2010

ZigBee 2007 无线系统

TI-CC2530

远程开关控制

锋硕电子科技有限公司
www.fuccesso.com.cn
2010-9-27

目录

第一章 功能描述

本工程目录为:

ZigBee2007FSCode\ZStack-CC2530-2.3.1-1.4.0\Projects\zstack\Samples\Controller_Switch

在远程开关控制中,开关节点(switch node)通过发送命令切换控制节点(controller node)的状态,并通过指示灯的状态变化反映操作是否成功。多个开关节点与唯一的控制节点组成星型网络拓扑结构。

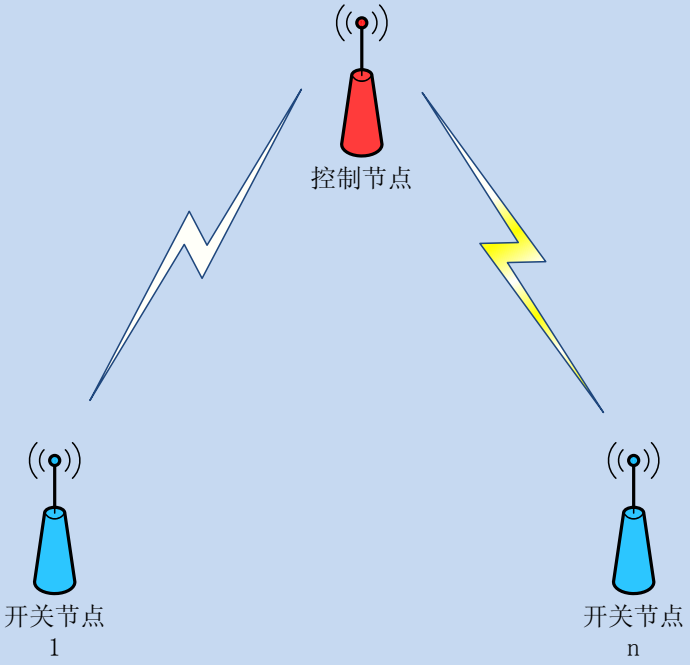
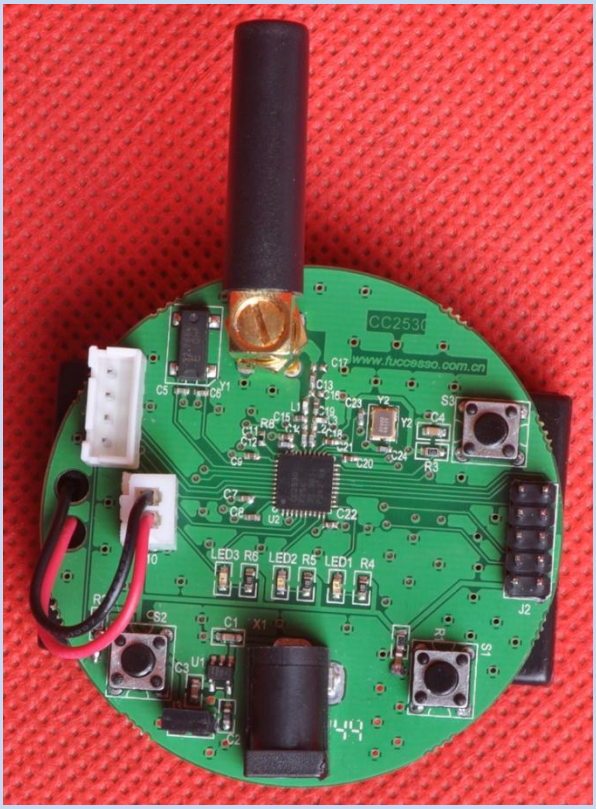


图 1.1 远程开关控制网络拓扑结构

本例中,开关节点使用锋硕电子开发的终端节点 CC2530,用于发送切换命令。控制节点使用协调器节点 CC2530+GPRS,位于开发板中心位置的三颗红、黄、绿 Led 灯显示切换操作。



