

## 工程训练项目——智能小车 DIY

—— 与单片机相关专业实践内容、模式探讨

### 内容简介：

本文推荐了一个面向弱电类工科专业的工程训练项目，并提出了相应的实施方式。

文中首先明确了作者对“工程训练”目标的理解。在这个基础上探讨了所提出的工程训练内容及模式对学生的作用，对教学的作用，以及一些外延效用。

作者根据自己的工作经验，提出了对大学生培养应该关注的内容——是解决问题的思维方式而非掌握知识的多少。

文中特别强调了此工程训练项目的外延作用，并结合两个专业提出了具体的教学构想以证明这种作用的有效性。

最后，探讨了按此实施的可行性。

### 一、背景

我是一名从事智能仪表设计多年的工程师，对目前大学生在应用单片机方面的能力深感失望。

从国外的信息中得知，LEGO 器材是一种较好的辅助学习手段，故加盟 Semia 公司（一家国内的 LEGO 教育器材代理商）。在那段时间，我深入了解了 LEGO 器材在国外大学中的应用情况，并结合我对专业的理解，着重探索如何将之用于国内的教学。

2004 年，我有幸作为 Semia 的代表参加了在大连理工大学举办的“东北地区金工实习年会”，从中才知道目前大学的金工实习正从我们那时的简单“金加工技能训练”向工程意识训练转化，很多大学已建立了“工程训练中心”，还有许多正在筹建。

会上着重探讨了如何寻找一种有效的模式来帮助大学生学到有用的实践技能，并参观了大连理工大学的“工程训练中心”。

对于这种概念的转换，权且不讨论其合理与否，但从企业需求看，如果按照“工程训练”的初衷衡量，在与会期间我所了解的模式和内容还不符合，至少对于电子、计算机应用、自动控制、机电一体化等专业来说如此。

“工程训练”概念的提出倒是让我想起了另一件事情，那是我在配合东南大学搞“四新培训”时，和当时负责东南大学实验中心张教授的交谈。他提出了这样一种观点：对于大学本科学生来说，应该在大一进行相应的“专业认知实践”，帮助他们扫除工程知识盲区，为日后专业课教学打下常识性基础。否则这些学生在学习专业课时根本不知道为何需要这些知识，也就无法投入，等知道了这些知识的用途，那些课程已煮成“夹生饭”，再补也来不及了，从而造就了大量基本不合格的“工程技术人员”。

这点我十分认同，因为许多在工程领域学有所成的人都在儿时有一段自己动手搞科技活动的经历，他们在学习专业课时基本没有障碍，而且由于在那些初级活动时遇到的问题得到了清晰的答案，大大提高了他们的学习兴趣和动力。

可当时就如何实施这样的“专业认知实践”也没有讨论出好的想法，虽然东南大学使用 LEGO 器材做了尝试，可高成本带来的管理难度导致基本无法推广。大连理工大学“工程训练中心”所用的“慧鱼”器材实际上也面临同样的问题。

这两件事促使我下决心寻找一种可行的模式，使这种好的教学思想不至于“胎死腹中”。自参加那次年会后我便离开了 Semia 公司，自己着手摸索，现在总算有了一点眉目。

## 二、工程训练的目的

因为我是从事智能仪表设计的，所以只想涉及我所熟悉的专业，如：自动控制、电子技

术应用、机电一体化、计算机应用等。

我所理解的针对大学低年级学生的**工程训练**应该达到：

- 对自己将要学习、从事的专业有个感性认识，知道哪些东西是自己专业将要遇到的、用到的。
- 对所学专业的技术内涵有个初步的认识，主要涉及些什么？需要掌握些什么？
- 通过实践初步学会解决工程问题的思维方式、解决方法，从中学那种应试、解题思维模式中走出来，学会合作、交流，知道现实中有约束条件，学会根据需要、问题自己查找资料，寻求可以获得的资源。
- 了解一些工程领域的工具、设备的用途，知道用什么样的手段可以做成所需的东西，掌握一些基本技能，从而知道什么可为？什么不可为？具备基本的工艺意识。
- 为日后专业课学习内容提供常识性基础。

