

6 年、44 万字、10000+ 人……

“一生一芯”：零基础“小白”，自学也能造芯片

■本报见习记者 赵宇彤

如果你不懂计算机理论，或是一名艺术生，但突然想造一枚芯片，这算天方夜谭吗？

知乎的一位年度新知答主会告诉你，这不是幻想，而且已经有本科生做到了。就在今年，这位答主还帮助哈萨克斯坦的一位学生造出了该国第一枚自主设计的处理器芯片。

这位不断在社交媒体上给学生们“打鸡血”的“科研八卦人”，正是中国科学院计算技术研究所(以下简称计算所)副所长、研究员包云岗。

6 年前，作为中国科学院大学计算机科学与技术学院副院长，包云岗以中国科学院大学为大本营，立下“让本科生也能做处理器芯片，让本科生也能带着自己设计的处理器芯片毕业”的目标，并由此开启了“一生一芯”项目。

如今，这个项目已经从第一期的 5 名学生，到参与人数破万、覆盖国内外 800 余所高校，并开设多个高校工作室试点。这个以学生自主学习为主的“教育实验”，远超包云岗最初的构想。

不同专业、不同学历，这群在“象牙塔”里因为热爱聚集在一起的年轻人，已经开始学着主导自己的故事了。

让本科生做芯片

2018 年 11 月 8 日，在我国乌镇举行的世界互联网大会上，中国开发指令生态(RISC-V)联盟正式成立。晚间的庆功宴上，包云岗提出一个大胆的想法——让学生参与开源芯片建设。

“让本科生也能做处理器芯片，让本科生也能带着自己设计的处理器芯片毕业。”包云岗一边思考，一边讲述如何将教学和开源芯片相结合。桌上的人都渐渐放下筷子，聚精会神听他介绍。

让本科生做芯片，能成吗？

“通过长期观察，我发现我国在计算机体系结构领域的人才短板问题十分明显，学术界和工业界的交流与合作不足。”包云岗告诉《中国科学报》，在传统芯片设计人才的培养中，学生经过四年或七年的理论学习后，再进入工业界了解开发流程，周期长，耗时久。

“在有些学科(如计算机系统)，学生只有通过‘做中学’这种教育模式才能真正掌握知识，而不是听讲、阅读与做题。”包云岗曾在知乎回答，实践对于系统类课程至关重要。那么，“如何弥补教学环节中的实践缺口，让感兴趣的学生尽早接触真正的芯片开发流程？”

恰逢其时，RISC-V 进入了他的视野。

面对全球芯片行业被 X86 架构和 ARM 架构垄断的局面，美国加州大学伯克利分校教授克斯特·阿萨诺维奇(Kriste Asanovi)和图灵奖得主大卫·帕特森(David Patterson)决心打造一个开源指令集架构。2011 年，他们发布了 RISC-V 的初始规范，包括 32 位和 64 位的基本指令集。

一条新的赛道正在开启——任何用户都可以不受限制地获得 RISC-V 指令集，并基于此进行学习和扩展，形成具有自主知识产权的处理器 IP 或芯片。

这将是一座巨大的宝库，或许有望改写半导体行业规则。

“2014 年，我们就开始接触 RISC-V 了。”包云岗敏锐捕捉到这一机遇。2015 年，RISC-V 国际基金会正式成立，计算所作为创始成员参与其中。

然而，面对陌生领域，应该做些什么，又该怎么做？包云岗大胆假设：不如让学生参与 RISC-V 的建设。

“一方面，RISC-V 要快速发展壮大，需要更



多人参与其中；另一方面，面对新技术，很多企业有顾虑，不敢贸然应用。”仔细梳理后，包云岗想到了 Matlab，这是一款从学校实验室“发家”的商业数学软件，“从一个帮助学生理解数字计算的教学工具，逐渐发展成全球科学计算和仿真模拟领域的龙头企业”。

这让包云岗更加确信，“面对一个充满不确定性的新兴领域，学生反而更愿意尝试新鲜事物”。他也曾总结 Matlab 发展折射的几大理念，“追求把东西做出来，而不是把论文发出来；把东西用起来，而不是做完就扔；把教学场景用起来，而不是把教学当作负担；把持久战的意识树立起来，而不是期望速胜。”

