

LEARNING

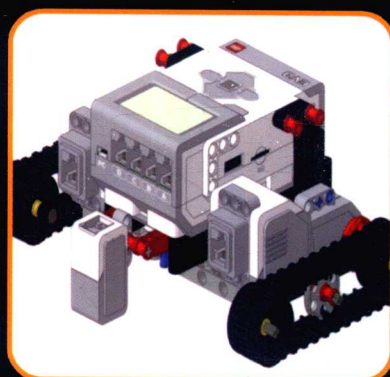
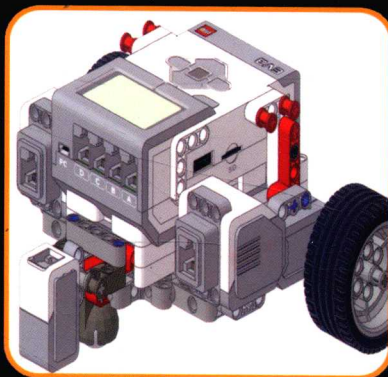
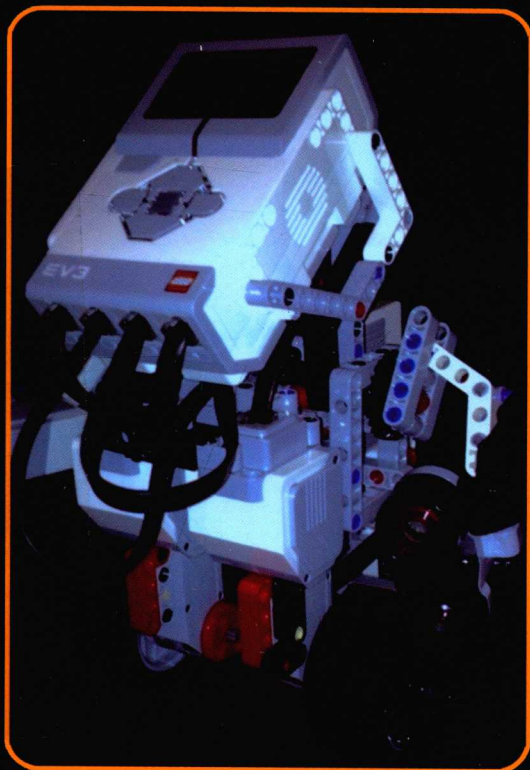
LEGO Mindstorms EV3

玩转乐高

Packt

——探索EV3

[美] 加里·加伯 (Gary Garber) 著
韦皓文 孟辉 邱枫 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

玩转乐高——探索 EV3

[美] 加里·加伯 (Gary Garber) 著

韦皓文 孟 辉 邱 枫 译

机械工业出版社

本书是一本实用指南，能帮助你提高对乐高 EV3 基础知识的认识，学习将核心编程命令组合起来测试自己搭建的乐高 MINDSTORMS EV3 机器人。在本书的指导下，你将很快熟悉 EV3 套装中的各种东西，并能提高自己的机器人设计能力。

本书适合那些学习过乐高基本教程、想自己设计机器人的读者，还可作为参与机器人设计竞赛的队员和教练提供参考。

Gary Garber: Learning LEGO Mindstorms EV3 (ISBN: 978-1-78398-502-9) .

Copyright© 2015 Packt Publishing. First published in the English language under the title “Learning LEGO Mindstorms EV3” .

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright© 2016 by China Machine Press.