（终端节点 CC2530）

（协调器节点 CC2530+GPRS）

为实现上述目的，整个应用程序应该具备以下功能：

1) 所有节点自动形成ZigBee网络（注：首次启动时，需按下按键S1配置自动启动）；

2) 在控制节点和开关节点间建立绑定关系；

3) 通过开关节点发送命令切换控制节点的状态；

4) 能够重新分配控制节点和开关节点之间的绑定关系；

5) 具备可扩展性，可以在网络形成后添加新的开关节点或控制节点。

第二章 工程整体架构和选项设置

2.1 工程架构

用户打开SimpleApp工程后，会在Workspace区域看到不同的设备类型，不同的设备类型下均包含App文件夹，里面存放着各种应用实现的源文件。可以发现，每种设备类型都包含sapi.c、sapi.h和SimpleApp.h文件，即每种设备程序运行时的任务初始化函数、任务事件处理函数均是在sapi.c中实现。

Z-Stack的目录结构如图2.1所示：

1) App：应用层，存放应用程序。
2) HAL：硬件层，与硬件电路相关。
3) MAC：数据链路层。
4) MT：监控调试层，通过串口调试各层，与各层进行直接交互。
5) NWK：网络层。
6) OSAL：操作系统层。
7) Profile：协议栈配置文件（AF）。
8) Security：安全层。
9) Services：地址处理层。
10) Tools：工程配置。
11) ZDO：设备对象，调用APS子层和NWK层服务。
12) Zmac：MAC层接口函数。
13) ZMain：整个工程的入口。
14) Output：输出文件（由IAR自动生成）。

对于控制节点，在 Workspace 区域的下拉菜单中选择 SimpleControllerEB，鼠标点击上方的“make 按钮”后，所有文件对应的红色“*”将消失，此时 SimpleController.c 是进行编译的文件，而 SimpleCollector.c、SimpleSensor.c 和 SimpleSwitch.c 颜色呈灰色，表示这 3 个文件对于控制节点而言不会使用。控制节点在整个网络中实现 ZigBee 协调器的功能，因此配置文件 f8wCoord.cfg 将被使用，而 f8wEndev.cfg 和 f8wRouter.cfg 不会使用。如图 2.1 所示：

