

基于IEC61850的智能电子设备(IED)系统解决方案

智能电网和IED

智能电网是一种使用信息和通信技术对电网内信息进行采集,并基于采集到的信息(例如发电厂和电能消耗的对等信息)可以自动协调的电网。智能电网通过电力系统的高度自动化,可以改进发电和配电的效率、可靠性、经济性以保证电力网络的可持续发展。智能电子设备(IED)是组成智能电网的基本要素,提供系统所需要的检测、测量、保护和控制功能。

数字化变电站和IEC61850标准

智能电网的概念应用在输配电的领域则主要意味着电力自动化和变电站数字化。目前来讲,数字化变电站的设计主要基于国际通用的IEC61850标准。

在数字化变电站内,所有IED都将以符合IEC61850标准的方式进行通信。IEC61850主要定义了以下的一些方面,包括:数据建模、报告方案、事件快速传输(GOOSE和GSSE)、设置群组、数字采样数据传输(SV)、命令配置和数据存储。

主要挑战和IED设计考虑因素

复杂的通信协议和多种不同的通信协议栈

有多种不同的协议可以被IEC61850所映射。比如讲通常实时要求较低的而相对协议栈又比较复杂的服务器-客户端类通信可以被映射成基于TCP/IP的MMS协议栈;具有极低的延迟GOOSE通讯协议可以用于交换变电站事件信息;而采样值信息SMV的要求是实时并且具有很低的时间抖动。

实时性要求非常高的信号处理能力并且有很高的系统可靠度

在诸如继电保护设备或电力质量分析仪等新式的IED中,广泛采用基于DFT或FFT的算法检测过流故障条件或谐波成分。在某些极端情况下,IED设计工程师希望处理器能够在几百微秒的时间内处理超过60个通道的FFT信号。再加上IEC61850标准所要求的复杂通信任务,设计IED工程师们现已开始认识到单核处理器已经接近了性能极限。

另一方面,出于对于系统安全性的考虑,要求在通信网络产生异常情况时,电力线保护设备的IED不允许出现任何异常。

受以上两种需求的共同推动,IED设计工程师开始使用至少两个处理器,分别应付信号处理和通信任务。目前,IED设计工程师不得不面对的另一个问题是,这些处理器之间如何通信,还有通信效率如何?

广域IED时间同步

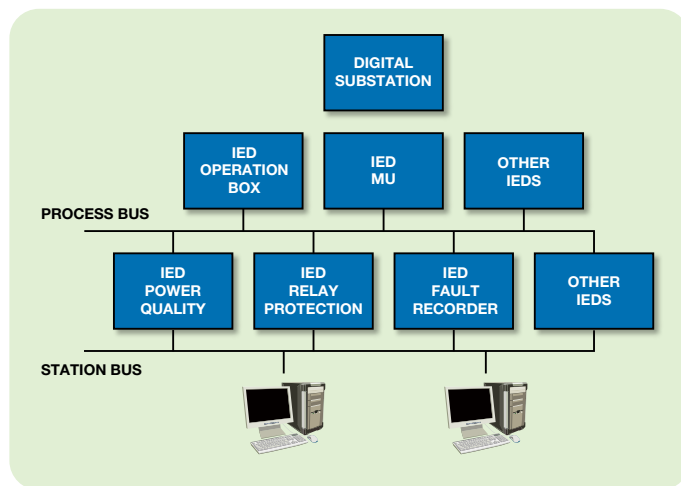
数字化变电站要求进行广域的时间同步,这表示变电站内的所有设备应当能够将它们的采样点与同一个时间参考点对齐。时间同步广泛采用PPS、IRIG-B或IEEE1588。IEEE1588基于以太网,并具有极高的时序精度,这使其有可能在不久的将来成为数字化变电站的标准时序同步协议。

系统成本和开发成本

当涉及多处理器系统时,通常需要考虑以下问题:处理器相同吗?它们如何互相通信?它们能共享系统内存和电源吗?或是必须提供独立的存储器和电源系统……需要采用两种开发工具进行开发吗?两套操作系统?

