3D 生物打印机



■ 图 12 第一代商用 3D 生物打印机, 正实验用于打印肝脏组织

实令人惊叹。

目前最常见的是采用熔融层积成型 (FDM) 技术的 3D 打印机, 它将丝状的热熔性材料加热熔化, 同时三维喷头在计算机的控制下, 根据截面轮廓信息, 将材料选择性地涂敷在工作台上, 快速冷却后形成一层截面。一层成型完成后, 机器工作台下降一个高度, 再成型下一层, 直至形成整个实体

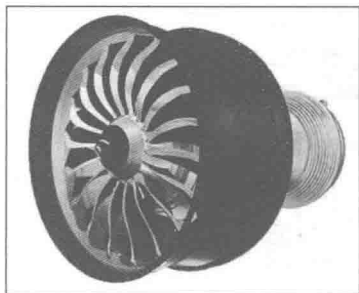
造型。

3D 打印机与雕刻机的对比

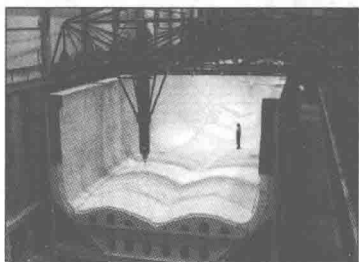
雕刻机是在现有的型材或半成品上加工, 对材料没有要求, 可以说什么材料都可以使用, 例如金属、木材、石头、塑料、玻璃等, 而且可以做成相当大的尺寸。雕刻机使用主轴和刀具进行材料的铣削, 适

用于工业产品生产、模具制造、零件或工艺品制作等。

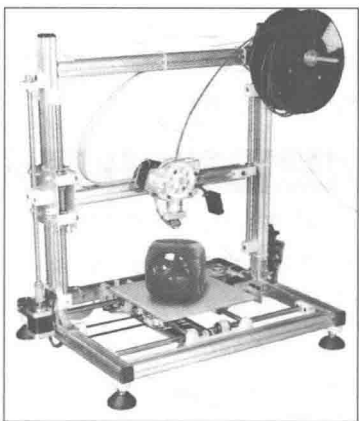
而 3D 打印机使用喷头进行材料的堆叠, 需用专用打印材料, 打印成本高, 不易做成大尺寸, 完成的制品相对脆弱。像熔积成型的机器, 耗材主要是塑料, 它比金属脆弱很多, 一般适用于模型手办、陈设品、工艺品制作, 古生物化石复原等。目前在工业应用上, 有高硬度材料及专用的打印机售卖。最近笔者参观了多个专业展览会, 得知不久会有金属材料出现, 供 3D 打印使用, 喷头结



