



嵌入式系统联谊会  
[www.esbf.org.cn](http://www.esbf.org.cn)

# 面向MOOC教学的物联网远程实验室 建设探索

柴志雷

zlchai@jiangnan.edu.cn

江南大学物联网工程学院  
江苏省物联网综合实训示范中心

2015年7月10日



# 江南大学物联网工程学院

物联网工程学院由原通信与控制工程学院和信息工程学院合并组建而成，现招6个本科专业

- **物联网工程**（教育部专业综合改革试点、国家特色专业建设点、教育部卓越工程师教育培养计划、江苏省重点专业、江苏省卓越工程师（软件类）教育培养计划）；
- **自动化**（国家特色专业建设点、江苏省重点专业、江苏省品牌专业、江苏省卓越工程师（软件类）教育培养计划）；
- **计算机科学与技术**（国家特色专业建设点、江苏省重点专业、江苏省特色专业、江苏省卓越工程师（软件类）教育培养计划）；
- **电气工程及其自动化**（江苏省重点专业、江苏省特色专业）；
- **通信工程**（江苏省重点专业、江苏省卓越工程师（软件类）教育培养计划）；
- **微电子科学与工程**（江苏省重点专业、江苏省卓越工程师（软件类）教育培养计划）



# 江南大学物联网工程学院

- ❖ “111计划” 工业过程智能控制创新引智基地
- ❖ “轻工过程先进控制” 教育部重点实验室
- ❖ “物联网技术应用” 教育部工程研究中心
- ❖ 物联网工程应用研究平台(教育部科技发展中心首批建设单位)
- ❖ “物联网技术与工程” 入选江苏高校优势学科建设工程一期项目
- ❖ “控制科学与工程” 入选江苏高校优势学科建设工程二期项目



## 江南大学物联网工程学院

- 国家级信息与控制实验教学示范中心
- 江苏省物联网工程综合训练中心
- 江苏省电工电子实验教学示范中心
- 江南大学虚拟仿真实验中心
- 江南大学物联网大学生创新实践基地





# 报告提纲

- ◆ 背景介绍
- ◆ 建设目标
- ◆ 要解决的关键问题
- ◆ 建设方案
- ◆ 阶段性成果
- ◆ 下一步工作



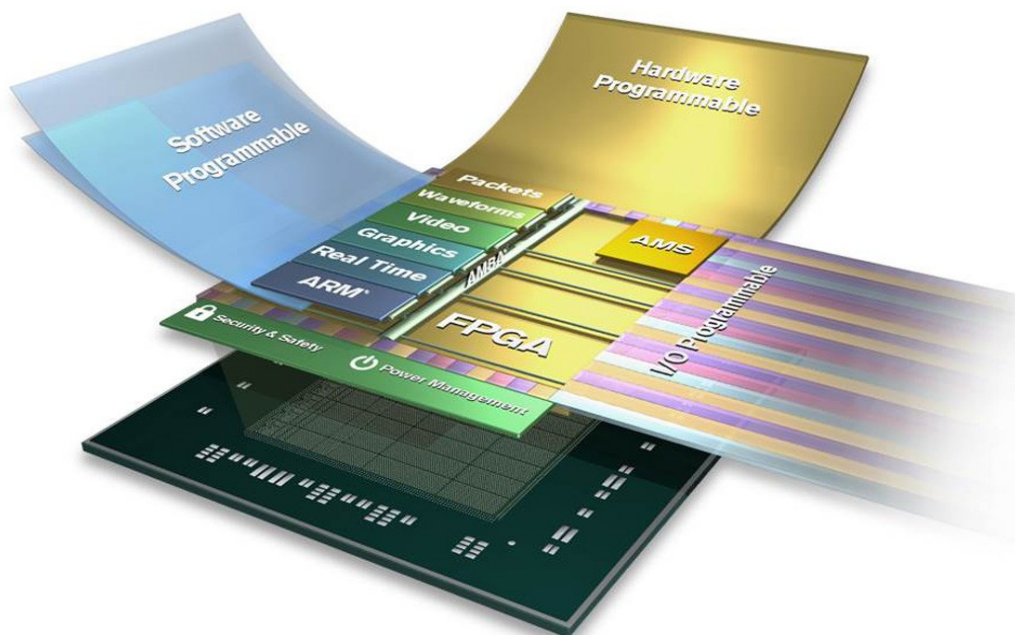
## 背景介绍

- MOOC越来越成为一种重要的教学手段
- 硬件类课程MOOC化时缺少在线实验平台的支持
- 虚拟仿真的方式无法使学生体会真实的硬件平台，无法与真实工作环境接轨
- 物联网教学与实践需要一种可以满足多样化的软、硬、通信等的实验平台



## 背景介绍

- FPGA可以作为多门物联网相关课程的实验平台
- FPGA也适合直接用于海量、连续、并发的物联网大数据的处理
- FPGA SoC为实现远程实验室进一步提供了便利