本书中文简体字版由 Packt Publishing 授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2015-4292 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

玩转乐高：探索 EV3/ (美) 加里·加伯 (Gary Garber) 著；韦皓文，孟辉，邱枫译. —北京：机械工业出版社，2016.9

书名原文: Learning LEGO Mindstorms EV3

ISBN 978-7-111-54754-9

I. ①玩… II. ①加…②韦…③孟…④邱… III. ①智能机器人-设计
IV. ①TP242.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 210198 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：林 楨 责任编辑：闫洪庆

责任校对：刘秀芝 封面设计：陈 沛

责任印制：李 洋

北京中科印刷有限公司印刷

2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

210mm × 226mm · 9.8 印张 · 282 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-54754-9

定价：59.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线：010-88361066

读者购书热线：010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com



作者简介

加里·加伯（Gary Garber）在波士顿大学教授物理、数学和工程。加里是美国物理教师协会新英格兰分部的主席，组织过数十个地区和国家级别的教育专业发展研讨会。

加里管理着波士顿大学 FIRST 机器人项目，并主持和管理了数个基于 VEX、Tetrix 和乐高平台的机器人工作室。他还参与过十几个乐高机器人锦标赛，在全国和地方性机器人教育会议上做过演讲。他的机器人团队和无国界工程师组织（EWB）、美国国家航空航天局（NASA）和国家科学教师协会（NCTA）在各种工程和教育项目上有过合作。

他目前是一名教育顾问，工作于堪称乐高机器人教育先驱的塔夫茨工程教育和宣传中心，致力于为课堂开发新的软件工具。他还是由 Packt 出版公司出版的《Instant LEGO MINDSTORMS EV3》一书的作者。加里目前居住在美国马萨诸塞州，在不玩乐高、机器人和玩具火车时，他喜欢陪伴在妻子卡特琳娜和他们的两个孩子亚历杭德罗和莱昂纳多身旁。



审校者简介

芭芭拉·布拉特泽尔 (**Barbara Bratzel**) 是马萨诸塞州一所学前独立学校的科学老师。此外，她还是塔夫茨工程教育和宣传中心的咨询老师。她最近在《STEM by Design》(STEM 设计) 一书中给出了很多采用乐高 EV3 的课堂活动，该书于 2014 年 2 月出版。

迈克尔·杜邦 (**Michael duPont**) 是创客、飞行员和总部设在美国佛罗里达州中部的剧院技术人员。他最近从肯塔基州丹维尔中心大学毕业，其专长是微控制器，包括树莓派、Arduino、机器人、可穿戴设备和其他小型电子产品。在他的网站 (<http://mdupont.com/>) 和 GitHub 上，可以找到他的很多开源项目。

吉荣·哈特苏克 (**Jeroen Hartsuiker**)，在他十几岁时一直喜爱乐高科技系列玩具。1998 年访问比隆的乐高乐园时，他结束了自己的“黑暗时代”(指一个人停止收集和搭建乐高砖块的时间)，当时他参加了第一代 MINDSTORMS 机器人发明系统的研讨会。从那时起，他拥有每一代乐高机器人产品。他编写了如何用 MRDS (Microsoft® Robotics Developer Studio) 控制乐高 NXT 机器人的课件，并发表演讲。他偶尔也会为在荷兰举办的 LEGO WORLD (乐高世界) 展会制作一个 GBC (Great Ball Contraption, 小球流水线) 模块。此外，他教授的将 MINDSTORMS 机器人用于软件开发的课程非常有趣。你可以访问他的博客 www.dotnetjes.nl 了解更多内容。

大卫·莱希纳 (**David Lechner**) 大多数时候是一位自由职业的计算机程序员，偶尔用“疯狂科学家”的名字在小学的课后学习项目中教授机器人。他还刚刚完成了自己的新秀赛季，执教了一支 FLL 队伍。作为 ev3dev 项目的核心贡献者，他在 EV3 逆向工程上花费了大量的时间。此前作为个体经营者，他在供水和污水处理行业从事工业自动化工作，长达 8 年时间。他毕业于俄克拉何马州立大学电气与计算机工程专业，获得学士学位。

迭戈 K. 穆尼奥斯 (**Diego “Kartones” Muñoz**)，是一位多学科开发者，居住于西班牙马德里，他的昵称“Kartones”更为出名。因使用各种台式机、手机和 Web 应用工作了 12 年之久，他使用过很多语言，如 C++、C#、PHP 和近期的 Ruby 和 JavaScript。