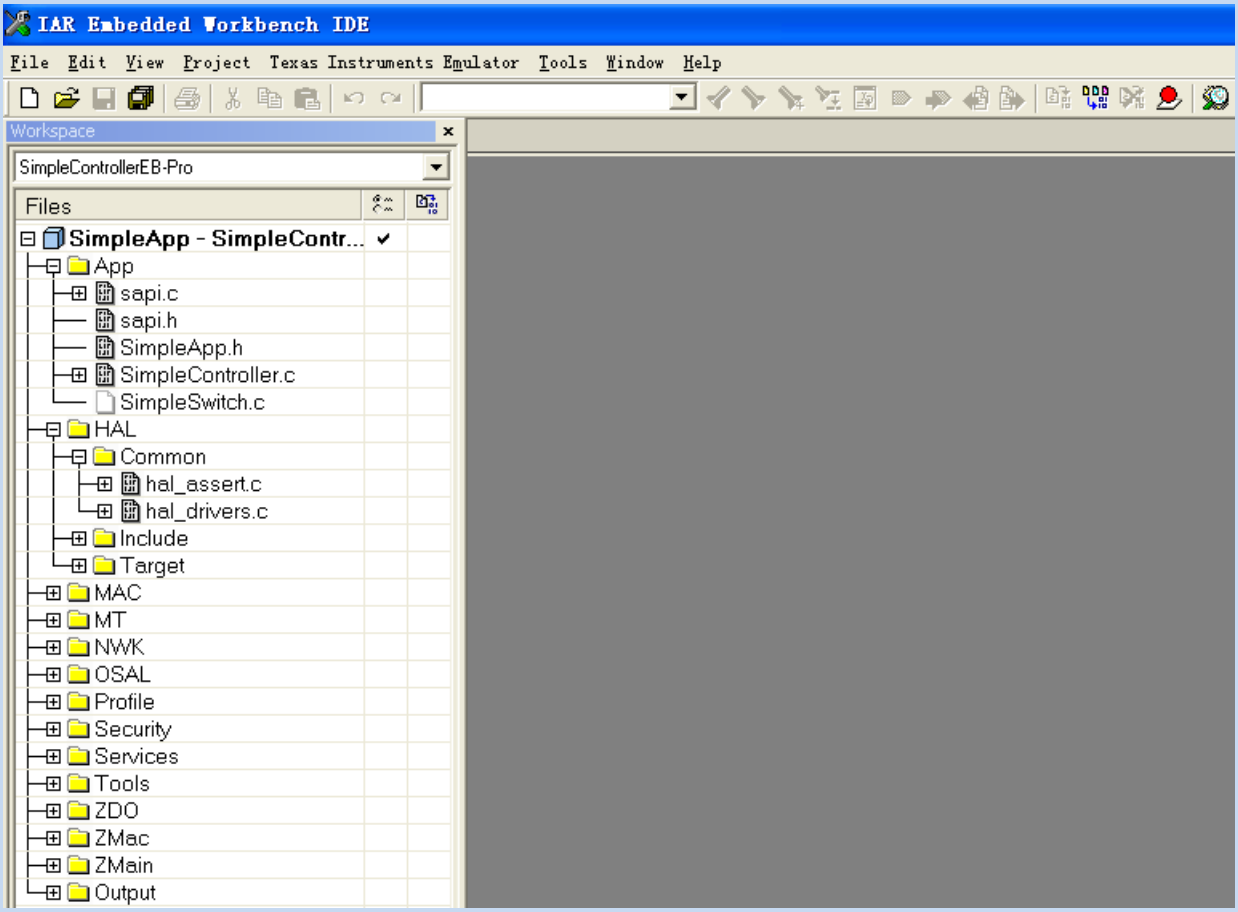


图 2.1 控制节点工程架构

对于开关节点，在 Workspace 区域的下拉菜单中选择 SimpleSwitchEB，鼠标点击上方的“make 按钮”后，所有文件对应的红色“*”将消失，此时 SimpleSwitch.c 是进行编译的文件，而 SimpleCollector.c 、SimpleController.c 和 SimpleSensor.c 颜色呈灰色，表示这 3 个文件对于开关节点而言不会使用。如下图所示：