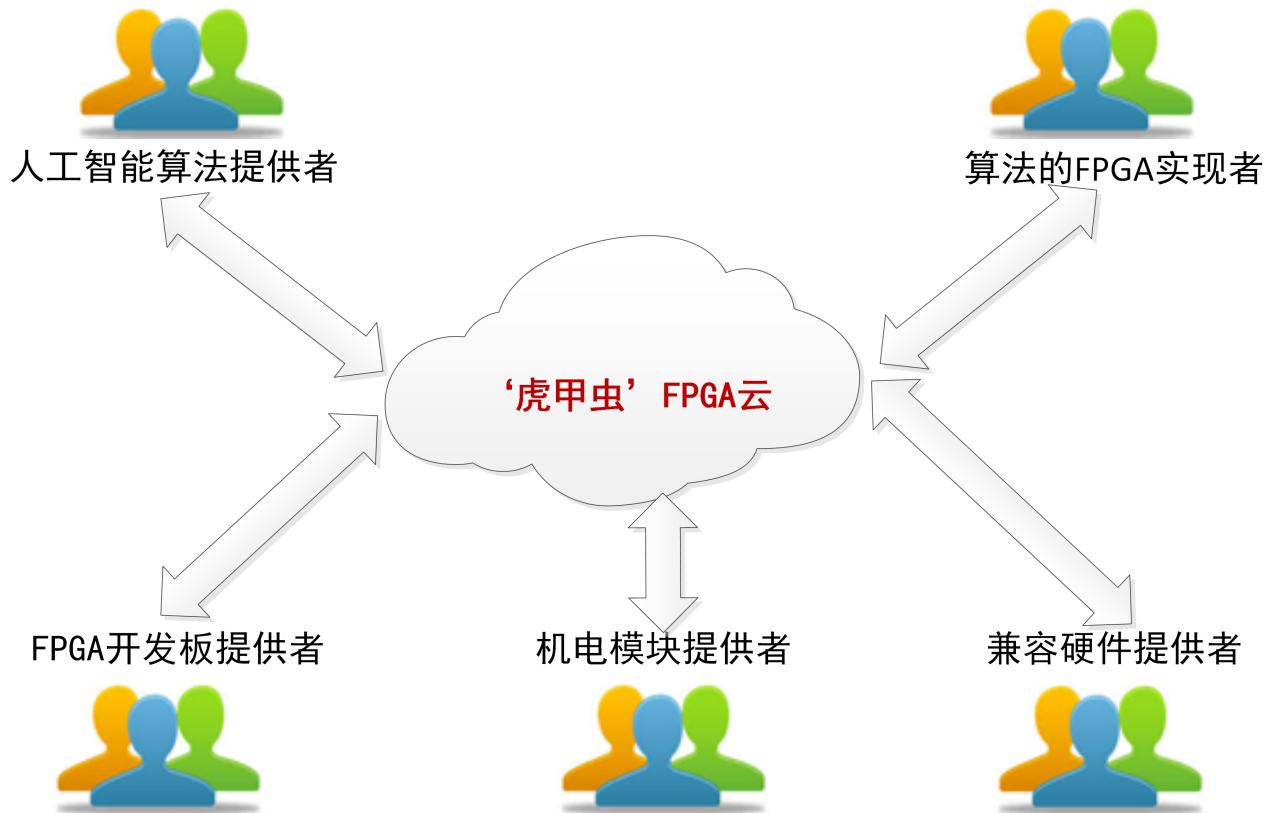
## 建设目标

通过互联网把后台的FPGA开发板与终端的用户相连接，让用户拥有与现场使用FPGA开发板一样的体验。

- 可为物联网MOOC教学提供在线平台
- 可为智能硬件的创新创业提供低成本验证平台



# 建设目标



- ❖ 无须购买即可远程体验FPGA硬件及开发环境
- ❖ 为不同类型用户提供了统一的开发交流平台



## 要解决的关键问题

- 1 FPGA开发板的网络接入能力
- 2 对FPGA节点物理资源的管理，使用户可随时更新逻辑设计而不影响系统
- 3 FPGA开发板的接口设计与外接传感器管理



# 建设方案

## FPGA操作系统（RELAX）

用户模块更新后无须重启Linux，  
使FPGA被远程访问成为可能！





# 建设方案

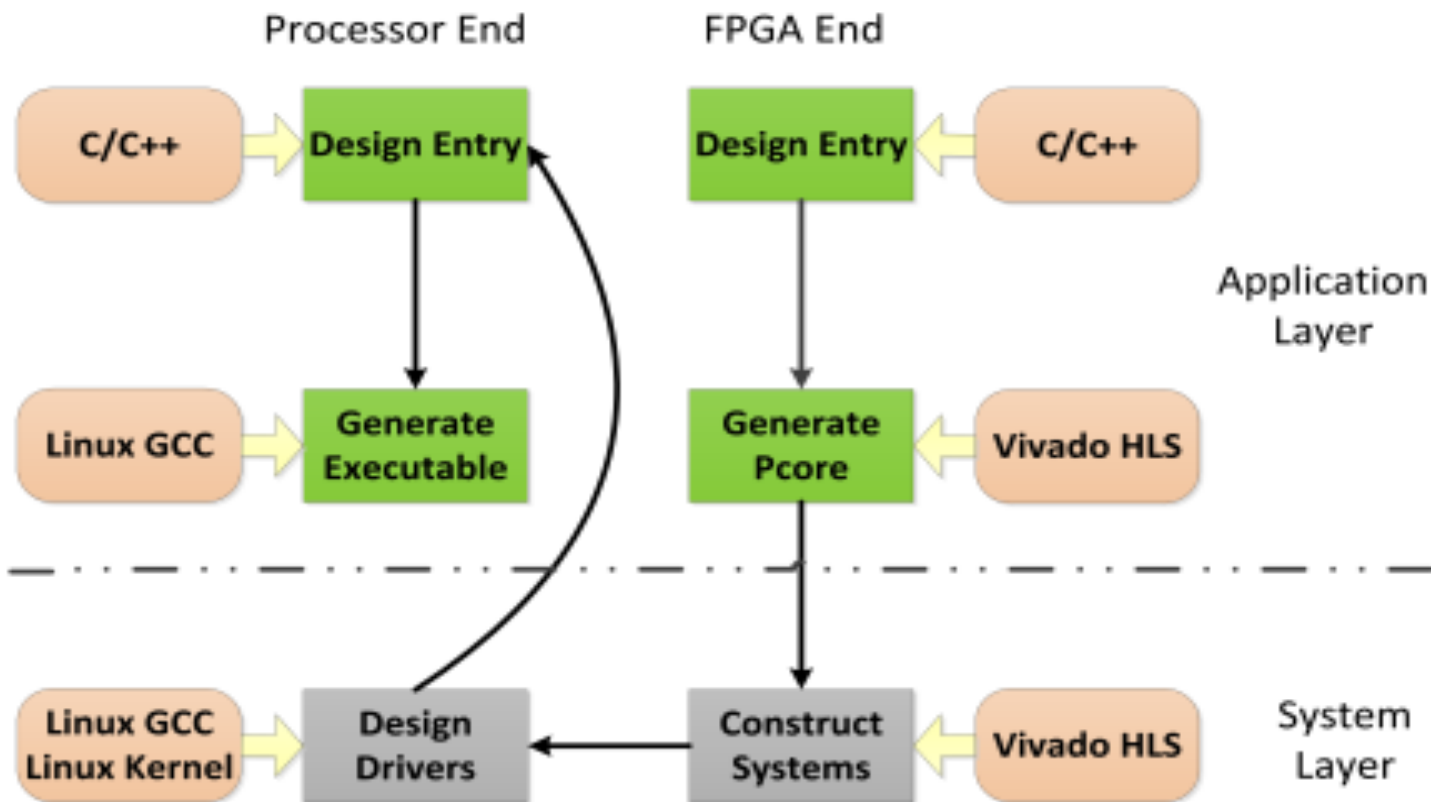
## FPGA操作系统（RELAX）

- ✓ 提升系统**易用性**:
  - ✧ 屏蔽底层物理细节、使FPGA开发板升级为FPGA计算机
  - ✧ 让原本**极少数**专家胜任的算法FPGA实现变成**众多**软件人员可以完成。
- ✓ 增强系统**可靠性**: 相比用户直接在FPGA裸片上开发，RELAX限制了用户对物理资源的任意操作，确保用户误操作不会导致系统崩溃；
- ✓ 提供**可信**控制: 提供相应的认证机制，确保硬件IP只能被授权的用户运行；
- ✓ 确保系统**安全**: 内嵌硬件加密机制，确保数据的安全使用。