“平台”式开发

系统越来越复杂开发成本和上市时间也就越来越重要。现在大多数IED设计团队都渴望有一个通用平台(包括软件和硬件),能同时覆盖高端和低端产品。这样的平台(硬件和软件)应当能够轻松扩展和升级。像Linux这样的操作系统可能会广受欢迎,因为它有足够的开源程度。然而,仔细研究就会发现,Linux并非实时系统,并不能保证系统的实时性能。

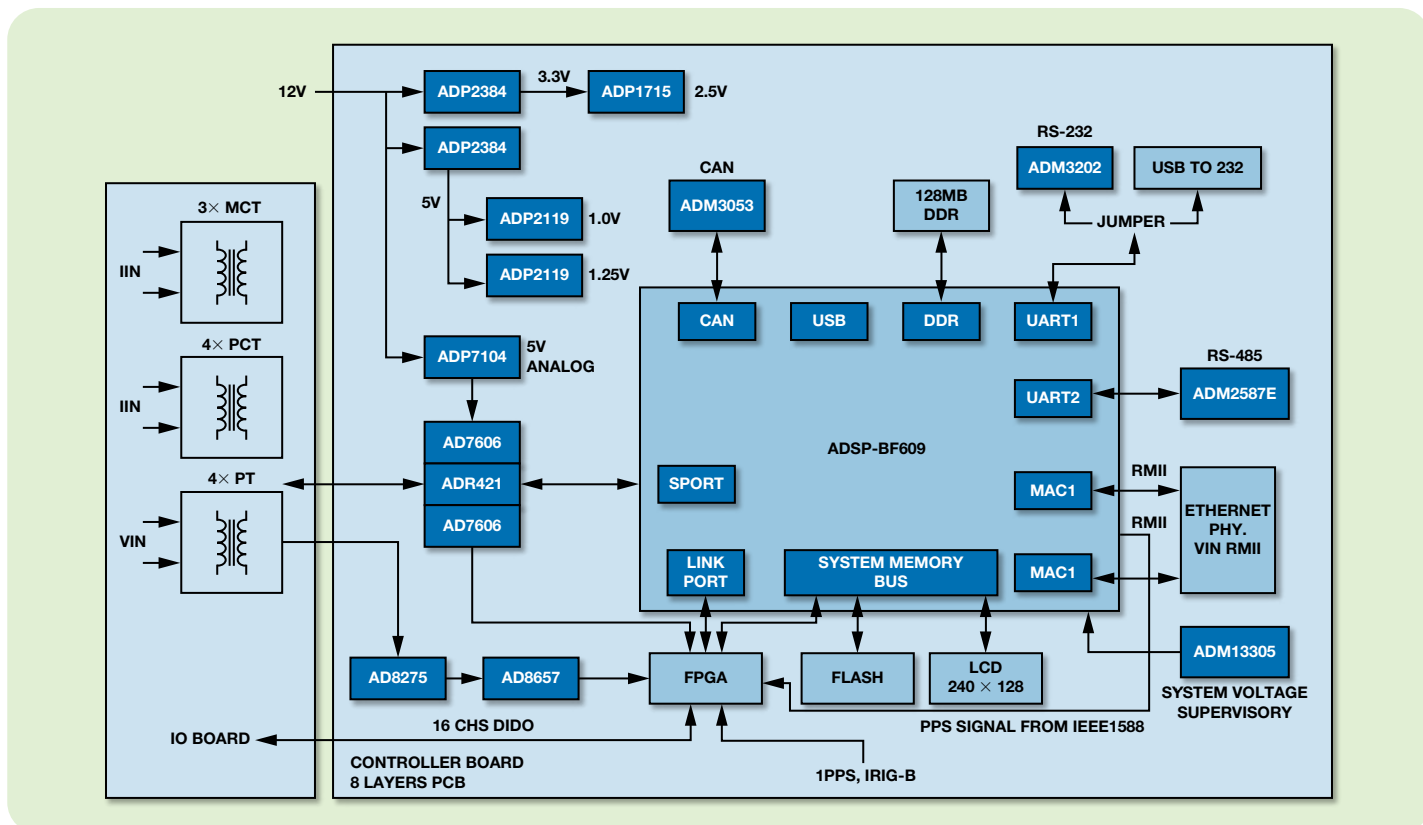


数字化变电站

ADI IEC61850演示设计

2012年，ADI和上海远景数字信息有限公司合作展开了一个项目，致力于开发满足IEC61850标准的数字化变电站IED通用平台。

