

	文件编号	
	项目编号	Sipder Robot
	版 本	V01
	日 期	2016-01-11

Spider (兼 Robot) 智能控制系统

产品规格书

编制/日期：fishcan/20160111

审核/日期：

批准/日期：

RobotBros

版本	更改内容	更改原因	签名	日期
V01	首版		fishcan	20160111

目 录

- 产品开发背景
- 产品电气参数
- 产品系统框图
- 产品功能介绍
- 产品结构尺寸及外围端子
- 系统电器参数测试

产品规格书

1. 产品开发背景

由于世界经济的高度发展，传统的劳动密集型产业已经逐步被自动化取代，而且也逐步渗透到每家每户，自动化及网络智能化提升，改变着每个人传统的观念，使人能从繁琐重复的日常生活当中抽身，把更多的精力放在更有意义的事情上面。机器人自动控制结合智能网络的普及已经成为未来科技的主流。当大家谈起机器人开发，都会觉得遥不可及，都觉只能得在研究实验室，一大帮工程师合作才能开发，但随着近来自动化进程、集成电路制造小型化密集化产业的飞速发展，机器人研究的实现已不局限于高昂的实验室环境，即使普遍感兴趣的个人即使在家中，也能参与研究和学习，真正科技走入寻常百姓家。使神秘的生物行为仿真算法，现代控制理论等的学习验证大大的降低了入门门槛，使先进的理论研究对个不再是遥不可及。

对于大型的机器人，个人开发研究可能门槛遥不可及，市面上已经针对大众消费者，已经推出小型化

的开发平台，但推出的产品结合实用性或者细节研究性都不能很好的支持，更像是以玩具形式展现给消费群体，由于平台的局限性，往往满足不了二次开发者的要求。例如，在此篇介绍的六足蜘蛛机器人开发平台，市面上的产品只能完成舵机控制，对控制方式，及系统负重控制，保护都十分粗糙，导致使用寿命大大缩短，市面普遍产品与新方案产品性能对比：

一、大电流舵机供电部分效率问题

市面产品实现方式为 7.4V 锂电池通过二极管降压，给舵机供电。

缺点：舵机电源随锂电电压波动，舵机力矩不能维持恒定，导致舵机寿命缩短，而且对整个机器人系统也会带来失控的风险。另外由于是电池离线工作，二极管降压方式将带来巨大的能量损耗，将会使本来续航能力若的锂电更进一步缩短单次满电量的使用时间，而且损耗大直接影响到机器人的负重，负重加大，此种方式发热损耗带来的问题是致命，所以市面上普遍产品只能沦为日常的玩具，通过更换锂电电压（11.2V）来提高续航能力的方式是完全不行的。本方案使用 power MOSFET 作 22 路舵机供电总开关，由 MCU 根据采样数据作实时控制保护，控制后端 DC TO DC 电源工作，给舵机供电。DC TO DC 输入电压范围为 4.5VDC-14VDC，输出 6VDC 额定或可根据设计作调整，效率达到 98%，大大降低控制器的损耗，延长电池续航时间。另外由于输入是宽电压范围，只要调整电压采样窗口，就可以使用 11.2V 锂电作供电，可以缩小电池体积，进一步减轻负重。

二、机器人系统保护手段

市面产品没有或者仅有电压检测功能。

缺点：1、锂电整个控制系统重要供电部件，所以其保护必须到位，才能保护好整个系统。普遍的机器人系统都由由十几个或者更多的舵机组成，每个舵机负载都不轻，重负载下电池的瞬间放电电流将会十分巨大，没有很好保护机制，锂电使用寿命将会严重缩短。例如：7.4V 锂电供电系统，大电电流放电下，门限保护电压为 7.2V 比较合适，低过阈值后需要停机重现充电。而市面产品电压采样基本没怎样考虑此问题，或者干脆没有检测电压功能，等系统完全失控才去为锂电充电，这样直接导致锂电提前报废。本方案充分考虑电池问题，设立多重电压阈值电压，对过压欠压作优先停机保护，另外还设置电量预警提示，电池用量百分比实时传送到上位机观测。

2、缺少电流保护，导致舵机过流长期工作，将导致舵机损坏。而使用电流和电压检测将可以实时监控系统运行状况，了解是否超负荷运转，计算系统总功率，按功率进行保护。本方案使用精密无感电阻配合运算放大器进行电流采样计算，可以实时检测总电流情况。通过电流，电压组合做系统保护依据，另外可以计算总功率，用总功率也可以起到保护效果，让用户对系统设计把握程度更大。

3、缺少过载保护手段，市面供电控制使用大电流船型开关，控制舵机供电电源，出现过载情况没有控制手段断开负载，而为了拟补这点，增加多路自恢复保险保护，但这种被动方式，在系统异常的情况下，也不能十分可靠的保护到系统免收损坏。本方案采用 power MOSFET 做电子开关，有 MCU 独立取电控制，系统开启由 MCU 弱电流机械开关控制，从而一方面避免操作者直接操作大电流开关的风险，另一方面防止机械开关使用久接触电阻大的问题，增强控制器的可靠性。另外每路舵机增加自恢复保险作保护，考虑到单独某一路舵机堵转情况的保护。

三、开发调试动作不能离线，需要串口连接电脑，机器人下位机没有实时数据反馈给到上位机软件做监控。本方案使用两种方式进行单个舵机独立角度控制，分别为 2.4G 上下位机控制板作通讯，上位机控制板使用 USB 接口连接 PC，实时控制每路舵机的角度，另外同时检测下位机电流、电压数据，或者开发者自己定义的其他传感器实时数据。PC 上位机控制软件使用业界最优秀的 Labview 做开发平台，使编程更灵活，适用的外围辅助设备更多元化。另外一种使用蓝牙，透过 APP 软件移动设备控制机器人，使用更方便。

四、与市面产品一样，预留控制及电源输出端口（5V/3.3V/GND 各四路）。另外 22 路带单独过流保护 PWM（每路为独立硬件 PWM 控制方式，免去占用 MCU 主频资源，让 MCU 更快速地完成控制和采样）；预留一路超声波模组接口；4 路 I/O，可以复用为 I2C 接口，接入运动感测传感器模组（MEMS），应用于人形机器人自平衡动作算法。

五、用户遥控器只做控制，不做信息反馈。本方案遥控器与 PC 上位机显示数据相当，收到上位机数据后 LCD 实时显示，另外附加遥控器电量提示，使用户体现界面跟亲和。

6、配备 WIFI 摄像头模块，只能显示端与控制端分开独立操作，不便于一体化。本方案独立 WIFI 模组实时传输图像，另外控制器上传采样数据给到 WIFI 模块处理，图传与数传融合显示，及控制动作数据也可以一体化传输执行，终端控制设备得到简化，单独移动设备就可以完成。

新方案，在操作简单的同时，更为开发者提供多元化的可调性，让开发者能跟深入细节的验证设计方案，不再局限于“玩具形式”，能让开发者更多从体统级别考虑产品化的严谨。

2. 产品电气参数

机器人驱动板：

序号	电气特性	参数	备注
1	额定输入电压：	7.4VDC（3S 11.1VDC）	电池根据自己选择
2	输入电压范围：	6.5VDC~8.4VDC(3S 12.6VDC)	MAX 14VDC
3	DC-DC 频率：	500KHz	开关频率
4	额定输入电流：	11A	单路 0.5A
5	最大输入电流：	21A	Buck 过流保护 24A
6	额定输入功率：	81.4W	
7	最大输入功率：	125.8W	17A 峰值硬件保护
8	输入欠压停机：	<7.2VDC	
9	工作温度范围：	-10C~35C	
10	存储温度范围：	-40C~85C	
11	工作湿度范围：	10%~85%	
12	工作海拔高度：	< 2000m	
13	舵机输出电压：	6VDC	
14	舵机纹波电压：	32mV	
15	输出效率：	>0.9	控制器效率