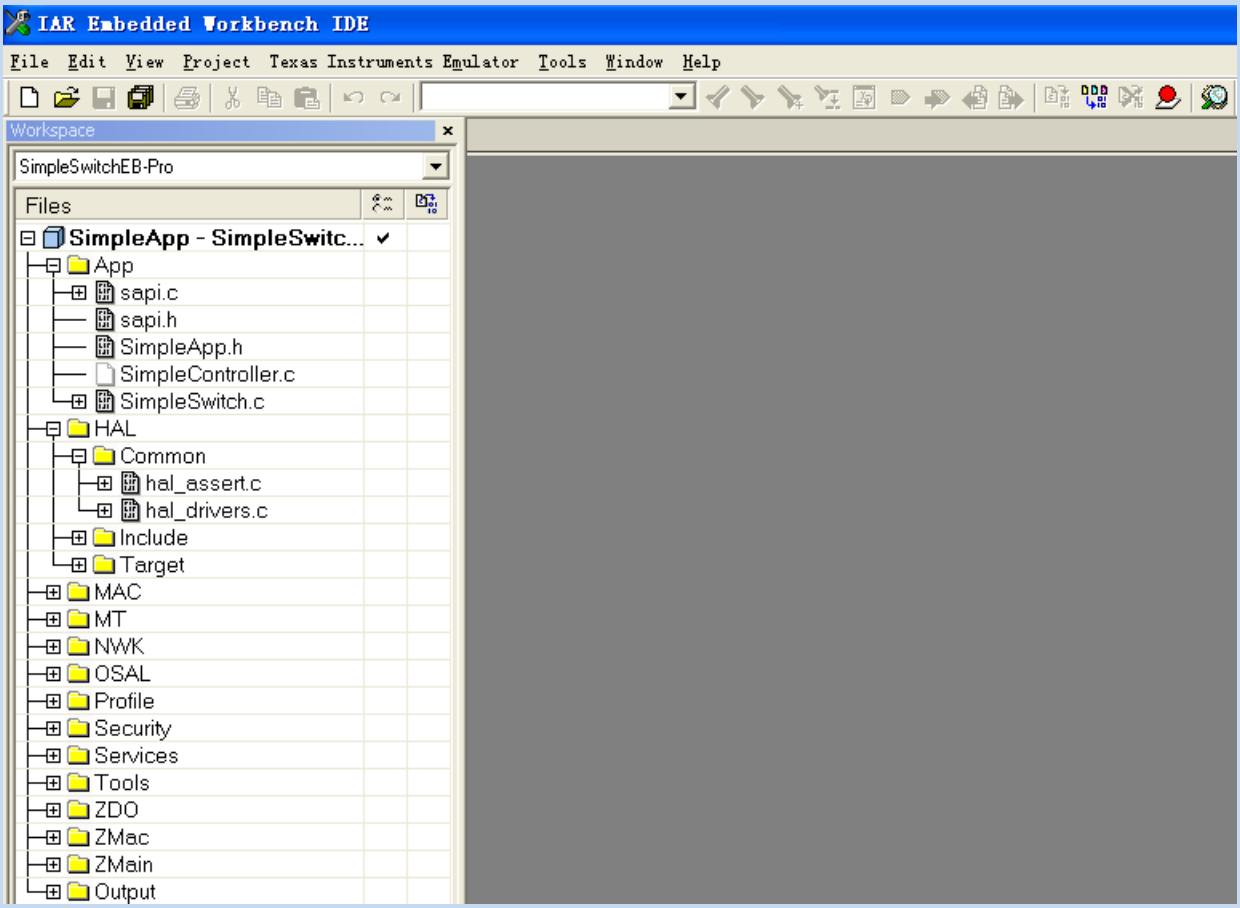


图 2.2 开关节点工程架构

2.2 工程选项设置

打开 SimpleApp 工程后，欲进入到控制节点的编译选项设置界面。选中工程名 SimpleApp-SimpleControllerEB，然后根据工程选项设置的路径：Project->Options->C/C++ Compiler->Preprocessor->Defined 。

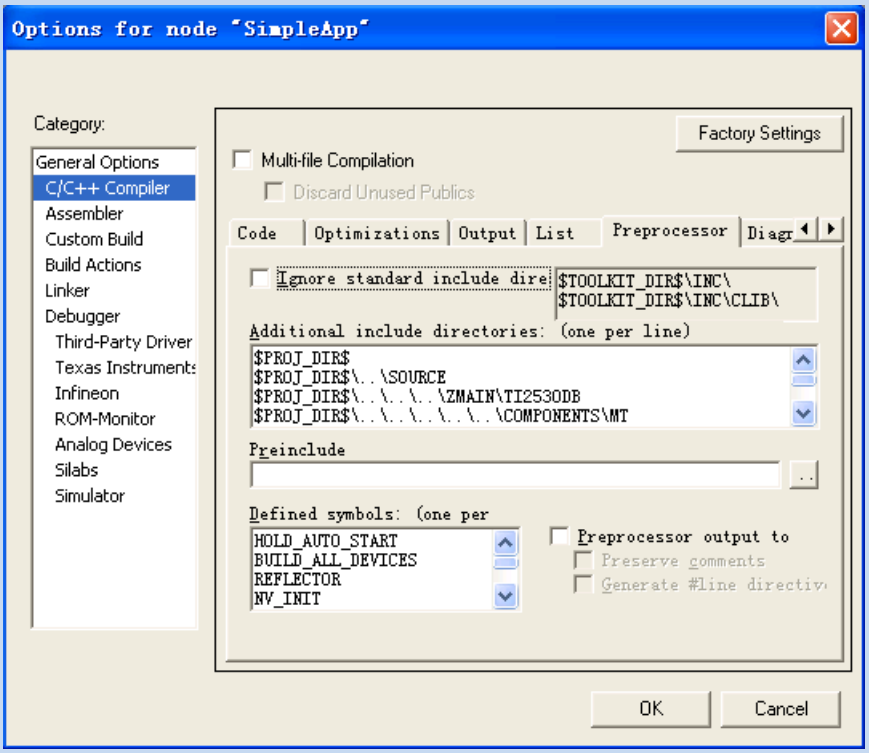


图 2.3 控制节点 IAR 工程选项设置

要为工程选项添加一条编译选项，只需在 Defined symbols 框内添加一条新选项即可；要取消编译选项，只需在该编译选项的左侧添加“x”即可。

欲进入到开关节点的编译选项设置界面。选中工程名 SimpleApp-SimpleSwitchEB，然后根据工程选项设置的路径：Project->Options->C/C++ Compiler->Preprocessor->Defined 。