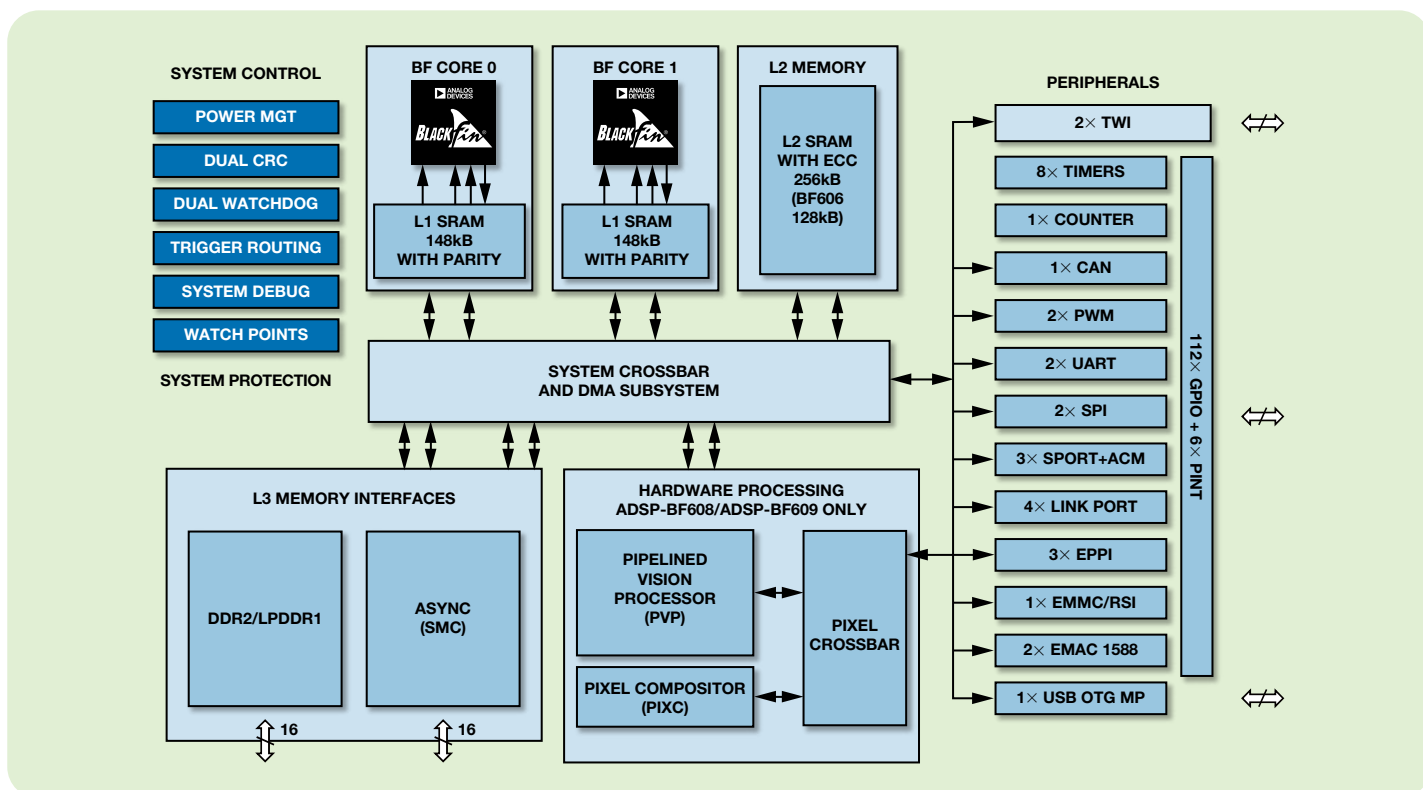
- 双核Blackfin处理器 – ADSP-BF60x (2个500 MHz内核)
- 128 MB 16位DDR2
- 4个以太网端口(2个MAC位于处理器上，符合IEEE1588标准；另2个通过FPGA扩展)
- 16 MB NOR + 4 MB SPI + 2 GB NAND闪存
- 16通道模拟输入(2个AD7606)
- Cyclone IV FPGA
- 2个UART(1个RS232, 1个RS485)
- 额外提供IO板，集成11通道电压和电流变压器、8个DI、8个DO