遥控板：

序号	电气特性	参数	备注
1	额定输入电压：	3.7VDC	电池根据自己选择
2	输入电压范围：	3.4VDC~4.2VDC	

PC上位机控制板：

序号	电气特性	参数	备注
1	额定输入电压：	5VDC	PC USB supply
2	输入电压范围：	5VDC	

3. 产品系统框图
机器人驱动板：

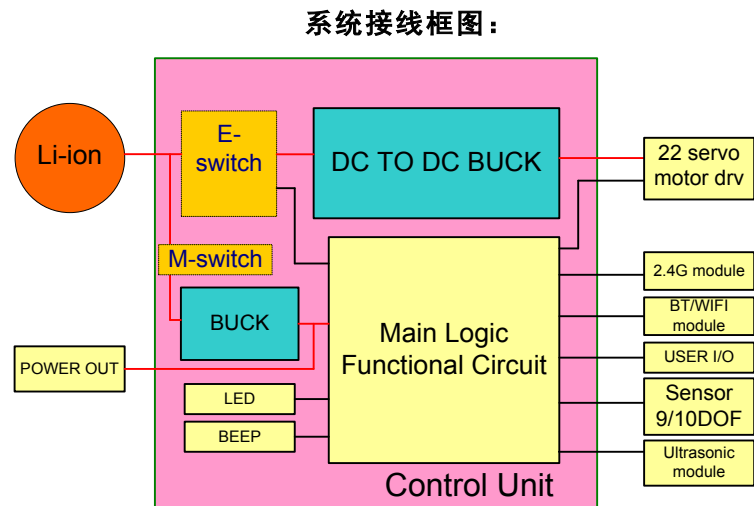


图1—spider控制板接线图

- 说明: 1. 整个机器人控制板驱动与控制一体化，包含控制电路及供电电路;
2. 控制 MCU 由电池独立供电，有机械开关控制，舵机电源由 MCU 控制电子开关控制;
3. 22 路硬件 PWM 舵机驱动，用户 I/O 及 5V/3.3V 电源接口扩展，2.4G/蓝牙模块可选
- 4、锂电供电 7.4V（2S 3300mAH）或者 11.1V

遥控板：

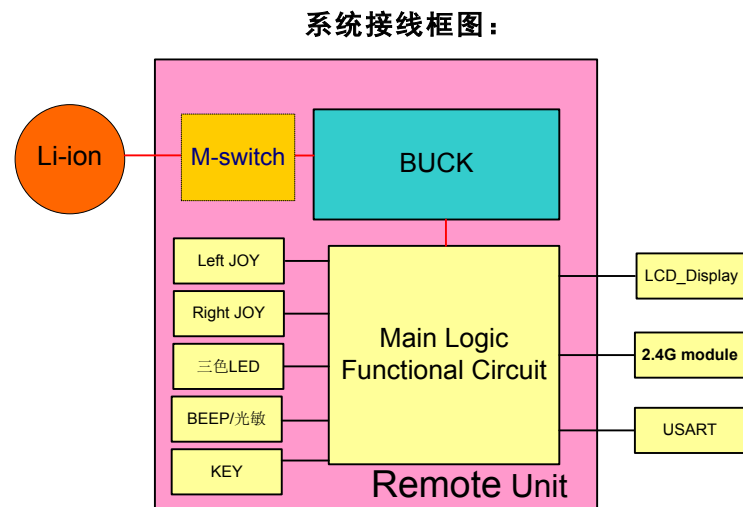


图2—spider遥控板接线图

- 说明: 1. 用户遥控板，使用锂电池供电或者 3.2V 通用锂电池供电及 USB 充电
2. LCD 显示系统信息，LED 和蜂鸣器展示系统状态。
3. 外接 2.4G 模块及 LCD 显示屏。
4. 9DOF IMU（预留）。

数据传输板：

系统接线框图：

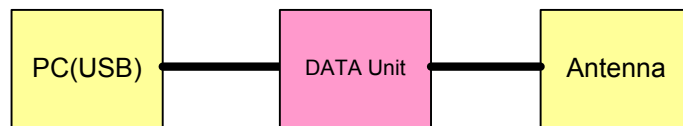


图3—spider数据传输接线图

- 说明: 1. 连接 PC 做上位机数据收发;
2. 默认为板载陶瓷天线, 预留 IPX 接口, 可外扩天线;

控制板：

系统原理框图：

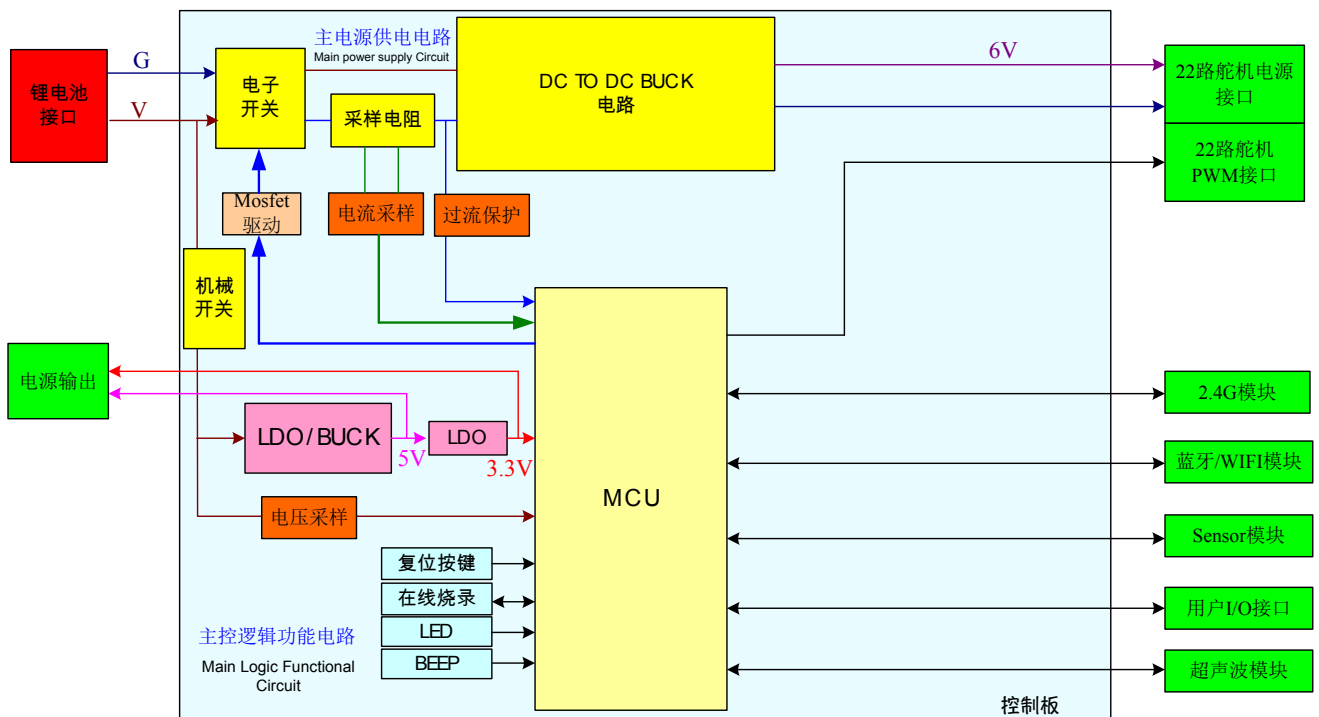


图4—Spider驱动板系统原理总框图

- 说明: 1. 舵机电源由 MCU 电子开关控制, MCU 供电由机械开关控制;
2. 软件上支持: DC 过欠压保护、过流保护、功率保护;
3. 硬件上支持: 过流保护;

