**RLS磁编码器增强两轮自平衡机器人小车的稳定性控制**

在设计两轮自平衡机器人小车时，精确、快速地测量角度旋转是一项关键要求。除此之外，零部件的重量和尺寸最小化也同样重要。东京电机大学 (Tokyo Denki University, TDU) 工学部的学生，利用雷尼绍关联公司RLS的RM08磁旋转编码器解决了这个问题。

**背景**

东京电机大学是一所致力于科学和技术教育的高校，于1907年由两位年轻的工程师广田精一和扇本真吉创立，其办学宗旨是推动工程学科教育，为国家经济发展奠定基石。

石川淳先生在TDU的机器人与机电一体化学科任教，并且在机器人控制系统开发等多个技术领域开展先驱研究。石川淳先生向工学部的学生们提出一项考验：制作一辆两轮自平衡机器人小车。在这个项目中，学生们选择了雷尼绍关联公司RLS的RM08磁旋转位置反馈编码器。

**挑战**

石川淳先生对学生们提出的考验是：如何解决经典的控制理论难题 — 倒立摆。比如著名的Segway（赛格威）电动平衡车，它的技术基础是将倒立摆的质心设计在支点上方。

倒立摆与悬挂摆不同，悬挂摆会在移位后自然恢复到稳定的平衡位置，而倒立摆具有内在的不稳定性。想象一下，将台球杆或扫帚柄直立倒放在手掌上，如果不持续调整手的位置，它就会翻倒。

较短的倒立摆比较长的倒立摆加速远离垂直位置的速度更快，因此需要更频繁地调整位置，而且更难控制。比如，在手掌上保持钢笔直立比保持台球杆直立更难。

Segway所采用的一种解决方案是，将支点放在轮式平台上。这种车辆从IMU（惯性测量单元）获取惯性输入。IMU包含两个传感器：加速度计和陀螺仪。

在这种情况下，垂直轴和水平轴上的加速度计均用于确定重力引起的角度加速度。通过不断监测摆锤的倾斜角和角速度，可使用PD（比例微分）控制系统来驱动车轮向前或向后滚动，以此保持平衡。

学生们决定在他们自己设计的控制系统中采用一种类似的方法，因此他们需要设计并集成一个高效的三件式解决方案，包括倾斜角度传感、控制逻辑和电机驱动电路。对于为此控制应用设计的PCB（印刷电路板），尺寸小且重量轻是集成到车把内的决定性要素。他们对PCB的结构进行了优化，以确保在最小的封装尺寸内集成所有必需的功能。

**解决方案**

将PCB控制板安装在车把内，位于摆锤的顶部，承载所有必需的电子电路，包括固态陀螺仪、微控制器、直流电机驱动器和电源管理组件。

轮式平台的底部有两条轴：连接车轮的水平轴和由紧凑型直流电机驱动的垂直轴。两条轴的交叉处装有一个简单的锥齿轮传动装置，电机通过此传动装置可朝任意方向驱动车轮。

系统必须将方向保持在近乎垂直的极小角度范围内，才能进行有效控制。如果小车朝任一方向倾斜超过30 °，则可能会失去稳定性。为保持平衡，必须以经过精密计算的加速度和速度连续驱动车轮。

为达到预期的运动控制性能，学生们需要一个高分辨率位置编码器来监控和调节电机输出。而且，这个编码器还必须小巧轻便，能够容纳在小车纤薄的垂直结构中。

经过深思熟虑，他们最终选择了雷尼绍关联公司RLS的RM08磁旋转编码器。这款非接触式、无摩擦磁旋转编码器仅重2 g（包括电缆），具有铝制传感器外罩，直径为8 mm，厚度仅为3 mm。

学生们设计了一个细窄的尼龙衬圈，作为电机轴与RM08编码器的磁励体之间的机械连接，而这个设计只增加了不到0.5 g的重量。RM08编码器产生12位分辨率输出（每转4,096步），可用于运行速度高达  
30,000 rpm的应用，精度达到±0.3 °。

**结果**

东京电机大学的学生们设计出一个运动控制方案，使用RM08高速磁旋转编码器以12位分辨率测量角度旋转，令两轮机器人小车保持自平衡和直立。

RM08编码器的防护等级达到IP68，专用于集成到各种大批量OEM应用中，性能非常可靠。

还有一点也很重要，磁旋转编码器还解决了这辆小车苛刻的物理设计限制。它的外形极为紧凑且轻巧，帮助学生们同时克服了空间和负载限制。

这个项目的成功为学生们树立了信心，激励他们继续探索更多的高阶机器人项目。

详情请访问www.renishaw.com.cn/denki

详情请访问www.renishaw.com.cn/encoders

**-完-关于雷尼绍**

雷尼绍是世界领先的工程科技公司之一，在精密测量和医疗保健领域拥有专业技术。公司向众多行业和领域提供产品和服务 — 从飞机引擎、风力涡轮发电机制造，到口腔和脑外科医疗设备等。此外，它  
还在全球增材制造（也称3D打印）领域居领导地位，是一家设计和制造工业用增材制造设备（通过金属粉末“打印”零件）的公司。

雷尼绍集团目前在37个国家/地区设有79个分支机构，员工4,400人，其中2,500余名员工在英国本土  
工作。公司的大部分研发和制造均在英国本土进行，在截至2020年6月的2020财年，雷尼绍实现销售  
收入5.10亿英镑，其中94%来自出口业务。公司最大的市场为中国、美国、日本和德国。

了解详细产品信息，请访问雷尼绍网站：www.renishaw.com.cn

关注雷尼绍官方微信（雷尼绍Renishaw），随时掌握相关前沿资讯：