■ 图 13 3D 打印的飞机引擎



■ 图 14 用大型 3D 打印机进行庞大模型的打印

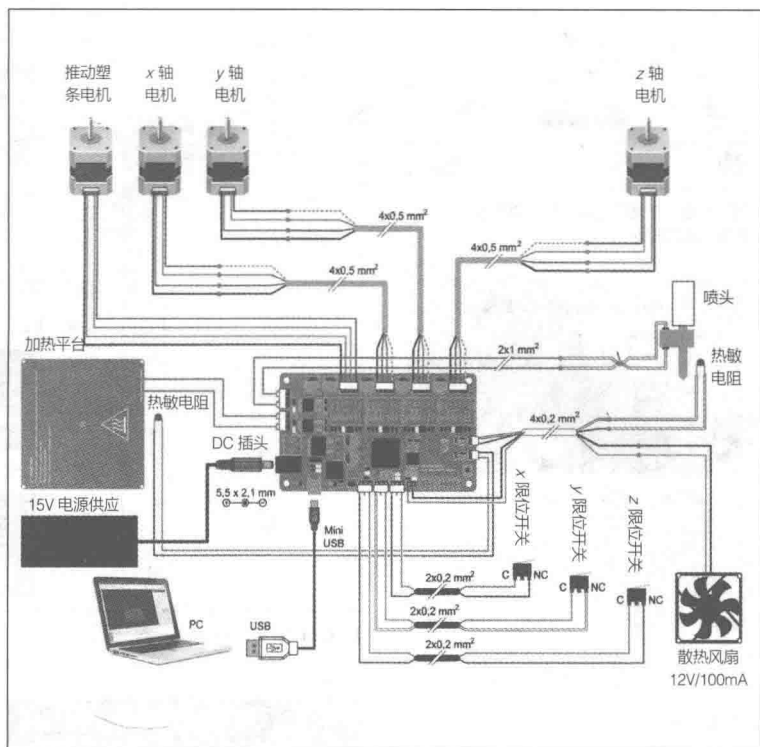


■ 图 15 K8200 3D 打印机

构与打印技术也会有所不同，请大家拭目以待。以现今科技的发展速度，相信不会等太久时日的。

3D打印的市场前景

Canalys 的高级分析师 Jerry 表示，3D 打印发展已进入新阶段，成为生产原型产品和所有类型产品概念模型的一种成熟技术，成功制造出很多创新、复杂和坚固的产品。例如美国通用电气（GE）自收购 Morris Technologies 3D 打印技术公司后，现已成为全球最大的 3D 打印用户。该公司



■ 图 16 K8200 的主电路板与外围装置的结构简图

制造新一代喷气式发动机时，用打印机将燃料喷嘴一层层打印出来，这种新喷嘴比旧款的轻 25%，使用寿命长 5 倍（见图 13）。你听起来是否不相信呢？另一消息是来自荷兰的建筑公司 DUS Architects 正在阿姆斯特丹北面的运河兴建世界第一座 3D 打印房屋，该房屋有 13 间，连家具也是打印出来的，预计在 3 年内完成。该公司利用 Kameer Marker 工业规格的大型 3D 打印机，以 80% 的热熔性自然材料（其中 75% 是植物油）加 20% 的纤维材料打印出来，真是匪夷所思。

早前日本政府已决定在 2014 年拨出 40 亿日元，启动 3D 打印机国家项目。据闻该项目针对可打印金属材料的新一代工业 3D 打印机，资助上限为 32 亿日元，针对超精密 3D 建模系统开发，资助上限为 5.5 亿日元，针对 3D 测量技术的发展，资助上限为 2.5 亿日元。

中国则于 2014 年 4 月在南京设立 3D 打印技术策略联盟，促进全国 3D 打印行业发展，其中航空航天零件制造、复杂零件模型制造等项目已于去年进入重点投资计划。

我们从上面可窥见 3D 打印技术并非只是昙花一现，它将是下一个工业革命。所以希望有兴趣搞技术创新或创业的朋友，不管是想提供 3D 打印服务，还是想制造 3D 打印机出售，都要赶紧学习，先行者胜。

打印机的结构

从以上的介绍，我们可以知道当 3D 打印技术得到广泛运用后，每个人都可以成为一家工厂，可以依自己的意愿设计及制造成品供自己使用，也可以从互联网上下载喜爱的产品设计，然后按自己的喜好进行修改，改变产品的大小来适应自己的需求。这些情景看似不易实现，但是 3D 打印技术把一切变成了事实，令我们的生活变得更加多姿多彩。

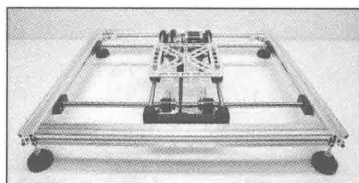


图 17 以 8 条精铝构成整台打印机的框架，要扩展性能非常容易

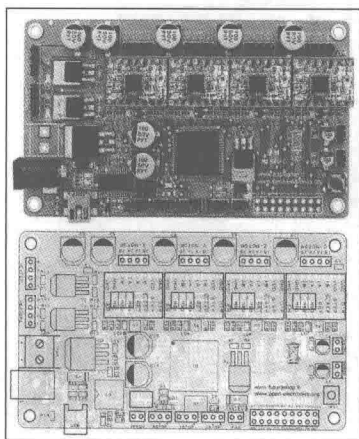


图 18 主电路板

作为一个喜爱动手制作的业余电子爱好者，我们不但要懂得使用 3D 打印机打印，还要学会利用 3D CAD 软件设计自己喜好的产品；更要懂得电路结构，遇到故障可以自己修复；甚至要会改进打印机电路，令 3D 打印机的性能更符合自己的要求，性能超越市售产品，制造出更精良的制品。