上位机数据板：

系统原理框图：

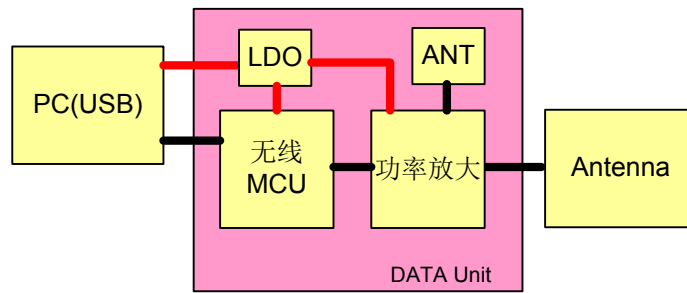


图5—spider数据传输系统总图

- 说明： 1. 由 USB 取电；
2.无线 MCU 传输数据经过功率放大，发送到天线（默认为陶瓷板载天线）；

遥控板：

系统原理框图：

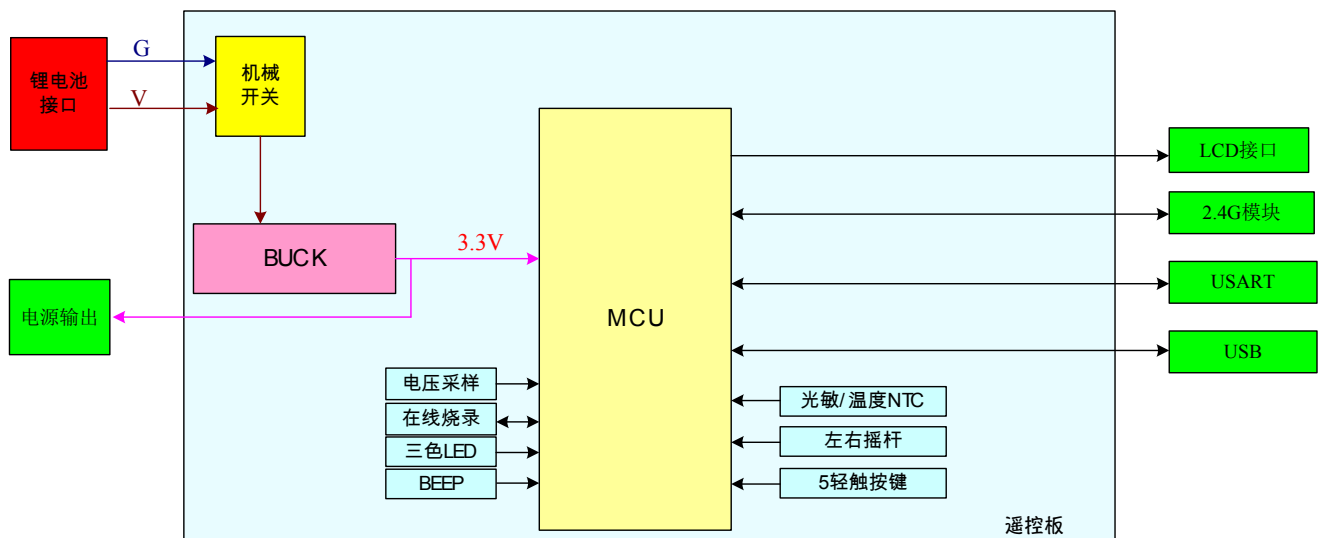


图6—Spider驱动板系统原理总框图

- 说明： 1. 外接锂电池或者通用 3.2V 电池供电, BUCK 电源输出 3.3V 为 MCU 供电, USB 锂电充电 500mA。
2. 两摇杆，分别控制 X,Y 轴, LED 显示系统状态, 蜂鸣器报警；LED 三原色由 PWM 控制, 可组合多种色彩, 无源蜂鸣器由两 PWM 端口控制, 开机播放音乐。
3. 外接 2.4G 模块通讯, LCD 模块 5110 显示下位机数据及遥控电池电量, 外扩 USB 及引出 I/O。
4. 光敏电阻检测环境光线, 自动调节 LCD 背光, 暗环境亮度低, 太阳光环境下亮度最高。另外 NTC 可以替代光敏电阻, 检测环境温度。

4. 产品功能

1、控制板：

序号	产品功能	内容	实现
1	22 路舵机驱动	舵机控制	硬件 PWM
2	舵机电源控制	控制舵机电源供电	Powermosfet+MCU
3	电流采样	总电流采样（舵机+MCU）	无感电阻+运放
4	电压采样	采样电池电压	电阻分压
5	电流峰值保护	采样电压	无感电阻+比较器+肖特基二极管
6	DC TO DC	效率>0.95	BUCK IC
7	2.4G 数据传输	无线传输数据	SPI 总线
8	蓝牙数据传输	无线传输数据	USART
9	WIFI 数据窗传输	无线传输数据	USART
10	运动检测传感器	自平衡调整	I2C 总线
11	超声波测距离	测距离	I/O 口
12	LED/BEEP	系统状态展示，报警	I/O 口
13	在线调试	调试仿真	SWD 接口
14	用户扩展 I/O	外扩接口	I/O 口

1.1 上电初始化功能

进入条件：上电/复位按键，系统进初始化程序。

初始化说明：2.4G/BT/WIFI 模块检测存在，系统初始化结束，舵机电源开启，19 路舵机进入初始化角度，LED 进入系统提示状态（参看状态提示表）；蜂鸣器响 240ms 关闭。

1.2 系统功能

初始化完成后，系统处于待机模式，发送采样数据到上位机，接收上位机控制命令轮询；发送数据电流、电压等数据到上位机，上位机发送控制命令到下位机，下位机分为遥控器或者 PC 采集器。下位机实时检测分辨不同上位机发出命令或者数据。

系统主模式分两种：

1、PC 控制模式（开发者模式）

上位机接收到 AA 头码命令字后进入 PC 控制模式，除非掉电或者复位，才退出模式。模式中各路舵机角度旋转相互独立，步进角度为 1 度；下位机采集数据交由 PC 上位机处理，可以计算系统总功率，电流谐波分析波形重构等等，采集数据能直观示波器形式展示给用户，让用户能实时检测系统。PC 控制命令发送为单次发送，上位机保存上次历史接收有效数据，即使下位机断电重新上电，会自动进入之前最新一次动作。PC 端监控软件使用 Labview 开发实现，界面如下所示。



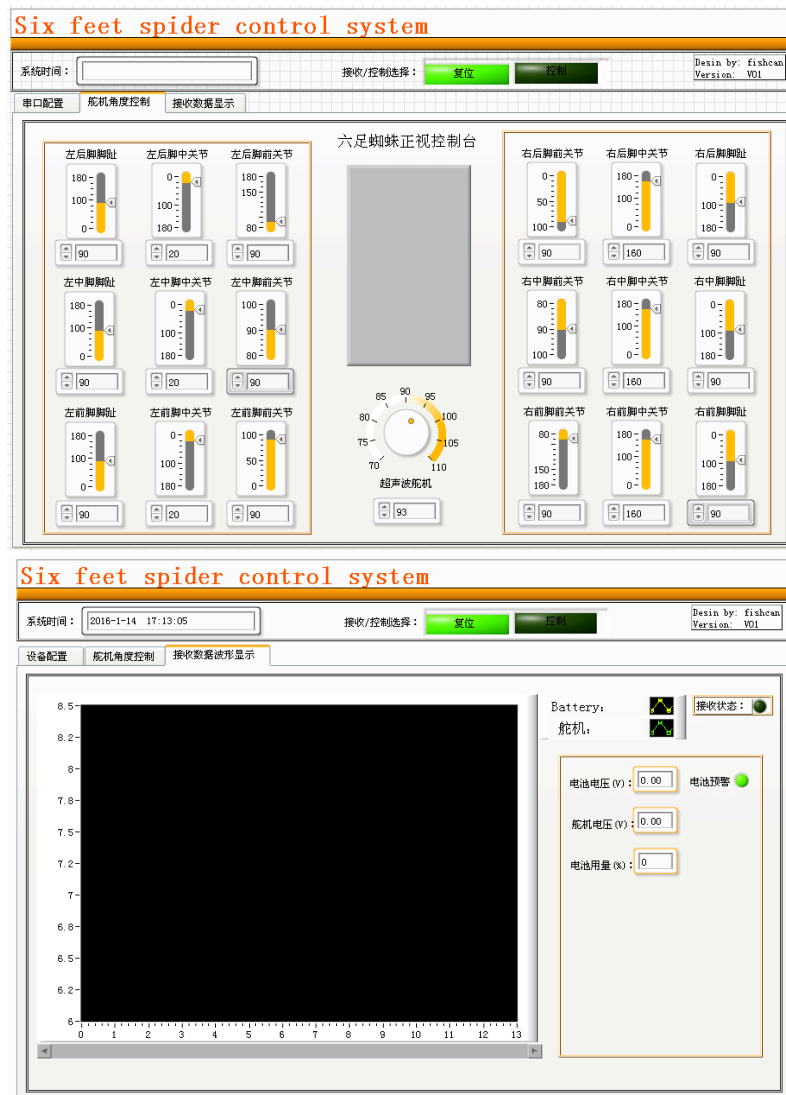


图 6 PC control Host(USB)

2、遥控器模式（普通用户模式），包括蓝牙/WIFI APP 控制。

上位机上电进入待机模式，检测到遥控器发送的 AB 命令字头码，以及操作者同时上推左右摇杆到顶端，连续 2S，系统进入固定动作遥控模式，下位机六足自动进入待机动作模式，即左摇杆向左方拨动，六足机器人完成左转命令。左摇杆控制六足左右前后动作，右摇杆则完成特殊动作指令（可由开发者自行在 PC 控制模式开发验证，在固化到遥控模式上执行）。

