

目录

1	引言	5
1.1	简介	5
1.2	名词简化解释	5
2	硬件规格	6
2.1	AT-Link	6
2.1.1	USB 口	6
2.1.2	通信接口	6
2.1.3	LED 及蜂鸣器	6
2.1.4	机台烧录控制接口	7
2.1.5	按键 KEY	7
2.2	AT-Link EZ	8
2.2.1	Micro USB 口	8
2.2.2	通信接口	8
2.2.3	LED	8
3	功能介绍	10
3.1	PC 连接与驱动安装	10
3.1.1	驱动安装方法	10
3.2	IDE 操作	10
3.2.1	Keil IDE 环境	10
3.2.2	IAR IDE 环境	12
3.3	ICP Tool 操作	13
3.3.1	加密文件的使用	13
3.3.2	在线操作	15
3.3.3	离线操作	16
3.3.4	固件升级	20
3.4	机台烧录操作	21

3.5	按键操作	22
4	注意事项	23
4.1	ISP 接口离线下载	23
5	版本历史	24

表目录

表 1 AT-Link 规格	5
表 2 工作状态 LED 及蜂鸣器	7
表 3 工作状态 LED	8
表 4 文档版本历史	24

图目录

图 1 AT-Link 硬件接口	6
图 2 AT-Link EZ 硬件接口	8
图 3 驱动安装示意图	10
图 4 win7 系统设备管理器识别	10
图 5 选择 CMSIS-DAP Debugger	11
图 6 debug setting 配置	11
图 7 Keil 调试界面	12
图 8 选择 CMSIS DAP	12
图 9 interface 选择 SWD	13
图 10 IAR 调试界面	13
图 11 默认密钥显示位置	14
图 12 自定义修改密钥位置	14
图 13 制作加密文件	14
图 14 在线下载校验选项界面	15
图 15 在线编程流程图	15
图 16 在线下载主界面	16
图 17 离线编程流程图	16
图 18 参数设置界面	17
图 19 离线项目配置界面	19
图 20 离线下载界面	20
图 21 固件自动升级界面	20
图 22 固件手动升级界面	21
图 23 机台烧录控制典型时序图	21

1 引言

1.1 简介

Artery AT-Link Adapter下载器是雅特力推出的一款功能多样、稳定可靠、小巧便携、操作简单的在线/离线下载器（本文中一律简称为“AT-Link”），Artery AT-Link Adapter主要功能如下表：

表 1 AT-Link 规格

主要功能	AT-Link	AT-Link EZ
Keil/IAR 等 IDE 编译调试	支持	支持
USB 转 USART 工具	支持	支持
同时烧录多段不连续地址区域 code	支持	支持
多个离线项目存储	支持	不支持
选择字节烧写	支持	支持
SWD 在线/离线下载	支持	仅支持在线
ISP-USART 离线下载	支持	不支持
机台烧录控制	支持	不支持
序列号烧写	支持	支持
连续下载模式	支持	仅支持在线
烧录次数限制	支持	不支持
远程文件/项目加密	支持	支持
远程项目限制使用次数	支持	不支持
远程项目与唯一 AT-Link 绑定	支持	不支持
远程文件与唯一 AT-Link 绑定	支持	不支持
在线自动/手动升级固件	支持	支持
Slib 安全库区特殊功能	支持	支持
下载/校验全密文方式	支持	不支持
蜂鸣器提示	支持	不支持
LED 灯提示	支持	支持

1.2 名词简化解释

- **AT-Link**

Artery AT-Link Adapter。

- **ICP**

Artery ICP（In-Circuit Programming）编程软件。能够通过该软件操作AT-Link，实现各种功能。

- **ISP**

Artery ISP (In-System Programming)编程软件。具有ISP功能的单片机芯片，可以直接在电路板上给芯片写入或者擦除程序。

- **IDE**

第三方开发编程软件。比如Keil、IAR等其他编译调试工具。

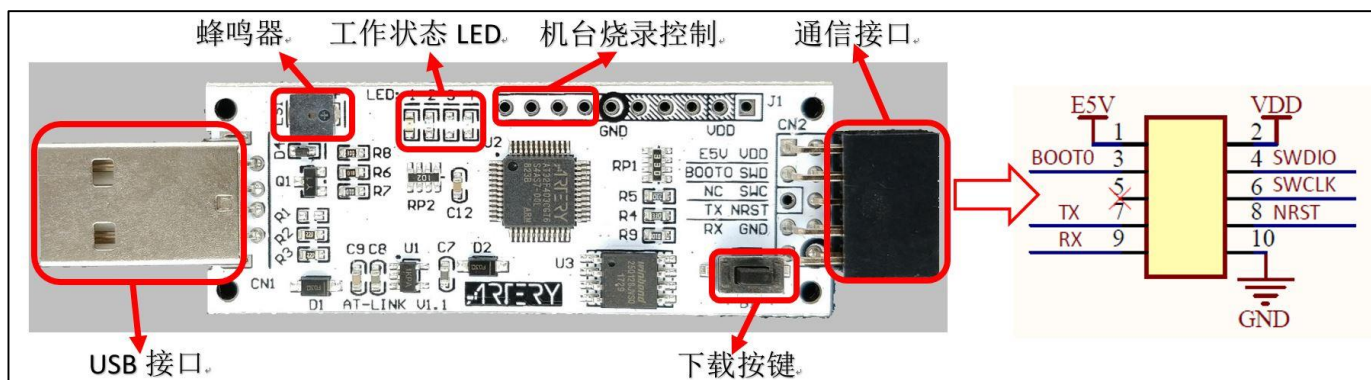
2 硬件规格

2.1 AT-Link

AT-Link是一个基本的调试器和编程器，支持IDE在线调试、在线/离线烧录、USB转串口等功能，其硬件规格包括：

一个用来连接电脑主机的USB口、若干显示工作状态的LED、一个蜂鸣器、一个离线烧录按键、机台烧录控制接口、连接目标芯片进行调试编程的通信接口（包括SWD接口、ISP串口、E5V、VDD、NRST和BOOT0）。硬件接口如下图。

图 1 AT-Link 硬件接口



2.1.1 USB 口

用于在线调试下载或者参数配置时与PC连接通信，离线操作时也可以作为AT-Link供电接口。

2.1.2 通信接口

- **SWD接口**：串行调试接口，包括SWCLK和SWDIO，可用于IDE在线调试、ICP在线配置烧录及SWD离线烧录。
- **USB转USART接口**：USB转串口，包括TX和RX，可以连接目标板的串口，用于ISP离线下载或者作为普通调试串口使用。
- **VDD电源接口**：作为3.3V电源输出口，输出3.3V。
- **E5V电源接口**：可以作为5V电源输出或者输入口。作为输出：当USB口有电时，输出5V电压；作为输入：外界可以通过该接口输入4.5V~5.5V为AT-Link供电。
- **NRST**：可以连接目标板的reset复位引脚，用于提供硬件复位信号，配合BOOT0 pin可以在ISP离线下载时实现自动切BOOT功能。
- **BOOT0**：可以连接目标板的BOOT0引脚，配合NRST pin可以在ISP离线下载时实现自动切BOOT功能。
- **GND**：连接目标板的GND。

