|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 技术参数 | 数量 |
| 1 | 通信原理实验箱 | 一、功能要求  1、实验箱应采用模块化设计，支持多台实验箱模块之间自主搭建通信收发系统，实现文本、音频、视频无线传输。  2、实验箱应内置不低于7寸的触控显示屏，支持实验指导书、实验原理图、波形参考图、实验参数直接在显示屏上操作和查看。  ★3、实验箱应具备仪器仪表测试功能区：示波器、逻辑分析仪、误码测试仪具有独立的物理测试接口，且示波器还具备专用探头保护接口。（需提供仪器仪表测试功能区的图片进行证明）  4、实验模块保护措施必须同时包含：存储时全方位外壳保护、安装时模块电路防反接保护、实验时测试端口与芯片隔离保护。  5、每个实验模块均应配置独立的电源拨动开关，根据实验需求独立开启电源开关。  6、实验模块上应有清晰的原理框图和信号流程图，信号每一次变化都有相应的测试点进行测试。  7、收发通道应采用不同的时钟，能展示失步现象及同步过程。  8、软件无线电创新开发平台要求：  ★1）软件无线电创新开发平台采用独立供电接口，既可以安装在实验箱上使用，也可以独立使用。（提供实物图片证明两种供电方式）  2）需提供宽带射频收发接口，频率范围：10M~1GHz。  3）应提供以太网接口，支持与PC机端的虚实结合创新开发软件对接，进行实时软硬协同仿真实验及开发；支持通过以太网口远程对基带处理单元加载FPGA算法程序。  4）应内嵌有FPGA基带信号处理单元，并提供标准JTAG下载接口，可直接进行Verilog HDL算法开发以及程序下载调试。  5）应提供音频输入输出一体接口，完成音频信号传输功能。  6）应提供不少于8路模拟信号端口和8路数字信号端口用于信号测试。  9、虚实结合创新开发软件要求：  1）软件除了提供多种通信算法模块颗粒外，还应提供多种虚拟仪器仪表，比如示波器、误码测试仪等。  2）软件应能开放用户算法库，支持让用户自定义设计算法模块，定制个性化功能。  ★3）软件应支持在实验中调用不少于三个以上虚拟示波器，且能仿真真实示波器释抑、单次触发、频谱分析等功能。支持YT与XY模式的切换，便于观测星座图。（需提供仿真软件同时调用不少于四个虚拟示波器进行实验实时观测的操作截图展示）  4）应能支持拖拽调用各种算法模块以及虚拟仪表，通过自主连线操作搭建出通信传输系统。  ★5）软件包含：信源编译码、信道编译码、基带传输编译码、数字调制及解调、同步技术、复用技术等不少于6个大类，算法颗粒≥30个。（需提供图片证明有6个大类以及30个以上的算法颗粒）  6）软件支持直接将每个实验过程设置、连线、结果进行本地保存，后续可直接调用无需重新搭建。  ★7）配套软件应提供虚拟二次开发功能模块，直接拖放二次开发功能模块，加载m函数，与已有算法模块自由组合连线进行各类通信系统设计。（需提供软件二次开发功能模块加载m函数并与已有算法模块自由组合连线搭建出通信传输系统的截图证明）  8）软件支持与软件无线电创新开发平台互联，完成虚实结合实时协同实验。  ★9）软件除了能够支持与软件无线电创新开发平台进行虚实结合实验外，还必须支持与NI公司的USRP、ADI公司的PLUTO以及HackRF、电视棒等市面上主流SDR硬件设备进行互联，并进行语音、视频信号的实时传输。（需针对该项功能提供承诺函）  10、实验模块应包含：主控&仪器仪表模块、信源编译码模块、信道编译码模块、基带传输&时分复用模块、数字调制解调模块、载波同步及位同步模块、综合实验&创新开发模块。  二、技术指标要求  1、信号源：  正弦波： 频率范围：0～2MHz 幅度范围：0～5V  三角波： 频率范围：0～100KHz 幅度范围：0～5V  方波：频率范围：0～100KHz 幅度范围：0～5V  音乐信号：真人真唱的音乐信号  被抽样信号：1KHz+3KHz正弦波  2、自定义数字信号：能提供拨码开关任意设置不少于4组8bit数字信号作为信号源，时钟信号速率范围：1KHz～2048KHz  3、PN序列：码长15位/127位可选 码速率范围：1kbps～2048kbps  三、实验内容要求  1、基础验证：模拟调制解调实验不少于4个，信源编译码实验不少于4个，信道编译码实验不少于5个、基带传输编译码实验不小于4个、数字调制解调实验不小少于10个、同步实验不少于4个。  2、综合设计：时分复用解复用实验、HDB3线路编码通信系统综合实验、ASK通信系统综合实验、FSK通信系统综合实验、BPSK通信系统综合实验、DBPSK通信系统综合实验、基于FM调制的音频传输无线通信系统、基于QPSK调制的音频传输无线通信系统、基于MSK调制的图像视频传输无线通信系统、基于软件无线电技术的FM收音机。  3、创新开发：基于FPGA、C语言、MATLAB的创新开发案例≥10个。 | 36台 |