系统保护功能及展示方式在两种模式下均形同，而系统控制状态模式会有差异，见附表。

下位机系统状态模式分四种，分别为：

- 1、初始化模式：初始化外围设备，失败后，系统会锁死，LED 常量，蜂鸣器不响。
- 2、待机模式：系统停留在接受控制字模式，等待（PC 上位机 AA 命令字，或者遥控器/BT/WIFI AB 命令字），进入系统主模式 1 后，不能退出，除非掉电或复位，PC 控制模式可以随时打断遥控器模式，而遥控器模式则不能。
- 3、遥控模式：用户遥控机器人固化动作模式。
- 4、PC 模式：PC 上位机控制舵机角度，验证用户设计动作。

在遥控模式及 PC 模式下，下位机根据保护，对遥控及 PC 模式作细分，包括：正常模式，预警模式和停机模式，由电压、电流采样及总功率作为切换的判断条件，另外停机模式还增加硬件峰值电流保护判断条件，而且其优先级系统上最高。

- 1、正常模式：不影响系统固定功能执行。
- 2、预警模式：蜂鸣器 300ms 响一次，连续三次，后停止，不影响系统固定功能执行。
- 3、停机模式：舵机电源总开关关闭。LED 及蜂鸣器展示方式如附表

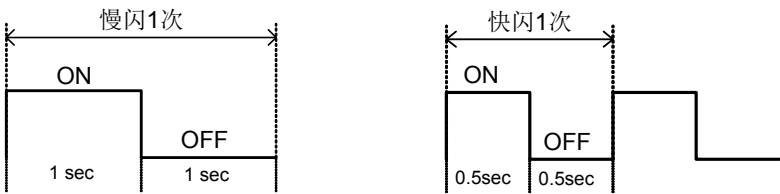
1.3 系统状态指示

正常及预警模式，系统展示：

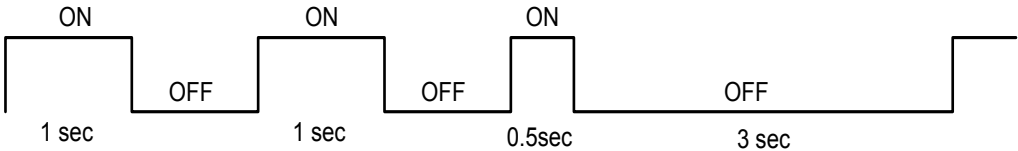
序号	状态	LED 红	BEEP
1	上电初始化完成	亮，1 秒后，灭	初始上电，响 240ms，灭
2	待机	亮，0.5 秒，灭，循环	关闭
3	PC 模式正常模式	亮，0.2 秒，灭，循环	模式切换，响 240ms，灭
4	PC 模式预警模式	亮，0.2 秒，灭，循环	模式切换，响 300ms，灭三次
5	遥控模式正常模式	亮，0.5 秒，灭，循环	模式切换，响 240ms，灭
6	遥控模式预警模式	亮，0.2 秒，灭，循环	模式切换，响 300ms，灭三次

正常及预警模式，系统展示：

以 2 秒周期的慢闪代表“5”；以 1 秒周期的快闪代表“1”；重复故障间隔 3 秒时间



例如：故障状态代码为“11”时表示为 2 从长的慢闪 + 1 次短的快闪。



序号	故障	故障代码	说明
1	电池过压和欠压保护	1	与 LED 展示方式相同
2	电流过流保护（平均值）	2	与 LED 展示方式相同
3	功率保护（平均值）	3	与 LED 展示方式相同
4	硬件电流峰值保护	4	与 LED 展示方式相同
5	用户扩展保护（预留）	5	

注意：系统进入保护后，展示三次，每次间隔 5 秒，3 分钟后退出保护状态，进入待机模式。

1.4 异常进入条件

序号	保护类型	进入条件	保护动作	备注
1	电池过压	>8.5V	停机	7.4V 锂电
2	电池电压低预警	<7.4V	停机	
3	电池欠压	<7.2V	停机	
4	过流（平均值）	15A	停机	
5	过流（峰值）	>17A	停机	

2、PC 板：

序号	产品功能	内容	实现
1	USB-HID	PC USB 通讯包括固件升级	USB-HID
2	2.4G 发射	与下位机无线通讯	2.4G+MCU
3	FLASH 烧写	预留用户烧录器烧写	SPI
4	IPX 天线	外置 IPX 天线	
5	发射功率放大	增加传输距离 1km	功率 IC

2.1 上电初始化功能

USB 端口接入 PC 后自动进入用户模式，自动 2.4G 收发数据。

2.2 系统功能

分为两种模式：Bootloader 和用户模式，Bootloader 模式用于用户升级用户应用程序；用户模式执行用户功能，USB 实时与 2.4G 收发数据，LED 显示收发状态。

2.3 系统状态指示

序号	状态	LED
1	上电初始化完成	亮
2	2.4G 收发成功	状态改变

3、遥控板：

序号	产品功能	内容	实现
1	LCD	显示下位机数据及当前控制	SPI
2	2.4G 发射	与下位机无线通讯	SPI
3	摇杆	下位机动作控制	AD
4	蜂鸣器	奏乐	PWM
5	LED	三色可调光	PWM
6	光敏	采集环境光线	AD
7	按键	LCD 菜单操作或者四轴油门微调	I/O

3.1 上电初始化功能

USB 端口接入 PC 后自动进入用户模式，自动 2.4G 收发数据。

3.2 系统功能

分为两种模式：Bootloader 和用户模式，Bootloader 模式用于用户升级用户应用程序；用户模式执行用户功能，USB 实时与 2.4G 收发数据，LED 显示收发状态。

3.3 系统状态指示

序号	状态	LED
1	上电初始化完成	亮
2	2.4G 收发成功	状态改变

5. 系统结构尺寸及外围端子

5.1 控制板

六足控制板使用一体板，只需固定 PCB 和电池即可，控制板电池接口使用航模电池接口。

序号	功能	内容	说明
1	PCB 尺寸	65mm*68.5mm	控制板与电源一体
2	锂电接口	T 头（公）	
3	舵机接口	2.54mm 间距，（地-电源正-信号）	通用舵机接口
4	2.4G 模块接口	双 8PIN 排 2.54mm 间距插座（母）	市面通用模块

5	蓝牙模块	6PIN 2.54mm 间距插座（母）	兼容 BT2.0/4.0
6	超声波模块	4PIN 2.54mm 间距插座（公）	市面通用模块

5.2 PC板

直接由 PC 取电。

序号	功能	内容	说明
1	PCB 尺寸	19mm*52mm	USB+2.4G+天线
2	IPX	IPX	外置天线
3	USB 接口	USB A 通用接口	USB U 盘接口
4	烧写座	双 5PIN 排 2 mm 间距插座（公）	SPI 烧写器接口

