

科学鬼才

汽车电子制作

50 例 (图例版)

50 AWESOME AUTO PROJECTS

[英]Gavin D.J.Harper 著 糜修尘 孙宇 译



FOR
THE **EVIL**
GENIUS

科学鬼才

汽车电子制作

50例 (图例版)

[英]Gavin D.J.Harper 著 糜修尘 孙宇 译

Mc
Graw
Hill
Education

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

汽车电子制作50例：图例版 / (英) 加文·哈珀.
D. J (Gavin D. J. Harper) 著；糜修尘，孙宇译. — 北
京：人民邮电出版社，2018. 2
(科学鬼才)
ISBN 978-7-115-47269-4

I. ①汽… II. ①加… ②糜… ③孙… III. ①汽车—
电子技术—普及读物 IV. ①U463.6-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第285797号

版权声明

50 Awesome Auto Projects for the Evil Genius by Gavin D.J. Harper
978-0071458238

Copyright © 2006 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and POSTS & TELECOM PRESS. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2017 by McGraw-Hill Education and POSTS & TELECOM PRESS

版权所有。未经出版人事先书面许可，对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播，包括但不限于复印、录制、录音，或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔教育出版公司和人民邮电出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内（不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾）销售。

版权© 2017 由麦格劳-希尔教育出版公司与人民邮电出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签，无标签者不得销售。

内 容 提 要

本书手把手教你50个汽车改装项目，尝试着给你的车装上电动车门和车窗、车载电脑和GPS装置、语音控制、自动感应的雨刮和头灯，以及电子安全系统。在进行这些有意思的汽车改装的同时，你还能学习到汽车构造与原理以及电子学相关的知识。本书适用于电子制作爱好者以及业余汽车改装爱好者。

◆ 著 [英] Gavin D.J. Harper

译 糜修尘 孙 宇

责任编辑 魏勇俊

责任印制 周昇亮

◆ 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>

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本：880×1230 1/16

印张：10

2018年2月第1版

字数：333千字

2018年2月河北第1次印刷

著作权合同登记号 图字：01-2016-5133号

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：京东工商广登字 20170147号

关于作者

ABOUT THE AUTHOR

前言

PREFACE

仅以此书缅怀雷·库克 (Ray Cooke)，感谢你教授我关于电子学的一切，并
给予我对于事物的热情（以及绝大部分的知识）。

“雷带着耐心不断向前，并始终保持信念”。

关于作者

ABOUT AUTHOR



嘉文·D.J.哈珀 (Gavin D.J.Harper) 是一名汽车爱好者,参加了许多经典车型的车迷俱乐部,并且是一名狂热的英国汽车爱好者。虽然他的家人很不开心,但是他目前仍然收藏了一台1983款Austin Mini和一台1979款MG Midget。嘉文目前正在英国公开大学学习相关的荣誉课程以获取科学学士学位,同时也在东伦敦大学学习以获取建筑学硕士学位,主要的研究方向为新环境和新能源。他拥有在计算机技术、工程学和CAD(计算机辅助设计)上的相关资格证。嘉文是SETNET(科学、工程学、技术和数学)小组里的一名科学和工程技术代表,并且十分积极地在学校里进行科学技术和工程学知识的推广工作。

前言

PREFACE

我很幸运能够参与到一些知名车型的设计当中，从简单的福特Transit到奢华的阿斯顿马丁 DB7。尽管我的兴趣主要集中在材料上，但是我依然十分欣赏汽车电子的不断进步。欢迎来到“精密汽车电子制作”。

让我们举个例子，比如汽车发动机。现在已经没人会趴在发动机罩的下面去检查和修复发动机故障了。通过先进的电子发动机管理系统进行检测和分析，我们能够轻松地检测出问题所在并且找出导致问题的原因。很简单，不是吗？

电子器件几乎控制了汽车中的全部组件。现在一些汽车中已经在使用电传系统来控制换挡，和F1赛车（一级方程式赛车）中的传动系统类似。这绝非偶然。F1赛车被公认走在汽车技术的最前沿。如今的汽车公司都需要进行跨国经营，并且提供各类不同的车型产品。奥迪和大众看上去是两个不同的品牌，但实际上都属于同一家公司。同时你也可能并不知道这家公司还拥有着像是兰博基尼、宾利、西雅特和斯柯达等一系列品牌。而最近五年，奥迪参加了并且（几乎）赢得了所有的勒芒24小时耐力赛。汽车消费者希望这些不断升级的科技手段能够应用在日常的家用轿车上，并且愿意为这些性能上的提升付钱。