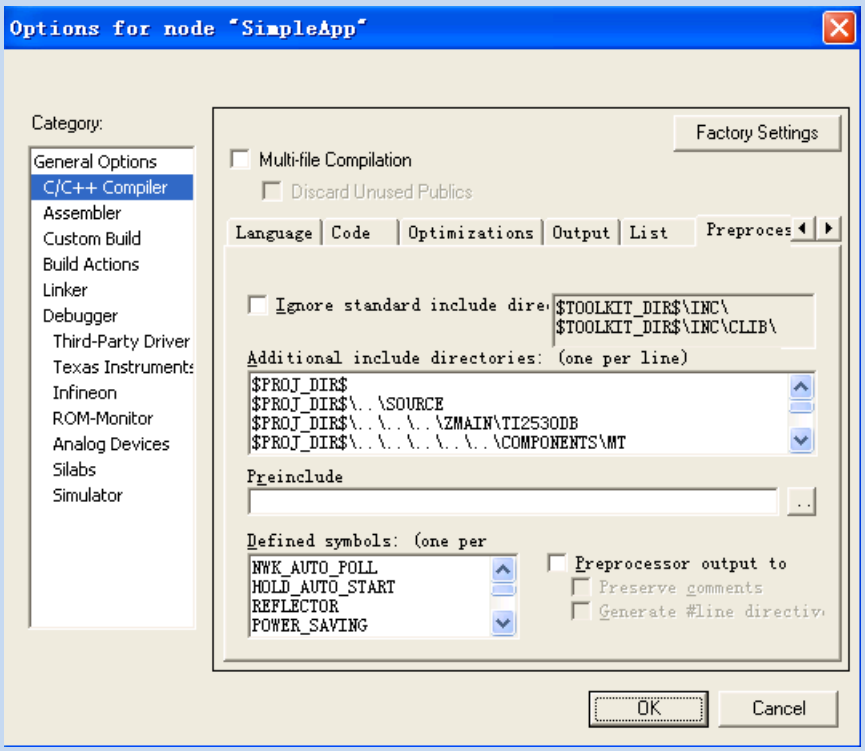


图 2.4 开关节点 IAR 工程选项设置

对于控制节点和开关节点，分别打开 Tools->f8wCoord.cfg 和 Tools->f8wEndev.cfg 后，可以看到关于控制节点开关节点的配置信息。

综上，总结控制节点和开关节点的工程选项设置如下表：

节点类型	IAR 选项设置	.cfg 配置文件
控制节点	ZIGBEEPRO HOLD_AUTO_START BUILD_ALL_DEVICES REFLECTOR NV_INIT xNV_RESTORE xZTOOL_P1 xMT_TASK xMT_SYS_FUNC xMT_SAPI_FUNC xMT_SAPI_CB_FUNC	-DZDO_COORDINATOR -DRTR_NWK
开关节点	ZIGBEEPRO NWK_AUTO_POLL HOLD_AUTO_START REFLECTOR POWER_SAVING NV_INIT	空

	xNV_RESTORE xZTOOL_P1 xMT_TASK xMT_SYS_FUNC xMT_SAPI_FUNC xMT_SAPI_CB_FUNCxMT_TASK xMT_SYS_FUNC xMT_SAPI_FUNC xMT_SAPI_CB_FUNC	

第三章 App 初始化和任务事件处理

3.1 App 初始化

Sapi.c 中的 SAPI_Init（）函数实现 App 初始化，主要完成以下几个方面的初始化工作：

1) 初始化任务 ID 号，其中 task_id 由操作系统初始化任务函数 osalInitTasks（）决定。

```
sapi_TaskID = task_id;
```

2) 初始化绑定标志位，默认不允许绑定。

```
sapi_bindInProgress = 0xffff;
```

3) 初始化端点描述符，分别有：端点任务 ID 号、端点号、简单描述符和延时请求，端点描述符内部的简单描述符由应用程序决定。

```
sapi_epDesc.task_id = &sapi_TaskID;
sapi_epDesc.endPoint = zb_SimpleDesc.EndPoint;
sapi_epDesc.simpleDesc = (SimpleDescriptionFormat_t *)&zb_SimpleDesc;
sapi_epDesc.latencyReq = noLatencyReqs;
```