IEC61850评估板的硬件设计

使用ADI的ADSP-BF60x Blackfin处理器

- 强大的2个500 MHz双核处理器(0.17 ms的单核集成60个通道、32点、16位FFT)
- 每个内核都有148 kB L1 SRAM
- 128 kB/256 kB L2 SRAM用于双核数据交换
- 纵横式总线系统使同时访问存储器和外设成为可能
- 2个UART、1个CAN、2个SPI、3个SPORT、2个TWI (I2C)和1个USB……
- DDR总线独立于系统本地存储器总线，使同时访问外部存储器成为可能
- 安全特性：L2 SRAM ECC、双看门狗、系统保护……
- 支持IEEE1588v2的双以太网MAC接口



使用ADI的ADSP-BF60x一个充分理由便是，它集成独立的双处理器，每个处理器的工作频率高达500 MHz。另一个充分理由是它有两个独立的以太网MAC(两个MAC地址)，非常适合IEC61850应用。本演示系统中，内核0运行 μ CLinux操作系统，处理非实时任务，如MMS协议栈、LCD、键盘和其他诸如TFTP等服务器应用。内核1运行采样和继电保护算法(DFT)，还可以发送实时的GOOSE消息而不影响操作系统的运行。两个内核通过片上L2存储器实现通信，该L2存储器能够以高达250MHz的频率工作，确保具有最高的数据交换效率。

某些高压的IED(110 kV及以上)设计中，可能需要较多的以太网端口(GOOSE和SMV的专用以太网端口)。出于对这种用户需求的兼容考虑，本开发板可支持通过FPGA添加更多以太网端口。在这种应用情况下，处理器和DSP之间的通信接口非常重要，因为该接口的带宽决定了SMV消息的实时性能。ADSP-BF60x集成4个Linkport同步并行接口，每个Linkport接口速率高达83 MB/s，提供实时接收SMV数据所需的足够带宽。

