1. **能具体介绍一下您的实验室目前的研究方向吗？**

我们的实验室在大方向上属于集成电路设计，具体而言，我们的实验室着眼于**新型计算范式**的集成电路研究，主要包括**类脑计算、存内计算、随机计算**这三大方向。有别于其它课题组的是，我们实验室主要研究**基于传统硅基集成电路**的新型计算范式，注重成果能够与现有大规模集成电路标准工艺结合；其它课题组可能会更多地关注基于新型器件的新型计算研究。基于以上研究方向，我们团队的研究范围覆盖从底层电路到顶层应用的方方面面，从芯片设计到算法研究，再到供应链，各个方向都有涉及。

1. **可以科普一下这几个方面具体是做什么的吗？在未来现实生活中的前景如何呢？**

这三个方向其实都在一定程度上源于**生物脑启发**与集成电路设计的结合。我们知道传统的计算结构基本都是基于冯诺依曼体系，在冯诺依曼体系下存储和运算是严格分离的，在计算时就需要在存储器和运算器之间进行数据搬运。然而对于现在的许多人工智能应用场景，它的数据量都很大，如果采用冯诺依曼体系，运算过程中就需要反复地搬运，这就造成了很大的冗余功耗。对于端侧而言，譬如我们所用的手机，这样的高功耗往往是不能接受的。而我们所研究的新型计算所追求的一大特点就是**低功耗高性能**，希望能够比传统的GPU更好地运用在端侧。

除了降低运算功耗，新型计算的另一大特点就是**生物脑启发**。我们说，人脑是强人工智能的唯一参照物。人脑的体积不大，但其中的连接很复杂，通过10个11次方个神经元，10的15次方个突触，它们之间的相互连接，就可以以很低的功耗，完成多种多样的工作——一天三顿饭，就能做到图像识别、目标跟踪、目标识别，路径规划，你想象的事情，机器能做的人脑都能做，而且速度更快，功耗更低；此外人脑还能实现情感和自主意识。由此可见，尽管迄今为止人类人工智能领域已经取得了诸多成果，但是目前所做出来的我们还是把它叫做弱人工智能，它和人脑相比还是相形见绌的。我们通过类脑计算等由生物脑启发得来的计算体系的研究，或许可以探索出一条**走向强人工智能**的道路，同时也可能可以**促进生物脑的研究**。譬如我们知道艾隆·马斯克以及有些国内的研究团队现在在做脑机接口，他们做生物脑智能体的研究，我们做计算机或者说芯片智能体的研究，这两边可能就可以做一些融合和相互促进。

1. **目前的研究中有哪些瓶颈呢？**

对于我们的研究方向，目前的一大瓶颈其实在于生物学家还做不到一个人的全脑的解析。一方面，前面说到人脑中有10个11次方个神经元，10的15次方个突触，它们相互连接的拓扑就会非常复杂，这种**网络拓扑的复杂**程度可能比我们想象中的计算系统都要复杂地多得多。另一方面，人脑的**生物化学机制非常复杂**，其中包括各种神经递质的作用机理，它们对神经元会产生抑制、反抑制、长时间增强、短时间增强等多种作用。就单个作用机制而言，生物学家目前研究地还是比较清楚的，但是对于全脑而言，这些作用机制之间产生复杂的相互作用，为什么就能形成影像、情感、意识，这个事情其实是没有弄明白的。所以现在就相当于说这些理论基础并不是那么完整，但是我们也不可能等到生物学家把它全都搞明白了再去做。从某种程度上讲的话，我们现在也在摸着石头过河，希冀可以和生物脑研究形成双轨互相驱动发展的这种模式。

1. **实验室是如何发挥它作为科研的沃土作用的呢？您和同学们平时在实验室中是怎样交流学习的呢？**

我觉得实验室作为一个科研的平台，它能给大家带来的支持有几个方面。首先是“软”的方面，也就是**实验室的氛围**。在我的团队里，不会说以一个偏工程的方式每个人大家都做同一件事情，也不会说大家各自做的差异性特别大，之间相互交流的机会都没有。可以说都是着一个宏大的目标，但是大家分工各有不同，譬如可能互相之间是上下游关系，或者说是横向的几条不同的技术路线。我觉得这就是从软的角度来讲的话，提供给大家一个**充分自由交流**的机会。

然后是“硬”的条件。对我自己的博士生而言，基本上就是如果是做硬件的话，那么可能在整个博士阶段能够有**3~4次流片机会**。虽然流片的成本很高，但是我觉得作为一个集成电路学院的学生，那么未来肯定希望大家在流片能得到充分训练。在我的实验室，只要你有好的idea，同时你有好的方案，那么我是积极鼓励大家、支撑大家去流片的。

至于如何指导学生，我们会有组例会的形式。我们课题组的模式是：每周由一位博士生做时长**1~2小时的主题报告**，在一个学期中每位博士生轮流报告，介绍他的工作。虽然可能这个报告不是和组内所有学生的研究方向都关系十分密切，但是我会要求每位学生必须去认真听，然后**在报告后进行提问**，起到学术交流的效果，拓展每个学生的知识面。在主题报告之后，我们还会有**常规的工作汇报**，由每个同学讲讲他最近的工作，或者给流片定下进度。

除了组会以外，我还定期会找博士生**一对一地去聊一聊他的研究方向**，了解他最近的研究进展。当然，我觉得组会和一对一谈话形成的外在激励其实是次要的，我觉得你要真的要做研究，最重要的还是研究兴趣和自我驱动能力。我们从事的研究肯定都是新知识，对这些新知识而言，学生会深入地更深一点，导师则会更多地从宏观的方向了解。我们只能教给你工具怎么用，教给你实验手段是什么，但是至于这个东西到底是要怎么做，这就是你需要去研究去探索的东西，而不是课程教授的东西。