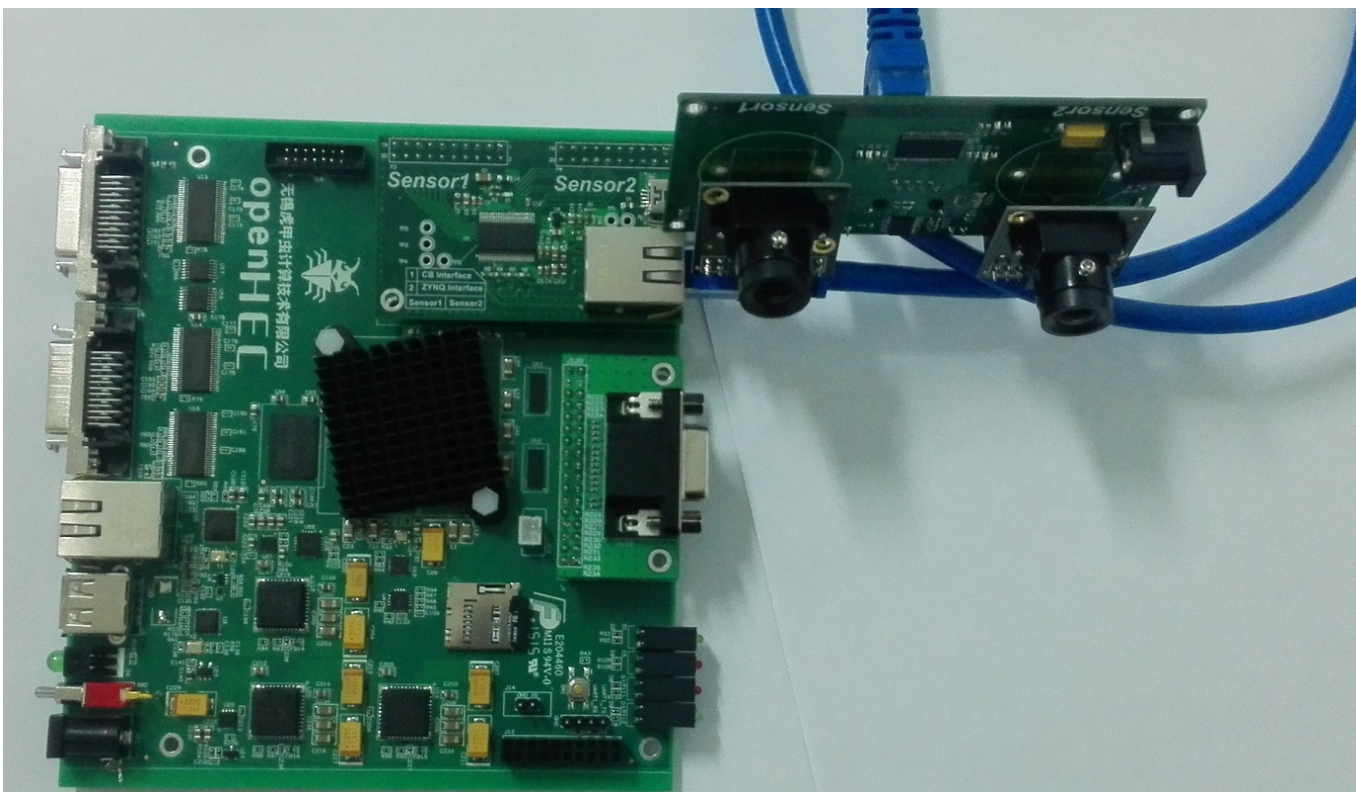
# 建设方案





# 建设方案

基于FPGA的机器人 / 物联网计算机





# 建设方案

层次架构：

机器人应用开发人员	
FROS(FPGA机器人操作系统)	
软件库（OpenCV等）	IP库（算法硬件加速库）
Linux（ARM端）	FPGA操作系统RELAX（FPGA端）
基于Zynq的计算单元+机器人通用接口	



# 建设方案

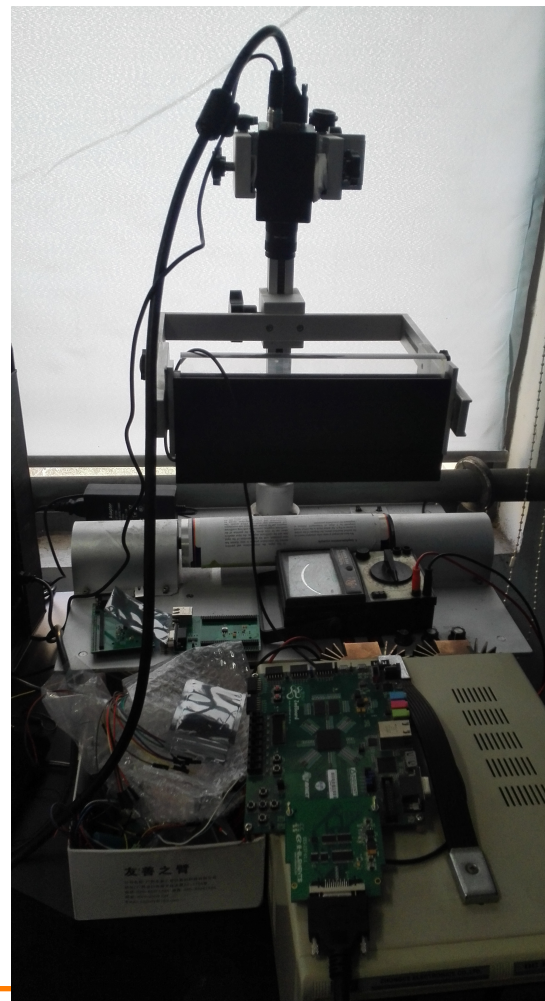
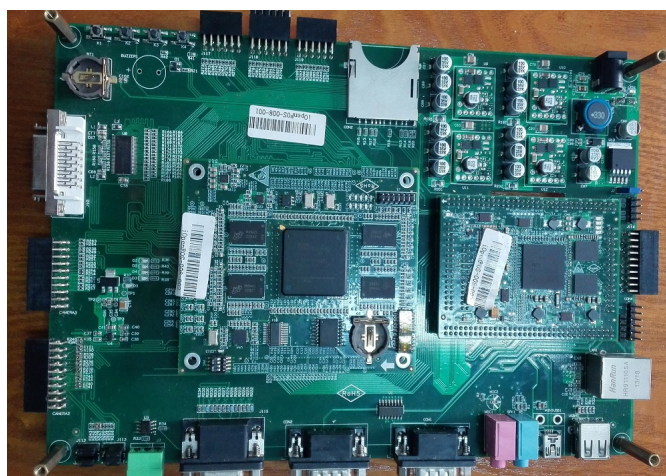
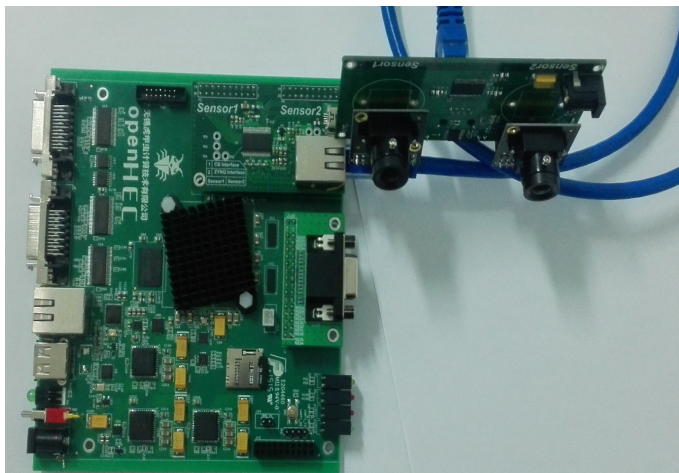
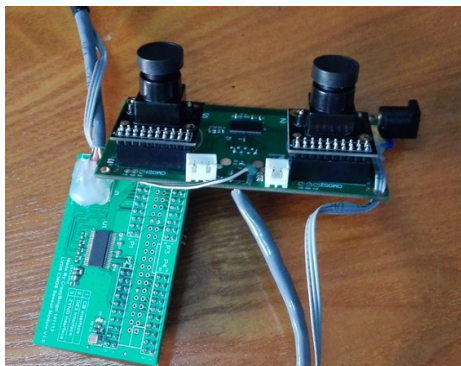
## 机器人 / 物联网计算机特点：