| 2 | 信号系统与图像处理实验箱 | 一、功能要求  ★1、实验箱应采用模块化设计，不少于能同时放置8个实验模块，应集成有信号源、电压表和频率计。（需提供实验箱放置模块后的实物图片证明）  2、实验模块保护措施必须同时包含：存储时全方位外壳保护、安装时模块电路防反接保护、实验时测试端口与芯片隔离保护。  ★3、每个实验模块均应配置独立的电源拨动开关，根据实验需求独立开启电源开关。（需提供实物模块图片证明）  4、应提供分离元器件专用模块：运放≥2个、电阻≥10个、电容≥4个、电感≥4个，可与其它实验模块配合使用。  5、应包括调幅及频分复用模块，能够涵盖频分复用及解复用方面的实验。  6、应通过数字信号处理方式实现信号自卷积、信号与系统卷积、信号的分解与合成、信号的频谱分析。  ★7、应提供数字图像处理模块，支持完成图像边缘检测、图像直方图统计、图像取反等功能。（需针对该项功能提供承诺函）  8、实验模块应包含：电压表及直流信号源模块、信号源及频率计模块、抽样定理及滤波器模块、数字信号处理模块、一阶系统特性、二阶系统特性、调幅及频分复用模块、基本运算单元及连续系统模拟模块、数据采集&虚拟仪器模块、数字图像处理模块。  9、需整体配置教师用仿真软件、数据采集模块、信号实时处理软件、PPT课件、电子版实验指导书各，且满足以下要求：  1）仿真软件实验模块与硬件模块外观、功能操作保持完全一致。  ★2）为提升学生实践能力，仿真软件应支持学生自由进行各个实验模块的拖放、连线及调测，不接受静态加载整个实验平台，并且拖放出的模块支持实物模块图和实验原理图两种实验模式切换，支持在实物模块图和实验原理图上连线。（需提供仿真软件拖拽出两个实验模块，并且两个模块其中分别以实物模块图和实验原理图显示并支持连线的截图证明）  ★3）为培养学生的仪表操作能力，仿真软件内的虚拟示波器应以真实示波器为原型，操作方式及显示效果应与真实示波器保持一致，不接受直接绘制波形的方案。（需提供仿真软件内的示波器截图展示通道打开/关闭、幅度/位置调整、触发设置、释抑调整、YT/XY显示等功能，效果应与真实示波器一致。）  ★4）配套仿真软件应提供虚拟二次开发功能模块，直接拖放二次开发功能模块，加载Matlab的m 函数和c 语言的DLL 文件，与已有模块自由组合连线进行各类通信系统设计。（需提供仿真软件同时调用两个二次开发模块，分别加载m函数和DLL文件与已有模块进行连线的截图证明）  5）数据采集模块应内置USB3.0接口、DA/AD转换器；音频信号MIC输入接口与ADC接口分离设计，可满足不同信号源输入要求。DAC与耳机接口分离设计，方便同时回放监听和示波器观测。  6）信号实时处理软件支持信号实时采集处理、滤波器设计、信号卷积、信号尺度变换等功能。  ★7）信号实时处理软件支持对采集的信号进行分区显示，包含：原始信号时域、频域、处理后信号时域、频域共四个分区，并且能实时设计低通、高通、带通滤波器。（需提供信号实时处理软件截图证明）  8）数据采集模块和信号实时处理软件可完成数据采集、分析、存储、回放，且回放支持快速播放和减速播放。  二、技术指标要求  1、信号源指标：  1）直流信号源：两路直流信号输出，信号源幅度可调范围是-5V～5V。  2）交流信号源：可产生三角波、方波、正弦波，频率、幅度均可调。  正弦波：10Hz～2MHz，Vp-p=5V；  三角波：10Hz～100KHz，Vp-p=5V；  方波：10Hz～100KHz，Vp-p=5V。且方波占空比任意可调  2、扫频信号源指标：扫频范围：10Hz～2MHz，且扫频范围、扫频分辨率可任意调节。  3、电压表指标：电压表可测直流信号和交流信号，测量范围为：  直流信号：-10V～10V；  交流信号：0～20V。  4、频率计指标：测频范围：1Hz～2MHz  三、实验内容要求  1、基础验证：常规信号观测实验、阶跃响应与冲激响应、连续时间系统的模拟、无失真传输模块、有源无源滤波器、抽样定理与信号恢复、二阶网络函数的模拟、二阶网络状态轨迹显示实验、一阶电路系统的频响测试实验、二阶电路系统的频响测试实验、二阶电路的传输特性、信号卷积实验、矩形脉冲信号的分解与合成、相位对信号合成的影响、极点对频响特性的影响、系统相平面分析。  2、综合设计：信号的频谱分析、数字滤波实验、直接数字频率合成、FDM频分复用传输系统、音频信号采集及观测实验、音频信号采集及FFT频谱分析实验、音频信号采集及尺度变换实验、音频信号带限处理及FIR数字滤波器设计实验、图像边缘检测、图像直方图统计、图像取反。  3、创新开发：基于DSP、C语言、MATLAB的创新开发案例≥10个。 | 36台 |