对于乐高机器人，他喜欢上了 RCX，然后是 NXT，他喜欢用 C 代码为它们编程，而不是默认的固件和程序系统。现在随着 EV3 的出现，他试图用 Node.js 为它编写机器人逻辑。他也是 Packt 出版公司出版的《LEGO Mindstorms EV3 Essentials》一书的技术审校人。

他喜欢学习自己看到的任何事情，并拥有几个博客。他有时会在用户讨论组中发表观点，更愿意做一些开放源码的工作。可以到 <http://portfolio.kartones.net> 访问他的内容。

“杰夫·香农（**Geoff Shannon**）年轻时是个热情的硬件黑客，他的第一份工作是为 Provel 公司建立自动化生产设备。他拥有计算机科学学士学位，最近还加入了多个在纽约的黑客学校。2013 年年末，他开始使用乐高机器人，参与了 leJOS 项目，并用它在 EV3 上运行 Clojure REPL。目前他居住在华盛顿州的西雅图，是一名软件工程师。在他的博客 www.zephyrizing.net 上，可以看到他目前正在思考和研究的项目。



原书前言

可编程的乐高 MINDSTORMS EV3 程序块能控制电机，能从众多传感器中获得反馈信息。在本书中，您将学习如何使用乐高 MINDSTORMS EV3 软件编写程序。本书是一本实用指南，能帮助您提高对 EV3 基础知识的认识，将核心编程命令组合起来测试自己搭建的乐高 MINDSTORMS EV3 机器人。在本书的指导下，您将很快熟悉 EV3 套装中的各种东西，并能提高自己的机器人设计能力。

EV3 套装包含 500 多个用高精度模具制造的塑料零件。这些乐高科技零件包括梁、轴、销、齿轮和轴套等，您可以用这些零件做出很多机器人。乐高零件的兼容性非常好，可以和 50 年前制造的零件放在一起使用。

EV3 程序块中包含基于 Linux 操作系统的 ARM9 处理器，可使用多种语言进行编程，如 C、C++、Java、Python 和 LabVIEW，但在本书中，我们关注的是官方 LEGO MINDSTORMS EV3 软件。该软件是可视化编程语言，向编程画布中拖拽模块，用命令流程线和数据线连接模块，即可完成编程。这些模块可以存储数据、控制电机、获取传感器数据，也可以建立诸如循环和分支的流程结构。能看到完整的程序、在编程层次上更易阅读，这是可视化编程语言的优点。

EV3 程序块可通过数据线缆与电机和各种传感器连接，如触动传感器、超声波传感器、光电传感器、红外传感器和陀螺仪传感器。EV3 电机中有内置的旋转编码器，可精确控制电机的转动角度。还有大量第三方传感器可在 EV3 上使用。您可以用 USB 数据线缆、蓝牙或 Wi-Fi 连接计算机和 EV3 程序块，下载和运行程序。所有这些特点让 EV3 远远超出了简单玩具的范畴，它是一套令人印象深刻的机器人套装，它能探索环境，还能通过复杂的障碍区。