- ✧ 高性能、低功耗。功耗不超过5瓦
- ✧ 满足绝大多数机器人系统的硬件接口需要
- ✧ 配置了采用硬件同步的双目摄像头
- ✧ 以软硬件协同方式支持机器人操作系统ROS
- ✧ 配置有FPGA操作系统
- ✧ 支持用户以C/C++高级语言开发FPGA模块





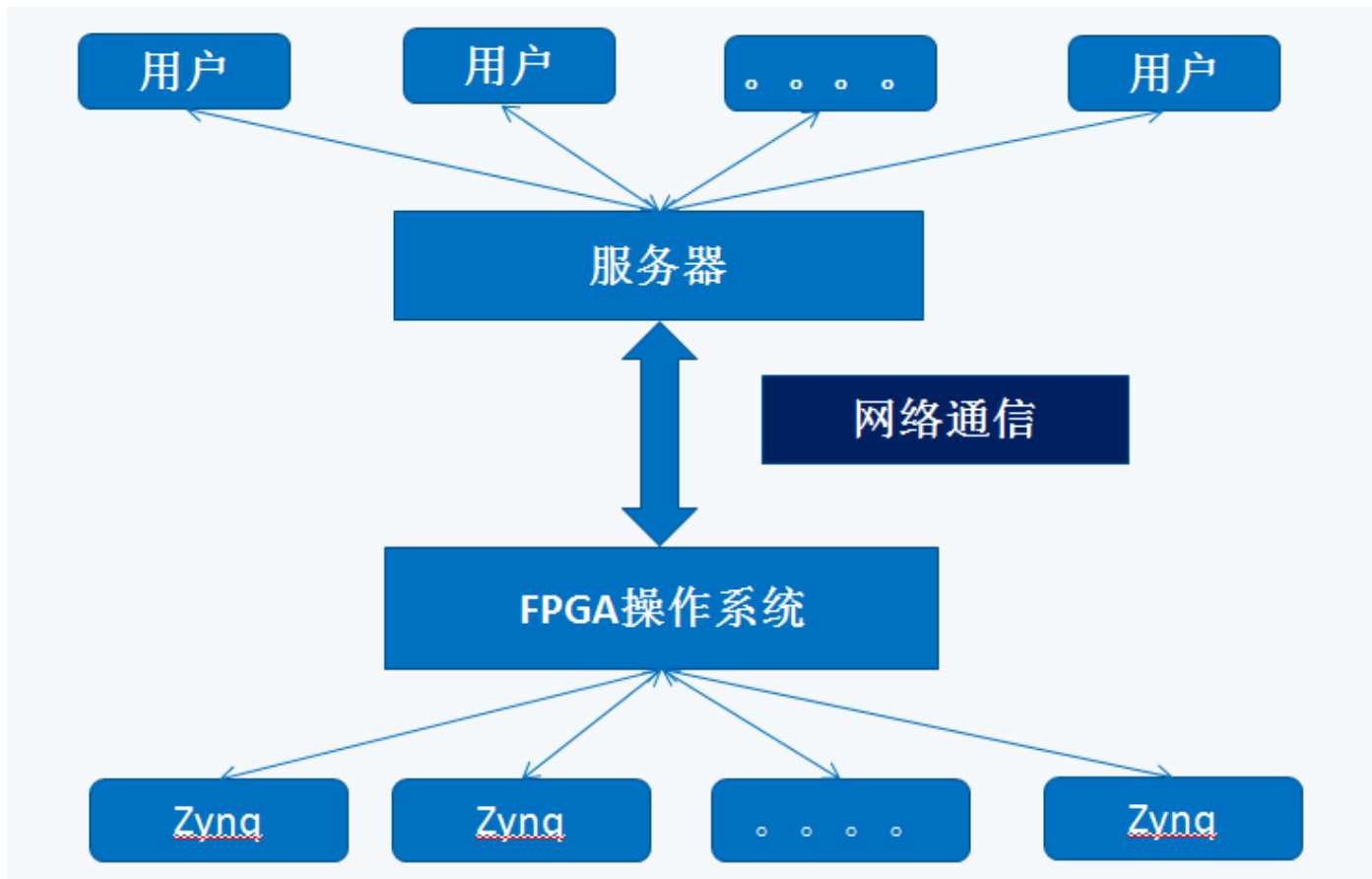
# 建设方案





# 建设方案

系统架构



- 设计架构: JSP+Struts1+Spring
- 开发环境: MyEclipse + Tomcat + Mysql



# 阶段性成果（基于Zynq的FPGA远程实验室—FPGA云）

<http://developer.iopenhec.com/>

Open HEC  
远程平台



免费体验

应用开发

登录

## 免费体验——选择计算机



Flyx C1 1号计算机

忙碌



Flyx C1 2号计算机

空闲



Flyx C1 3号计算机

空闲



Flyx C1 4号计算机

忙碌



Flyx C1 5号计算机

忙碌



Flyx C1 6号计算机

忙碌



Flyx C1 7号计算机

忙碌



Flyx C1 8号计算机

忙碌

## 免费体验——使用须知

- 1、请首先确认计算机状态，当状态显示为“空闲”时代表该计算机可用；
- 2、点击“空闲”进入体验界面后，请首先在体验界面右上角下载相应文件，仔细阅读并根据步骤进行操作；
- 3、如果想重复体验，每次体验完成，请点击“RESET”按钮，计算机恢复空闲状态；
- 4、体验结束，请务必点击“安全退出”按钮；
- 5、请珍惜体验机会，禁止任何出于故意目的的破坏操作。