至于目前多数大学特别注重的“**创新思维培养**”我并不认为是**工程训练**的目的，至少对于面向低年级的**工程训练**如此。那种为了“创新”而做的“创新”没有太大的意义，只能培养学生的虚荣和浮躁！所谓“创新”，应该是建立在对生活、社会深入观察、体验的基础上，对现实问题的另类解决方法，它需要对实施对象有深刻理解。我不认为大学低年级学生具备这些，特别是目前这些关在教室中苦读 12 年全为应试的佼佼学子们。

### 三、工程训练的内容、模式

基于上述目标，对于所提及的专业应该用什么内容、模式组织**工程训练**呢？

“工程”所包含的范畴太大，即便用“专业”有意界定了一个小的范围，可还是内容太多，无法在短短的训练期间包容之。

工程训练要从单纯的“金工技能培养”向上述目标转移，必须在内容、模式上有所变化，最好让参与者能够自己参与一个项目的实施过程，不在乎项目本身是否有意义，也不在于其先进性如何，其实质应该是：

- ✧ 参与者能够理解项目的需求；
- ✧ 与所学专业相关，其核心内容应包含在未来专业知识中；
- ✧ 能够促使参与者关注未来要学习的知识；
- ✧ 能够让每个人参与之，且最好能让参与者将这个训练作为开始，在整个大学阶段都可以自己不断完善这个项目，使“工程训练”得以外延，以弥补短期训练的不足。

因为单片机已成为各类智能产品的核心，上述所有专业都有所涉及，已快成为和“电工原理”类似的专业基础课。

单片机蕴含了许多内容，从学习计算机角度出发，我认为用单片机学习计算机原理更合适。当初在 8088 + DOS 年代，可以用 PC 机作学习平台，可如今 PC 已发展到双核+ XP，基本无法用作教学。但是，要掌握计算机应用，学好编程，不了解计算机原理很难“精通”。

单片机作为一种特殊的计算机架构，由于其简单的结构，有限的资源，为学习者理解计算机如何工作提供了方便。

而且，现在几乎没有和电相关的领域不涉及单片机，所以学习之很有必要。即便是自动控制专业似乎离单片机远一些，实际上现在很多 PID 调节器已是以单片机为核心的智能产品，其方便的整定方式远优于传统的集成电路调节器，有些带有自整定功能的更是传统调节器无法比拟。

所以，选择一个以单片机应用为核心的项目作为工程训练的内容应该是合理的。

单片机应用的范围很广，但是便于实施、容易理解、有丰富的实践内容的应用应该选什

么？

在目前条件下，**智能小车**应该是不二的首选，考察国内外的这类项目，用单片机或 PC 机控制的小车是最多的，国内的机器人比赛、电子大赛也多以小车为载体。

因为“**车**”乃大家最常接触的东西，任何人都很容易提出若干对“**车**”的需求。“**车**”的种类最多，内涵也最广，从普通的载人、载物汽车到承载着顶尖科技的火星车“勇气号”、即将发射的中国月球车，可以给实施者无穷的发挥空间，给教育者也提供了充足的素材来融入需要传授的知识。

从实现方式上，“**车**”也是最容易的，却不乏延伸空间。

所以，我认为一个以单片机为核心的**智能小车**项目是这些专业工程训练的最好内容。

### 内容确定了，按什么模式去实施呢？

有的学校给电子相关专业的学生提供收音机零件，将焊接、调试收音机作为**工程训练**的内容之一。虽然这也锻炼学生的焊接、调试技能以及一些常用工具、仪器的使用，但是对于大学生而言，还远不够，但这种模式可以借鉴。

收音机的不合适在于其蕴含的内容有限。如果将其替换为**智能小车**零件，以焊接、装配一辆**智能小车**为**工程训练**的内容，我想不论对学生还是老师，都更贴近学习的需求。

为了让其发挥最好的效果，建议采取以下**模式**：

**第一步：**在**工程训练**期间，学校提供每个学生一套**智能小车**零件，要求其安装、调试完成，并能将预先编制好的程序顺利装入，让小车实现预定的功能。

在这个过程，提供相关资料让学生初步了解小车的技术信息，并安排适当的讲座普及单片机知识以及编程基础。

**第二步：**按工程模式，提出一些难度恰当的挑战项目，鼓励有能力的学生在实践期间实施，要求有必须的文档，如需求分析，概要设计、详细设计、严格按照程序编写规范的源程序、调试大纲、测试报告等，诱导学生自己提前学习一些专业知识，以此唤起学生们对专业的兴趣。