先进的电子传感器被用来向驾驶员提供无线电台、CD音轨、低音/高音控制等信息，并且能够用来控制车内的音乐播放。胎压也能够被检测并且提供给驾驶员。内部温度控制系统则能够确保全体乘客的舒适。电子学在现今的汽车制造中所能实现的功能简直数不胜数。

嘉文·D.J.哈珀是一名称职的指路人，他为读者提供了一本有关精密汽车电子的优秀指南。我与嘉文认识在一年前，并对他的学识和热情印象深刻。有许多专业的高科技汽车制造商来寻求嘉文的帮助。我的赞誉无法完全表达出嘉文的优秀。

祝福嘉文一切顺利，认识他是我的荣幸。

斯蒂芬·斯卡伯勒（Stephen Scarborough）

致谢

ACKNOWLEDGMENTS

非常感谢我的家人们，在整个项目期间陪伴着我。感谢我的母亲帮助我处理日常的琐事和归档工作，感谢我的父亲帮助印刷工作，感谢我的祖父母容忍我深夜依然在他们的阁楼上制造噪声。此外感谢所有支持我追寻梦想的家庭成员们。

还有其他许多人在我的兴趣成长过程中“推波助澜”。

感谢三位J.威廉姆斯（珍、小约翰和老约翰，Jan、John Jr.、John Sr.）的奇思妙想。感谢约翰·安布罗斯（John Ambrose）为我提供详细的材料和杂志文章，并且为我提供灵感。谢谢学识渊博的约翰·布拉斯为我提供技术建议和一些“疯狂”。同样感谢艾伦·梅西（Alan Massey）帮助我了解关于汽车发动机的各种知识，帮助我在深入之前打下坚实的基础。

我还要感谢维尔纳·杜立石（Werner du Plessis）、科林·布利克斯（Colin Brix）和其他台湾VIA的员工，他们极大地帮助了我和AutoCOM尤其是Hae Mi Pak的工作。同样感谢AutoCAN的理查德·吴（Richard Woo）提供了关于产品方面的介绍。

衷心感谢Rostra Precision Controls公司的罗纳德·亨德尔（Ronald Hundell），向我提供了大量关于他们优秀产品的详细信息。我向你推荐这家公司，尤其是优秀的客户服务。

特别感谢Digital WW的阿曼（Armen）和玛丽娜（Marina），它们是网上最好的汽车精密控制零件提供商之一。感谢它们提供的产品信息。它们销售的产品里有一些是十分稀有的。本书中有关安装触摸屏的内容大部分基于Digital WW提供的教程。

感谢英国标准协会的克里斯托弗·欧比·奥孔乔（Christopher·Obi·Okonjo）许可我在附录A中提供BSI信息。

感谢Deluo的何塞·玛利亚·瓦兹奎兹（Jose Maria Vazquez）对我在GPS定位和其他内容上的指导。

感谢B&B Electronics的麦克·法力恩（Mker Fahrion）和马特·威廉姆斯（Matt Williams），他们在OBD-II标准和Autotap的数据上帮了我很大的忙。没有他们，也许本书就不会出现有关OBD-II的章节了。

还有罗恩·博伊顿（Ron “Ronabillies” Boyton），是他鼓励我进入计算机科学的领域，并且在我遇到问题时提供帮助。

我要感谢MP3Car.com的编辑、作者和论坛成员对本书的贡献。MP3Car.com团队包括纳撒尼尔·H.威尔逊（Nathaniel H. Wilson）、罗伯特·D.雷（Robert D. Wray）、

杰森·D.刘易斯 (Jason D.Lewis) 和迈克尔·A.赫尔 (Michael A.Hall)。

最后，我最需要感谢的是朱迪·巴斯 (Judy Bass)。她是纽约最了不起的人。没有她，这本书不会被出版。从2004年9月开始，她让一切成真！是她让我保持了热情，也是她让一切变得这么顺利。谢谢你，朱迪！撰写人生中第一本书是一项艰巨的工作——你不知道人们期待什么，也不知道需要多长时间。我感觉自己足够幸运，有一个伟大的编辑来帮助我完成这一切的工作。