他决定开展一场教育实验：让学生面对真实问题，亲自动手去做、去尝试，并应用所学的知识，将其转化为实际的行动和能力。

“我自作主张地给这个计划起了个名字：‘一生一芯’，初衷是希望有一天每一名学生都能带着自己设计的芯片毕业。”包云岗笑了笑。

2018 年乌镇的那个夜晚，他提及的这一想法得到了在场老师的认可和支持，“大家都关注到了芯片人才培养产学研节的问题”。

“我相信‘一生一芯’终将改变芯片人才培养格局，但第一步必须打破‘本科生不能造芯片’的观念桎梏。”包云岗神情严肃地说，“因此，选择哪些老师、哪些学生参与，去哪里寻找合适的流片(即设计完电路后生产少量芯片样品供测试用)渠道，各个方面都要做足准备。”

“最大的困难在于转变思维”

2019 年 6 月 14 日晚上 9 点 05 分，包云岗在教学团队微信群里兴奋地说：“第一批‘小白鼠’找到了！”

“一生一芯”的首批“小白鼠”是中国科学院大学的 5 名 2016 级本科生。“这 5 名同学均被录取为计算所研究生，我们逐一询问了他们的意愿。”包云岗告诉《中国科学报》，尽管学生们心里打鼓，但都愿意接受挑战。

包云岗和教学团队不敢懈怠。8 月 20 日零点，微信群里依旧讨论得热火朝天：从总体方案到技术路线，从基础平台到开发环境，最后落实国产 110 纳米工艺的流片渠道……敲定一切细节后，“一生一芯”计划蓄势待发。

8 月 27 日，首批 5 名同学和教学团队开了“简单但意义重大”的动员会。在场的人有的穿着短裤，有的穿着凉拖，但所有人的心情都和这个夏日一样火热。

然而，团队很快就碰到了“拦路虎”——要想在毕业答辩现场展示芯片，最合适的流片班车(即芯片生产时将多个集成电路设计合并在一起进行流片)时间只有 12 月 17 日，距离动员大会不到 4 个月。

“最大的困难在于转变思维。”计算所博士、“一生一芯”计划培养方案设计者兼首席讲师余子濛打了个比方，真正的处理器是个复杂系统，课堂上学生接触的更像是填空题，实际工程中面对的却是问答题。“课程实验的主要目标是巩固知识点，但在真实的芯片制作过程中，学生需要从全局视角分析问题。”

“芯片开发过程中可能会遇到各种困难，一些看似硬件设计的问题，最终可能是软件配置错误造成的。”包云岗解释，实际的产品研发和科研工作中，往往不是从开头开始，更多的是在已有的基础上增加新功能、提高性能等，“这就需要培养学生‘理解—消化—创新’的能力”。

对教学团队来说，这也是“摸着石头过河”的尝试。

“我们当时也没有流片经验，学生更像是我们的队友，一起探索。”余子濛说，没有手把手教学，“一生一芯”项目坚持教师引导思路、日常自主学习、独立解决问题、每周集中汇报，有条不紊地朝目标前进。

热火朝天的讨论间外，RISC-V 市场也是一番热闹景象。

2019 年被称作“RISC-V 进入主流市场元年”，首届“中国 RISC-V 论坛”召开，多家企业发布相关产品……计算所也不甘落后，牵头发起“香山”高性能开源 RISC-V 处理器项目。

千帆竞发的市场态势下，对人才的需求也水涨船高。2020 年 6 月 2 日，5 名学生发布了由自己主导设计的 64 位 RISC-V 处理器 SoC 芯片——“果壳”，真正让“一生一芯”走进了公众视野。

“很高兴能把课堂中的知识应用到实践当中。”“一生一芯”首批成员王凯帆告诉《中国科学报》。后来，首批 5 名成员全部加入“香山”高性能开源 RISC-V 处理器项目，并成为技术骨干。

“考的就是真本事”

“第三期可以支持 100 名学生参加，有机会获得自己设计的芯片！”2021 年 6 月 26 日，包云岗在知乎发布招募令，“一生一芯”开始面向全国大规模招生。

不限专业、不限学历，还能免费流片，不少人跃跃欲试。

“第三期报名人数超过 700 人。”余子濛说。这可难坏了教学团队，老师少、学生多，该怎样平衡教学资源？

“一生一芯”项目组的老师解壁伟想了个“好点子”——先选拔一批基础好的学生担任助教，再让他们指导其他学生。这套“让学生指导学生”的机制一直沿用至今。

第三期学员中，表现优异者承担起了助教的职能，计算所 2022 级直博生陈璐便是其中之一。她介绍说，目前“一生一芯”已建立了一个 40~50 人的学生助教团队。

“要成为‘一生一芯’的正式学员，先要经过预学习阶段，具备一定的基础水平后再参加入学答辩。”余子濛详细解答了“一生一芯”的培养流程，“报名‘一生一芯’后，学生助教会组织线上学习、答疑解惑，没有截止日期(DDL)和硬性时间要求，完全是随到随学的模式”。