2.1.3 LED 及蜂鸣器

LED1-LED4依次为connected(red)、running(green)、usb_state(blue)、power_on(orange)。

- **LED1**：连接状态指示LED，在离线/在线操作时指示特定状态。

- **LED2:** 运行状态指示LED，在离线/在线操作时指示特定状态。
- **LED3:** 显示AT-Link跟PC USB的连接状态，连接成功后常亮。
- **LED4:** 上电运行后常亮表示AT-Link工作正常。
- **蜂鸣器:** 用于下载状态提示，可以通过ICP配置开关。

LED1和LED2在IDE操作、ICP操作及离线操作时显示工作状态如下表：

表 2 工作状态 LED 及蜂鸣器

工作状态	LED1- Connected(red)	LED2- Running(green)	蜂鸣器状态
上电初始化	所有 LED 闪烁一次		短鸣一声
空闲状态	灭	灭	静音
IDE 操作设置	亮	灭	静音
IDE 进入 debug 停止	亮	灭	静音
IDE 进入 debug 运行	亮	亮	静音
ICP 操作设置	亮	灭	静音
离线下载进行中	交替闪烁	交替闪烁	静音
离线下载结束： success	灭	慢闪烁	短鸣一声
离线下载结束：fail	快闪烁	灭	连续急促响 3S
连续下载结束移除 target	灭	灭	静音
长按按键 3S 切换离线 下载模式：连续下载	快闪烁 3S	快闪烁 3S	连续长鸣响 3S
长按按键 3S 切换离线 下载模式：单次下载	灭	快闪烁 3S	间断长鸣响 3S

2.1.4 机台烧录控制接口

机台烧录控制包括START、BUSY、PASS、FAIL接口，参数包括机台烧录开关、有效电平极性、START有效电平脉冲宽度和BUSY去抖延迟置起时间，都可以在ICP中进行设置并可掉电保存。

- **START:** 输入接口，当接收到的有效电平脉冲宽度大于设置值时开始离线下载。
- **BUSY:** 输出接口，下载过程中该接口处于有效电平状态。
- **PASS:** 输出接口，下载完成后，如果成功该接口处于有效电平状态，直到下次操作。
- **FAIL:** 输出接口，下载完成后，如果失败该接口处于有效电平状态，直到下次操作。

2.1.5 按键 KEY

按键主要用于离线下载及切换下载模式。

- 短按3S内释放：执行单次离线下载操作
- 长按3S不释放：button free切换，选择连续下载模式或者单次下载模式，切换时LED和蜂鸣器指示切换后的模式。

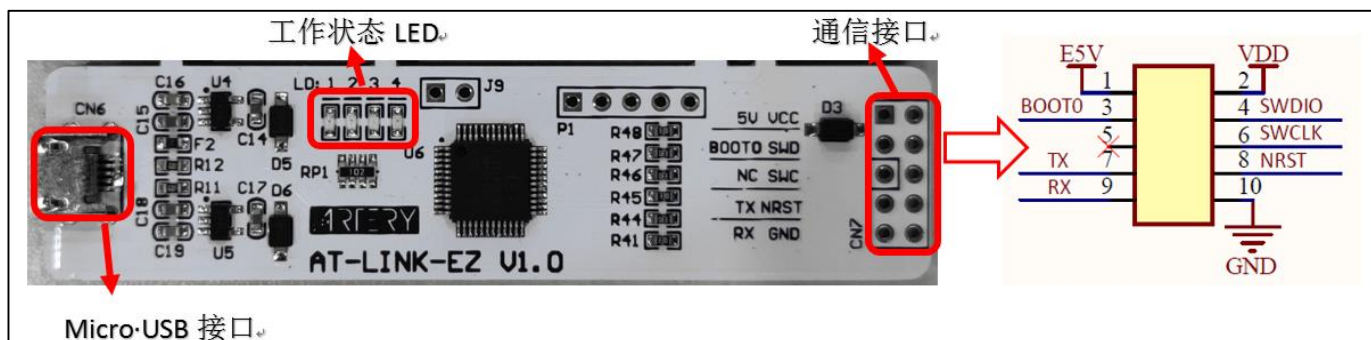
注意：按键操作只能在 AT-Link 处于空闲状态下才会生效，如果正在离线下载或者正在操作目标板，将不会响应。

2.2 AT-Link EZ

AT-Link EZ是一个精简版的调试器和编程器，可以搭配AT-START DEMO板使用，也可拆开后单独搭配其他电路板使用，支持IDE在线调试、在线烧录、USB转串口等功能，其硬件规格包括：

一个用来连接电脑主机的micro USB口、若干显示工作状态的LED、连接目标芯片进行调试编程的通信接口（包括SWD接口、UART串口、5V、VCC、NRST和BOOT0）。硬件接口如下图。

图 2 AT-Link EZ 硬件接口



2.2.1 Micro USB 口

用于在线调试下载或者参数配置时与PC连接通信。必须接上PC端USB接口为AT-Link EZ供电。

2.2.2 通信接口

- **SWD接口**：串行调试接口，包括SWCLK和SWDIO，可用于IDE在线调试、ICP在线配置烧录。
- **USB转USART接口**：USB转串口，包括TX和RX，可以连接目标板的串口，作为普通调试串口使用。
- **VCC(3V3)电源接口**：作为3.3V电源输出口，输出3.3V。
- **5V电源接口**：作为5V电源输出口，输出5V。
- **NRST**：可以连接目标板的reset复位引脚，用于提供硬件复位信号。
- **BOOT0**：保留。
- **GND**：连接目标板的GND。

2.2.3 LED

LED1-LED4依次为connected(red)、running(green)、usb_state(blue)、power_on(orange)。

- **LED1**：连接状态指示LED，在线操作时指示特定状态。
- **LED2**：运行状态指示LED，在线操作时指示特定状态。
- **LED3**：显示AT-Link EZ跟PC USB的连接状态，连接成功后常亮。
- **LED4**：上电运行后常亮表示AT-Link EZ工作正常。