**第三步：**工程训练结束时，每个学生对自己的小车现状进行总结，写出书面资料，包括所需的图片和视频文件。

**第四步：**根据自己对将要学习的专业理解，提出一个小车的“进化”设想，要求与课程、专业结合，有详细地书面描述和必须的可行性分析。

**第五步：**工程训练结束后，每个学生继续持有自己的作品，并根据自己的设想在之后的学习中逐步实施，随时要接受老师的检查。将**工程训练**延伸到整个大学期间。

## 四、外延效用

### 4.1、从教学角度考察

如果按照上述模式实施，这些专业的学生在进入专业课学习时，每个人手上都有一个标准平台——**智能小车**，老师就可以根据这个平台所具备的功能结合课程设计相应的作业，促使学生灵活掌握所学内容。

工科学生的课程多以实践为基础，如果没有实践的机会，很多内容都不易理解、掌握。目前的实验手段远达不到让学生随时使用的程度。而且由于各种客观原因的制约，老师也难以如愿调度这些设施，教学同样受到一定的约束。

如果有这样一个平台，对老师和学生来说都可以无障碍的使用，留给老师、学生足够的发挥空间，这才是对学生创新思维的最好培养，所谓“创新”，首先是对所学知识的灵活运用，举一反三。这对于传统的实验模式而言是难以实现的，多数情况下不许学生改动实验设备和

实验方案。

对于“单片机应用”、“C 语言编程”这类课来说，这个平台无疑是十分有用的，可以根据这个平台设计一套全新的教学模式，彻底改变目前单片机的教学与现实脱节的局面，对此将另文细述。

对于其它课程，也将从中受益，如：

#### A、传感器原理

传感器课是目前十分重要的一门课，由于传感器必须依附于一个控制主体才能发挥作用，才能让学生感受到传感器的神奇，而目前有限的实验设备只能作一些简单的传感器演示，很难让学生真正体验传感器的内涵。

传感器也是发展最快的领域，实验设施的落后也制约了老师传授新的知识。

使用这个小车平台就很方便了，因为小车的控制核心是单片机，可以采集数字量、模拟量，还可以通过编程读取特殊的智能传感器，可以说基本没有障碍。

同时，由于有了一个主题——**车**，可以将传感器的作用加载上去，使学生能够通过有趣的项目更深刻的理解传感器的功能。

以目前教学常用的温度传感器 18B20 为例，我看过的许多学校学生做的课程设计，多是从网上下载一些程序糊弄过去，功能只是测量、显示环境温度。很少有学生深究这个传感器的性能，如：精度、速度等。因为课题简单且没有趣味，没有深究的需求和动力。

如果基于小车设计这样的题目：

要求小车在指定区域内快速找到最高温度点，并且精确测出此点的温度。

评测时，在教室空地上挂个白炽灯，每个学生都将自己的小车拿去测试，以速度和准确度评定成绩。并且可以抽查学生的程序，要求解释，以避免抄袭。

我想这样学生就有动力去深究 18B20 的性能了。18B20 的设计很完善，它的精度从 9 -

12 位，速度也不同，9 位时测量速度约 94 ms，12 位时却要 750 ms。所以在这个题目中，寻找过程应该使用低精度，测量温度时再使用高精度。

通过这样的练习，我想学生不只是对知识的理解深刻了，在解决问题过程中，思维方式也得到了锻炼，对日后工作大有好处。

而这个题目的实施，几乎没有任何障碍，只需在小车上焊一个 18B20 即可，如果为了降低开销，还可以使用插座，那只需备几个 18B20 供学生借用。

还有许多传感器都可以仿此实施，如光敏电阻、测距传感器、加速度传感器等。因为有了一个基础，所以老师、学生都可以集中精力于所学内容，而不至于为准备“鞍子”而费心，也不必受制于现有的实验设施。