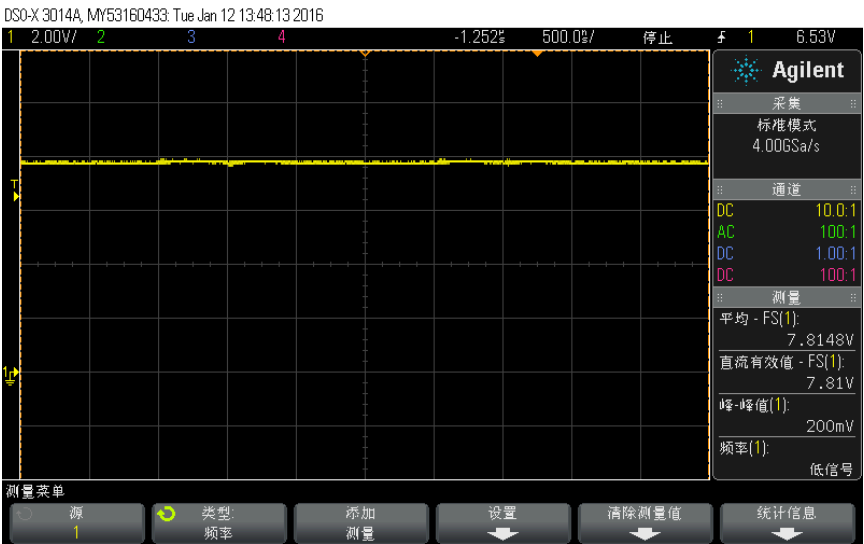
5.3 遥控板板

可由 7.4V 锂电供电或者 9V 碱性电池供电。

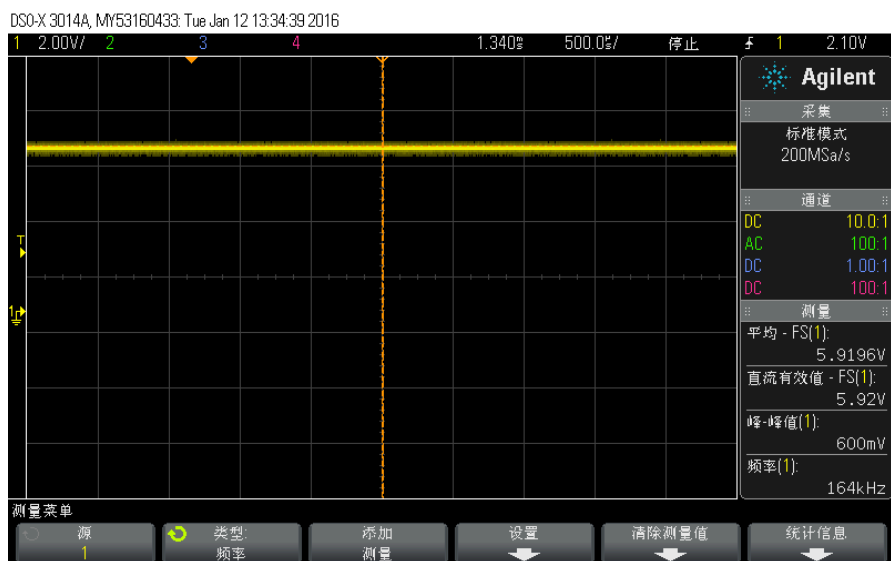
序号	功能	内容	说明
1	PCB 尺寸	95mm*100mm	
2	LCD 模块	2.54mm 间距*8	LCD 5510 模块接口
3	2.4G 模块接口	双 8PIN 排 2.54mm 间距插座（母）	市面通用模块
4	SWO 调试口	3PIN 2.54 mm 间距插座（公）	SWO 接口
5	串口+电源接口	2.54mm 间距插针（公）	预留接口

6. 系统电气参数测试

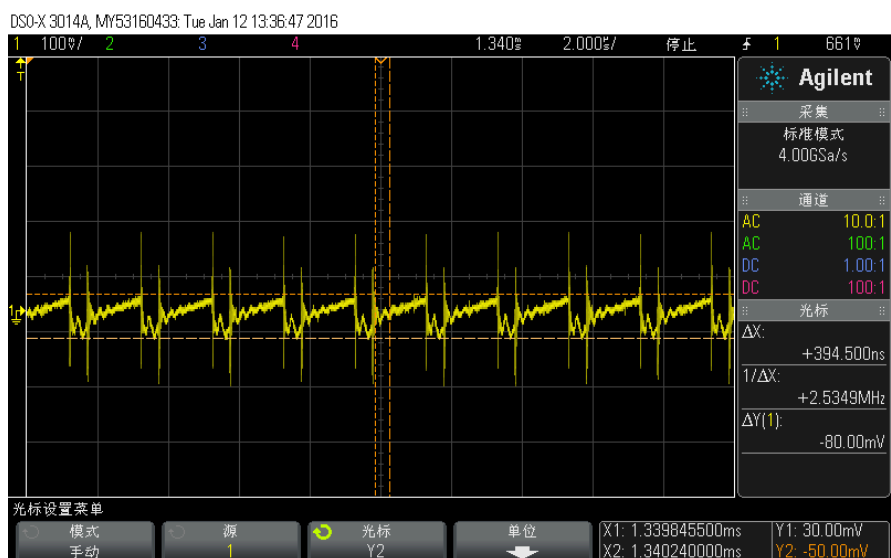
6.1 舵机电源测试波形



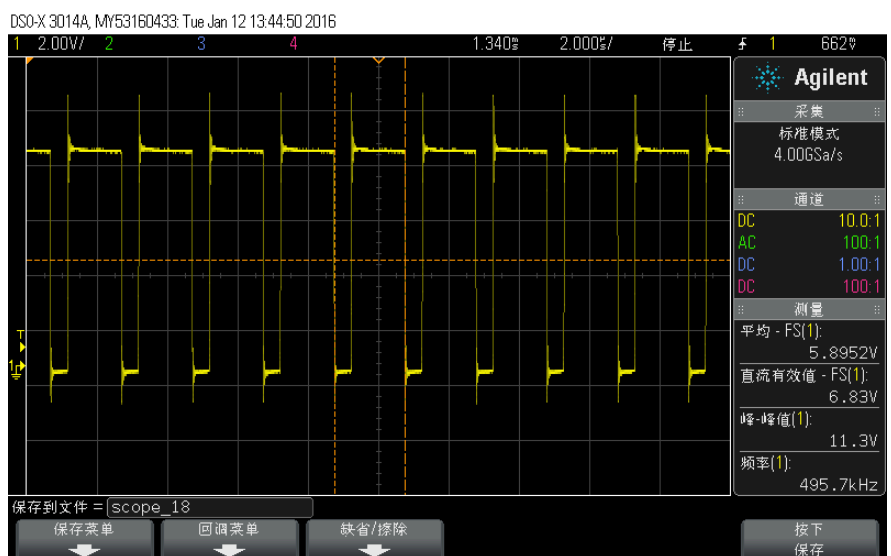
Wave form 6.1.1: 7.4V 锂电输入电压



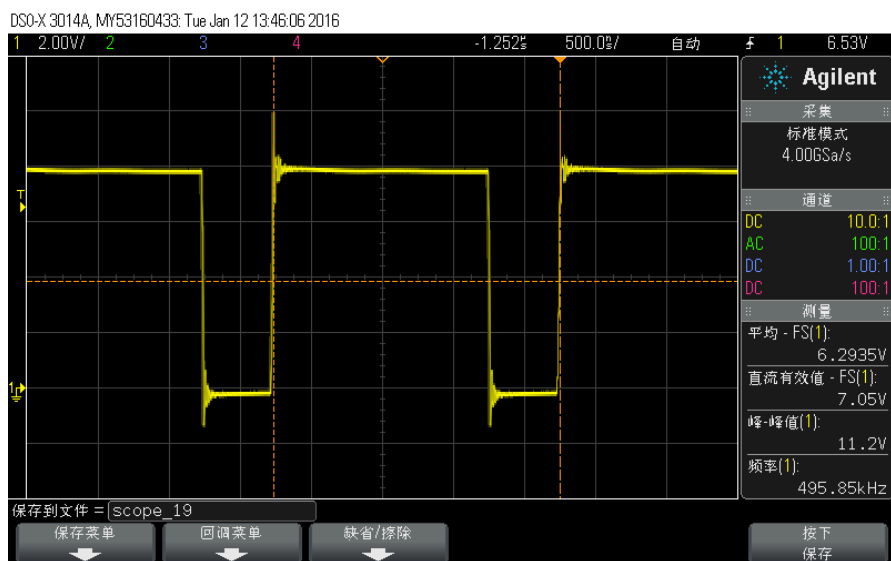
Wave form 6.1.2: DC TO DC 6V Output Voltage



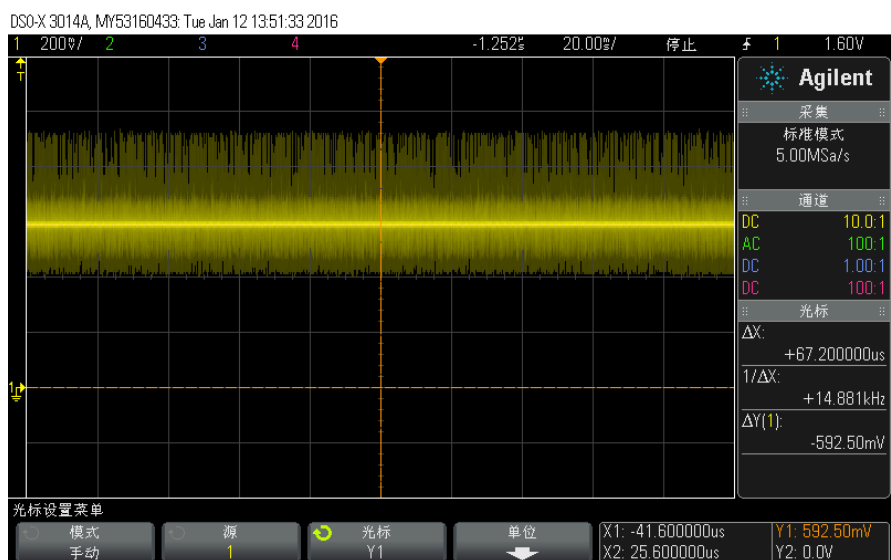
Wave form 6.1.3: DC TO DC 6V Output Voltage Ripple