不过，这一灵活自由的教学模式也对授课内容提出了严格要求，要让大家看得懂、学得明白，必须有一本足够详细、丰富、深入浅出的讲义。于是，在科研课题和“一生一芯”项目两头跑的余子濛，开始挤时间整理思路和内容。一字字、一句句、一行行，慢慢地，从第三期 120 个字的简单表格扩充成 44 万字的详细讲义。

“这讲义不仅教你知识，还会教你如何获取知识。”上海科技大学 2024 级硕士生姜海天说，“相比市面上的其他教材，这本讲义更成体系，任何人都能免费获取。”

“‘一生一芯’对绝大部分学生来说并不轻松，不仅要学习新知识，在新环境中使用新工具，还要锻炼独立解决问题的意识和能力。”余子濛解释，“一生一芯”希望帮助学生完成从课堂学习到解决业界和科研真实问题的过渡，在理解知识点、具备全局系统观的基础上，寻找解决问题的线索。“讲义不会告诉你所有细节，你需要从相关资料和代码中找到重要信息。”

“独立解决问题才是最大的训练。”余子濛反复强调，同学提供思路、助教帮忙设计方案、找“大佬”要一本攻略手册……任何直接获得答案的做法都是在放弃训练的机会。“只有在试错中才能真正理解‘为什么好、为什么不好’。”

解壁伟笑称，“一生一芯”的成功离不开两大“法宝”，一个是丰厚、翔实的讲义，另一个是认真、严谨的学生助教团队。

2024 年，姜海天也加入了助教团队。深感以往高度依赖人工维护培养流程的繁杂，他干脆设计了一套自动化方案，用以支撑更大规模的人才培养。

最后，只有通过在线调试考核的学生，才能获得流片机会。“助教会随机注入 3 个程序漏洞

或错误(bug)，涵盖软件、硬件和环境，学生必须在指定时间内排除。”余子濛说，在真实的项目中，问题可能会出现在任何地方，“一生一芯”希望通过新型考核方式，引导大家掌握计算机系统的全局构建能力。“参考代码、抱大腿”都没戏，考的就是真本事。”

热爱没有门槛，也不是“名校特供”

“什么样的事值得我们投入去做，甚至投入一辈子去做？有意义但难度很大的事情。”包云岗曾如此评价“一生一芯”，也曾笑称自己“更像个啦啦队长，给大家打鸡血”。

“精神力量”是包云岗常常挂在嘴边的词，不仅包括信念的力量，更要有“千一行爱一行”的热爱和内驱力。

随着“一生一芯”的招牌被越擦越亮，很多零基础的“小白”也慕名而来。山东建筑学院 2020 级本科生王郭尊就是其中之一。

自幼学习美术的他，在一次写生途中偶然刷到一篇知乎文章。“大家说‘一生一芯’难度很高，很多名校出身、相关专业的学生都坚持不下来。”他不信邪，“真有这么难吗？我想报名试试。”

从艺术专业“跨行”学习芯片设计的他，起初甚至不知道什么是数字电子、模拟电路。他开始没日没夜地补课：C 语言基础、数字电路……“基本上一天能学 12 个小时”。主动学习新知识、在实践中发现并解决问题，在啃下“硬骨头”的过程中，他慢慢萌生了对芯片的浓厚兴趣。

“他对知识的理解能力、动手实践能力都很优秀。”包云岗对王郭尊印象深刻，“如今，他已经成了‘香山’项目开发中的核心骨干”。

从零开始入门到完成流片大概需要 500 个小时。余子濛提到：“这和修读本科计算机系统方向的所有核心课程，并完成相应的课程项目所花的时间差不多。这样看，人才培养没有捷径。”

“我们不看重学生的基础，更重视他们做事态度的态度。”包云岗反复强调，在他心里，“一生一芯”的最大特点是开源，用开放的姿态拥抱每一名因热爱而相聚一堂的学生。这份热爱没有门槛，也不是“名校特供”。