本文介绍的 3D 打印机不是成品，因为成品打印机不容易改变架构及电路设计，所以不适合各位电子爱好者，亦不符合本文介绍的宗旨。现以比利时一家电子厂 Velleman 生产的 K8200 3D 打印机套件为例介绍，由图 15 可以看到此打印机的外形，架构简洁，稳定扎实，极适合有兴趣以 3D 打印机来实现将自家的设计变成产品的爱好者使用。

K8200 3D 打印机的结构简图如图 16 所示，机械框架的结构如图 17 所示，从这两张图可以看出整部 3D 打印机的结构十分简洁扎实，完全没有冗余、花哨的地方，你想要扩建哪一部分都易如反掌，不会受外围条件限制。

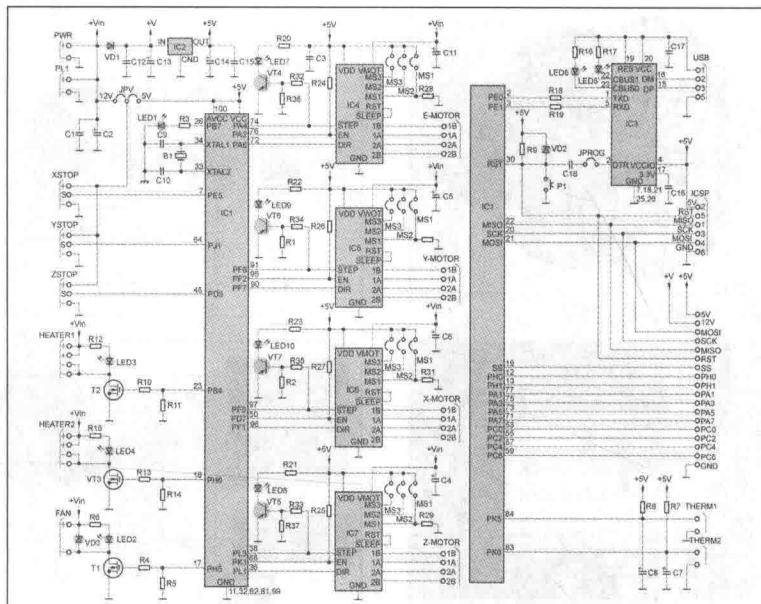


图 19 3D 打印机的控制电路

电路板的布局

在结构简图中可以见到 3D 打印机的主电路板是一小块的，现将该部分放大（见图 18），上端是 4 个步进电机的控制模块，左边 3 个分别控制打印平台的 x 轴、y 轴及 z 轴的轴向移动，最右边的控制挤出机构的电机。电路板正中是一块 100 脚的单片机，它是整个电路的核心元件。此外，还有 2 个 MOSFET 场效应管（左边上部）控制 2 个加热器，2 个加热器分别用于打印平台的加热（喷头挤出的塑料丝线在打印平台上堆叠成型，为了让丝线保持一定的温度不冷却，打印平台必须要持续加热，保持恒温状态）和喷头的加热（令塑料熔成细丝）。另有一个场效应管（右边中上方）控制一台低压风扇，当喷头温度过高时投入运行，为喷头吹风，帮助冷却。板子上还有一个与电脑连接的 USB 接口及一个电源接口。

主板左下方特别设置有一组监视步进电机运行状态的 LED，可供用户判断系统运行是否正常。控制喷头加热器和打印平台加热器的场效应管同样也配备了 LED 显示功能。

串口转换 YFT232RL 芯片与电脑的通信状态也可以通过 LED 查看。

电路说明

主电路板的电路图如图 19 所示。主板是一个混合式的开源产品，具有 Arduino MEGA 的架构并充分兼顾了 RAMPS (RepRap Arduino MEGA Pololu) 硬件的方案。这个架构可以让一些没有经验的 DIY 爱好者利用 RepRap 交流社区和网络上的更新的大量程序和数据库随意对主板进行编程。

单片机为 ATmega2560，它拥有 256KB 的程序内存，工作频率为 16MHz。主板可直接使用 Arduino IDE 进行编程，并可通过标准的 USB 接口连接到电脑，这一端口可使电脑在打印时对其进行控制。

控制步进电机的模块是电路图上的 IC4、IC5、IC6 及 IC7，本质上都是 Allegro 的 A4988 IC，其用途很广，不仅可设定电机转轴的正、反转转的方向，也可设定执行每个命令的电机旋转度数，也就是可决定何时执行脉冲指令，令转轴移动每次为一整步