本书的内容是什么？

第 1 章，工程笔记，讲解如何用内容编辑器制作机器人搭建过程的多媒体记录。

第 2 章，机械设计，讲解如何用齿轮为机器人提高转速或增加扭矩。

第 3 章，传动系统和底盘，讲解如何搭建履带式或轮式机器人的底盘，让机器人移动起来。

第 4 章，传感器和控制，讲解如何使用传感器接收来自周围环境的反馈信息。

第 5 章，与 EV3 交互，讲解如何用程序块按钮、红外信标、蓝牙和 Wi-Fi 控制 EV3。

第 6 章，EV3 的输出，讲解如何使用显示屏、灯光和扬声器输出信息。

第 7 章，高级编程，讲解如何使用循环、分支、阵列、我的模块（自定义模块）等，如何使用传感

器反馈的信息进行控制。

第8章，高级编程和控制，讲解比例控制器、PID 控制器、方向修正和三角定位等高级控制方法。

第9章，实验软件和数据记录，讲解如何使用教育版 LEGO MINDSTORMS EV3 软件的数据记录功能。

第10章，其他编程语言，RobotC 和 LabVIEW 的简要概述，这是接下来要用于 EV3 编程的软件。

第11章，机器人之间的通信，讲解如何用蓝牙功能发送信息，让两个 EV3 机器人进行通信、发送命令和协作。

第12章，高级机器人——陀螺小子，深入解读乐高官方案例“陀螺小子”的程序。

阅读本书需要准备些什么？

首先，您需要准备 LEGO MINDSTORMS EV3 套装。EV3 套装有两个版本，家庭版零售套装（乐高产品编号 31313）和教育版核心套装（乐高产品编号 45544），这两种套装的价格相仿。我在书中给出了搭建图，无论用哪种套装都可完成作品搭建。两种套装的大部分零件只是在颜色上有差异，差别最大的是轮子、履带和万向轮有所不同。家庭版零售套装中有触动传感器、颜色传感器、红外传感器和红外信标；教育版核心套装中则包括触动传感器、颜色传感器、陀螺仪传感器、超声波传感器和一块可充电锂电池。您可以自行购买所需的传感器。

其次，您需要有 LEGO MINDSTORMS EV3 软件。同样，软件也有两种版本，家庭版软件可以在乐高官方网站 www.lego.com/mindstorms 上免费下载，而教育版软件需要支付一定的费用。这两个版本的软件最大的区别就是，教育版软件包含有数据日志的部分，本书中的程序是用 1.1.1 版本的 LEGO MINDSTORMS EV3 软件编写的，本书出版时，1.1.1 版本仅适用于家庭版软件。目前教育版软件的最高版本是 1.1.0 版，为了谨慎起见，1.1.0 版本的 EV3 软件与 EV3 程序块的蓝牙通信并不兼容最新版本的 Mac OS X 系统。

购买教育版套装，然后在乐高网站上下载免费的家庭版软件，这是最为超值的组合方式。

本书适合什么人阅读？

LEGO MINDSTORMS 软件自带教程，讲解软件的基本用法。教程中也会提供一些可以用套装完成搭建的高级实例，但这些实例的程序都非常复杂，且缺少说明文档。而软件内置的教程与高级机器人编程之间存在着较大的差距。

本书正是为那些学习过基础用法、想自己设计机器人的朋友准备的，我假设您已经学完了乐高提供的基本教程。在书中，我准备了一个基本机器人的搭建图，您可以在这个基础上安装传感器，使用更高级的算法为它编程。参与 FLL（FIRST 乐高大赛）和 WRO（世界机器人大赛）的队员与教练可以从本书讲述的技术中获得帮助，在比赛中更好地使用传感器。

说明

在本书中，你将会看到很多能区分不同信息的文本格式。

新的术语和重要提示会以这种风格体现出来。如在屏幕、菜单或对话框中看到这样的文字：“不要按结束按钮”。



表示重要的警告或注意事项。



表示提示和技巧。



目 录

作者简介		
审校者简介		
原书前言		
第 1 章 工程笔记	1	
1.1 工程设计流程	1	
1.2 内容编辑器功能	2	
1.3 新页面和页面动作	6	
1.4 计算机辅助设计和构建指令	7	
1.4.1 LEGO Digital Designer	7	
1.4.2 LDraw	7	
1.5 在代码中添加注释	10	
1.6 总结	11	
第 2 章 机械设计	12	
2.1 机械效益	12	
2.2 电机	13	
2.3 大型电机和齿轮	14	
2.4 编写程序	16	
2.5 斜齿轮直角连接	18	
2.6 蜗杆	20	
2.7 使用数据线和并程序	23	
2.8 总结	24	
第 3 章 传动系统和底盘	25	
3.1 底盘	25	
3.2 家庭版套装的滑板机器人	30	
3.3 教育版套装的万向轮机器人	33	
3.4 家庭版套装的履带机器人	35	
3.5 教育版套装履带机器人	37	
3.6 为机器人编写程序	39	
3.7 总结	40	
第 4 章 传感器和控制	41	
4.1 使用传感器	41	
4.2 程序模块	42	
4.3 乐高 EV3 传感器	43	
4.3.1 触动传感器	43	
4.3.2 颜色传感器	46	
4.3.3 电机旋转传感器	49	
4.3.4 陀螺仪传感器	51	
4.3.5 超声波传感器	53	
4.3.6 红外传感器	55	
4.4 第三方传感器	55	
4.4.1 Dexter 工业传感器	56	
4.4.2 Mindsensors 传感器	57	
4.4.3 HiTechnic 传感器	57	
4.4.4 MATRIX 电机控制器和 金属部件	59	
4.4.5 Vernier (威尼尔) 传感器	60	
4.5 总结	61	