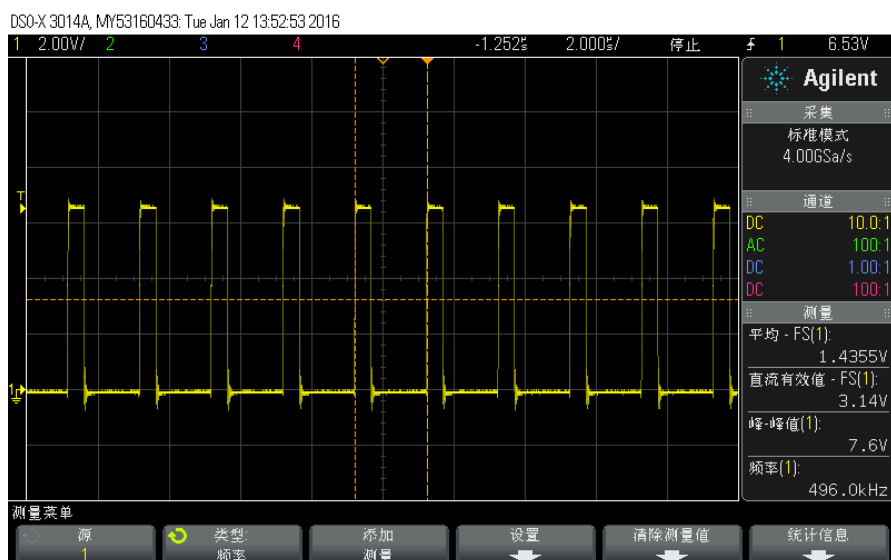
Wave form 6.1.4: DC TO DC 6V Output - Switch



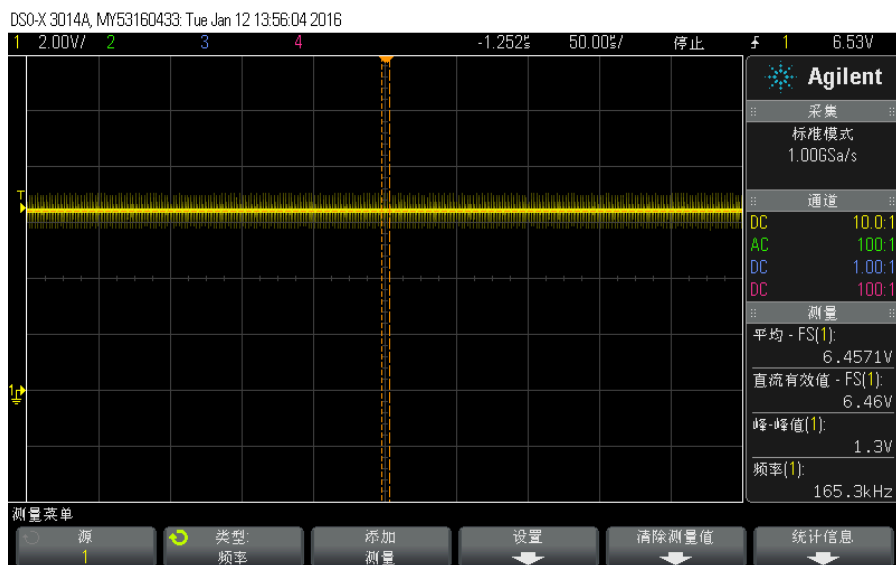
Wave form 6.1.5: DC TO DC 6V Output - Switch