或半步、1/4 步、1/8 步或 1/16 步等，按所需精度而定。实际上安装在主板上的驱动程序的默认设置为 1/16 步的转动，以获得最精密的运动。每个模块设有 3 个跳线（MS1、MS2 及 MS3）。

步进电机由 IC1 单片机控制，首先说明一下 STEP、DIR、EN 的控制方法。STEP 发送脉冲时，可以实现电机轴的步进旋转，DIR 可随时对旋转方向进行设定，EN 用来启用或禁用模块。为了控制步进电机旋转，单片机先将 EN 设置为高电平并保持这一状态，然后设置 DIR 的逻辑状态，逆时针旋转为 1，顺时针旋转为 0（同时保持这个逻辑状态）。给 STEP 一个低电平脉冲，会令 DIR 与 EN 进入休眠模式。如果需要连续保持步进电机旋转，EN 和 DIR 则要向 STEP 持续发送脉冲。

当驱动电机运转时，每个 ATmega 发送至 STEP 的脉冲要依据 MS1、MS2 及 MS3 进行设置，假设进行一个完整的步骤需要 16 个脉冲，步进电机的步数 360 步，那么电机轴要完整旋转一周，单片机就必须发送 $360 \times 16 = 5760$ 个脉冲，如果电机轴每秒转一次，驱动脉冲的频率就必须为 5760Hz。也就是说，每组驱动都包含由电路控制的一个双 H 桥电路，进而设置步进电机轴的旋转方向。每次高电平脉冲到达 STEP 引脚时（最低脉宽为 1s），除非另有其他设置，1A、1B、2A 和 2B 输出口提供脉冲以控制电机轴的位移，具体情况均取决于输入口 MS1、MS2 及 MS3 的设置（见图 20）。

SLEEP 引脚的用途是激活睡眠模式（控制电机停转）。RESET 引脚用来重置控制器，使控制电机输出的逻辑（1A、1B、2A 和 2B）归 0，即使 STEP 持续接收脉冲，输出状态也保持不变。电路逻辑与 TTL 兼容，输入该模块的控制电压不能超过 2 脚（Vcc）和地（GND）之间电压的 0.7 倍，亦不得低于 VCC 的 0.3 倍。每个控制器的 STEP 端都连接了一个 NPN 三极管，驱动一个

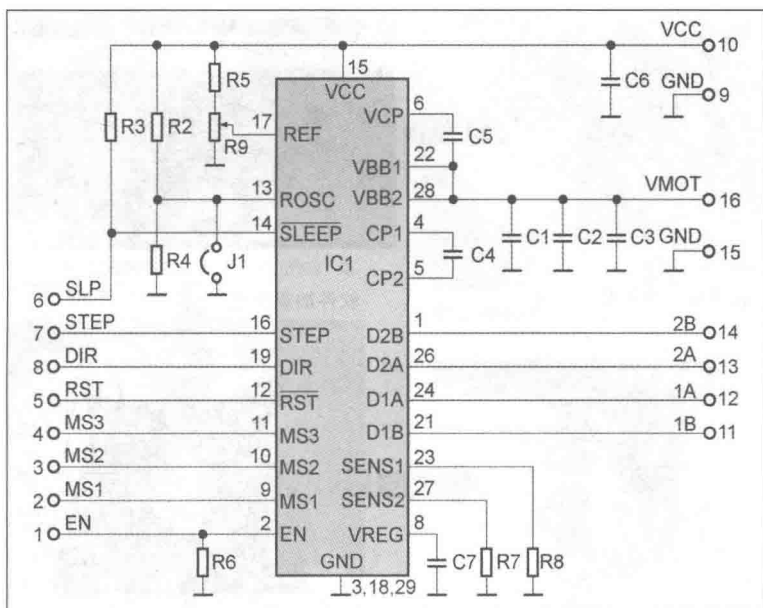


图 20 驱动器电路

零件表

R1、R2	10 k Ω (0805)
R3	330 Ω (0805)
R4、R10、R13	10 Ω (0805)
R5、R11、R14	100 k Ω (0805)
R6	1.8k Ω (0805)
R7~R9	4.7 k Ω (0805)
R12、R15	1.8 k Ω (0805)
R16、R17	470 Ω (0805)
R18、R19	10 Ω (0805)
R20~R23	330 Ω (0805)
R24~R27	10 k Ω (0805)
R28~R31	100 k Ω (0805)
R32~R35	4.7 k Ω (0805)
R36、R37	10 k Ω (0805)
C1、C3	100nF 陶瓷 (0805)
C2、C4~C6	100 μ F、25 VL 电解 (E)
C7、C8	10 μ F、35 VL 电解 (B)