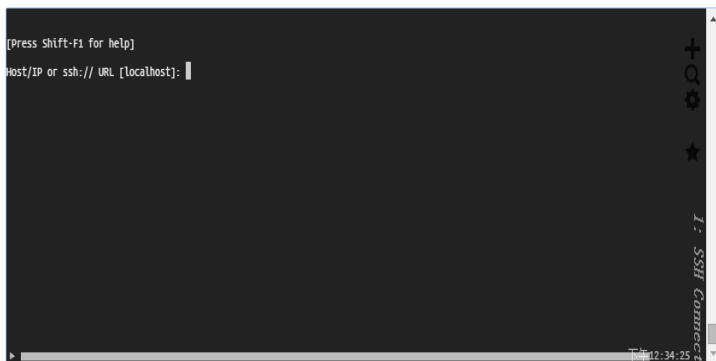


# 阶段性成果（基于Zynq的FPGA远程实验室—FPGA云）

应用体验

[Sobel体验文档下载](#)

!! 跪求：走的时候千万别点X，务必点“安全退出” !!



安全退出

Reset





# 阶段性成果（基于Zynq的FPGA远程实验室—FPGA云）

2015/07/09 12:38:19

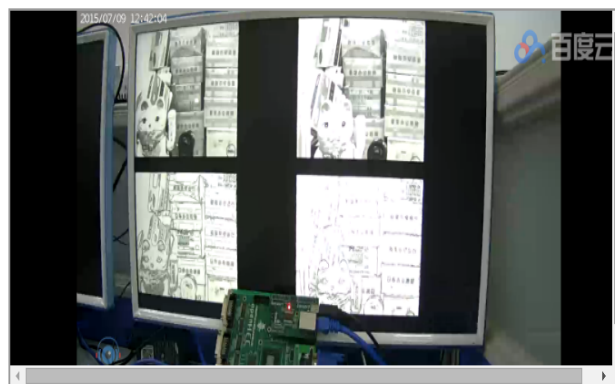
百度云





# 阶段性成果（基于Zynq的FPGA远程实验室—FPGA云）

```
lipo_sdk.elf      relax_flyxc1_v2015_04_f_v1_lbp.bin
devp             relax_flyxc1_v2015_04_f_v1_lbp_pblock_user_ip_logic_wut_partial.bin
full_bitstream.elf relax_flyxc1_v2015_04_f_v1_sobel.bin
lbp_bitstream.elf relax_flyxc1_v2015_04_f_v1_sobel_pblock_user_ip_logic_wut_partial.bin
relax_flyxc1_dual_sobel.bin relax_sw_sobel_app.elf
relax_flyxc1_sobel_rst.bin relax_sw_swrl_sobel_app.elf
root@zynq-z80:~/hujc# ./relax_sw_sobel_app.elf
size of bin file :5979916
... Programming FPGA with full bitstream
RELAX INFO: LVDS CAM1 Init Success!
RELAX INFO: LVDS CAM2 Init Success!
RELAX INFO: VCA 1080p Initialize Success!
OFFSET 0x14 = 536878912
OFFSET 0x1c = 541018112
OFFSET 0x24 = 480
OFFSET 0x2c = 640
OFFSET 0x34 = 1920
OFFSET 0x14 = 536874752
OFFSET 0x1c = 541021952
OFFSET 0x24 = 480
OFFSET 0x2c = 640
OFFSET 0x34 = 1920
root@zynq-z80:~/hujc#
```