LED1和LED2在IDE操作或ICP操作时显示工作状态如下表：

表 3 工作状态 LED

工作状态	LED1- Connected(red)	LED2- Running(green)
上电初始化	所有 LED 闪烁一次	

空闲状态	灭	灭
IDE 操作设置	亮	灭
IDE 进入 debug 停止	亮	灭
IDE 进入 debug 运行	亮	亮
ICP 操作设置	亮	灭

3 功能介绍

3.1 PC 连接与驱动安装

AT-Link为USB composite device,集成了HID和CDC两种设备类型,通过USB线缆连接到PC。除USB转USART功能外,其他相关功能不需要安装驱动,设备管理器识别为HID设备。有些操作系统需要手动安装驱动,安装好后设备管理器中识别为HID设备和CDC设备(ATLink-USART)。

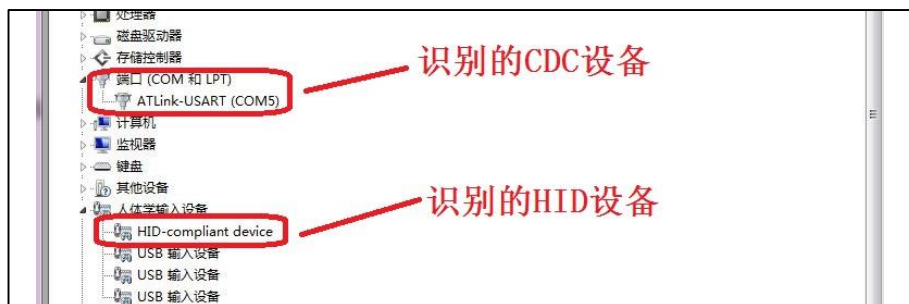
3.1.1 驱动安装方法

双击运行Artery_ATLink-USART_DriverInstall.exe,按提示进行安装

图 3 驱动安装示意图



图 4 win7 系统设备管理器识别



3.2 IDE 操作

AT-Link可以在Keil、IAR等第三方开发工具上进行调试下载等操作,最多支持6个硬件Breakpoints。

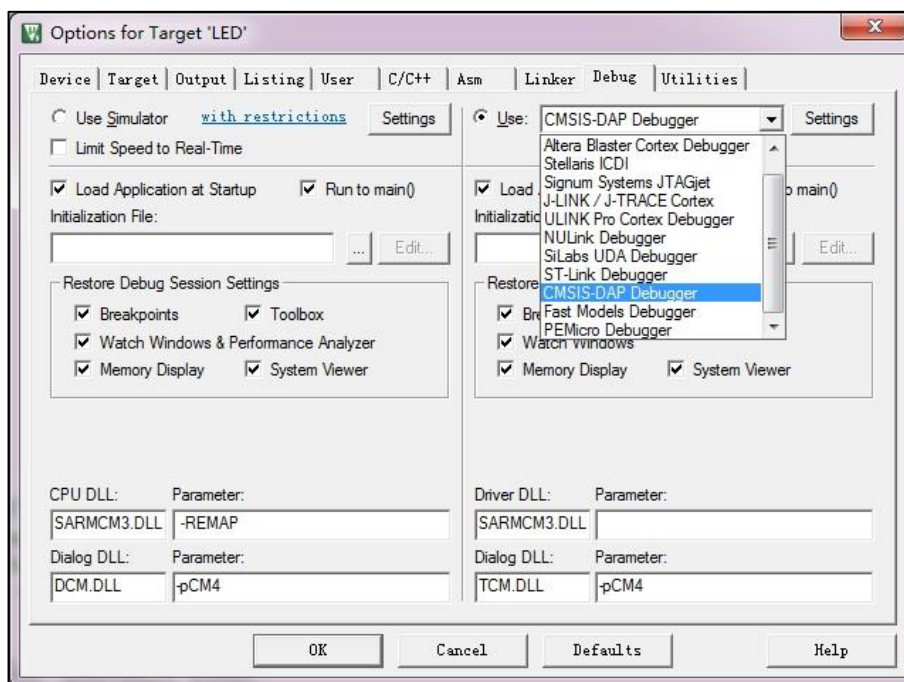
3.2.1 Keil IDE 环境

本文档以Keil V5.18.0.0为例说明

- 初始化配置:

Options-Debug中选择CMSIS-DAP Debugger,如图。

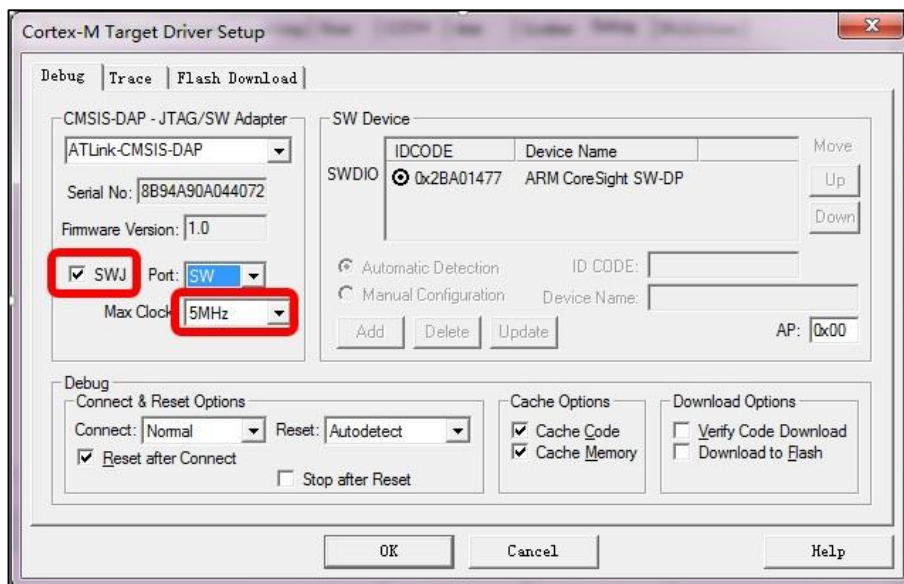
图 5 选择 CMSIS-DAP Debugger



进入Debug的Settings界面，勾选SWJ，Port选择SW，Max Clock配置为5MHz及以上可获得AT-Link最佳性能，如图。

注意：必须正常连接上目标板MCU才能在settings中正确显示AT-Link信息，目标板RDP enable、disable SWJ等情况会导致正确无法显示。

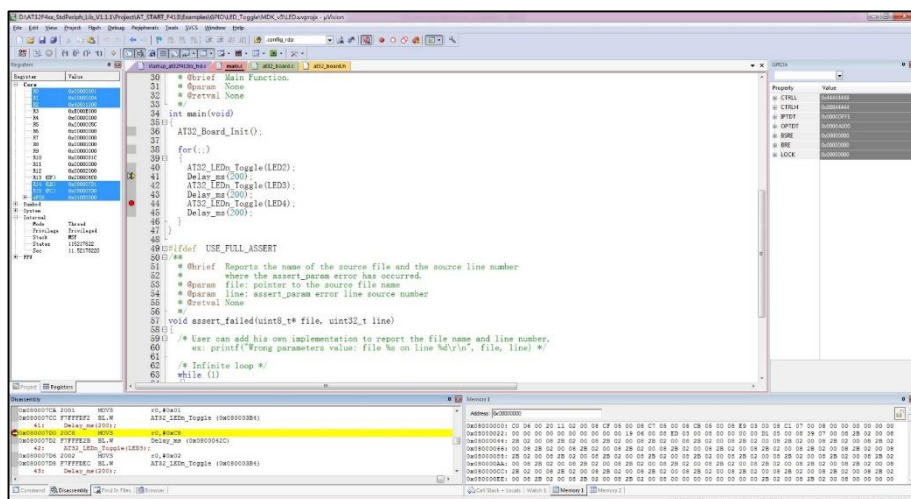
图 6 debug setting 配置



- 调试运行：

点击软件的start debug按钮进入调试模式，直接按Keil界面进行各种操作即可。

图 7 Keil 调试界面



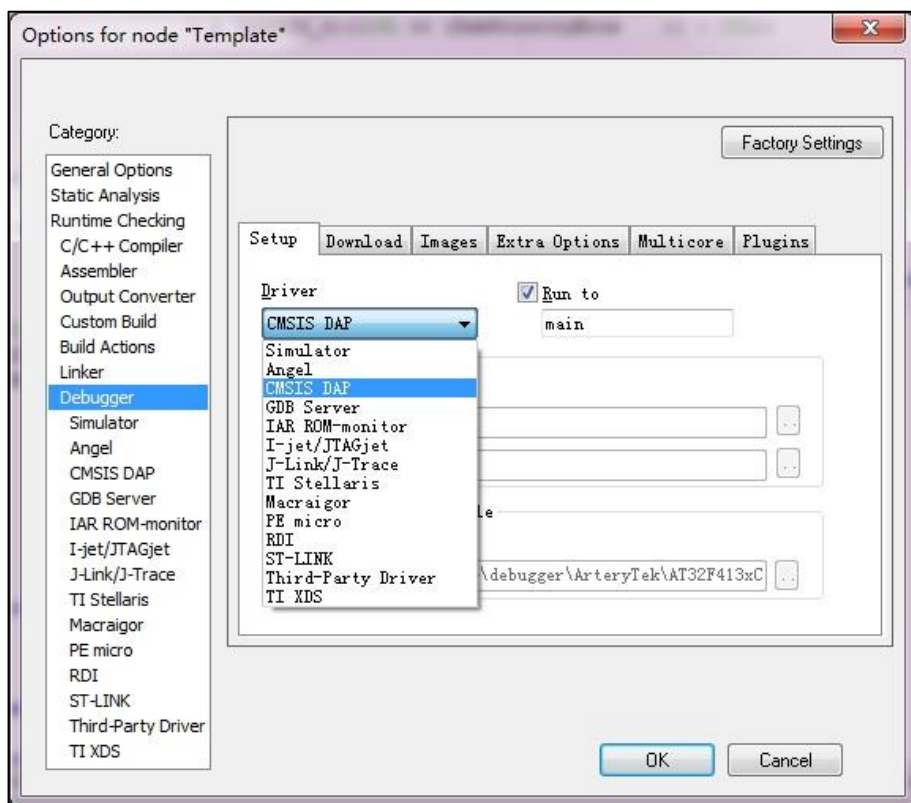
3.2.2 IAR IDE 环境

本文档以IAR V7.40为例说明

- 初始化配置:

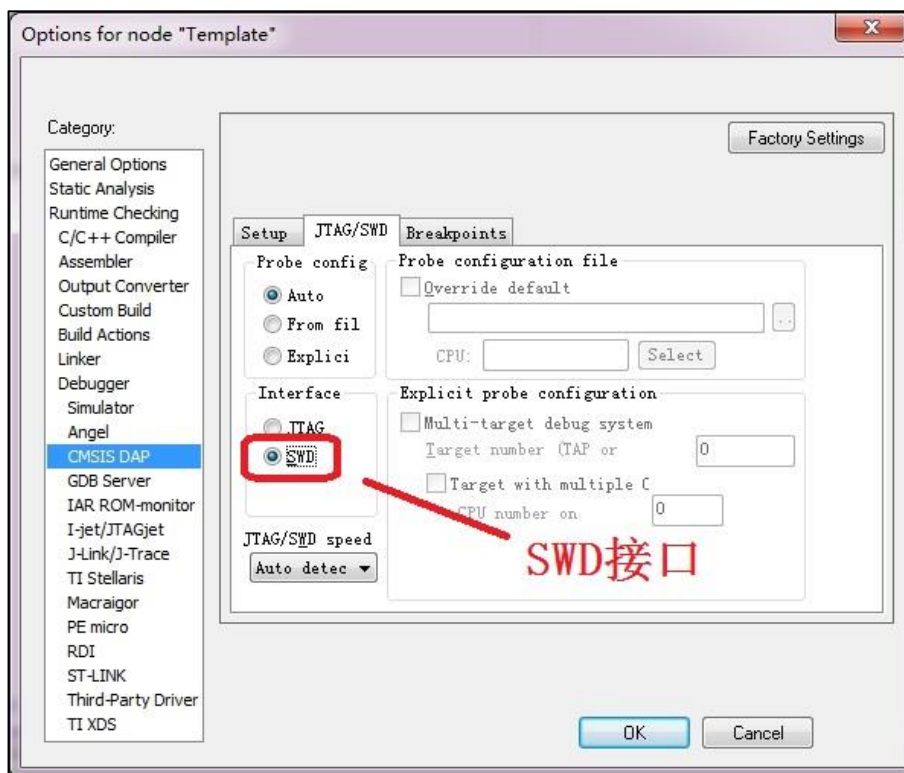
Options-Debugger-Setup-Driver 中选择 CMSIS DAP,如图。