嘉文·D.J.哈珀

本书简介

INTRODUCTION

电子学的快速发展使得现代汽车变得越来越复杂。在过去50年间，随着微电子技术和产业的增长，我们见证了汽车电子设备在数量和复杂度上的迅猛发展。

就在仅仅几十年前，一台移动电话就需要占据汽车整个后备箱的空间，并且价格等同于一座小型住房，但是当今相同的设备已经十分常见，并且只有手掌大小。

汽车的娱乐设备也从电子管收音机变成了如今复杂的DVD导航和多媒体娱乐系统。这都是由半导体设备和集成电路的发展带来的。

汽车的设计相比于过去也变得更令人兴奋，同时汽车电子设备也逐渐地被厂商作为新车型的卖点。同时这些技术没有理由不被广大的家庭技师、车模爱好者和套件汽车制造者所喜爱和掌握。

本书的目的在于对一些豪华汽车中出现的复杂技术进行解密，并将它们向业余的汽车电子爱好者们进行介绍。

随着现在汽车中更多地将网络、总线等功能都集成到了电子控制单元里（ECU），人们想要自己修改汽车电子系统也变得越来越困难。本书希望针对一些复杂的功能提供一些通过常见和价格合理的电子电路就能够实现的解决方案。本书并不是一本复杂的工具手册，同样也不会详细地介绍电路的各种用途。它的内容十分开放，因此很适合用作一个宏大计划的敲门砖。

在写作过程中，我将会尽可能地介绍各种有用的参考网站的链接，这样你就可以将本书当作是获取综合信息的跳板。

本书适合所有对琢磨汽车有兴趣的人，无论你是套件汽车的制造者还是周末限定的业余机械师。

我希望你能够享受本书并且从书中的各个项目里获得与我相同的乐趣。

目录

CONTENTS

第一章 仪器 1

- 2 项目 1: 制作数字仪表
- 3 项目 2: 添加灯光故障监测装置
- 5 项目 3: 制作简单的电压表
- 6 项目 4: 制作空燃比计
- 8 项目 5: 安装尾气氧传感器 (EGO 传感器)
- 8 调试
- 9 项目 6: 制作可拓展的音量计
- 10 项目 7: 制作数字转速表
- 10 项目 8: 添加语音报警器

第二章 舒适功能 12

- 13 电控后视镜的工作原理
- 14 项目 9: 安装电控后视镜
- 14 项目 10: 安装电动车窗
- 17 安装机械结构
- 18 电气安装
- 19 调试
- 19 项目 11: 安装加热座椅
- 21 调试
- 21 项目 12: 安装腰部支撑
- 23 调试

第三章 智能功能 24

- 25 项目 13: 安装自动前照灯开关
- 26 项目 14: 安装自动切换远近光灯
- 26 项目 15: 安装简易智能雨刷
- 27 项目 16: 制作雨水传感器
- 28 项目 17: 安装高级智能雨刷
- 31 项目 18: 安装定速巡航装置
- 36 调试

第四章 保护和安装装置 40

- 41 项目 19: 安装高位后视镜指示灯
- 42 项目 20: 安装水坑灯
- 43 项目 21: 安装全封闭防盗模块
- 43 项目 22: 安装中控锁
- 46 项目 23: 安装加热清洗喷嘴
- 48 项目 24: 制作车辆定位装置
- 49 项目 25: 安装 GPS 车辆追踪器
- 50 项目 26: 安装倒车摄像头
- 51 项目 27: 安装倒车雷达
- 53 项目 28: 制作车内照明熄灯延时器

第五章 车载计算机 55

- 56 车载计算机基础
- 56 AutoCom ACEx C3
- 57 项目 29: 安装 AutoCom ACEx C3 车载计算机系统
- 58 自己制作车载计算机
- 59 Mini / Nano ITX 主板
- 59 处理器
- 60 内存
- 60 挑选主板
- 60 外壳风格
- 63 外壳上的开关、按钮和指示灯
- 63 调试
- 64 自制外壳/对标准外壳进行改装
- 66 摩托车上的计算机
- 66 其他的车载计算机

第六章 车载电源 67

- 68 分离充电系统
- 68 项目 30: 安装分离式充电器
- 69 逆变器
- 69 直流转直流电源
- 70 项目 31: 将外部设备连接到 OPUS 电源上
- 73 调试

第七章 显示技术 74

- 75 显示技术
- 76 显示格式
- 76 给车载计算机添加点阵显示屏
- 76 项目 32: 安装 USB 接口的文字液晶屏
- 79 全彩色液晶屏
- 80 安装方式
- 80 项目 33: 安装下翻式仪表盘液晶屏