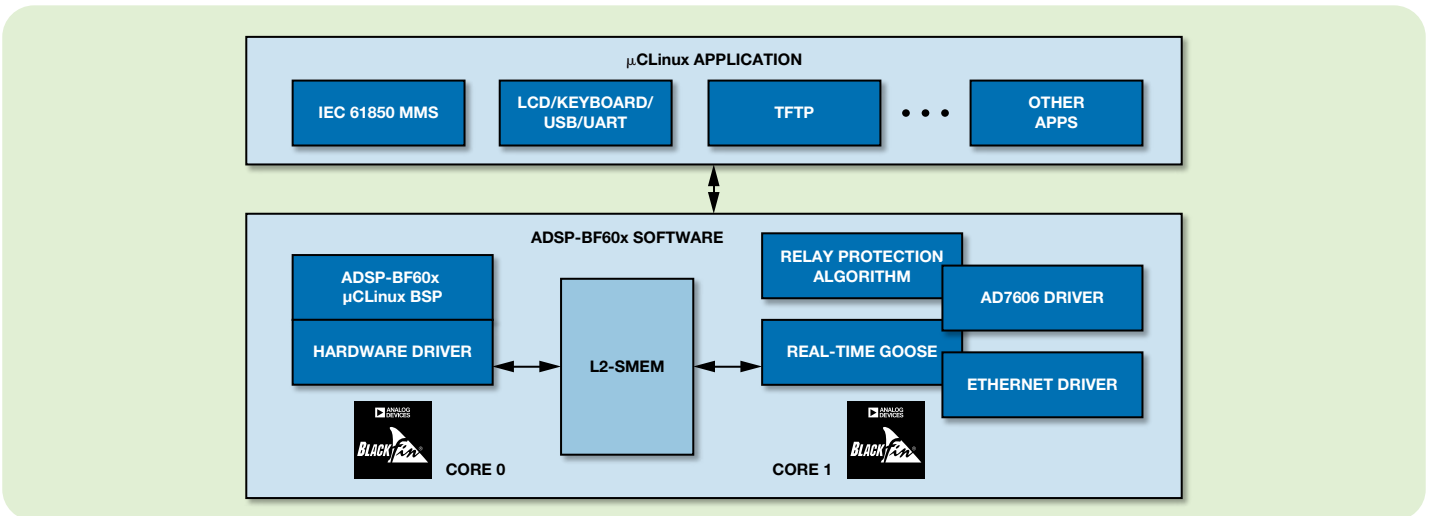
演示板上的其他ADI特色产品

产品型号	描述	主要特性	优势
处理器			
ADSP-BF606/ ADSP-BF607	双核Blackfin DSP	400 MHz/500 MHz双核处理器, 2个148 kB L1 SRAM, 128 kB/256 kB SRAM, 交叉式系统总线结构, 双以太网MAC支持IEEE1588	高性能双核处理器, 集成双IEEE1588标准以太网端口
ADC			
AD7606	8通道、16位同步采样ADC	双极性模拟输入范围: ± 10 V, ± 5 V, 单5 V模拟电源, 2.3 V至5 V数字接口电源, 1 M Ω 模拟端输入阻抗, 模拟输入箝位保护	8通道同步采样AFE, 集成5 V单电源
基准电压源			
ADR421B	基准电压源	初始化精度: $\leq 0.05\%$, 温度偏移: ≤ 3 ppm/ $^{\circ}$ C, 高输出电流: 10 mA, 可选差分输出电压: 2.5 V, 低噪声(0.1 Hz至10.0 Hz): 1.75 μ V p-p (2.5 V输出)	高性能(3 ppm), 高输出电流: 10 mA
放大器			
AD8275	差分运算放大器	固定增益 = 0.2, 可实现单电源供电情况下从 ± 10 V输入至0 V至4 V输出的电平搬移, 增益温度漂移: 1 ppm/ $^{\circ}$ C, 共模抑制比(CMRR): 80 dB, +40 V至-35 V的过压保护, 轨到轨输出	5 V单电源电平转换: ± 10 V至0 V至4 V, 16位ADC驱动器
AD8657	低功耗、高精度双通道运算放大器	低功耗(22 μ A), 轨到轨输入输出, 低失调电压(350 μ V最大值), 单位增益稳定, 双通道运算放大器	低功耗、低成本、低失调电压、双通道运算放大器
接口			
ADM2587E	隔离式RS-485/RS-422收发器	半双工或全双工, 500 Kbps, 工作电压: 5 V或3.3 V, 三合一器件(电源隔离、信号隔离和RS-485驱动器)	高效率2A dc-to-dc稳压器, 集成MOSFET隔离式RS-485和集成式dc-to-dc转换器, ± 15 kV ESD保护