图 8 选择 CMSIS DAP



然后在 Options-Debugger-CMSIS DAP 中选择 SWD Interface,如图

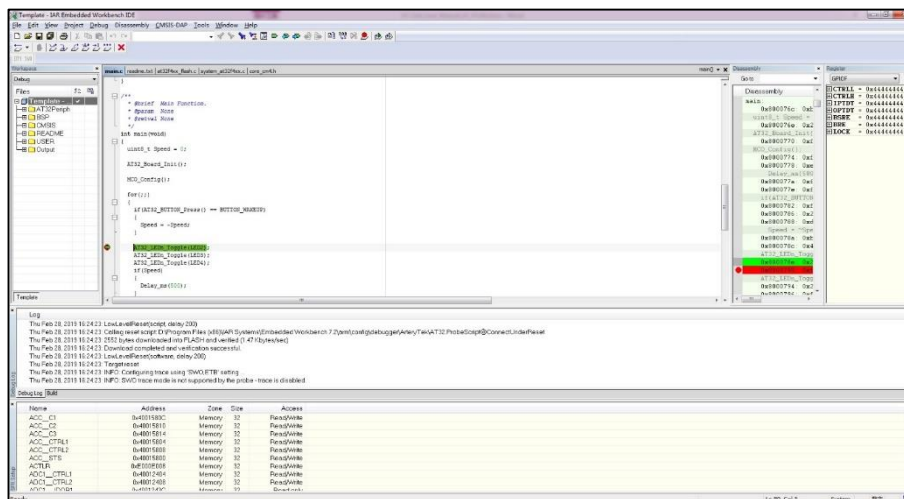
图 9 interface 选择 SWD



- 调试运行：

点击 debug 进入调试模式，直接按 IAR 界面进行各种操作即可。

图 10 IAR 调试界面



3.3 ICP Tool 操作

ICP tool 可以进行 Artery 芯片 (如 AT32F403/413/F415 等) 的 flash 下载/读取操作、参数配置等在线操作，同时也可以对 AT-Link 进行加密文件配置、在线/离线配置/监控、固件升级等。

3.3.1 加密文件的使用

- 在进行远程传输时，如果有防止泄露拷贝等需求，可以将该 firmware 进行加密处理，得到对应的

benc/henc/senc文件，用于加密下载。

- 加密文件制作时其加密密钥必须和最终使用的目标AT-Link密钥相同，才能在该AT-Link上使用。
- 每个AT-Link出厂默认初始密钥为其序列号，且为唯一的。

加密文件使用步骤如下：

1. 获取目标AT-Link的密钥。

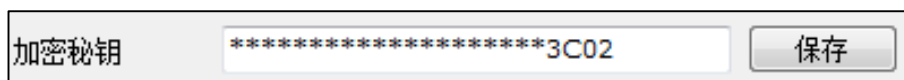
出厂默认密钥为AT-Link序列号，在ICP首页连接上目标AT-Link可见。

图 11 默认密钥显示位置



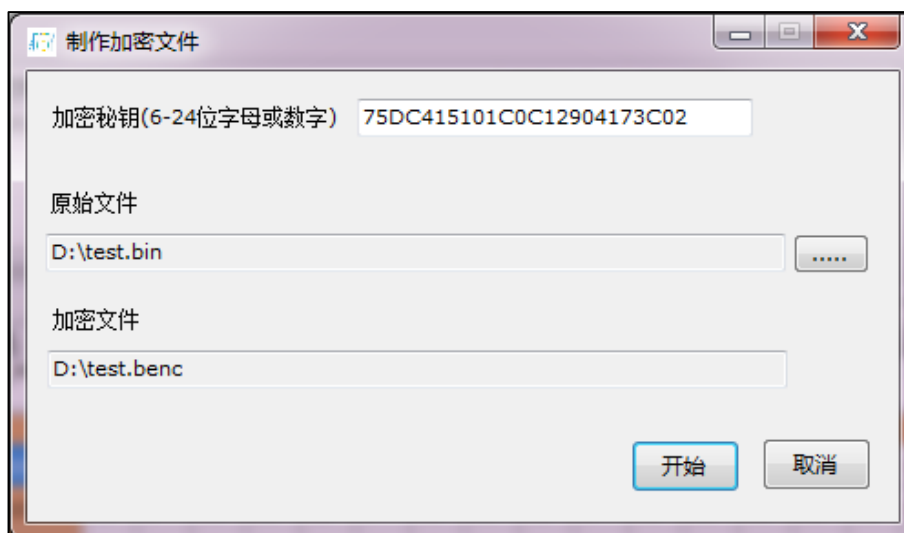
用户也可以根据需求重新自定义修改密钥，在ICP的AT-Link设置-参数设置中进行修改并保存。

图 12 自定义修改密钥位置



2. ICP点击文件-制作加密文件，输入密钥，将通过Keil、IAR等工具编译生成的格式为bin/hex/srec/s19等格式的firmware制作成benc/henc/senc格式的加密文件。

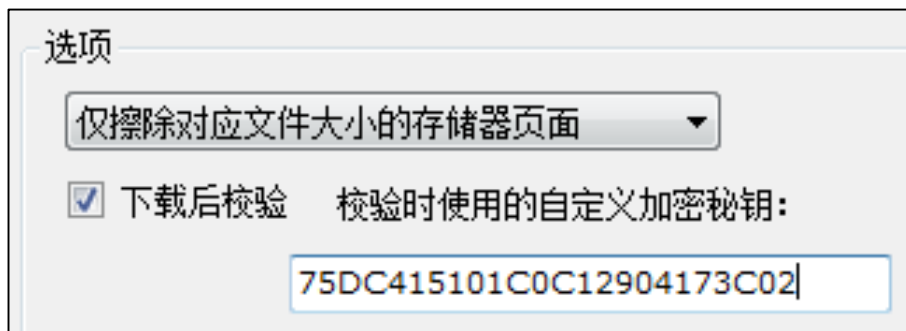
图 13 制作加密文件



3. 远程传输加密文件至对应AT-Link处进行在线/离线下载。

在线下载：添加加密文件到下载文件框内点击开始下载，如需校验需手动填写密钥

图 14 在线下载校验选项界面

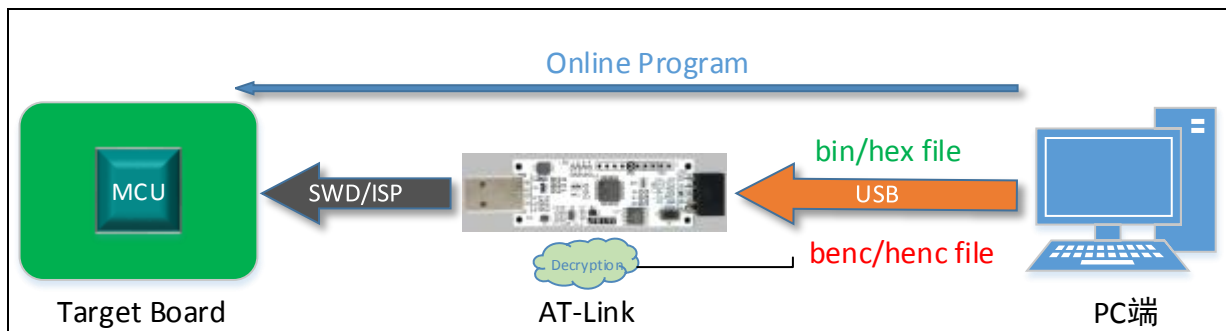


离线下载：添加加密文件到离线项目配置中，保存到对应加密文件相同密钥的AT-Link中用于离线下载。

3.3.2 在线操作

AT-Link支持在线编程，传输数据可以是原始bin/hex/srec/s19数据或者加密benc/henc/senc数据。如果是加密benc/henc/senc数据，生成该数据的密钥必须跟编程时使用的AT-Link密钥保持一致。