81	项目 34: 安装下翻式液晶屏
82	项目 35: 在前座的头枕上安装液晶屏
第八章 输入设备 84	
85	项目 36: 安装触摸屏
87	调试
87	项目 37: 安装旋钮控制器
88	调试
88	项目 38: 通过手机控制车载计算机
89	项目 39: 通过掌上电脑来控制车载计算机
第九章 车载音响 90	
91	磁带转接器
91	项目 40: 制作一个磁带转接器
91	FM 调制器 (频率调制器)
92	项目 41: 制作频率调制器
92	项目 42: 连接辅助输入插座
93	直接连接放大器
94	项目 43: 设置车载环绕声
95	车载音响调试
第十章 储存设备 97	
98	硬盘和车载计算机
98	接口
98	IDE ATA (并行 ATA 接口)
99	外置硬盘
99	激光储存设备
99	吸入式光驱和托盘式光驱
100	笔记本光驱和全尺寸光驱
100	固态储存
101	读卡器
101	项目 44: 在车载计算机上安装 IDE 设备
102	并行 ATA
103	串行 ATA
104	调试
104	关于软盘驱动器的备注
第十一章 语音识别 105	
106	特定人和非特定人语音识别
106	基于硬件和基于软件的语音识别系统
107	基于车载计算机的语音识别系统
108	NaviVoice
108	项目 45: 制作语音识别模块
109	电路原理
109	调试

第十二章 全球定位系统 (GPS) 111

- 112 | 什么是GPS?
- 112 | GPS的工作原理是什么?
- 112 | 挑选GPS设备
- 113 | 挑选GPS软件
- 113 | 项目46: 安装GPS接收器
- 114 | 内部结构
- 114 | 选择可用性

第十三章 车载诊断设备 115

- 116 | 认识OBD (车载诊断)
- 116 | 项目47: 揭开汽车中枢神经系统的秘密

第十四章 无线连接 129

- 130 | 红外数据通信
- 130 | 项目48: 制作红外数据通信接口
- 131 | 蓝牙技术
- 131 | GSM
- 132 | GPRS
- 132 | 3GSM (3G)
- 132 | WiFi/WLAN/802.11x
- 133 | 项目49: 自制波导天线
- 135 | 项目50: 尝试战争驾驶

第十五章 车载软件 136

- 137 | CentraFuse
- 137 | FrodoPlayer
- 138 | Media Engine
- 138 | Mobile Impact
- 138 | Mobile Media Centre
- 139 | GPS软件
- 140 | Destinator
- 140 | iGuidance/Routis
- 140 | Delorme Street Atlas USA 2005
- 140 | Co-Pilot
- 140 | 微软 Street and Trips
- 141 | Autoroute
- 141 | Microsoft MapPoint
- 141 | 其他程序

结语 无限可能的未来 142

附录A 供应商和有用的联系信息 144

附录B 名词列表 147

第一章

仪器

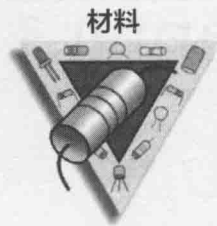
Chapter 1

毫无疑问，如果驾驶者想要准确地了解汽车状态和性能，那么就需要精确的仪器。过去，人们使用机械仪表来显示车辆的状态。如今，电子仪表在“发送”单元和显示量表之间的连接相比于机械仪表要简单许多，并且逐渐地在取代模拟仪表。在现代汽车上，数字仪表相比于传统模拟仪表盘能够提供更加清晰和明确的数据。

某些仪表是必备的，而且必须按照法律规定对误差进行校准。而其他一部分仪表则是可选的。在这一章里，我们会介绍如何组装能够接收来自不同信号源的信号的数字仪表。而介绍了多种不同仪表设计使你有了基本认识之后，你就可以开始尝试自己设计数字仪表了。