| 3 | 示波器 | 1、 不少于四个模拟通道  2、 ★模拟带宽不小于100MHz  3、 ★实时采样率不小于1GSa/S，四个通道同时开启采样率不小于500MSa/s  4、 存储深度不小于14Mpts  5、 时基档位1nS/div ~ 100S/div  6、 ★垂直档位500uV/div ~ 10V/div  7、 14M点全采样点数据处理  8、 ★1M点的FFT数据量，极高的频谱分辨率  9、 ★波形捕获率不少于400，000帧/秒  10、支持标签：使用多通道测量时，对不同的信源设置对应标签，大大方便观察和阅读  11、支持计数器  12、★支持数据记录仪，可对原始采样点或者测量值进行长时间记录（波形记录仪，最大采样率：25kSa/s；最小采样率：1Sa/s  13、★测量值记录仪：最大记录间隔10分钟；最小记录间隔0.1秒。支持记录不少于4路测量值  14、支持 NTP，更新本地时间  15、增强分辨率模式，等效增强3-bit  16、标配：边沿、斜率、脉宽、窗口、欠幅、间隔、超时、码型、高清视频触发  17、★标配：IIC, SPI, UART, RS232, CAN, LIN触发及解码  18、★支持用户自定义Default 按键参数，实现Default 按键的个性化需求  19、★安全擦除功能，删除机器上所有的操作记录和用户数据  20、不少于37种自动测量参数，支持测量统计、Zoom 测量、Math 测量、History 测量、Ref 测量  21、★支持幅频特性和相频特性扫描，绘制波特图  22、可存储设置存储、CSV数据、图片、二进制数据、Matlab数据等  23、支持事件搜索和导航功能并辅以实体按键快捷操作  24、支持门限测试，实现屏幕内自由测量  25、基于硬件实现的Pass/Fail功能  26、★内嵌Web Server，无需安装特殊的驱动和上位机软件，通过浏览器即可对仪器进行远程控制、观察波形，获取测量结果  27、★支持USB WIFI,实现无线连接  28、丰富的SCPI远程控制指令  29、多国语言显示及嵌入式在线帮助  30、不小于7英寸显示屏，分辨率不小于800\*480；256级辉度及色温显示  31、★标配以太网LAN以及两个USB Host，USB Device，D-BUS ,Trigger out等外围接口，以方便仪器扩展和程控操作 | 36台 |
| 4 | 信号源 | 1.★等性能双通道信号输出  2.正弦波输出频率1uHz~30MHz  3.采样率不小于150MSa/S  4.垂直分辨率14-bit  5.★方波频率不小于30MHz  6.高斯白噪声不小于60MHz  7.能够输出低抖动的方波/脉冲波形，同时脉冲波可以做到脉宽、上升/下降沿精细可调.  8. 输出幅度(高阻)：  ≤10MHz ：4mV ~ 20V； ＞10MHz : 4mV ~ 10V  9. ★方波特性：  频率：1uHz ~ 30MHz  占空比：0.001% ~ 99.999%  10. ★脉冲特性：  脉宽最小：32.6ns  占空比:0.001~99.999%  11. ★谐波发生器功能，可产生不少于10次谐波  12. 丰富的模拟和数字调制功能：AM、DSB-AM、FM、PM、FSK、ASK和PWM  13. Sweep功能与Burst功能  14. ★提供通道复制、通道耦合以及通道合并等功能  15. 内建任意波形不少于190种  16. 硬件频率计功能：100mHz ~ 200MHz  17. 提供功能强大的任意波形编辑器。产生波形方式有标准函数、公式编辑器和波形数学计算功能进行编辑任意波形  18. 标配以太网LAN接口以及USB Host，USB Device， 等外围接口  19. ★不小于4.3英寸TFT-LCD显示屏 | 60台 |