C9、C10	22pF 陶瓷 (0805)
C11、C13、C14	10 μ F、25VL 电解 (E)
C12、C15~C18	100nF 陶瓷 (0805)
VD1	GF1M
VD2	BAT42W
VD3	MBR140TRPBF
VT1~VT3	BUK6215-75C
VT4~VT7	BC817
IC1	ATmega2560-16AU
IC2	MC7805ABD27T (D2APK)
IC3	FT232RL
IC4~IC7	电机驱动器 MD09/FT1031
LED1	LED 绿色 (0805)
LED2~LED10	LED 红色 (0805)
P1	微动开关
B1	晶体振荡器 16MHz (C7S)

LED，可以让我们直观地监视向单片机相应端口发送的脉冲（PA4 对应 IC4、PF6 对应 IC5、PF0 对应 IC6、PL3 对应 IC7）。因此，如果电机不转，而其对应的 LED 在闪烁，就表示驱动电路、电机或连线出了问题。因为 LED 闪烁的频率与指令脉冲的频率是相同的，只有当电机以非常低的速度运转时，我们才可见它在闪烁，肉眼可见的闪烁频率一般不高于 25Hz。

用来驱动加热器和风扇的 MOSFET 场效应管是 NXP 公司生产的 BUK6215-75C，为沟道型增强模式，释放漏电流可达 57A，在禁止状态下的 Vds 可达 75V，导通电阻非常低（在 15A 时的最高值为 15m Ω ），因此功耗很小。MOSFET 的驱动脉冲由 ATmega 产生，信号被控制在一个适当的频率。用户可对其进行精确调整，进而实现对平台温度与冷却风扇转速的最优控制。

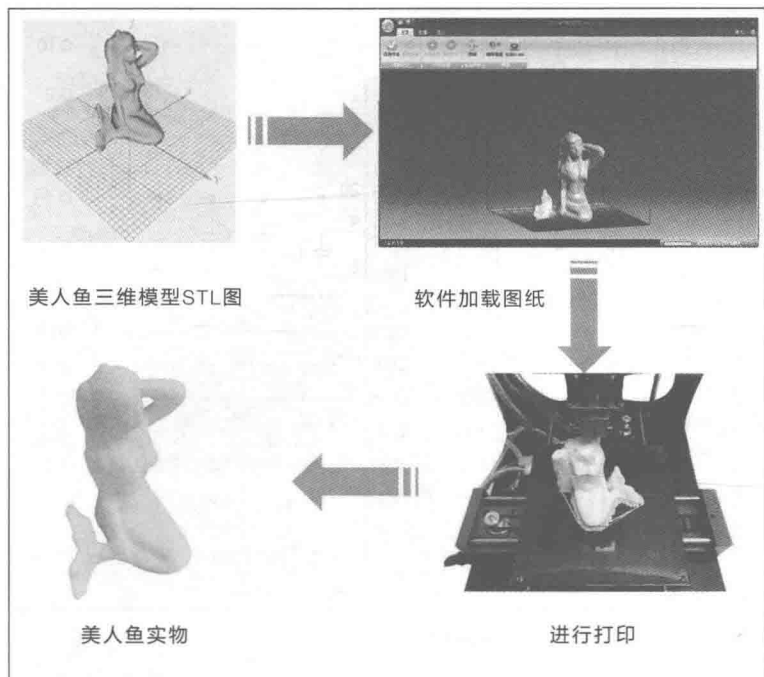


图 21 打印出来的模型是由一层层堆积而成的

MOSFET 以开关方式工作, 使用脉冲宽度调制 (PWM) 降低功耗。每个加热器输出均设有一个 LED, 闪烁频率为 4Hz, 与相应的 PWM 信号一致, 可以直观地检查其工作情况; 冷却风扇的 PWM 频率则较高, 其对应的 LED 不论风扇转速快慢, 看起来都是持续点亮的。