项目 1：制作数字仪表

材料



透明的亚克力板、聚碳酸酯板或者有机玻璃；
环氧树脂胶；
合适的固定件；
12V LED 或者小灯泡提供背光；
M3 螺母和螺栓。

工具



细齿锯；老虎钳；马克笔；手电钻；3mm 钻头；埋头钻头

本节介绍的项目（有几个例外）都是集中介绍如何制作一个数字仪表盘上的仪表。

尽管电路图看上去十分精致，但是它并不会教你如何安装LED（发光二极管）在仪表盘上。

这个项目将向你介绍如何制作一个数字仪表。当然你可以通过多种方式来安装LED灯，本项目只是介绍了其中的一种示例。你可以直接使用项目里介绍的设计，也

可以对它进行修改来制作你自己的版本。

这种制作仪表的方法，你需要裁剪出几个完全相同的塑料片。项目中的仪表是基于80mm规格的标准模板制作的，如图1-1所示。你需要使用这个模板裁剪出3个完全相同的塑料片。最简单的方法就是将透明的塑料板放在本书的模板上面，然后用马克笔在保护膜上描出模板的边界。最后再用细齿锯按照画出的形状裁剪下来。

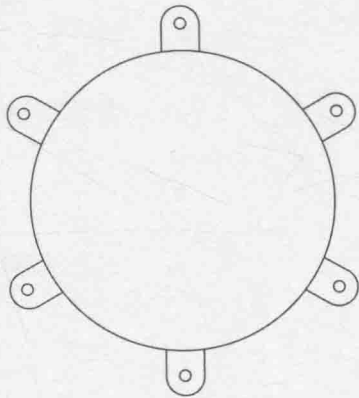


图1-1 80mm 数字仪表模板（版权所有 嘉文·D.J. 哈珀）

注意



在完成所有的裁剪和钻孔操作之前，不要将塑料板上的保护膜撕下来。

仪表由许多层组成，它的结构如图1-2所示。

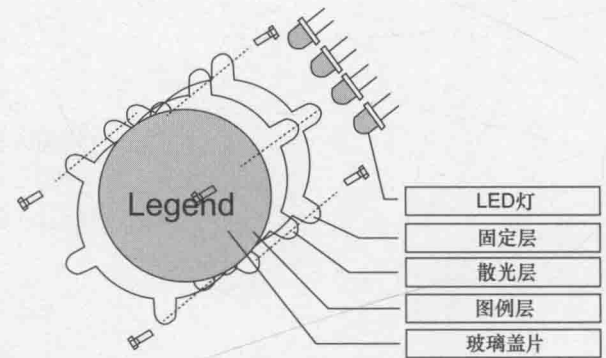


图1-2 数字仪表的结构图（版权所有嘉文·D.J. 哈珀）

从驾驶员的视角来观察仪表，首先看到的是仪表外的保护玻璃。在圆形的外圈有六个凸起。其中三个可以通过螺母和螺栓或者其他的固定件将仪表固定在仪表盘上。

另外三个则用来组装仪表，将各个不同的层连在一起。最简单的方法就是在塑料片上三个凸起处打孔，将M3螺栓穿过去，然后用螺母进行固定。

下一步需要完成仪表表面的设计，即将仪表印刷在一个塑料膜上（当然你也可以用薄塑料卡来替代）。在本章的最后，我将介绍许多这一章里将会介绍到的不同仪表的图例。如果你想自己设计仪表，只需要在电脑上用绘图软件或CAD软件就能轻松完成。而最重要的是你的图像需要使涂黑和透明的区域之间具有良好的对比度。为了获得更好的印刷效果，你可以使用激光胶片和一些投影仪用的透明薄片，或者是把这本书上的设计图或者你自己制作的设计图交给一个质量好一点的打印店让它们帮你完成这项工作。

背光LED灯将会安装在仪表的后方，因此设计图中的黑色部分需要能够挡住LED的直射光。这样背景光就能经过散射后照亮仪表的所有区域。

印上图例的膜后的薄板可以采用下列材料：

- 不透明或者暗色塑料
- 用细砂布轻微打磨的透明塑料

这层板是用来给仪表提供背光的，而不透明塑料或者打磨过的塑料能够帮助背光的散射。当背光打开时，仪表的所有部分都能照射到黯淡的光线。而为了达到较好的对比度，最好是用不同颜色的LED灯来分别作为背光和量程的照明。

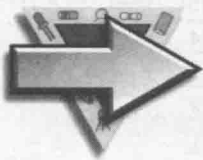
最后一层塑料将会充当LED灯的固定件。你可以在塑料板上需要安装LED灯的地方钻孔，然后用环氧树脂胶将LED灯固定住。

