**芯片标识识别**

光学字符识别（Optical Character Recognition，OCR）将包含有字符的图像转换为机器可读的字符流，一直是计算机视觉中一个重要的研究领域。1929年，德国人Tausheck取得了光学字符识别的第一个专利，推动了各国研究人员对光学字符识别的研究。中国在70年代也逐渐开始了对于光学字符识别的研究。在1986年，我国提出的“863”计划中的信息领域课题即包含有对中文OCR进行研究的内容，而后清华大学推出了国内最早的OCR产品[1]。2003年，国际文档分析与识别会议（International Conference on Document Analysis and Recognition，ICDAR）设立“Robust Reading Competitions”竞赛，进一步推动了各国研究人员对OCR的研究。清华大学和中科院自动化研究所在2011年也曾共同举办第11届国际文档分析与识别会议（ICDAR 2011）[2]。

经过将近一个世纪的发展，OCR技术广泛应用在自然场景文本识别、车牌识别、自然语言处理以及工业界等领域。在工业界，识别集成电路（Integrated Circuit，IC）芯片标识是一个典型的字符识别应用场景。目前，集成电路制造技术发展迅速且工艺复杂，大部分的IC生产都使用自动化装配系统，IC芯片上的字符标识代表着生产厂家、生产标准等内容，准确识别芯片标识对IC芯片的质量保证至关重要。本项目组通过对国内外的相关研究文献进行梳理，发现芯片标识识别主要分为图像预处理、字符定位、字符分割与字符识别四个步骤。图像预处理阶段通过各种方法减弱光照、对比度等因素对图像中标识造成的影响。字符定位阶段检测出图像中的字符并对其进行定位。字符分割阶段对检测出的字符进行分割，得到一个个的单个字符。字符识别阶段对分割后的单个字符进行识别。

早期的芯片标识识别方法主要是模板匹配。模板匹配为每个字符都设置一个标准的模板图像，将需要预测的字符与模板进行匹配，相似度最高的模板即为最终的匹配结果。模板匹配方法需要人工设计模板，且不适用于背景复杂的图像。MacLean等人[3]使用图像梯度提取IC芯片图像的相关系数值并对其进行改进，使用金字塔方法加快了芯片匹配速度。Ganapathy等人[4]使用专家系统进行字符识别，将二值化图像中的字符转化为骨架结构后再利用模板提取字符特征进行识别。Jiang等人[5]使用二值化以及膨胀、腐蚀、图像细化等操作来处理图像并使用归一化互相关方法进行识别。Chen等人[6]使用多分辨率金字塔加快感兴趣区域（Region of Interest，ROI）的搜索速度，进行噪声滤波后对单字符进行识别。柯一剑[21]侧重于图像的预处理和定位识别，根据字符特征先分类再编码匹配，对字符进行了抗干扰处理。郭晓峰等人[20]针对字符分割和模板匹配方法做出改进。邵俊豪[7]提出了一种形状模板匹配方法，能够在遮挡、混乱的情况下识别晶圆标识符。

随着对机器学习研究的不断深入，研究人员开始使用支持向量机（Support Vector Machine, SVM）、随机森林（Random Forest，RF）、人工神经网络（Artificial Neural Network，ANN）等机器学习方法对字符进行分类识别，取得了比模板匹配更好的效果，但只适用于单字符识别。Jaderberg等人[8]提出将场景文本识别作为一个分类问题，使用CNN对其进行分类。Fan等人[9]和王文平[10]都使用SVM对IC字符进行识别。Jian等人[11]使用随机森林进行标识检测，并构建了一个嵌入式字符识别系统。

随着硬件设备的迅速发展，深度学习方法逐渐受到人们关注并成为字符识别的主流方法。深度学习方法能够学习到图像中的高维特征[2]，能以词汇或者行为单位进行识别，大大提高了识别效率和鲁棒性。

在对文本进行识别时，研究人员对识别所用的网络不断进行改进。Zihlmann等人[12]使用卷积循环神经网络和CTC损失函数[13]进行文本识别。Shi等人[14]使用空间变换网络（Spatial Transformer Networks，STN）对不规则文本区域进行校正并识别，后续又提出ASTER算法[15]将STN校正和序列识别网络相结合，进一步提高了识别准确率。Li等人[16]通过对STN使用额外的监督并在数据集中标记一部分转换参数进一步改善了校正结果。Yang等人[17]提出对称性约束的校正网络ScRN，通过文本的几何属性约束来校正文本。

在将深度学习应用到字符标识识别的过程中，胡洋[18]对IC图像进行预处理、定位、分割并校正方向后使用BP神经网络进行识别。林慧[19]针对小样本场景下的识别做出了改进。文献[22,23,24,25,26]关注于分割算法和识别方法并对其做出改进。Khannakum[25]等人使用MSER算法寻找标记区域，使用联通组件标记算法对标记目标进行分割后再使用基于DCT和FIR的系统进行字符识别。法弘理[27]结合2D与3D图像，对PCB元器件字符进行识别。为满足工业生产环境下的需求，陈中舒[28]改进了预处理、字符提取和识别算法，能够对标识方向进行修正并且识别速度满足生产环境下的需求。万乃嘉[29]针对工业环境下图片质量低、数量少的问题，引入领域自适应对芯片字符位置进行检测。

综合国内外研究人员对IC芯片字符识别做出的研究，集中在对字符分割、方向校正、网络结构等部分进行优化，但实际生产环境中往往面临着可使用数据较少、数据分布不统一、待识别芯片较多等问题，对识别速度也有着较高的要求。随着研究的不断深入，融合多域数据、在线高速识别将成为今后的研究和实践中需要进一步解决的问题。