| 5 | 台式万用表 | 1.★真5½位读数分辨率数字万用表(240,000 Count)  2.★基本直流电压准确度0.015%  3.★测量速度150 rdgs/s  4.★测量种类:直流电压、交流电压、直流电流、交流电流、2线电阻、4线电阻、电容、二极管、连通性、频率、周期、温度  5. 直流电压测量：200 mV，2V，20V，200V，1000V；  6. 直流电流测量：200 μA，2mA，20mA，200mA，2A，10A  7. 交流电压测量：True-RMS，200 mV，2V，20V，200V，750V  8. 交流电流测量：True-RMS，20mA，200mA，2A，10A  9. 2、4线电阻测量：200 Ω，2K，20K，200K，1M，10M，100MΩ  10. 电容测量：2 nF，20nF，200nF，2μF，200μF，10000uF  11. 频率与周期测量：20Hz ~ 1 MHz; 1uS ~ 0.05S  12. 二极管测试门限电压不小于4V,可调。  13. 连通性测试门限电阻不小于2KΩ，可调  14. 支持热电偶，热电阻温度传感器温度测量。支持热电偶类型：B,E,J,K,N,R,S,T  15. ★高精度的小电容测量特性:最小可测试2pF高精度的小电容  16. ★支持测量最小值/最大值/平均值、dBm、dB、限值、相对（Relative）、标准差、直方图、趋势曲线、条形图测量等。  17. 具有10K易失性读数存储能力  18. ★内置不小于1 Gb Nand Flash 总容量，海量存储仪器设置文件和数据文件  19. 内置热电偶冷端补偿  20. 支持标准SCPI 远程控制命令、上位机软件、兼容最新主流万用表命令集  21. 设置和测量数据可通过VXI11，USBTMC, U 盘导入或者导出以方便用户修改，查看，备份  22. 支持双显示测量模式  23. 标配接口：USB Host，USB Device， LAN接口  24. ★不小于4.3英寸（480\*272）真彩TFT-LCD显示屏  25. 支持基于BS 架构和LAN 连接的实验室智能管理系统 | 36台 |
| 6 | 电源 | 1、 ★三路输出，总功率220W：CH1:32V/3.2A，CH2：32V/3.2A，CH3：2.5V/3.3V/5V/3.2A三路通道单独可控，电压值在设置范围内均连续可调。  2、 ★最小分辨率：10mV 10mA  3、 ★最高4位电压和3位电流显示  4、 定时输出功能，可使电源输出电压按时间变化进行调整  5、 ★三种输出模式：独立，串联和并联连接  6、 ★通道间相互隔离  7、 ★具备短路和过载保护  8、 支持键盘锁定，防止误操作。  9、 内部5 组系统参数保存/ 调取，支持数据存储空间扩展  10、设定精度：电压±(0.5% reading + 2digits），电流±(0.5% reading+ 2digits）  11、回读精度：电压±(0.5% reading + 2digits），电流±(0.5% reading+ 2digits）  12、恒压模式 电源调整率：≤0.01% + 2mV  负载调整率：≤0.01% + 2mV  纹波与噪声：≤300uVrms(5Hz ~ 1MHz)  13、并联模式 电源调整率：≤0.01% + 2mV  负载调整率：≤0.01% + 2mV  14、串联模式 电源调整率：≤0.01% + 5mV  负载调整率：≤300mV  15、CH3 输出电压：（2.5/3.3/5V）±8%  线性调整率：≤0.01% + 2mV  负载调整率：≤0.01% + 2mV  纹波与噪声：≤350 uVrms(5Hz ~ 1MHz)  16、智能温控风扇，有效降低噪音  17、提供上位机软件并支持软件设定定时功能  18、★支持SCPI远程控制指令及LabView驱动包，满足远程控制和通信需求  19、★标配USB Device，LAN等接口。  20、★不小于4.3 英寸的TFT-LCD 液晶显示屏，不小于480 \*272 高分辨率，清晰的图形化界面及波形显示  21、支持基于BS 架构和LAN 连接的实验室智能管理系统 | 36台 |
| 7 | 毫伏表 | 频率范围：5Hz ~ 6MHz  测量电压范围：50μV ~ 400Vrms ，浮地测试  ★ 测量显示功能：4 1/2位,≥2路通道，同时显示，可分别选择4种单位：V, W, dBm, Vpp  ≥5种测量电压量程：4mV，40mV，400mV，40V，400V  ★测量电压基本准确度：读数值的±1%( 1kHz )  可同时显示测量频率，相当于一个频率计数器  ≥测频闸门时间：1S, 10S, 100S  ★测量精度：≤7digits/s  ★输入阻抗：≤5MΩ 40PF，电压探头可切换到10MΩ  标配：USB(Device,Host支持U盘读写)、RS232，选配：LAN、GPIB  不小于4.3英寸彩色TFT LCD显示屏，支持中英文界面  新型金属机箱 | 36台 |