目前，“一生一芯”的“朋友圈”越来越大：不少完成项目的学生因为热爱而在各自学校播撒着“一生一芯”的种子。

深圳技术大学“一生一芯”工作室负责人、该校 2022 级本科生杨昊天告诉记者，为了帮助更多零基础的同学入门，他们对“一生一芯”进行了更细的阶段拆分，还设置了工作室小课堂、技术分享会等活动。

同时，“一生一芯”也尝试走进课堂。计算所 2025 级直博生、“一生一芯”助教曾锦鸿表示，中国科学院大学的“开源处理器芯片设计实验课”“希望将‘一生一芯’与课堂结合，让大家对处理器芯片形成更系统的认识”。

“不少高中生也积极参与，我们希望能从中挖掘更多对芯片感兴趣、有热情的苗子。”包云岗说。此外，“一生一芯”还和产业界成功“握手”，同武汉凌久微电子开展了为期半年的培训合作，线下实践基地的北京开源芯片研究院也获得了专项经费支持。

走过六载春秋的“一生一芯”得到了越来越多的认可。而这些成就背后，汇集了无数人的热爱与奔赴，其中包括学生、助教、老师，以及包云岗本人。

“总是要有人去做一些不同的事。”包云岗曾在知乎写道。开源芯片就是其中一件。“开源本身就是一种体制机制上的创新，而优秀的开源项目就是一种记录和传播创新的出色载体，也是孕育创新的沃土。”

在以 RISC-V 为代表的开源芯片的新赛道上，赛点或许不是你有无，也并非早一步或晚一步，而是开源生态的建设。“一生一芯”项目，为更多热爱芯片的人提供了广阔舞台，也在这片沃土收获了累累硕果。

这一场别开生面的教学实践，也成了连接世界的桥梁。

今年 3 月，在“一生一芯”项目组的支持下，哈萨克斯坦历史上首枚由本国主导设计的处理器芯片在中国被成功点亮。“这是‘一生一芯’计划首次走出国门、走向世界的第一步。”包云岗兴奋地在知乎写道。

学完就训，他们大学四年“动手”没停

■本报记者 温才妃

北京交通大学软件学院本科生郭佳就像是一位“项目经理”。小组要完成电影推荐系统的开发任务，对照着甘特图，哪名同学负责测试、哪名同学负责开发，她都要督促大家按时完成。用软件人的话说，“相当于把一个系统拆解为若干个任务驱动”。

这只是一次常规的课程实训，但分工明细。她让同学们体验到“项目经理”“产品经理”“系统设计师”等要完成的任务。

如今已大四的她，对大学的印象“并不是上了大学就解放，相反，我的大学生活中总在实训，不停地动手”。

大一学了 Java 语言，他们当期便设计了一个迷宫游戏；大二学了数据库、操作系统等课程，便马上开发了一款合同管理系统；大三学了机器学习、操作系统、计算机网络等专业课，他们又开发了电影推荐系统……

为什么有如此多的实训？

综合性实训，解答“学了有什么用”

早在 2003 年，北京交通大学软件学院就在全率先提出“实训”的概念。在实践中边学边训练的做法，后被教育部采纳，在全国高校中推广。20 多年来，学生们解决真问题的呼声不断，实训也在不断迭代升级。“目前，我们本科生

采用的是 3+1 制，前 3 年在学校学习、实训，最后一年在企业实训，分为课程实训、学期实训、企业实习、毕业设计四个阶段。”北京交通大学软件学院教授卢晋说。

乍一听，三年理论学习+一年实习的模式并不新鲜。虽说企业并不愿意要三年纯理论学习，及至第四年才实习的那些缺少动手能力的大四实习生，但是要考虑到学生大一、大二有较多公共必修课，且大一至大三课程通常排得较满，3+1 又是国内高校不得不采取的模式。

北京交大的 3+1 制有所不同，既然学生“出不去”，不如把项目和工程师“引进来”。

以课程实训为例，卢晋几乎每年都会召开学生座谈会，了解教学效果。有学生反映一个学期有两到三门专业课，每门课教师留 10 个实验作业，三门课就得做 30 个实验，而用以验证某个算法的实验规模较小，学生并不知道这些算法有什么用处。“各门课程的实验有一定重复性，也没有实际场景，这样的实验即使做 50 个、100 个，对学生能力的提高也没有太大作用。”卢晋说。