第5章 与 EV3 交互	62	8.5 巡线的设置值	103
5.1 程序块按钮	62	8.6 两状态控制器或棒棒控制器 (Bang-Bang 控制器)	104
5.2 红外遥控按钮	66	8.7 比例巡线	105
5.3 蓝牙控制	67	8.7.1 输入增益和速度	105
5.4 智能设备控制	68	8.8 PID 控制器	108
5.5 Wi-Fi 控制	68	8.9 陀螺仪传感器	111
5.6 总结	69	8.10 红外传感器导航和追踪信标	112
第6章 EV3 的输出	70	8.11 沿着圆形轨迹行驶	113
6.1 显示	70	8.12 三角测向	114
6.2 图片编辑器	71	8.13 总结	117
6.3 显示数据	73	第9章 实验软件和数据记录	118
6.4 程序块状态灯	74	9.1 数据记录软件	118
6.5 传统的 NXT/RCX 灯	75	9.2 改进航位推算	119
6.6 声音	75	9.3 分析增益常数	126
6.7 音乐	76	9.4 图形化编程	127
6.8 总结	77	9.5 其他棒棒控制器 (Bang-Bang 控制器)	129
第7章 高级编程	78	9.6 总结	131
7.1 循环模块和电机旋转传感器	78	第10章 其他编程语言	132
7.2 循环模块和陀螺仪传感器	79	10.1 LabVIEW	132
7.2.1 处理陀螺仪传感器的问题	80	10.1.1 前面板和框图	133
7.3 分支或两状态控制器	81	10.1.2 编程模块	134
7.4 三状态控制器	84	10.1.3 循环	136
7.5 子程序或我的模块	85	10.1.4 巡线 VI	137
7.6 阵列	89	10.1.5 机器人工具	138
7.7 总结	92	10.1.6 数据	138
第8章 高级编程和控制	93	10.1.7 前面板和整理框图	139
8.1 距离控制器	93	10.1.8 子程序 (SubVI)	141
8.2 红外与超声波	94	10.2 RobotC	144
8.3 比例算法	95	10.2.1 简单的代码	145
8.4 用颜色传感器巡线	98		

10.2.2 命令	146	12.1 平衡机器人的概念	166
10.2.3 变量	149	12.2 “陀螺小子”模型	167
10.2.4 遥控	150	12.3 传感器反馈	167
10.2.5 图形化编程	151	12.4 程序中令人头疼的问题	168
10.3 总结	152	12.5 主程序	169
第 11 章 机器人之间的通信	153	12.6 控制程序	171
11.1 实现通信	153	12.7 我的模块 RST	174
11.2 传送信息	156	12.8 我的模块 gOS	174
11.2.1 跟随移动	156	12.9 我的模块 GT	177
11.2.2 保持距离	157	12.10 我的模块 GG	178
11.2.3 搜索与救援	158	12.11 我的模块 GM	179
11.2.4 完成搜索	162	12.12 我的模块 EQ	180
11.3 总结	165	12.13 我的模块 cntrl	181
第 12 章 高级机器人——陀螺小子	166	12.14 我的模块 CHK	182
		12.15 总结	183