你可以根据汽车上的现有的仪表来选择显示的颜色。在本书中，我们主要使用红色和绿色，其中红色代表该项指标异常，而绿色表示该项指标正常。原因如下：

- 绿色和红色LED灯价格便宜
- “红色”在通常被认为代表危险

但是，你也完全可以使用琥珀色的LED灯或者更独特的蓝色LED灯。

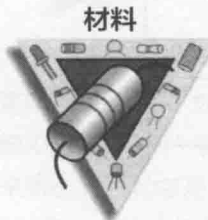
提示



遗憾的是，尽管塑料对于业余爱好者来说操作简单，但塑料相比于玻璃更容易磨损。如果你在仪表上发现了划痕，可以用塑料研磨剂来处理出现划痕的位置。

项目2：添加灯光故障监测装置

材料



磁簧开关、指示灯、小盒子、导线

工具



电烙铁、热熔胶枪

电路原理

当电流流过线圈时将会产生磁场，使得磁簧开关闭合。从而点亮仪表盘上的灯泡，表示灯光能够正常工作。如果有灯泡出现故障，那么电流就无法流通，同时磁簧开关也不会闭合；因此，仪表盘上的灯泡不会被点亮。这个设计带有失效保护：如果仪表盘上的灯泡出现故障了，那么与之相连的灯光在工作时会表现得很明显。

电路结构

图1-3里的电路图展示了一个简单的灯光故障监测装置的结构。

原有和灯泡相连的电源线在磁簧开关上绕成线圈。电路的这一部分应当被安装在一个小盒子里，从而能够对磁簧开关进行固定并且防止开关受损。如果电源线不够长

或者你需要经常移动装置的位置，那么可以采用横截面积相等或者更粗的导线来补足。

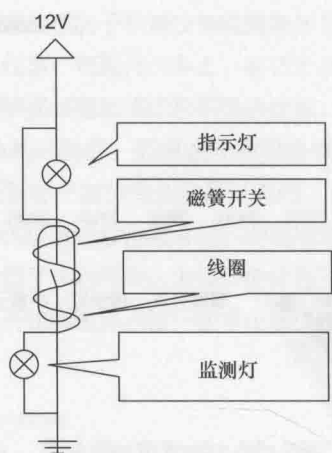
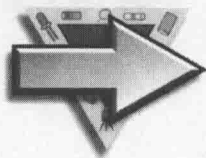


图 1-3 灯光故障检测装置的电路原理图（图片版权所有 嘉文·D.J. 哈珀）

磁簧开关和线圈都应当用热熔胶进行固定。同时注意在使用热熔胶的时候不要让胶质离磁簧开关的玻璃封装太近，因为玻璃很容易在温度剧烈变化的情况下出现碎裂。

提示

你可以使用尖嘴钳作为散热片来帮助散发热量。



注意

在处理磁簧开关的时候要非常小心——因为磁簧开关上的玻璃封装非常易碎。



你需要为指示灯制作一个面板。如果你想要制作一组由指示灯组成的仪表，可以参考项目 1 里的相关指导。另一种方法是先获取你车辆的鸟瞰图，导入绘图软件后画出车辆的支架结构。这就可以作为仪表的基础图例了，接着将不同的灯光符号摆放在对应的位置上。或者将指示灯单独装在仪表盘上来进行凸显。图 1-4 里是你制作图例时可能会用到的一些标识。



图 1-4 灯光监测装置的常用图例表（版权所有 嘉文·D.J. 哈珀）

认识 LM391x 系列芯片

如果你想要在汽车里用柱状图来表示某些物理量的话，那么你可能会经常用到这个系列的芯片。

将这些芯片用在数字仪表盘里十分简单。LM391x 系列芯片（见图 1-5）能够将输入的电压值用一组 LED 表示出来。就是这么简单。这个芯片的优点在于它能够支持以下两种显示方法：

- 连续的光柱
- 运动的光点

这就使得设计者在设计时的灵活性大大提升。

下面介绍系列里不同芯片之间的一些主要区别。在挑选使用的芯片时需要充分考虑不同型号芯片之间的差别：

- LM3914 根据输入信号产生线性输出信号。
- LM3915 输出以 -3dB/ 阶的对数输出信号。
- LM3916 输出 VU 刻度（音量单位刻度）的输出信号（-10dB，-7dB，-5dB，-3dB，-1dB，0dB，1dB，2dB，3dB）。

1	LED1	LED2	18
2	V-	LED3	17
3	V+	LED4	16
4	RLC	LED5	15
5	SIG	LED6	14
6	RHI	LED7	13
7	REF OUT	LED8	12
8	REF ADJ	LED9	11
9	MODE	LED10	10

图 1-5 LM391x 柱状图显示芯片的通用管脚示意图