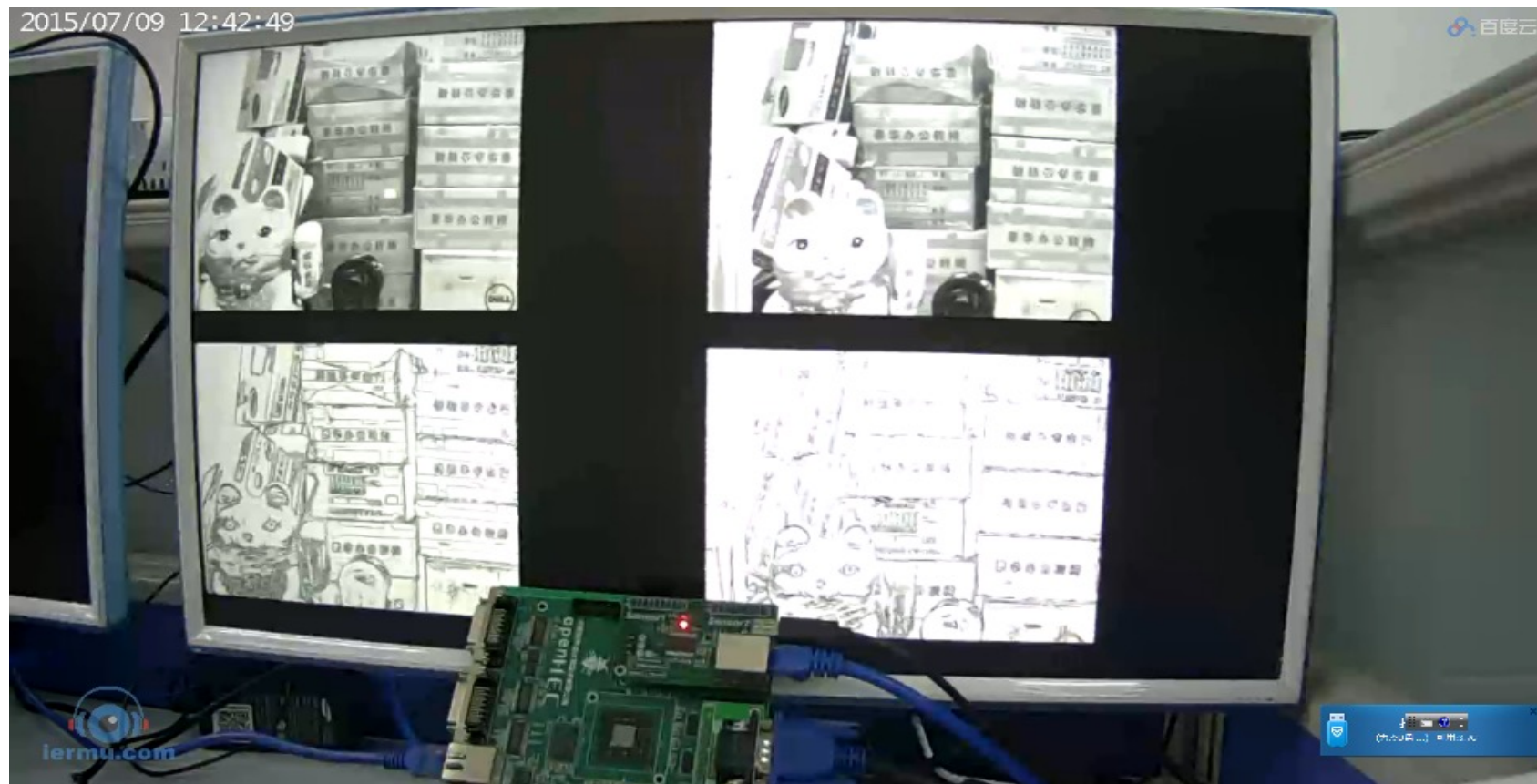


安全退出

Reset

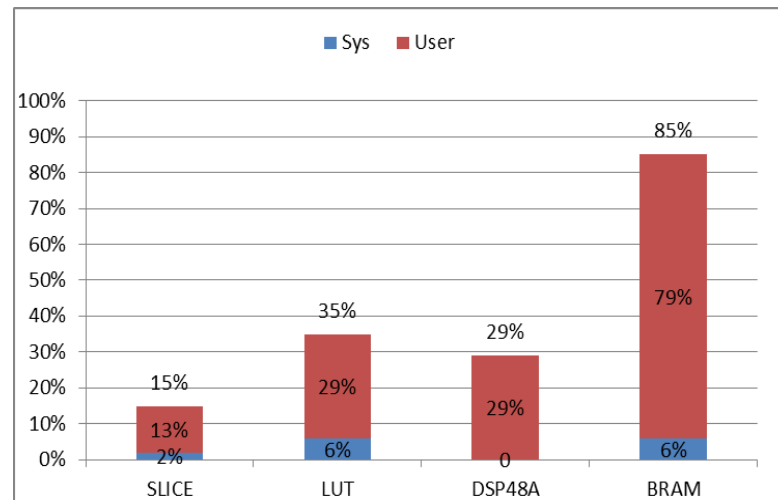
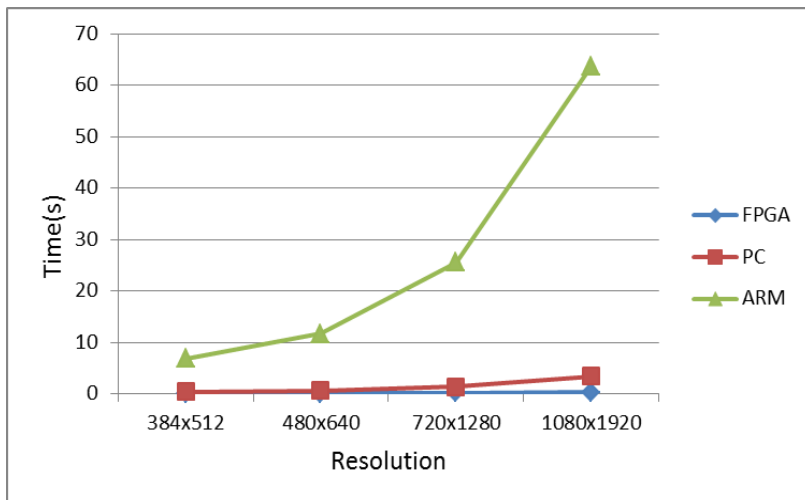


# 阶段性成果（基于Zynq的FPGA远程实验室—FPGA云）

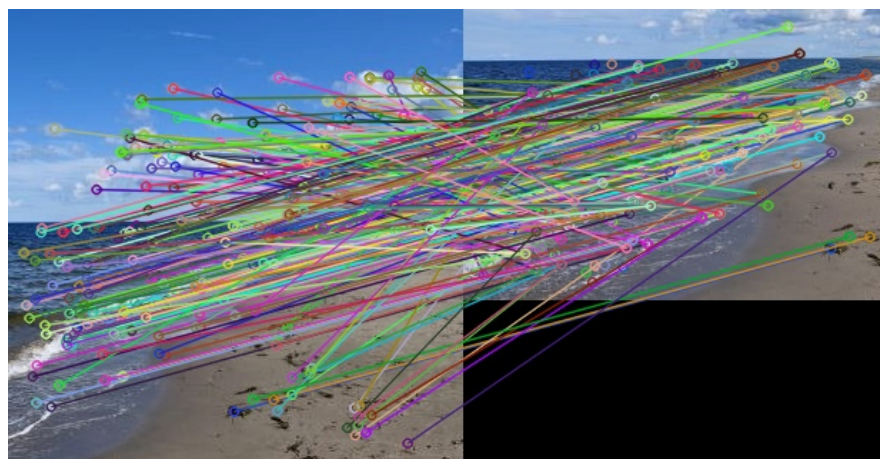




## 结果展示（SURF特征提取）

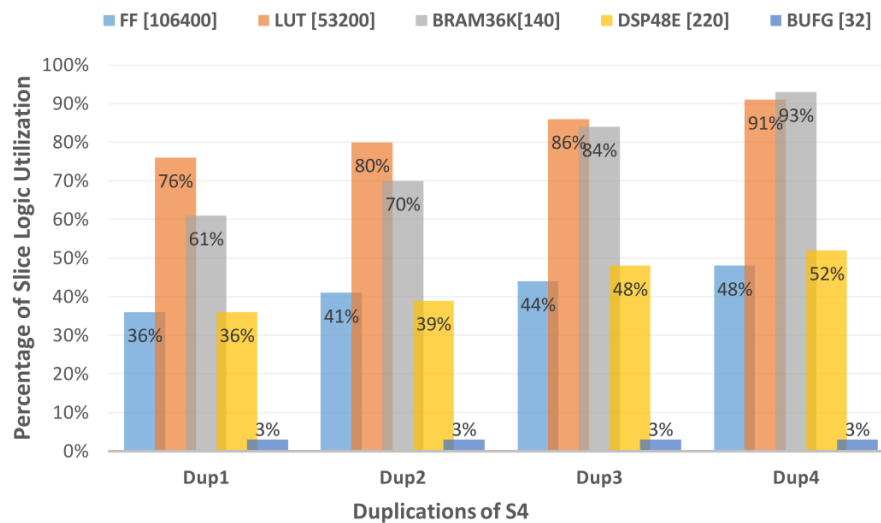
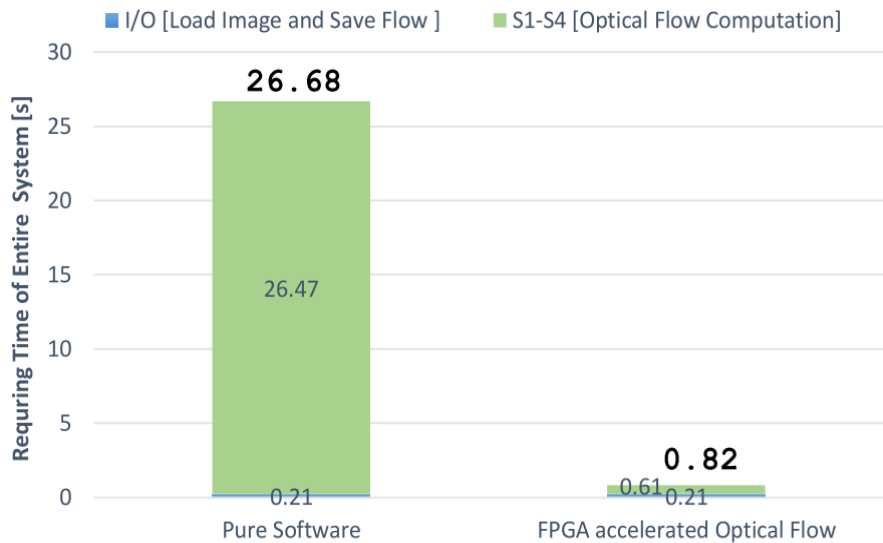