Wave form 6.1.6: DC TO DC 6V Output - FB Pin

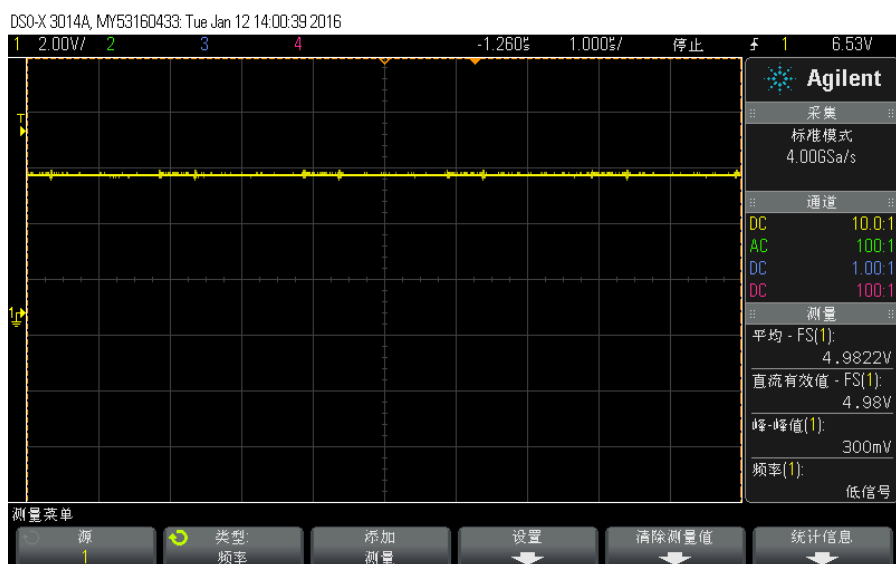


Wave form 6.1.7: DC TO DC 6V Output - ILIM Pin

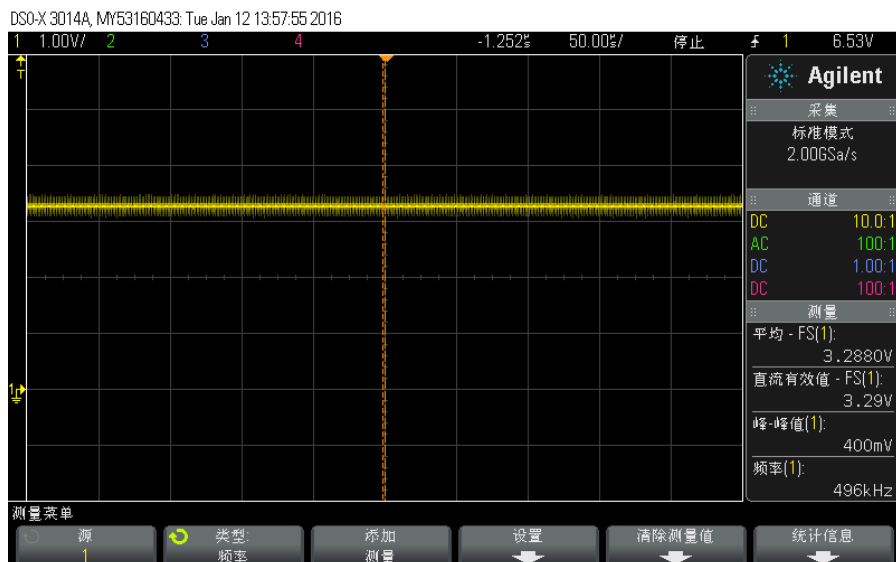


Wave form 6.1.8: DC TO DC 6V Output - BP Pin

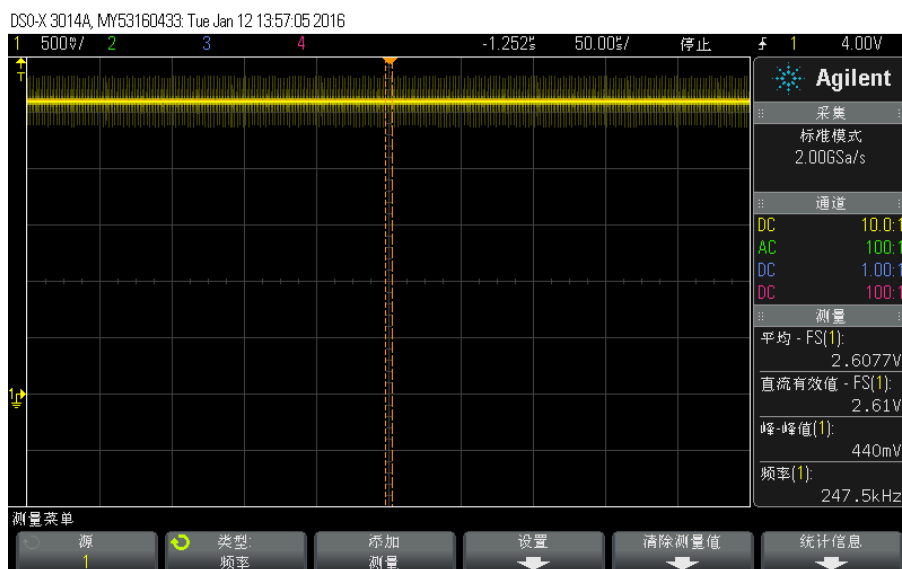
6.2 MCU电源测试波形



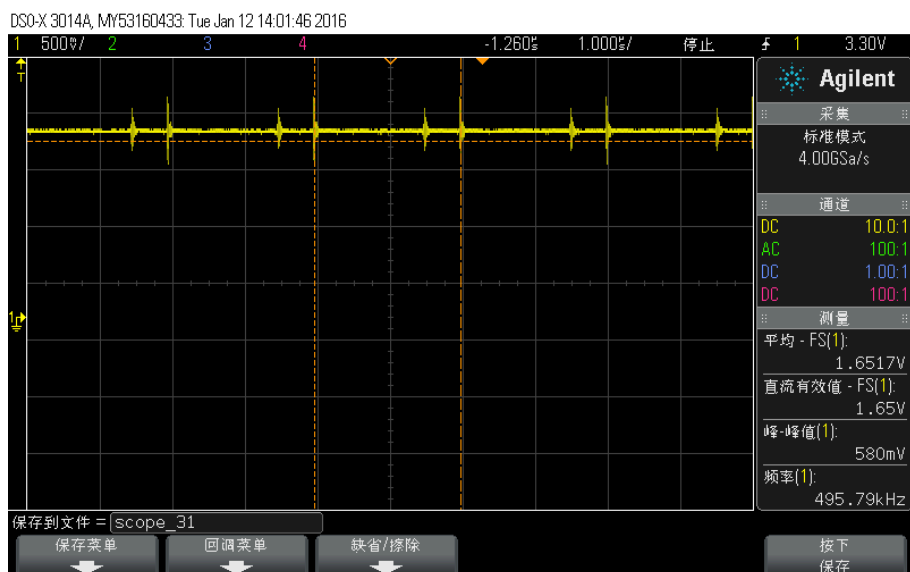
Wave form 6.2.1: 5V Output - Voltage

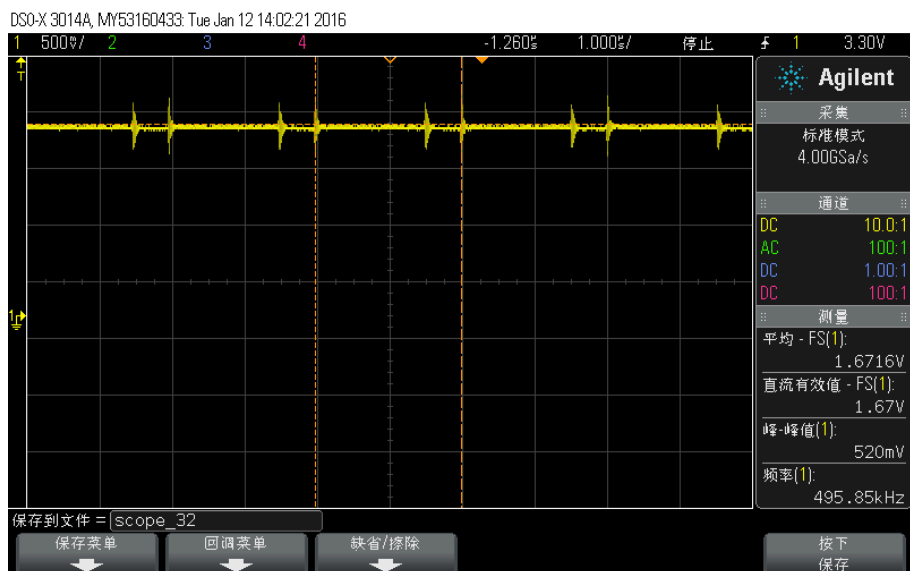


6.3 AD采样电源测试波形

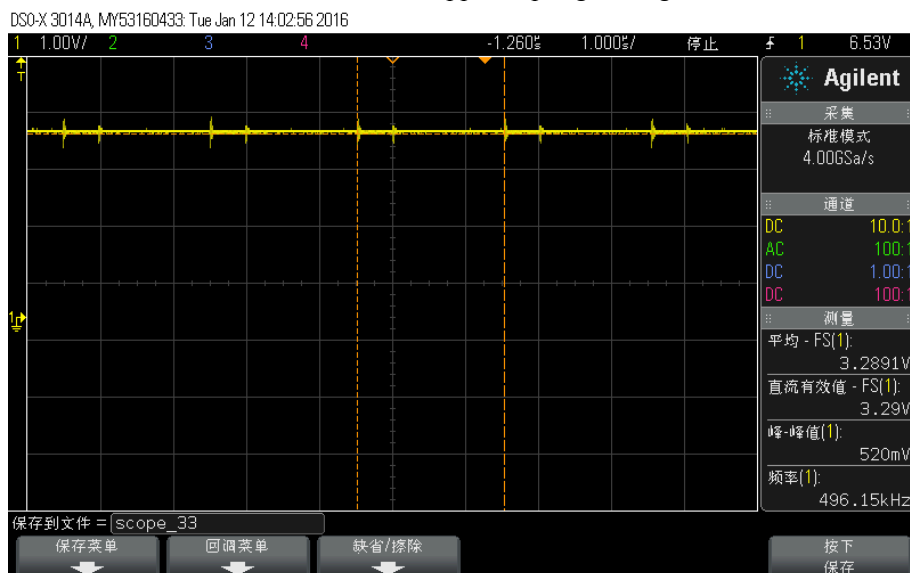


6.4 电流峰值保护电路测试波形



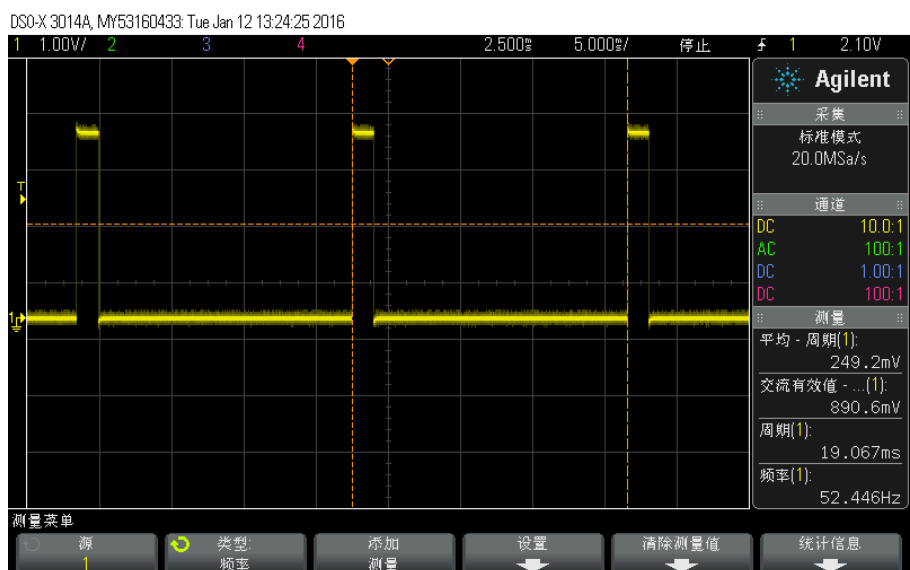


Wave form 6.4.2: Ipp Sampling Voltage