图 15 在线编程流程图



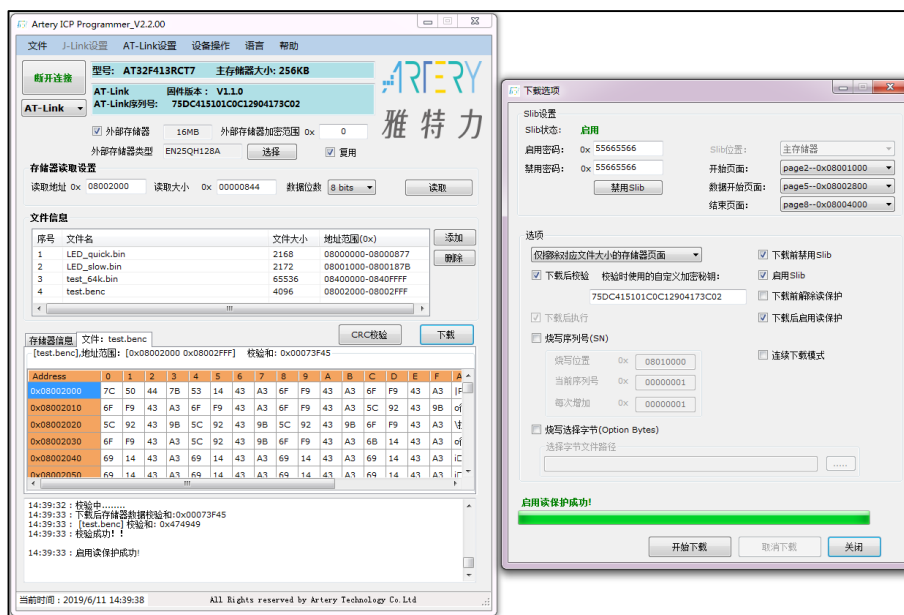
1) 在线下载

设备选择AT-Link并连接，连接成功会显示型号、序列号和固件版本等信息，每个AT-Link的序列号都是唯一的。目标板连接成功会显示其MCU型号和Flash容量，并且会halt目标板MCU使其停止运行。如果目标板连接失败，则无法进行在线相关操作。

- 下载code文件支持单次下载多段文件(最多5个)，格式支持原始bin、hex、srec、s19或者加密benc、henc、senc。
- 如果下载文件地址有超过SPIM地址(0x08400000),需要勾选外部存储器，并根据需求选择正确的外部Flash型号、是否IO复用及外部存储加密范围等参数。
- 下载选项页面进行各种下载选项的设置，其中选择字节文件格式只支持bin或hex。

注意：下载后校验：如果下载文件格式是加密的，则需要输入加密文件的密钥才能进行校验。

图 16 在线下载主界面



2) 设备操作

该页面主要进行online的各种操作，包括擦除、选择字节、读保护、Slib、系统存储器AP模式等操作。

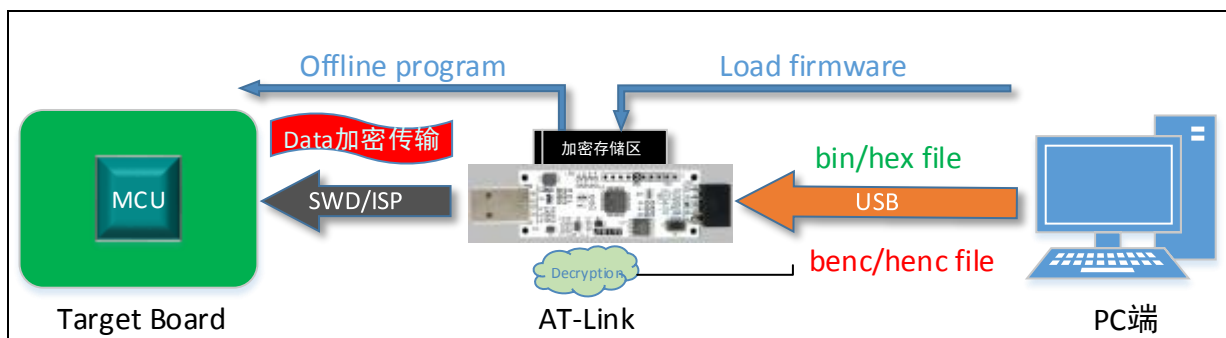
3.3.3 离线操作

AT-Link支持离线下载，配合Artery MCU的Hex Encryption功能可以实现离线编程时数据全程加密传输。

- 传输数据可以是原始bin/hex/srec/s19数据或者加密benc/henc/senc数据。
- 如果是加密benc/henc/senc数据，生成数据的密钥必须跟编程时使用的AT-Link密钥保持一致。
- 保存了离线项目的AT-Link，可直接使用离线编程模式。

注意：AT-Link所有参数都有掉电保存功能。

图 17 离线编程流程图



1) 参数设置

该页面主要进行AT-Link的自身参数配置。

- **数据存储区个数：**离线存储code个数，支持的最大个数可配置为1/2/4/8/16，对应每个code最大容量分别为16/8/4/2/1MB。离线下载同样支持单次下载多段code文件(最多5个)，多段code的项目将占用多个存储区。

注意：修改此选项将清空所有离线存储项目数据。

- **机台烧录控制：**
 - a) 机台烧录控制使能：使能控制开关，勾选后点击保存可使能机台烧录控制。
 - b) 有效电平极性：选择机台烧录所有管脚的有效电平为低电平或者高电平。
 - c) START管脚有效电平脉冲宽度：范围20-1000ms
 - d) BUSY管脚去抖延迟置起时间：范围20-1000ms
- **SWD速度：**配置非IDE操作时的SWD传输速度，用于在线/离线操作。可手动选择5MHz、2MHz、1MHz、500KHz或100KHz，也可根据实际电路选择自动侦测获取最佳速度。
- **复位模式：**分为软件系统复位和硬件NRST引脚复位两种，用于目标板连接及下载完成的复位类型选择。
- **蜂鸣器：**蜂鸣器使能开关，关闭该功能后除上电初始化响一声外，其他操作皆为静音状态。
- **加密密钥：**支持6-24字节的字母或者数字组合配置，由AT-Link用户自定义设置。初始默认值为24字节的AT-Link串行序列号。