4) 在 AF 层注册该端点描述符。

```
afRegister( &sapi_epDesc );
```

5) 关闭匹配描述符的响应。

```
afSetMatch(sapi_epDesc.simpleDesc->EndPoint, FALSE);
```

6) 注册 2 个响应事件，即网络地址响应和匹配描述符响应。

```
ZDO_RegisterForZDOMsg( sapi_TaskID, NWK_addr_rsp );
ZDO_RegisterForZDOMsg( sapi_TaskID, Match_Desc_rsp );
```

7) 注册按键事件。

```
RegisterForKeys( sapi_TaskID );
```

8) 设置进入事件，启动应用。

```
osal_set_event(task_id, ZB_ENTRY_EVENT);
```

3.2 App 任务事件处理函数

在 SAPI_Init（）函数的最后设置了进入事件（ZB_ENTRY_EVENT），这将出发任务的事

件处理函数 SAPI_ProcessEvent（）。该函数处理任务所有的事件，包含时间、消息和其他用户定义的事件。

事件		处理函数
系统消息事件 SYS_EVENT_MSG	ZDO 反馈 ZDO_CB_MSG	SAPI_ProcessZDOMsgs（）
	AF 数据确认 AF_DATA_CONFIRM_CMD	SAPI_SendDataConfirm（）
	AF 信息输入 AF_INCOMING_MSG_CMD	SAPI_ReceiveDataIndication（）
	ZDO 状态改变 ZDO_STATE_CHANGE	SAPI_StartConfirm（）
	ZDO 匹配描述符响应 ZDO_MATCH_DESC_RSP_SENT	SAPI_AllowBindConfirm（）
	按键 KEY_CHANGE	zb_HandleKeys（）
	发送数据确认 SAPICB_DATA_CNF	SAPI_SendDataConfirm（）
	绑定确认 SAPICB_BIND_CNF	SAPI_BindConfirm（）
	设备启动确认 SAPICB_START_CNF	SAPI_StartConfirm（）
允许绑定时间事件 ZB_ALLOW_BIND_TIMER		afSetMatch（）
绑定时间事件 ZB_BIND_TIMER		SAPI_BindConfirm（）
进入事件 ZB_ENTRY_EVENT		zb_StartRequest（）

第四章 ZDO 初始化和任务事件处理

4.1 ZDO 初始化

ZDApp.c 中的 ZDApp_Init（）函数实现 ZDO 初始化，主要完成以下几个方面的初始化工作：

1) 初始化任务 ID 号，其中 task_id 由操作系统初始化任务函数 osalInitTasks（）决定。

```
ZDAppTaskID = task_id;
```

2) 初始化网络地址，地址模式为 16 位，网络地址为无效。

```
ZDAppNwkAddr.addrMode = Addr16Bit;
ZDAppNwkAddr.addr.shortAddr = INVALID_NODE_ADDR;
```

3) 保存 64 位 IEEE 地址。

```
NLME_GetExtAddr();
```

4) 检测是否阻止自动启动。

```
ZDAppCheckForHoldKey();
```

5) 根据设备类型初始化网络服务

```
ZDO_Init();
```

6) 注册端点 0

```
afRegister( (endPointDesc_t *)&ZDApp_epDesc );
```

7) 启动设备（非阻止情况）

```
ZDOInitDevice();
```

8) 注册响应事件

```
ZDApp_RegisterCBs();
```

4.2 ZDO 任务事件处理函数

任务事件处理函数 ZDApp_event_loop（）包含消息、网络初始化、网络启动、路由启动等事件。

事件		处理函数
系统消息事件 SYS_EVENT_MSG	AF 信息输入 AF_INCOMING_MSG_CMD	ZDP_IncomingData（）
	ZDO 反馈 AF_DATA_CONFIRM_CMD	ZDApp_ProcessMsgCBs（）
	AF 数据确认 AF_DATA_CONFIRM_CMD	无
	网络发现确认 ZDO_NWK_DISC_CNF	NLME_JoinRequest（）或 NLME_ReJoinRequest（）
	网络加入指示 ZDO_NWK_JOIN_IND	ZDApp_ProcessNetworkJoin（）
	网络加入请求 ZDO_NWK_JOIN_REQ	ZDApp_NetworkInit()
网络初始化 ZDO_NETWORK_INIT		ZDO_StartDevice（）
网络启动 ZDO_NETWORK_START		ZDApp_NetworkStartEvt（）
路由启动 ZDO_ROUTER_START		osal_pwrmgr_device（）
状态改变 ZDO_STATE_CHANGE_EVT		ZDO_UpdateNwkStatus（）
网络 NV 更新 ZDO_NWK_UPDATE_NV		ZDApp_SaveNetworkStateEvt（）
设备重新启动 ZDO_DEVICE_RESET		SystemResetSoft（）