新的传感器层出不穷，而且智能传感器越来越多，在体验这些传感器的同时，还将大大提高学生的编程能力，使得他们的计算机知识更加扎实，不像现在，多数大学生在毕业时几乎没有编写过像样的程序，更谈不上用单片机、计算机解决实际问题了。

## B、自动控制原理

我是学自动控制的，从当时学习的感受来说，由于没有足够的实验条件，以及有趣的控制对象，所以几乎没有真实感受过经典控制理论——PID 控制的好处，多数是从记录仪上的曲线来想象的，它对现实世界意味着什么几乎不知。据我了解，现在的学生没有改善。

因为那些控制对象毫无生气，所以很少有学生真正花时间去测试对象特性、优化整定值，也就谈不上能使用 PID 理论解决现实问题了。

可如果用小车作为载体，就可以做出许多有意思的挑战项目，因为小车采用两轮差分驱动，每个轮子都有码盘检测转动情况，要走直线必须根据码盘控制电机的功率，所以可以将控制小车走一定距离的直线作为题目，要求走的越直、越快越好。

控制对象为两个直流电机，反馈为码盘脉冲。这个控制与“**倒立摆**”有些类似，只是映射到水平面上了，难度降低，对于学习自动控制而言，其内涵是相同的，但趣味性、可参与性要好许多。

还可以在小车上装一个光敏电阻，要求小车走到一个距灯泡指定距离的地方，根据小车到达的速度和精度来评判控制的水平。我想这个也包含了自动控制的核心，但是对于学生而言要比记录纸上的曲线生动许多，且更易理解。（此例源于《乐高组件和 Robolab 软件在工程学中的应用》一书，美国 Eric L.Wang 等著）

以上只是举两个例子，我想老师会设计出更合理的教案，使学生可以通过有趣的练习获得真才实学。

此外，还可以结合当前的科技热点设计一些拓展项目，激发有潜力的学生深入探求的热情，如目前的“月球车”、“动车组”就是很好的题材。

可以要求学生了解“月球车”的需求，使用智能小车作出一个“神似”的模型，尽量模仿月球车的功能，看谁做得更接近其精髓，使学生切实感受知识的重要。

“动车组”也是一个很好的题材，将学生组成小组，要求小组内的小车串联在一起，比赛看哪一组的小车跑得快，停得准。让学生真实感受一下设计“动车组”工程师们付出的艰辛。

学生也可以此平台为基础，在上面做一些课程设计和毕业设计，这样不但能大大提高效率、降低开销，而且可以更多的融入所学知识，不至于因为要从基础做起，耗费过多时间，耽误了主题。

## 4.2、从与现有实验设备的关系角度考察

由于成本原因，小车不可能很先进、完善，否则就没有实施的可能了。所以它应该是现有实验设备的互补，具体表现在以下几个方面：

A、由于管理原因，目前的实验设备很少能做到学生按需使用，这个小车可以缓解这个矛盾。

B、实验设备的内容相对固定，老师发挥受到限制，所以可以利用现有设备锻炼学生的基本技能，而利用小车来培养学生的创新思维。

C、由于小车是学生自己拥有，学生可以随时验证所学的内容，减少了学生对学校实验室的依赖，同时也减小了学校维护设备的压力。

D、由于每届学生可以重新开始，所以学校不必为现有设备的落伍而担心，可以利用每届学生的小车方案更新来弥补实验室设备的陈旧，使学生跟上电子技术的发展，而不至于到今天还让学生使用 8052 + ADC0809 如此古老的设计。

E、由于有更新的可能，也促使有想法的老师主动改进教学内容，不至于受制于陈旧的实验设备，导致教出的学生脱离实际。从另一个角度看，也消除了某些老师不思进取的借口，因为在目前模式下改变实验设备和实验内容确实不易。

## 4.3、从教学之外考察

除了上述直接的教学用途外，这个小车平台在以下几个方面也能起到一定作用：

1) 如果真能按此实施，在这些专业中，拥有这个小车平台的数量应该和计算器相近，超过 PC 机的拥有量，使得基于这个平台开展校内“机器人竞赛”成为可能。如果设计合理，可以办成常规性的赛事，如同各种球类比赛那样普及。