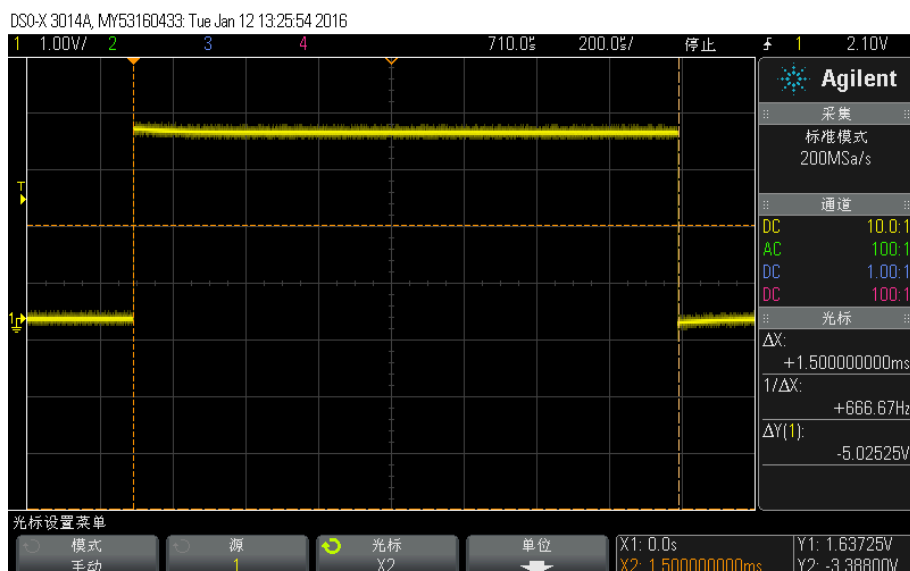


Wave form 6.4.1: OP Out signal

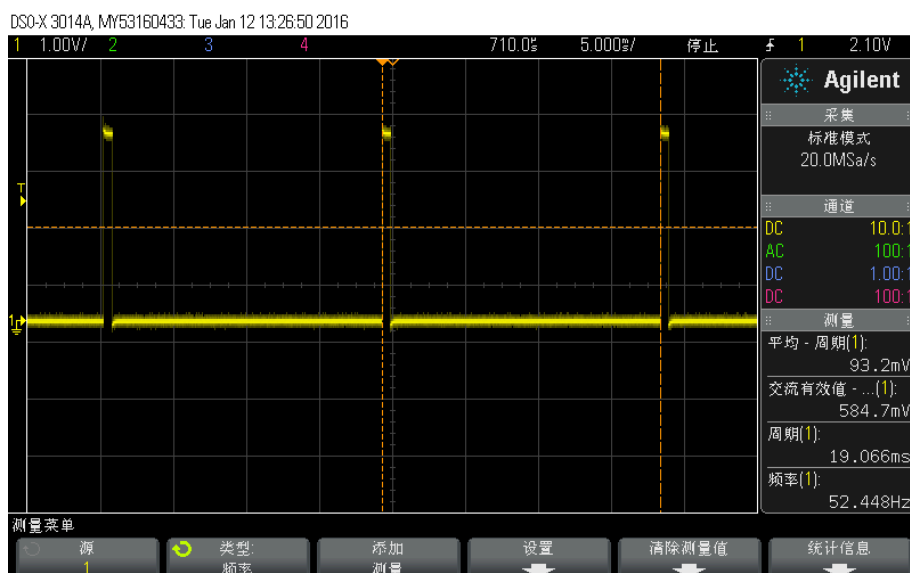
6.5 舵机角度控制 PWM测试波形



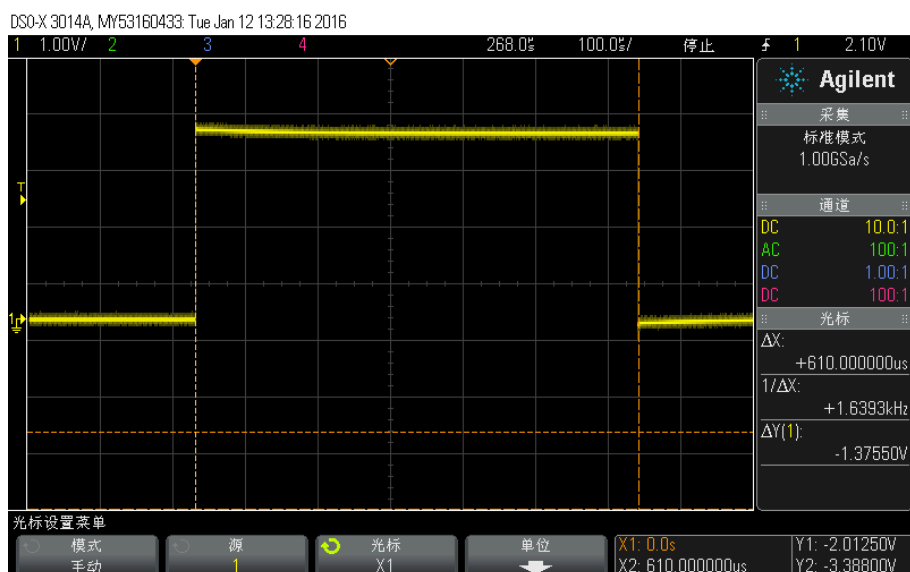
Wave form 6.5.1: Angle 90 PWM Out Voltage



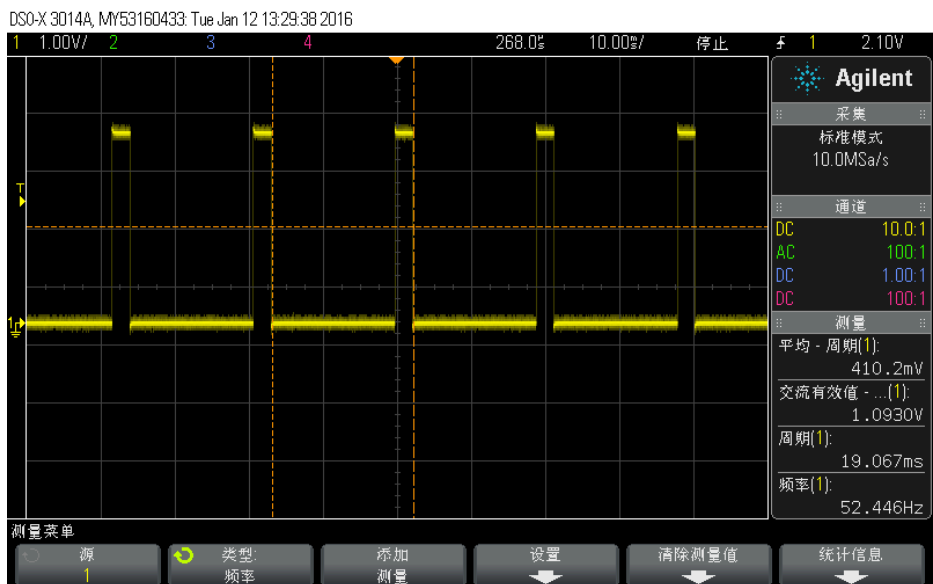
Wave form 6.5.2: Angle 90 PWM Out Voltage



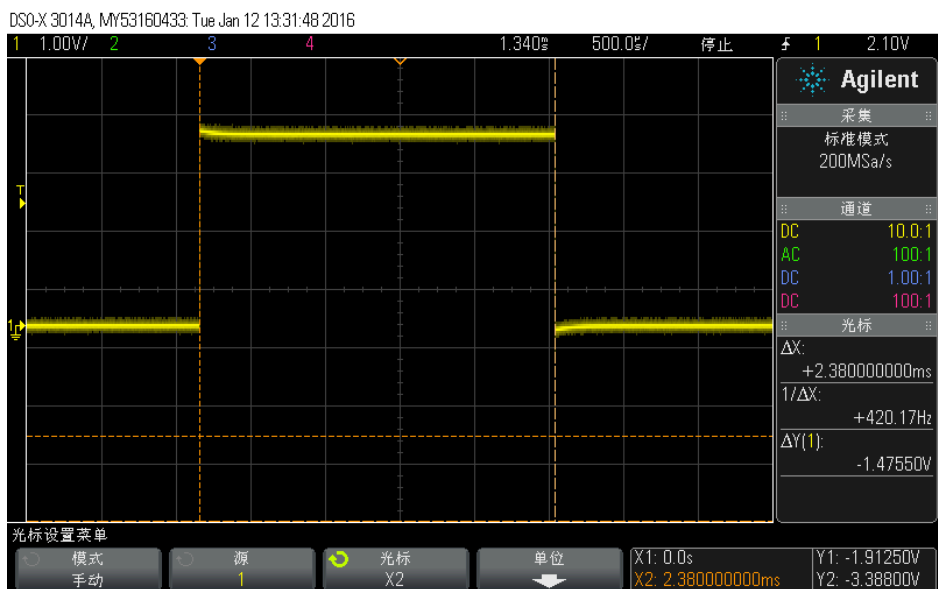
Wave form 6.5.3: Angle 10 PWM Out Voltage



Wave form 6.5.4: Angle 10 PWM Out Voltage



Wave form 6.5.5: Angle 170 PWM Out Voltage



Wave form 6.5.6: Angle 170 PWM Out Voltage