要分析单片机的 I/O 就必须分析 PE5、PJ1 及 PD3, 这一步骤需要观察限位开关在三轴位移时的切换状态; PE5 检测精度, PJ1 指示打印平台的前进、后退及横向运动状态, PD3 检测滑座的限位开关, 控制挤出机构的垂直移动。所有端口均配有内部上拉电阻, 电阻由程序激活。当限位开关被触发时, 单片机接收到相应的逻辑信息, 执行停止运动、重新复位或拉起打印头等操作。

主板有 3 个限位开关输入口: XSTOP 对应 PE5, YSTOP 对应 PJ1, ZSTOP 对应 PD3。每个限位开关有 3 个触点: + (连接正极)、S (输出逻辑) 及 - (连接负极), 其功用是连接微动开关或是光电开关。光电

开关由光电二极管和红外 LED 组成, 面对面封装在一个模块里, 当滑座到达极限位置时, 滑座上固定的翼片会阻挡红外 LED 发出的光线, 从而激活限位开关。用户可以选择 5V 或 12V 的光电开关, 利用 JPV 跳线设定对应的供电电压。

开关限位可以采用连接 S 和 - (地) 或连接 S 和 + 的方式 (即低电平触发或高电平触发), 并根据情况激活或禁用单片机第 7、64 和 46 脚的内部上拉电阻。更准确地说, 采用连接 S 和 + 的方式时, 单片机引脚在常态处于逻辑 0 (通过程序设置), 当开关抵达极限位置时, 引脚为逻辑 1; 而采用连接 S 和 - 的方式时, 限位的条件被限制为低电平, 在这个配置下, 需要通过程序激活单片机 I/O、PE5、PJ1 及 PDS 引脚内部的上拉电阻, 否则结果将不可靠。

主电路与电脑的通信部分主要涉及单片机的 FEO、PEI 及 RST; 前两个对应着单片机内部的 UART, 与 USB 转串口芯片 IC3 (标准的 FTD1-FT232RL) 连接, 芯片把数据从

TTL 串行格式转换为 USB 格式, 转换后的数据通过 TXD 和 RXD 输入 DP 和 DM 引脚。芯片直接通过主板的 +5V 与电脑的 USB 连接。芯片传输和接收数据时, LD5 和 LD6 会保持常亮。值得注意的是, 这块芯片的一些引脚需要标准的 RS-232 信号进行控制, 通过 DTR 控制单片机启动引导程序。

当 IDE 发送相应的编程命令时, FT232RL 的 DTK 便会发送一个低电平脉冲, 通过电容 C18, 短时间将 ATmega 的 RST 脚归零; 引导程序 (bootloader) 可以识别出与电脑 USB 端口通信的状况, 下载并执行程序, 程序控制 3D 打印机开始工作。

电路在设计上预留了大量空闲资源, 可供 DIY 爱好者依据需要设计、制作各种扩展电路, 例如, 使用 SPI 总线 (MISO、MOSI 及 SCLK), 可连接 SD 读卡器, 使用 7 条闲置的 I/O 接口可与液晶显示屏连接并对其进行控制, 这样即使断开主板与电脑的连接, 3D 打印机也可以正常工作 (实现脱机打印)。

剩下的部分是 PK5 与 PK6, THERM1 连接着挤出机构内部的传感器, 与 THERM2 连接的 NTC (负温度系数) 热敏电阻检测的是加热打印平台的实时温度。这两个器件起着温度监控的作用, 单片机根据它们读取到的温度来调整喷嘴和打印平台的加热器, 使温度保持恒定。如果没有这个反馈, 温度就会不稳定。3D 打印机在工作时必须要有恒定的温度, 环境和操作都可能使温度发生变化, 这会影响到挤出机挤出丝材的品质, 进而影响到打印作品的质量。

单片机通过 THERM1 上的电压来检测挤出机的温度, 同时微调加热器的热量, 使其达到满足打印需要的设定温度。如果温度高于设定值, 就降低通过加热丝电流, 防止温度持续升高。对打印平台的加热器的控制也是同样的原理, 这里不再赘述。

值得注意的是, 为了读取温度, 设计时特别将热敏电阻直接与电源正极的电阻连接, 其数值已经经过适当的计算, 当 NTC