第五章 控制节点建立网络流程分析

5.1 控制节点设备类型和初始状态

控制节点的 IAR 工程配置选项中定义了 BUILD_ALL_DEVICES，因此在 ZGlobals.h 文件中：

```
#define ZSTACK_DEVICE_BUILD          0x07
```

进一步有：

```
#define ZG_BUILD_COORDINATOR_TYPE    0x01
```

从而：

```
#define DEVICE_LOGICAL_TYPE          0x00
```

由此，在 ZGlobals.c 文件中，可以得知控制节点的设备逻辑类型为协调器：

```
zgDeviceLogicalType =0x00
```

以及：

```
#define ZG_DEVICE_COORDINATOR_TYPE   1
#define ZG_DEVICE_RTR_TYPE           1
```

控制节点的 IAR 工程配置选项中定义了阻止自定启动，即 HOLD_AUTO_START，因此在 ZDApp.c 文件中定义了设备初始状态和启动模式：

```
devState = DEV_HOLD
devStartMode = MODE_HARD
```

在控制节点的 NV 中，默认状态下没有设置启动模式，即

```
ZCD_NV_STARTUP_OPTION=0
```

因此，初次使用控制节点时不会自定启动该节点。

另外，对应控制节点的 SimpleController.c 定义了应用层的状态：

```
myAppState = APP_INIT
```

5.2 控制节点建立网络流程

当控制节点上电后，首先经历一系列的初始化工作，最终在 sapi 层设置进入事件，然后通

过任务事件处理函数对该事件进行处理，当读取 NV 的启动模式选项时，

```
zb_ReadConfiguration( ZCD_NV_STARTUP_OPTION, sizeof(uint8), &startOptions );
```

判断为非自动启动，因此看到控制节点的 LED_2 闪烁，

```
HalLedBlink(HAL_LED_2, 0, 50, 500);
```

操作系统等待其他事件发生。

当按下按键 S1 后，由于在 sapi 层注册了按键事件，因此会发送 KEY_CHANGE 消息至 sapi 层，当收到 KEY_CHANGE 消息后，sapi 层的任务事件处理函数调用：

```
zb_HandleKeys( ((keyChange_t *)pMsg)->state, ((keyChange_t *)pMsg)->keys );
```

然后将设备逻辑类型（协调器）写入到 NV，并将自动启动模式写入到 NV：

```
zb_WriteConfiguration(ZCD_NV_LOGICAL_TYPE, sizeof(uint8), &logicalType);
zb_WriteConfiguration( ZCD_NV_STARTUP_OPTION, sizeof(uint8), &startOptions );
```