参考文献

1. 王珂,杨芳,姜杉.光学字符识别综述[J].计算机应用研究,2020,37(S2):22-24.
2. 王建新,王子亚,田萱.基于深度学习的自然场景文本检测与识别综述[J].软件学报,2020,31(05):1465-1496.DOI:10.13328/j.cnki.jos.005988.
3. MacLean J, Tsotsos J. Fast Pattern Recognition Using Gradient-Descent Search in an Image Pyramid[C]. Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition. IEEE Computer Society, 2000:2873.
4. K. Ganapathy, C. G. Fernando and A. Davari, "Fast character recognition system using expert systems," Proceedings of the Thirty-Seventh Southeastern Symposium on System Theory, 2005. SSST '05., 2005, pp. 272-275, doi: 10.1109/SSST.2005.1460920.
5. Jiang B C, Tasi S, Wang C. Machine vision-based gray relational theory applied to IC marking inspection[J]. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, 2002, 15(4):531-539.
6. Chen S, Liao T. An automated IC chip marking inspection system for surface mounted devices on taping machines[J]. Journal Ofentific & Industrial Research, 2009, 68(5):361-366.
7. 邵俊豪. 复杂背景下晶圆标识符识别系统研究[D].哈尔滨工业大学,2021.
8. Jaderberg M, Simonyan K, Vedaldi A, et al. Reading text in the wild with convolutional neural networks[J]. International journal of computer vision, 2016, 116(1): 1-20.
9. J. Fan, L. Haotian, B. Bing and Z. Xiaojin, "Automatic IC Character Recognition System for IC Test Handler Based on SVM," 2016 8th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC), 2016, pp. 239-242, doi: 10.1109/IHMSC.2016.106.
10. 王文平. 基于Halcon的芯片字符识别[D].大连交通大学,2018.
11. Jian, C. W., Ibrahim, M., Seong, T. W., Wei, T. E., & Khatun, S. (2018). Embedded Character Recognition System using Random Forest Algorithm for IC Inspection System. Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC), 10(1-3), 121–125. Retrieved from <https://jtec.utem.edu.my/jtec/article/view/3498>
12. Zihlmann M, Perekrestenko D, Tschannen M. Convolutional recurrent neural networks for electrocardiogram classification[C]//2017 Computing in Cardiology (CinC). IEEE, 2017: 1-4.
13. Graves A, Fernández S, Gomez F, et al. Connectionist temporal classification: labelling unsegmented sequence data with recurrent neural networks[C]//Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning. 2006: 369-376.
14. Shi B, Wang X, Lyu P, et al. Robust scene text recognition with automatic rectification[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016: 4168-4176.
15. Shi B, Yang M, Wang X, et al. Aster: An attentional scene text recognizer with flexible rectification[J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2018, 41(9): 2035-2048.
16. G. Li, S. Xu, X. Liu, L. Li and C. Wang, "Jersey Number Recognition with Semi-Supervised Spatial Transformer Network," 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2018, pp. 1864-18647, doi: 10.1109/CVPRW.2018.00231.
17. Yang M, Guan Y, Liao M, et al. Symmetry-constrained rectification network for scene text recognition[C]//Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. 2019: 9147-9156.
18. 胡洋. IC芯片印刷字符识别算法研究与应用[D].华中科技大学,2015.
19. 林惠. 基于深度学习的芯片字符实时识别方法研究[D].华中科技大学,2019.
20. 郭晓峰,王耀南,毛建旭.基于几何特征的IC芯片字符分割与识别方法[J].智能系统学报,2020,15(01):144-151.
21. 柯一剑. PCB元器件定位与识别技术研究[D].南京理工大学,2016.
22. 肖剑. 基于机器视觉的半导体表面字符质量检测系统研究[D].西安科技大学,2020.DOI:10.27397/d.cnki.gxaku.2020.000863.
23. Yutong Hu, Peng Wang, Jun Wu, Tingting Xu, and Jiahan Wang "Design of chip character recognition system based on neural network", Proc. SPIE 11439, 2019 International Conference on Optical Instruments and Technology: Optoelectronic Measurement Technology and Systems, 1143908 (12 March 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2541127>
24. Y. Zhu, H. Zhang, L. Zhang and X. Zhu, "Chip Surface Character Recognition Based on Improved LeNet-5 Convolutional Neural Network," 2020 39th Chinese Control Conference (CCC), 2020, pp. 7142-7147, doi: 10.23919/CCC50068.2020.9189395.
25. Wirat Khannakum, Kaset Sirisantisamrid, "IC chip marking inspection using FIR system," Proc. SPIE 11519, Twelfth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2020), 115191R (12 June 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2573005>
26. S. Gao, T. Qiu, G. Wang, A. Huang and J. Yu, "Printing Characters Recognition of Chip Resistors Based on the Combination of Image Segmentation and Artificial Neural Network," 2021 16th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), 2021, pp. 643-647, doi: 10.1109/ICCSE51940.2021.9569404.
27. 法弘理. 基于3D视觉的PCB元器件字符识别方法研究[D].江南大学,2021.DOI:10.27169/d.cnki.gwqgu.2021.000462.
28. 陈中舒. 基于改进深度卷积网络的焊后芯片标识高速识别方法研究[D].电子科技大学,2021.DOI:10.27005/d.cnki.gdzku.2021.000836.
29. 万乃嘉. 基于领域自适应的芯片字符检测技术研究[D].电子科技大学,2021.DOI:10.27005/d.cnki.gdzku.2021.003484.