注意：修改此选项将清空所有离线存储项目数据。

- **恢复出厂参数：**清空所有AT-Link参数和存储数据，恢复为出厂初始默认值。

图 18 参数设置界面



2) 离线项目配置

该页面主要配置离线下载的内容,包括配置信息、选择字节和code等,所有配置内容加起来统称为一个离线项目。

- **离线模式项目:** 显示当前已存储的离线项目,下拉菜单进行选择可以查看对应项目的配置参数。
- **删除项目/新建项目:** 删除当前下拉菜单选中的项目或者新建一个项目。
- **项目名称:** 新建一个项目时自定义项目描述名称,长度支持最大16字节的符号。
- **支持MCU:** 新建一个项目时,可只允许在某系列的指定具体型号的MCU目标板下载,但如果选择AT32F413 General-1Kbytes/page,则表示F413系列Flash是1Kbytes/page的MCU都允许下载。
- **添加/删除文件:** 新建一个项目时添加删除需要下载的code文件,格式可以为原始bin、hex、srec、s19或者加密的benc、henc、senc,支持多段code文件配置,多段code文件地址不可有重复的Flash Page,文件名称最大支持长度32字节符号。
- **擦除选项:** 按需求配置,在下载前进行各种擦除操作。
- **下载通讯接口:** 新建一个项目时,选择该项目可配置离线下载采用SWD还是ISP接口。
- **下载次数控制:** 新建一个项目时,勾选表示限制该新建项目下载总次数,范围为1-4000000,成功和失败都算在总次数中,超过总次数后将不允许再进行下载。
- **复位并运行:** 该项目下载完成后会进行复位并恢复运行,该选项和下载后启用读保护选项不可同时开启。
- **加密传输:** 该项目下载过程配合Artery MCU的Hex Encryption功能进行加解密文传输,保证传输过程中数据的安全性。
- **校验:** 下载后校验数据是否正确,加密传输时会采用硬件校验方法,保证数据安全性。
- **下载后启用读保护:** 下载完成的项目会开启读保护,该选项和复位并运行选项不可同时开启。
- **系统存储区AP模式:** 某些型号的MCU可以将系统存储器配置为扩展用户代码区,用于用户代码的存储,为避免误操作需要手动填入密钥0xA35F6D24才能生效。

注意: 该模式设置不可逆,只允许修改一次。

- **烧写选择字节:** 可以选择同时下载选择字节文件,格式只可以为bin或者hex。
- **烧写序列号:** 32位数据,烧写地址自定义,地址跟code地址不可位于同一个Flash page。序列号值=初始序列号+下载成功次数x每次增加值,如果溢出会清除高位保留低32位。
- **外部存储器:** 当有地址范围在SPIM的文件时(包括code或者SN序列号),需要选择对应外部flash型号、IO复用和外部加密编程范围等信息。
- **Slib设置:** 配置slib相关参数,包括下载前解除已有slib和下载时启用新slib,需设置slib password和slib range。
- **保存项目文件:** 当以上所有文件和参数都配置完成后,可以将其打包生成一个加密的atcp格式项目文件,用于远程传输或者本地保存等用途,保存时可以根据需求选择该项目文件是否绑定指定AT-Link及仅允许同一AT-Link仅允许使用一次的功能。
- **打开项目文件:** 打开一个本地已有的atcp格式项目文件并将其配置内容加载到软件中显示查看。
- **保存项目到AT-Link:** 将配置好的项目或者本地打开的项目,通过动态加密算法存储到AT-Link中,用于离线下载。

图 19 离线项目配置界面



3) 离线下载状态监控

该页面为AT-Link进行离线下载时状态的监控及配置。

- **选择离线下载项目：**因为AT-Link可以存储多个离线项目，所以需要选择一个项目激活，下载时会选择该激活项目进行下载。如果当前激活的项目被删除，则需要重新选择。
- **下载通讯接口：**仅显示当前激活项目配置的接口，无法更改。如果是ISP接口，可以根据目标板电路更改串口波特率和BOOT启动模式。
- **下载配置总次数：**仅显示当前激活项目中下载次数控制所设的值。
- **已下载总次数：**仅显示当前激活项目已经下载次数，包括成功和失败次数总和。当达到下载配置总次数时，该项目文件不能再继续下载，防止恶意破解限制下载次数功能。
- **已成功下载次数：**仅显示当前激活项目已成功下载的次数。
- **开始下载：**开始单次离线下载，根据下载进度会有相应的提示信息，如果失败会显示对应的错误提示码。
- **开始/取消连续下载：**开始/取消button free连续离线下载，开始后不再需要操作ICP界面，只需要根据提示信息更换目标板MCU即可完成自动连续下载。该选项只允许在AT-Link处于空闲状态时才能进行开始/取消切换。