以往学校组织这类竞赛通常受制于器材，导致组织困难、参与面小、水平低，达不到预

期的效果和目标。

- 2) 如果有这类健康、有益的比赛填充学生的业余生活，可以将部分学生的精力从电脑游戏中分流，向合理的方向引导。不能单方面责怪学生沉迷于电脑游戏、网络聊天，对于那些无体育特长的学生而言，确实没有什么有趣的活动可以参与。
- 3) 可以不断组织展示活动，让那些“小车进化”做得好的同学得以表现，并且辅导他们完善相关资料，最后以此作为向用人单位自荐的辅助手段。目前，用人单位对那些成绩单、简历已将信将疑，如果能够交出一份凝结着自己四年知识结晶的作品，应该更有效。

## 五、可行性分析

这个方案最大的实施障碍应该是成本，如只从技术、性能角度考虑，目前的 LEGO、慧鱼器材都是不错的选择，国内的一些教育机器人产品也是可以选择的对象。但是从成本考虑，这些产品均无法被采纳。这是我这些年一直致力解决的问题。

我所定位的小车平台在 200 元以内，因为是作为学习器材，以散件方式提供，并且达到：

- 1) 电路及所选器件必须便于初学者自己动手；
- 2) 所选器件尽量便宜，以减低参与的心理门槛；
- 3) 电路设计要便于初学者理解工作原理；
- 4) 要允许易出现的错误，通过设计降低意外损坏的可能；
- 5) 要降低意外损坏的维护费用；
- 6) 要便于扩充、升级，以适应多层次、多样化的要求，以及自身的发展需求；
- 7) 基本开发手段要尽量便宜，不要造成“鞍子比马贵”的现象；
- 8) 要有足够的公共资源作为参考。

综合上述目标，我摸索、设计了一个方案，基本满足了上述需求。

控制 MCU 选用国内教学使用最多的 51 系列单片机，但选择了改进型 STC12LE5412AD，有 12K FalshROM，512 字节 RAM，关键是扩充了 8 路 10 位 A/D，以及 4 路 PCA，弥补原来 51 系列单片机的主要缺陷，并且速度大大提高，经典 51 是 12 分频，22.1184MHz 下只有 2MIPS 左右，而此单片机接近 12 MIPS。还支持 ISP，不需要额外的编程工具。

此外是设计了一个经济、小巧的底盘，使得小车比较精致，方便了学生携带，降低了场地大小的要求，更适合在教室、宿舍中等狭小空间使用，不必费时、费钱的准备场地。

还有设计了便于扩充的结构，因为是针对电子类的学生，所以主要侧重电子方面的扩充，如添加传感器、增加无线通讯等，甚至可以替换 MCU。没有考虑结构方面的改进需要。

详细的小车信息见附件，或登陆：[www.embedream.com](http://www.embedream.com)

这样设计后的小车基本配置为 198 元/套。

多数学校在课程设计、毕业设计阶段，会提供一些经费给学生，组织工程训练本身也要准备一些开支，总合将超过这个金额，所以此方案应该是可行的，只是将后期所需的费用提前支出了。

但是相对于那些临时凑合的设计，不论是知识内涵，还是实际的效果，小车都有优势。目前学生所作的课程设计、毕业设计由于能力、手段限制，通常水平很低，勉强应付完答辩后即束之高阁，多数成为电子垃圾。

小车则不同，它将伴随学生走完四年的大学历程，成为学习的辅助手段，如同电脑、计算器一样，是一个不可或缺的学习用品。或许还能帮助其找到如意的工作，并在工作中成为继续学习的帮手。

这个方案重要的前提是：为每个学生提供机会！

如果忽略了这个前提，那选择将会完全不同。

## 六、结语

我所提的这个构想虽然主题是单片机学习，但所针对的是大学生目前最大的不足——实践能力差，实质是工程素质差。

期望学生能在小车的制作、进化过程中、课程练习中学会自己思考，学会自己查阅资料，学会合理利用资源，学会求助、合作、交流，学会书写技术文档，这些都是一個工程技术人  
员必备的素质，也是目前毕业学生最缺乏的。

小车只是载体，所带给学生的主要不是知识，而是一个实践的过程，期望学生能从这个过程中得到真正的收获！

---

丁 齐

2007年5月27日星期日