分辨率为640x480的图片，FPGA处理速度是ARM的167倍，是PC机的8.9倍。





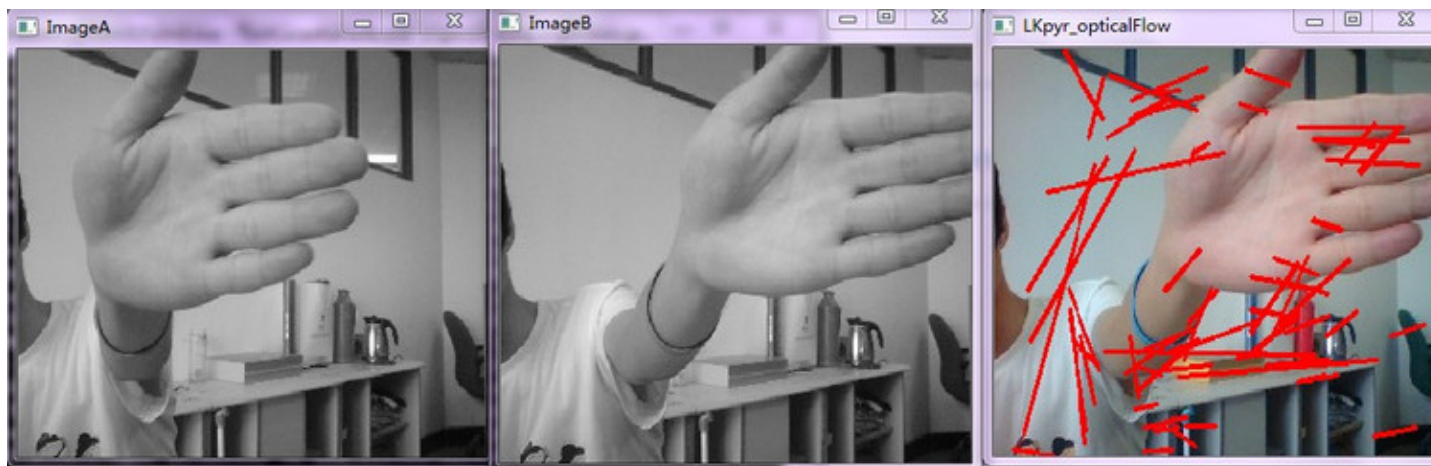
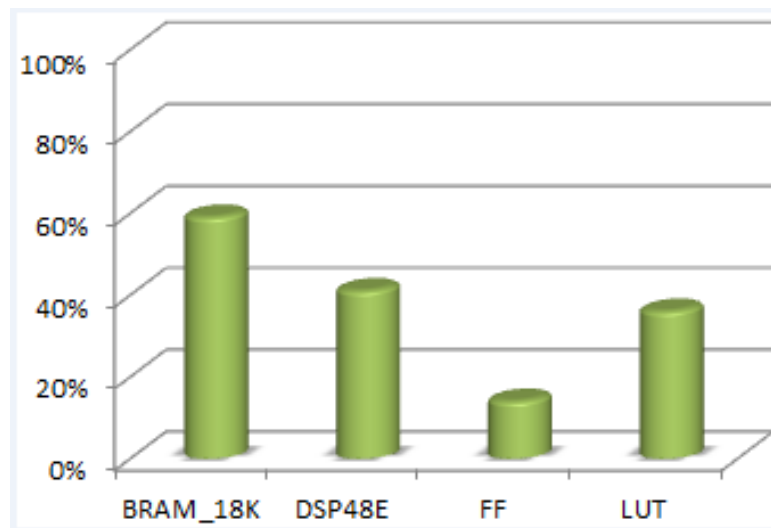
# 结果展示（稠密光流法）