第 1 章

工程笔记

按照乐高官方的介绍，MINDSTORMS EV3 软件中的内容编辑器可以用来输入文本、图片、音频和视频，可以说是一个数字化工作手册。EV3 软件的帮助菜单里有更多乐高公司对软件强大功能的简介。在本章中，我们会看到如下内容：

- 工程设计流程。
- 内容编辑器的高级功能。
- 如何在内容编辑器添加图片。
- 如何添加页面和页面动作。
- 计算机辅助设计和添加构建指令。
- 如何在你的程序中添加注释。

1.1 工程设计流程

换句话说，乐高用内容编辑器创立了一个数字化的工程手册。工程手册不仅仅是你的工作记录，还可以让你记录（并且传递）自己的初步想法、建立模型，然后不断更新模型和程序。在工程设计流程中，最重要的事情是记录错误，这样自己就会发现不足之处。你应该提前规划好相关工作。

根据《美国新一代科学教育标准》，简化版的工程设计流程如图 1-1 所示。

迭代和优化的过程是建立优秀模型的关键因素。特别是在编程过程中，你会发现需要对程序进行不计其数的修改才能使机器人达到预期的效果。图 1-1 是一个常见的简版工程设计过程，工程设计过程不存在固定的格式，包含着许多变

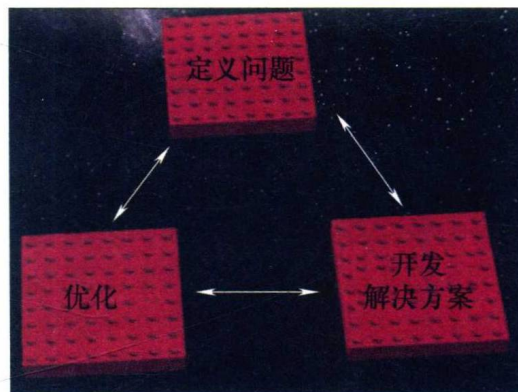


图 1-1

化，从问题开始，以解决方案结束。常规的步骤如下：

- 1) 定义问题。
- 2) 研究问题和限制条件。
- 3) 进行头脑风暴，制定几套可行方案。
- 4) 选择一个最优方案。
- 5) 画出和构建原型。
- 6) 测试和评估。
- 7) 重新设计和优化。

工程设计流程的迭代性是非常重要的。通常情况下，这些步骤之间没有捷径。使用这些步骤时，你需要记录工作过程，记录经验和教训。另外，你可以轻松地把自己思路的演变和面临挑战时的解决方案解释给其他人。EV3 内置的内容编辑器可以轻易地完成多媒体化的工程笔记。

1.2 内容编辑器功能

在 EV3 软件中建立一个新的项目时，内容编辑器会在编程画布的右上方自动打开（见图 1-2）。

内容编辑器会以查看模式自动打开，如图 1-2 所示。单击铅笔图标（见图 1-2 中绿色圆圈标注处），会切换为编辑模式，可以输入信息（见图 1-3）。

在编辑模式下，EV3 软件仅显示了五个基础功能，如文本和图片。单击右上角的“红叉”符号可访问全部内容编辑功能（见图 1-4）。

图 1-4 显示了内容编辑器的基本功能，包括（从上部按顺时针顺序）文本、图片、构建指令、视频、表格、摄像头、添加说明和声音。单击文件图标，即可返回缩略版菜单。在上面的页面格式中，能使用的功能数量是有限的。所以，在“添加页面”时选择合适的模板，可以组合使用这些功能丰富自己的工作记录。

在内容编辑器中创建一个新的页面（单击加号），会如图 1-5 所示打开全部模板。

我特别喜欢在面板底部添加文字内容向读者解释他们看到的视频、图片或顶部面板的构建指令。如果你单击我在图 1-5 中用红圈标记的模板，会在屏幕上看到两个面板，与图 1-6 所示相同。