1. **您对本科生科研有什么个人的见解吗?您的实验室对想进行本研的学生在GPA/综测/科研/实习经历方面的要求标准如何呢?**

我其实**不太看重GPA**，这只是体现你们学习能力的一方面。学习知识考试能力和**把书本上的知识转化成你们的个人能力**，其实中间gap还挺大的，有些人考的GPA很高，但不见得说他适合做电路。**创新**这件事情更深奥，怎样从别人研究工作当中来迸发出一个点子，创新也有各种各样的类型，比如说有的创新是一种集成创新，在别人文献看到一个a方案，看到一个b方案，我把a和b**结合**后，我就成功创新了；有的时候可能看到a的方案，突然觉得可以**再往前走一走**，这又是另一种创新。

关于我对学生的要求，首先我建议先来**听听组会**，知道我到底在做什么，我的实验组做的东西是不是跟你自己的**研究兴趣**是match的，这是第一点。我的组会在**微纳525每周五的上午9点**，大家可以随时来听，在组会开始会有**主题报告**，这个主题报告会进行比较整体地宣传。第二点就是想进入我的实验组对于**GPA是没有什么要求的**。而且就集成电路学院来讲，我觉得大家可以在所有导师的组会上听一段时间，你想换到别的组，这都是**自由**的。

但是对于我的学生做研究，我会要求几个基本能力，第一个是**文献阅读**的能力，要能看懂基本内容并且有独到见解，第二个我个人会更倾向于**自我驱动能力比较强**的学生，他很有冲劲，在自己的驱动力牵引下，他会从事科研更容易。如果你自己都很迷茫，只是说要找一个实验室，为了有一份研究的经历，我不建议进我实验组，也不建议进入任何研究组，这样没有意义。当你有自我驱动能力，**有motivation**，**追问能力又很强**，才能往前走很多。

1. **对类脑计算这方面感兴趣的同学，你有什么推荐的课程或者书籍吗？**

坦白地说，类脑计算是蛮新的学科，讲脉冲神经网络的书没有太多。有些综述性的文章以及比较经典的工作，我觉得可以看一下，例如**IBM的TrueNorth**（真北芯片），以及**脉冲神经网络**相关的一些书籍。关于推荐的课程，如果你想做类脑芯片的话，还是希望大家对**人工智能包括深度学习**这方面的知识有所涉猎，因为它只是人工智能的一个分支而已，并没有那么神奇，不是说生物启发就是一个完全偏生物的东西，它仍然基于现有的人工智能这个框架往下走。具体来说，它和人工智能的区别是信息处理的方式不一样。人工智能在处理图像识别等任务时主要采用01代码进行处理，无论是深度神经网络（DNN）还是卷积神经网络（CNN），都在图像上进行反复卷积和特征提取。经过特征提取后，常伴随着池化操作和非线性函数的应用，最终进行分类。这一流程一直是人工智能处理图像任务的典型方法。

在类脑计算中，虽然仍然沿用了之前的处理流程，但对中间的处理环节进行了改变。首先，我们的处理单元不再是传统的处理单元，而是变成了**神经元**，这些神经元又具有多种类型。由于类脑计算更加生物化，神经元在经过非线性函数时不再使用激活函数，而是采用**阈值函数**。这是因为它模拟了生物膜电位的过程，外界不断对膜电位进行刺激，这相当于权重不断增强的过程。当达到一个阈值后，神经元就会发出一个脉冲，传递信息。因此，这一过程被称为阈值函数。

所以，大家如果想做类脑计算方面的研究，要对人工智能相关的基本概念要了解，例如人工智能中**卷积、池化、非线性激活函数，全链接**等这些基本定义，我推荐大家多看一些**人工智能、神经网络的书**。

除此之外，我觉得还需要学习**基本的电路设计**，比如要学**集成电路原理与设计**课，至少电路的**EDA工具**需要学会，以及电路的基本设计语言，毕竟我们要做硬件。

1. **类脑芯片的优势和特点是什么？**

第一点优势是**低功耗**，第二点优势是**存算一体**，人脑是个存算一体的结构，神经元和突触也是存算一体，脉冲神经网络和类脑计算它也是个存算性的结构。第三点，人工智能芯片大部分在云端训练，端侧推理，这种方式就是最高效的，因为在一个大模型训练的时候需要有一个高精度参数去训练，端侧去做的时候人工化低一点去做推断，但有一个问题就是它没办法**在线学习**，大模型训练的时候基于大样本，训练完之后得到结果，如果我见到一个新样本，一个完全没见过的东西的时候，就没法推理出来。现在的神经网络解决方法基于样本迁移学习。但是生物上其实是在线学习的过程，人脑随时都在学习，他有**自主学习**和在线学习的过程，所以它有一些机制去**在线调整**一些参数，类脑计算我们也是在做这方面的尝试，所以它有**在线学习能力**或者**自主学习能力**这一优势，最后一个优势不容易被关注，现在的人工智能网络的**抗攻击能力**是很弱的，比如在原本样本注入一些噪声，基本就无法被辨认，识别精度不够，但是人脑是一个**抗噪能力强**的东西，它虽然可能不太精确，但是类脑计算是基于**脉冲神经网络（SNN)**，基于Spike的，不是基于一个01代码，所以它有很好的抗攻击能力或者在强干扰情况下的抗攻能力。

综上，**低功耗、存算一体、在线学习、抗攻击抗干扰能力**，这是类脑计算芯片特点与优势。