## 结果展示 (KLT)

0.03s on iTeetle

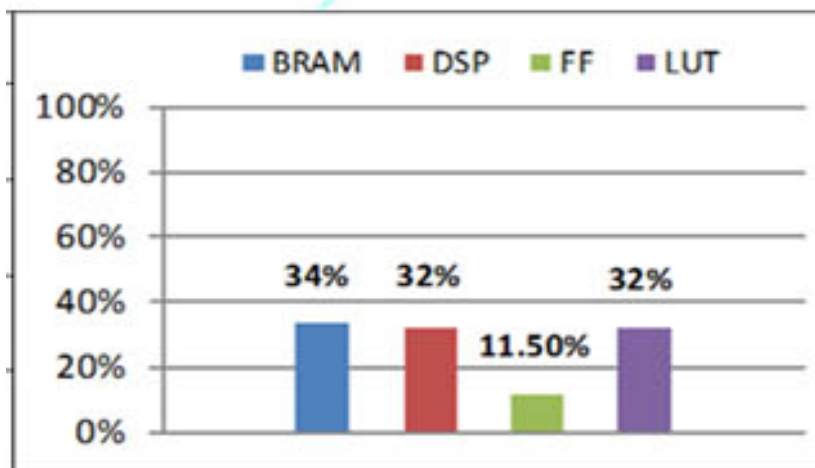






## 结果展示 (HOG)

运行时间将ARM上的54秒减少了27秒

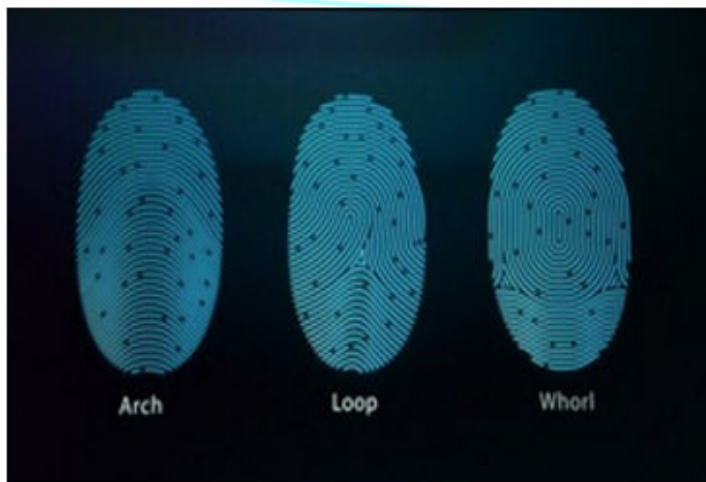




## 结果展示 (SVM)

运行时间将ARM上的23.4秒减少了13秒

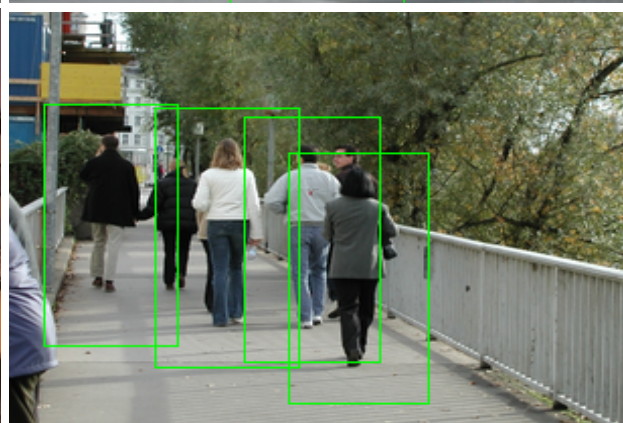
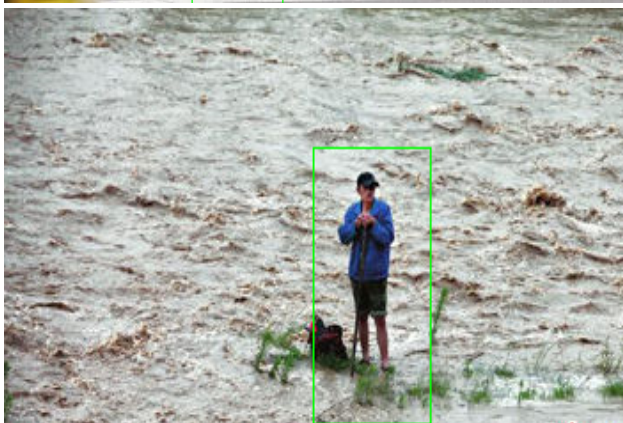
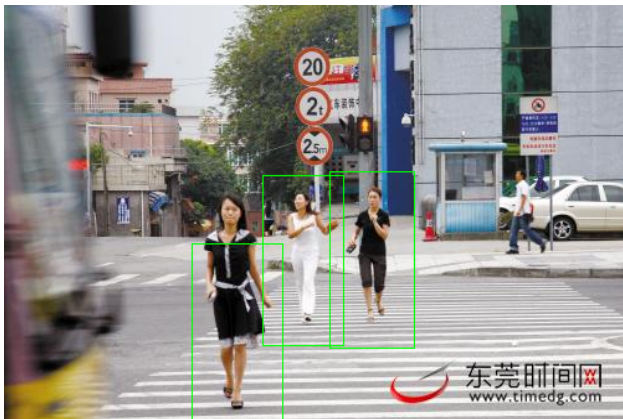
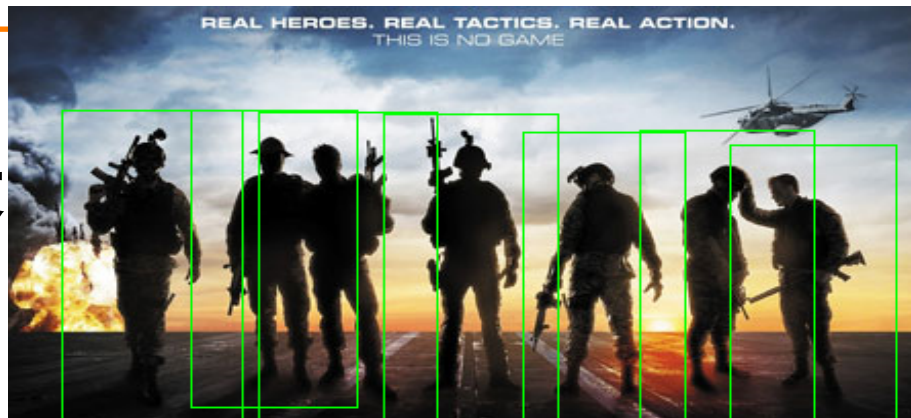
资源	BRAM_18K	DSP48E	FF	LUT
使用	8	8	1469	21917
总资源	280	220	106400	53200
利用率	2	3	1	41







# 行人检测







# 人群自动统计

22 People here!



## 阶段性成果（论文）

- Zhilei Chai, Jin Yu, Zhibin Wang, Jie Zhang and Haojie Zhou, An Embedded FPGA Operating System Optimized for Vision Computing, 23rd ACM/SIGDA International Symposium of Field-Programmable Gate Arrays (**FPGA 2015**), poster, Monterey, CA, USA.
- Zhilei Chai, Haojie Zhou, Zhibin Wang and Dong Wu, Using C to Implement High-efficient Computation of Dense Optical Flow on FPGA-accelerated Heterogeneous Platforms, 2014 International Conference on Field-programmable Technology, Dec. 10-12 2014, (**FPT2014**), pp. 260-263, Shanghai, China.
- Zhilei Chai, Zhibin Wang, Wenmin Yang, Shuai Ding and Yuanpu Zhang, OpenHEC: a Framework for Application Programmers to Design FPGA-based Systems, Proceedings of the First International Workshop on FPGAs for Software Programmers (**FSP 2014**) collocated with FPL 2014, Munich, Germany.
- Zhilei Chai, Jin Yu, Haojie Zhou, Zhibin Wang, Wenmin Yang, OpenHEC: An Embedded FPGA Operating System Optimized for Vision Computing, **Microprocessors and Microsystems**, under revision.



## 阶段性成果（应用）

- 数学工程与先进计算国家重点实验室
- 宾夕法尼亚大学机器人实验室
- Rutgers大学计算机视觉实验室
- 上海电气集团中央研究院机器人室
- 复旦大学机器人实验室
- 华东师范大学软件学院
- 北京交通大学电子信息学院



## 下一步工作

- 物联网创新创业远程实验室
- 合作进行MOOC课程建设
- 推出更多实验内容



江南的风景  
总是让人  
流连忘返  
忆江南  
白居易词  
江南好  
风景旧曾谙  
日出江花红胜火  
春来江水绿如蓝  
能不忆江南

谢谢!