图 1-2

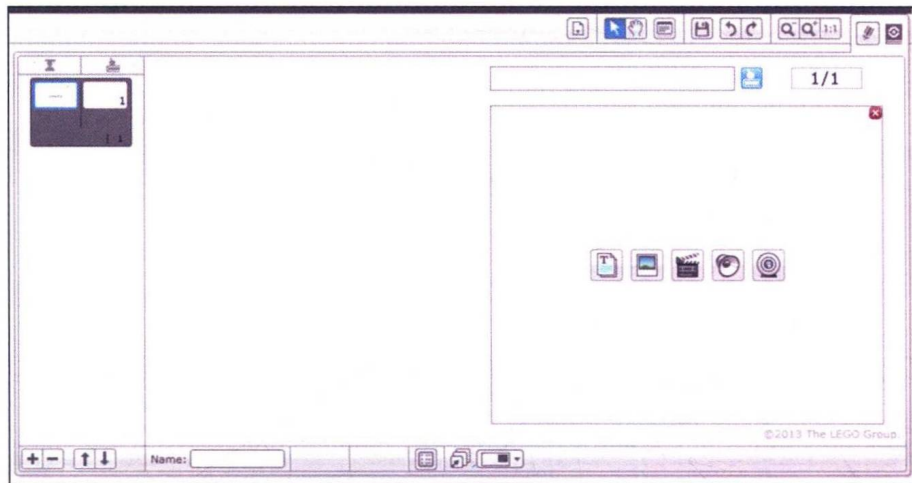


图 1-3



图 1-4

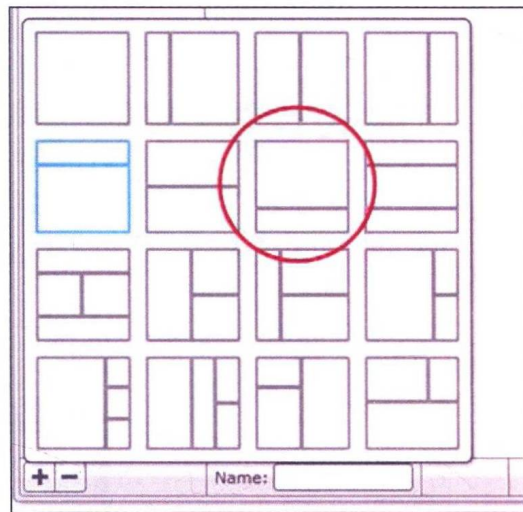


图 1-5

接下来，我们在内容编辑器上面的窗口中插入一幅图片。单击图片图标，你会发现你只能上传 JPG 和 PNG 格式的图片。然后再单击文本图标，在下面窗口输入一些文字，如图 1-7 所示。