注意：连续下载模式下不允许进行其他设置操作，必须取消连续下载后才能操作。

图 20 离线下载界面

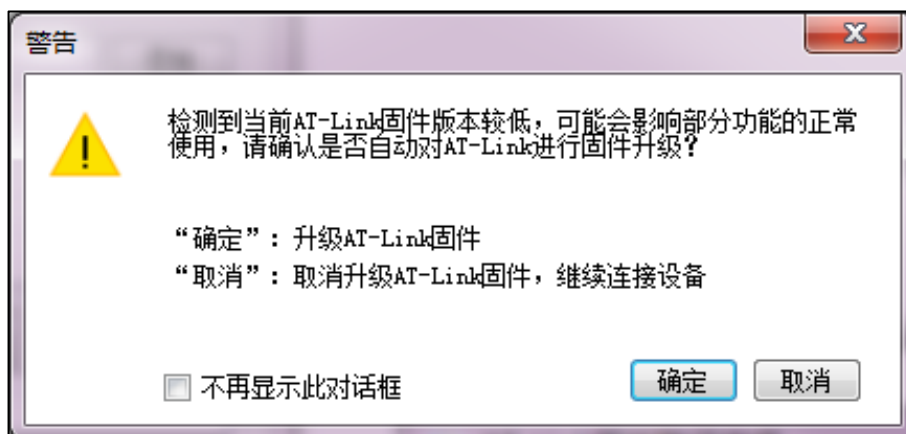


3.3.4 固件升级

AT-Link支持自动和手动升级两种方式，界面位于帮助选项菜单中，用于后续提升各种功能、支持操作更多MCU型号等。

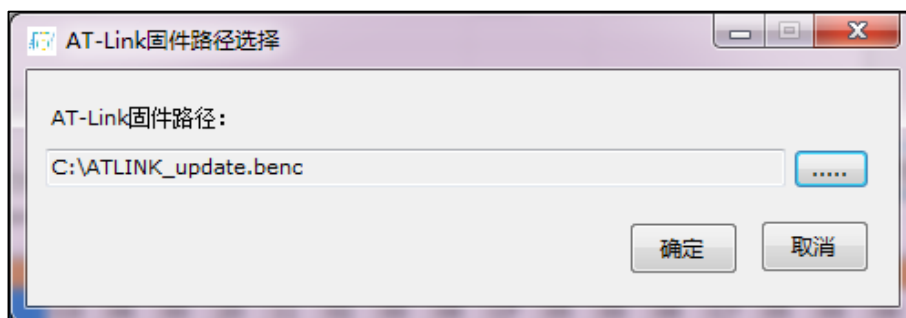
- **自动升级：**当连接时ICP软件会检测当前连接的AT-Link版本号，如果低于其内置固件版本时，会提示用户自动升级。

图 21 固件自动升级界面



- **手动升级：**用户可以在Artery官网下载AT-Link格式为benc的最新固件，手动选择固件进行升级。

图 22 固件手动升级界面

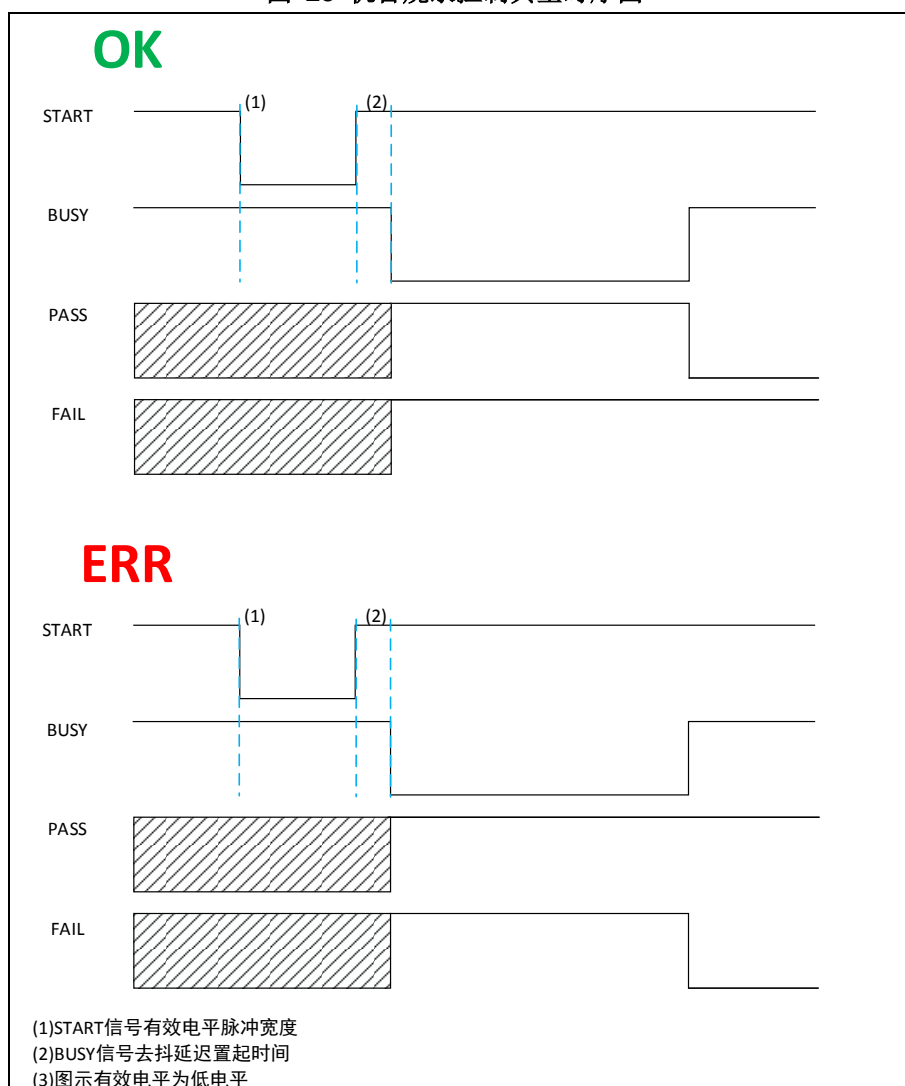


3.4 机台烧录操作

当离线项目配置存储完毕，选好需要激活的项目，此时不再需要ICP软件，可以直接通过机台烧录控制接口进行离线下载。

机台烧录控制相关参数在AT-Link的参数设置中可以根据需求进行自定义配置。

图 23 机台烧录控制典型时序图



3.5 按键操作

当离线项目配置存储完毕，选好需要激活的项目，此时不再需要ICP软件，可以直接通过按键进行离线下载。

AT-Link处于空闲状态时长按按键3秒进行连续下载模式和单次下载模式的切换选择。

- **单次下载：**处于单次下载模式时，短按按键一次进行一次离线项目的下载，下载结果可通过LED或者蜂鸣器进行判断。
- **连续下载：**处于连续下载模式时，当下载完成后直接更换目标板进行连续下载，下载结果可通过LED或者蜂鸣器进行判断。

4 注意事项

4.1 ISP 接口离线下载

- ISP下载需要Artery芯片的引导模式切换为系统存储器模式，通过芯片内部固化的bootloader程序进行下载。
- RDP使能时，当有debugger接口(SWD)连接芯片后，bootloader程序无法再次运行，必须重新上电复位才能运行。所以如果使用ICP连接RDP使能的芯片后，是无法进行ISP离线下载的。
- RDP使能的芯片需要进行ISP离线下载时，不连接AT-Link的SWD接口是最简单的解决方案。

5 版本历史

表 4 文档版本历史

日期	版本	变更
2019.3.22	1.0.0	最初版本
2019.4.03	1.0.1	增加离线项目限制功能描述
2019.6.11	1.0.2	1. 增加机台烧录控制功能描述 2. 增加加密文件使用方法描述 3. 添加对应F415系列MCU功能相关内容
2019.8.01	1.0.3	增加AT-Link EZ版本描述
2019.8.09	1.0.4	增加SWD速度自动侦测功能 优化提高SWD的在线/离线下载速度
2019.12.26	1.0.5	添加对应F403A、F407系列MCU功能相关内容