

我们的解魔方机器人使用舵机作为驱动部件来完成魔方的复原，舵机通过 STM32 芯片来控制，在我们提供的资料中有 STM32 源代码，要使解魔方机器人正常工作，需要调试舵机才可以，即修改 STM32 程序中的部分代码，具体来说是 5 个数组，如下图所示。

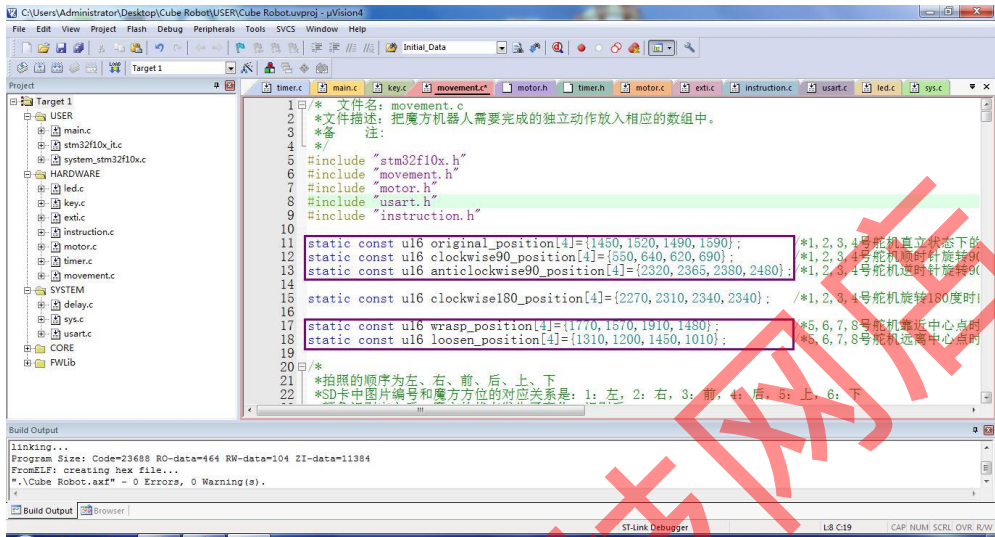


图 1 STM32 程序汇总需要修改的部分

首先简单介绍一下舵机的工作原理。舵机是一种角度可控的伺服电机，我们硬件套餐提供的舵机型号为 MG995，属于 180 度舵机。舵机有三根线，其中橙色的为数据线，STM32 通过这根数据线来控制舵机的角度。STM32 发送的是一个周期是 20ms，高电平时间为 0.5ms 到 2.5ms 的脉冲信号，其中 0.5ms 对应的是 0 度，2.5ms 对应的是 180 度，同理，1.5ms 对应的是 90 度，依次类推。更多关于舵机控制原理的介绍可以参考网上的资源，这里推荐一个网站资源：[http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_8240cbef01018hu1.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_8240cbef01018hu1.html)，可以了解一下舵机的追随特性，这一点还是比较重要的。

可以看到，脉冲高电平时间和舵机的角度一一对应，所以我们可以用高电平时间来表示舵机运转的角度，在 STM32 代码数组中，我们用以 us 为时间单位来表示舵机运转的角度，500 对应 0 度，2500 对应 180 度，注意图 1 中数组的大小不能小于 500 并且大于 2500。

这几个数组旁边有清晰的注释，解释如下：

1. original\_position: 1,2,3,4 号舵机竖直状态时对应的角度；
2. clockwise90\_position: 1,2,3,4 号舵机顺时针转 90 度（水平位置）对应的角度；
3. anticlockwise90\_position: 1,2,3,4 号舵机逆时针转 90 度（水平位置）对应的角度；

4. `wrasp_position`: 5,6,7,8 号舵机靠近整个机器人平台的中心点, 即加紧魔方时的角度;
5. `loosen_position`: 5,6,7,8 号舵机远离整个机器人平台的中心点, 即松开魔方时的角度。

1,2,3,4 号舵机, 每个舵机需要调试找到三个角度, 而 5,6,7,8 号舵机, 每个舵机需要调试找到一个角度 (`wrasp_position`) 即可。对于 1,2,3,4 号舵机的顺时针和逆时针, 是这样定义的: 当把舵机的转轴面向自己, 这时候转轴转向的方向逆时针的就定义为逆时针, 顺时针的就定义为顺时针, 或者说让机械手面向自己。`loosen_position` 数组一般是不用调试的, 只需在松开魔方时候, 相应舵机退回时, 机械手和魔方不接触即可, 一般可在 `wrasp_position` 数组的基础上减去一个固定的值, 例如减去 600。