在“文本工具栏”中设置字体和格式。处理文本时，我喜欢添加文本动作，单击图 1-8 标注部分的“添加动作”，有若干动作可供选择。

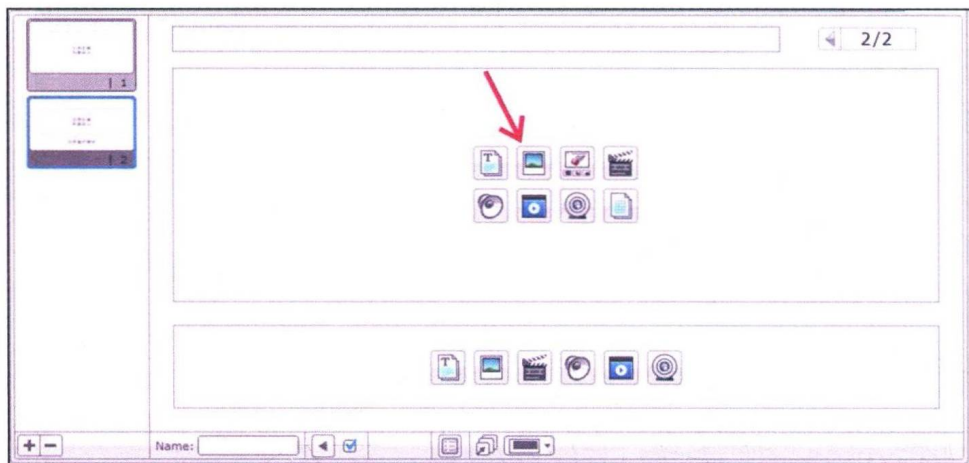


图 1-6

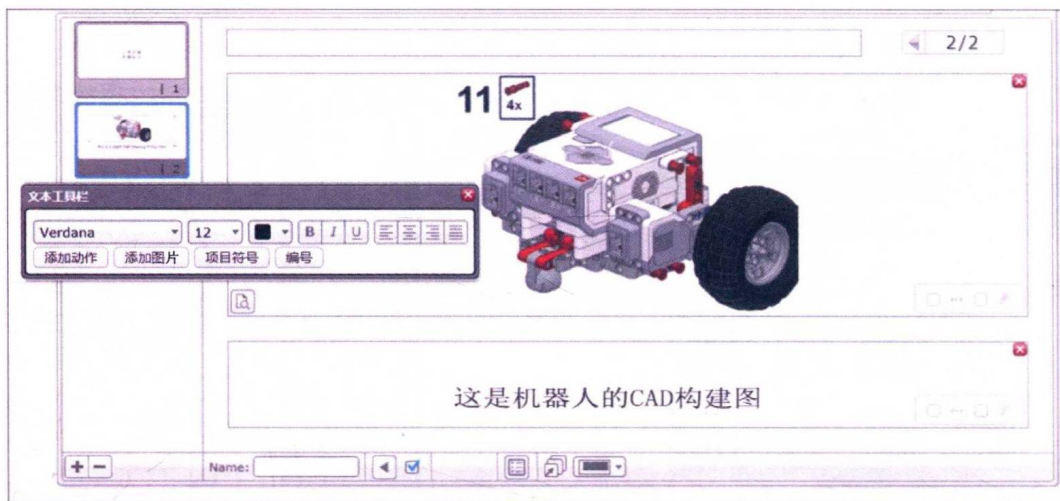


图 1-7

下拉菜单中出现一些选项，如图 1-9 所示。这些动作类似一个超链接，你可以在本页打开程序和网站，或者转到新页面。当程序的内容编辑器里有大量页面的话，这个功能就非常有用。比如，你可以在开始部分创建一个内容目录。

创建了多个页面之后，你应该尽量使用“转至指定名称的页面”的功能。充分利用该功能来为页面创建日期，会清楚记录工作的时间点，你可以用创建的日期来命名页面。我也喜欢“转至程序”选项，但 1.1 版本的 EV3 软件还不允许你选择不同项目中的程序。你也可以使用“文本按钮”来强调文本动作，如图 1-10 所示。



图 1-8

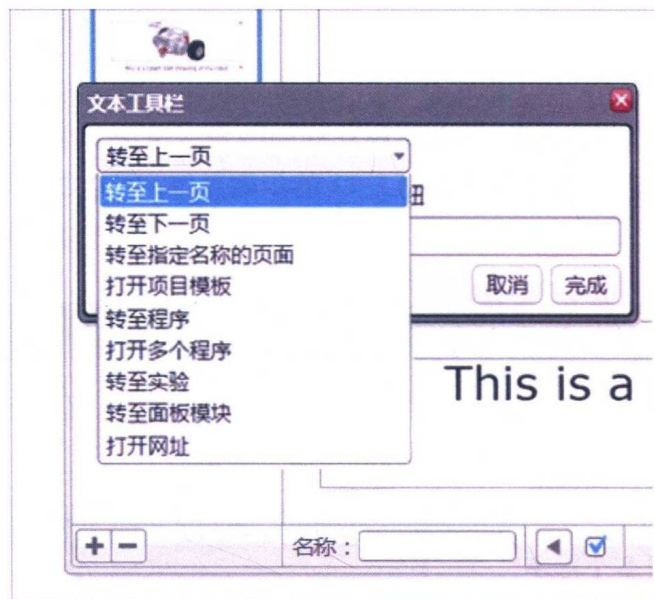


图 1-9



图 1-10