他索性做了一项大胆的改革，取消课程的验证性实验，把该学期内两三门专业课的核心知识点提取出来，以项目付费的形式，邀请工程师围绕这些知识点、结合工程项目设计出一个综合性的实践项目。

在操作系统课中，有一个多线程编程的知识

点，北京交通大学软件学院教授邢薇薇常常会在下课后被学生追问这个知识点学了有什么用，可以用在何处。

“能不能给我找个实际的应用事例？”邢薇薇向合作企业诉说了需求。很快，企业方给他们设计了一个多窗口售票系统。无论是买车票、电影票、公园门票，每个窗口都相当于一个线程，窗口之间需要协同，用多线程编程可以实现该系统的功能。学生一下子来了兴趣。

学完就训，节奏快到一周完成

一辆辆“小车”缓缓经过大桥向隧道驶来。“小车”越来越多，不一会儿，左行路段发生了交通“拥堵”。通过后台调整红绿灯时间，操作者让左行的绿灯时间更长一些，有效分解了交通拥堵的压力。这是智慧交通的一个模拟场景。

“光是车型，我们就采集了 20 多万张真实图像。”来自企业的兼职教师、中软国际教育研发负责人赵炜玮告诉《中国科学报》，由于真实车辆与模型车辆有差别，真实数据在模拟场景下的准确率并不高。为了提高识别准确率，模型训练要不停采集数据、训练。

赵炜玮在北京交大实验室里待了快一个月，他全程指导学生开发这一项目。“如今，本科生能接触实际项目、前沿内容，相当于提前进入了一

个行业”，这让多年前毕业的他羡慕不已。

课后，不少学生留在实验室中，对新方向跃跃欲试。比如，病人生病了不知道去看哪个科室，开发大模型做导诊助手的灵感就是学生带给赵炜玮的。深有同感的还有郭佳。

在做电影推荐系统时，学生的自驱力被极大地激发出来。为了把系统做得更加完善，“我们自学了深度学习方面的内容，调研了市场上同类公司的典型算法，阅读了顶会、顶刊的学术论文”。郭佳说。

邢薇薇表示，北京交大软件学院的师资由三部分组成——1/3 专职教师、1/3 企业兼职教师、1/3 外籍教师。

很多课是专职教师上不了的。比如，大三多门课程需要软件项目管理的经验，只有担任过项目经理的人才能讲授。企业教师在讲台上拿出一个大项目做事例分析，这是缺少事例与实践经验的专职教师做不到的。

学完就训。节奏上快到周二才上完理论课，周五就展开实训。

工科的课程量通常较大，怎么保证学生学完就训？他们是做了“取舍”的——原本 64 周的理论课时被砍掉一半，改为 16 周理论课时、16 周实验课时。即便是 16 周，也不是全部上理论课或实验课，而是理论课上到第 8 周时，马上开展一次综合性训练。

在郭佳的记忆中，实训项目是连续不断的。课程结束、考完试后会有两三周时间，“我们又进入学期实训阶段”。学期实训同样是由企业兼职教师结合学生所学知识、与专职教师共同设定的。

大四那年，企业给学生发工资

在实训过程中，郭佳一直在考虑将来选择科研还是工程。最后，她发现自己更喜欢科研，“喜欢做出对业界有意义的研究”。

大四时，郭佳提前进入了保研导师课题组，她身边打算就业的同学则进入了企业实习环节。有一名同学为了做毕业设计去了一家企业实习。有意思的是，这家公司正好在开发高校毕业设计系统。该同学参与了前端设计和后端开发，不仅顺利完成了毕业设计，还在自己的简历上增加了浓墨重彩的一笔。

邢薇薇表示，传统的本科生毕业设计通常由导师出题，主要涉及导师的科研方向，很多题目是导师自己想出来的。这类毕业设计与企业真实需求相脱节，照此方式培养出来的学生“高分低能”，会考试，但不会解决实际问题。毕业设计“真题真做”则极大提高了学生的工程能力。

就像一个循环。学生在读期间，学校购买项目事例，向企业付报酬。学生大四时到企业实习，企业给他们发工资。逐渐地，一些企业的观念也发生了转变，更希望通过实训筛选出优秀学生，他们入职不用培训，就可与岗位无缝对接。

不过，这做起来并不容易。有些高校来北京交大调研，想学习 3+1 模式，但总有一些课程不能排进大四。但即便如此，前来“取经”的高校仍然络绎不绝，这一模式在越来越多高校落地开花。