下面介绍一下 STM32 最小系统板三个按键的功能, 这三个按键分别为 `Key0`, `Key1`, `Key2`, 按键功能的介绍在视频教程中也有涉及。

**Key0:** 按下这个按键, 1,2,3,4 号舵机转到竖直的状态, 5,6,7,8 号舵机远离中心点。在解魔方机器人正常工作时, 系统上电会使用这个按键, 然后放置魔方; 在魔方完成复原之后, 按下这个按键, 可以松开魔方, 就可以把魔方取出。

**Key1:** 进行颜色识别要按这个按键, 在解魔方机器人正常工作时, 在按下 `Key0` 按键, 把魔方夹持在 3 号机械手之后, 按下此按键, 对面的 1 号机械手会向中心靠近, 等到 1 号机械手加紧魔方之后, 就可以把手松开, 之后会进行颜色识别操作过程。

**Key2:** 按下这个按键, 1,2,3,4 号舵机会转到竖直的状态, 5,6,7,8 号舵机靠近中心点。这个按键在解魔方机器人正常工作时一般不会用到, 但在舵机调试需要用到。

下面我们介绍具体的舵机调试步骤, 我们先调试 1,2,3,4 号舵机, 再调试 5,6,7,8 号舵机, 总体来说, 每个舵机都是先粗略调节, 再精细调节。

首先要进行 1,2,3,4 号舵机角度的粗调节。先把 `original_position` 数组中的值都改为 1500, 即 90 度的位置, 下载程序, 然后把舵机开关关掉, 最后按照竖直的状态安装 1,2,3,4 号舵机上的机械手。由于舵机转轴上的螺纹数量较少, 在安装时可能不是竖直的状态, 而是有些偏差, 这是正常的, 我们要做的是尽可能接近竖直安装, 安装时存在的偏差, 会在后面精细调节中得到弥补。如果完全竖直, 就不存在下一步的精细调节了。

接一下要进行 5,6,7,8 号舵机粗调节。按下 `key2`, 即加紧魔方的状态, 把舵机开关电源断开 (注意在上电状态下不要拧动舵机, 容易造成舵机损坏), 把 5,7 号舵机舵盘用螺丝固定在舵机上, 使得 1,3 号机械手单面海绵胶之间的距离尽量

接近于魔方的边长；对于 6,8 号舵机也是一样的。

这样我们就完成了所有舵机的粗调试，下面我们进行舵机的精细调试，那就得修改代码中的 4 个数组了，和需调试一样，我们先进行 1,2,3,4 号舵机的调试，再进行 5,6,7,8 号舵机的调试。

舵机逆时针方向是度数增大的方向，一般在调试时的步进值最小为 10，即为 0.9 度。

在调试 1,2,3,4 号舵机时，建议一个舵机一个舵机的调，并把 5,6,7,8 号舵机的舵机线拔掉。例如我们可以先调试 1 号舵机，可以先调试竖直状态下的角度值，可以每次步进 10，按下 key0 按键，看当前 1 号舵机所处的角度位置，调整到新的角度再下载程序（建议用仿真器），这是调整 1,2,3,4 号舵机竖直位置的方法。调整两个水平位置需要按下 key1，因为在整个颜色识别的过程中会出现 1 个顺时针 90 度的位置和一个逆时针 90 度的位置，这两个位置也需要一个一个来调，这样不容易乱。

调试 5,6,7,8 号舵机时，需要测量 1,3 机械手单面胶之间的距离，该距离要略小于魔方边长，大约 3mm 左右，2,4 机械手单面胶之间的距离同理也要略微小于魔方。

上面的步骤完成之后，可以把魔方卡在 3 号舵机上，测试一下颜色识别过程，观察在颜色识别过程中，6 个面是不是能够保持水平，如果偏差很大，对该舵机再调节一下。

舵机调试的步骤就如上面所述，上面的方法简单而有效，一般能够在半个小时内完成舵机调试，舵机调试需要点耐心。