产品型号	描述	主要特性	优势
ADM3053	隔离CAN收发器	信号和电源隔离CAN收发器,符合ISO 11898标准,数据速率高达1 Mbps,三合一器件(电源隔离、信号隔离和CAN收发器)	CAN总线接口,集成隔离式dc-to-dc
电源管理			
ADP7104	LDO	输出电流: 500 mA, V_{IN} 最大值: 20 V, PSRR性能: 60 dB (10 kHz, $V_{OUT} = 3.3$ V), 初始精度: $\pm 0.8\%$, 反向电流保护	高PSRR的线性电源, 适合用于给16位以上的高精度模拟电路供电
ADP2119	同步降压DC-DC调节器	145 m Ω 和70 m Ω 集成式MOSFET, 输入电压范围: 2.3 V至5.5 V, 输出电压范围: 0.6 V至 V_{IN} , 连续输出电流能力: 2 A	高效率2 A dc-to-dc稳压器, 集成MOSFET
ADP2384	同步降压DC-DC调节器	输入电压: 4.5 V至20 V, 集成MOSFET: 44 m Ω /11.6 m Ω , 连续输出电流: 4 A, 180°反相时钟同步, 高电能转换效率	高效率4 A dc-to-dc调节器, 集成MOSFET
ADM13305	双处理器电源监控器	双监控电路, 可选预调整阈值: 1.8 V、2.5 V、3.3 V和5 V, 集成看门狗, 低功耗-最大电源电流: 40 μ A	双处理器电源监控器, 集成看门狗

IEC61850演示设计的软件考虑因素

- 处理器内核0运行 μ CLinux和非实时任务, 如MMS协议栈、LCD显示和键盘输入、TFTP服务器以及以太网端口0的通讯任务(运行MMS协议栈)
- 所有 μ CLinux内核、定制u-boot make文件和 μ CLinux驱动程序均提供c语言源代码和镜像
- 实现了SISCO-MMS Lite协议栈在 μ CLinux上的移植(开发板并不包含SISCO-MMS许可, 需另行购买)
- 通过简单的建模实例, 说明如何将基本的继电保护功能映射到相应的逻辑设备(LD)和逻辑节点(LN)上——实例与C语言源代码随开发板一同提供
- 内核1运行实时任务(继电器保护算法、GOOSE发布), 无需操作系统介入……以太网端口1连接到内核1 (GOOSE)
- 继电保护算法(提供C语言源代码)
- 实时GOOSE发布(提供汇编语言源代码, 若需要C语言源代码, 则需联系上海远景)



Circuits from the Lab® 参考电路

- 基于16位8通道DAS AD7606的可扩展多通道同步采样数据采集系统(DAS)的布局考虑(CN0148)—www.analog.com/zh/CN0148
- 具有84 dB SNR和出色的通道间匹配性能的低成本、8通道、同步采样数据采集系统(CN0175)—www.analog.com/zh/CN0175
- 半双工、隔离式RS-485接口(CN0031)—www.analog.com/zh/CN0031
- 更多参考电路请访问: www.analog.com/zh/circuits

其他有用链接

- ADSP-BF60x 相关资源—www.analog.com/zh/BF609
- ADI DSP 开发环境 (CCES)—www.analog.com/zh/adswt-cces
- ADI μ CLinux 相关资源—docs.blackfin.uclinux.org/doku.php
- 上海远景数字信息有限公司 (ADI 的 IEC61850 参考设计合作第三方)—www.digigrid.com.cn/productview.asp?/34.html

演示套件实物图



欲了解有关 ADI 公司能源应用和产品的更多信息，
请访问：www.analog.com/zh/energy

亚洲技术支持中心 4006-100-006

模拟与其他线性产品	china.support@analog.com
嵌入式处理与DSP产品	processor.china@analog.com
免费样片申请	www.analog.com/zh/sample
ADI在线技术论坛	ezchina.analog.com
网址	www.analog.com/zh/CIC

Analog Devices, Inc.
Worldwide Headquarters
One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

亚太区总部
上海市黄浦区湖滨路 222 号
企业天地大厦 22 层
邮编: 200021
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司
深圳市福田区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心 4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司
北京市海淀区
上地东路 5-2 号
京蒙高科大厦 5 层
邮编: 100085
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司
湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

亚洲技术支持中心
免费热线电话: 4006 100 006
电子邮箱:
china.support@analog.com
技术专栏:
www.analog.com/zh/CIC
样品申请:
www.analog.com/zh/sample
在线技术论坛:
www.analog.com/zh/forum