最后重新启动：

```
zb_SystemReset();
```

详细的网络形成流程图如图 5.1 所示：

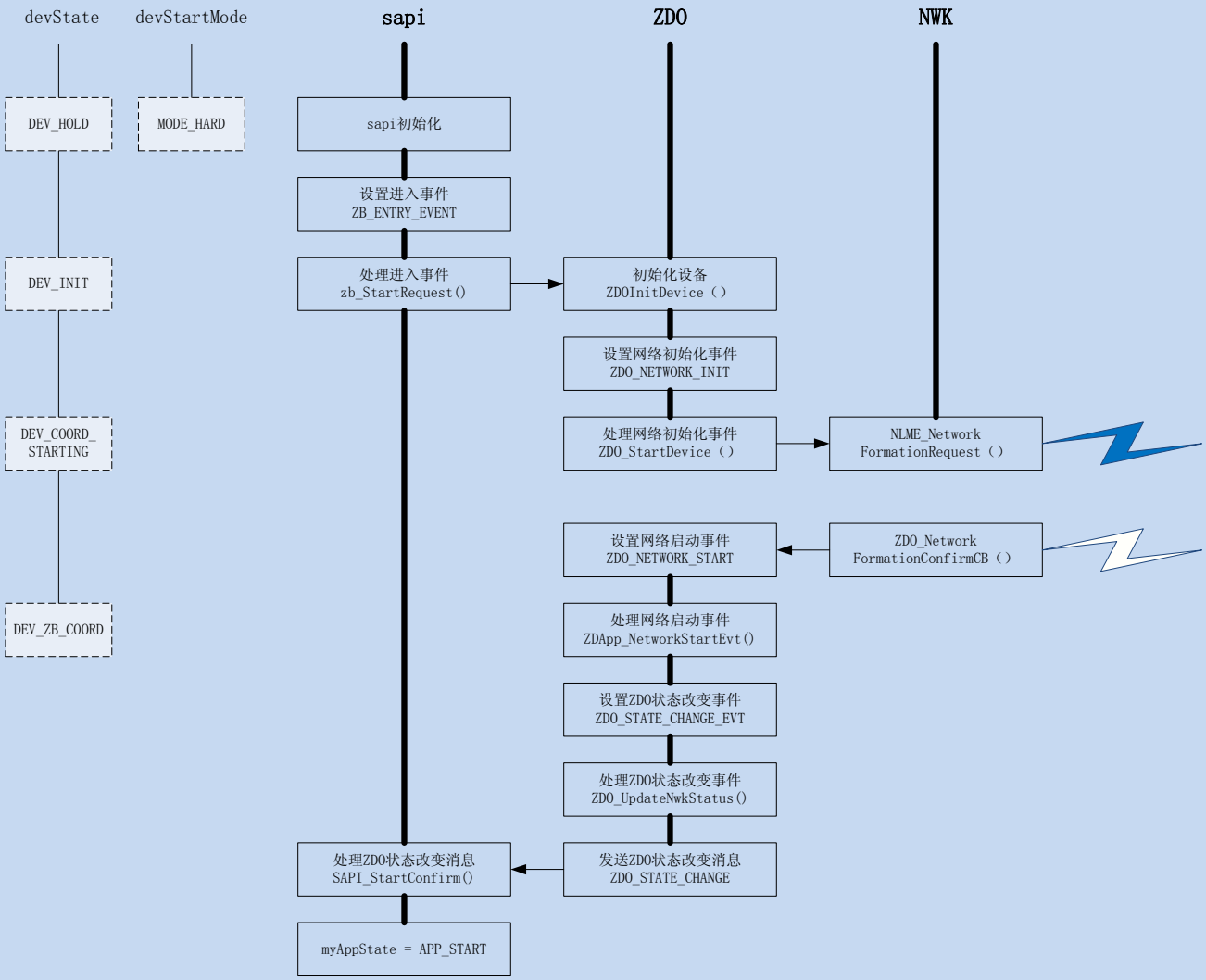


图 5.1 控制节点网络形成流程分析

重新启动后，依然进入通过任务事件处理函数对进入事件进行处理，当读取 NV 的启动模式选项时，判断为自动启动，然后调用：

```
zb_StartRequest();
```

紧接着调用 ZDO 层的初始化设备函数：

```
ZDOInitDevice(zgStartDelay);
```

在该函数中设置了 NV 网络状态，并修改了当前设备状态：

```
networkStateNV = ZDO_INITDEV_NEW_NETWORK_STATE;
devState = DEV_INIT;
```

最终触发网络初始化函数：

```
ZDApp_NetworkInit( extendedDelay );
```

设置网络初始化事件：

```
osal_set_event( ZDAppTaskID, ZDO_NETWORK_INIT );
```

ZDO 层的任务事件处理函数对网络初始化事件进行处理，即启动该设备：

```
ZDO_StartDevice( (uint8)ZDO_Config_Node_Descriptor.LogicalType, devStartMode,
                        DEFAULT_BEACON_ORDER, DEFAULT_SUPERFRAME_ORDER );
```

此时将改变设备状态为协调器启动：

```
devState = DEV_COORD_STARTING;
```

并根据设备逻辑类型和启动模式调用 NWK 层网络形成请求函数：

```
NLME_NetworkFormationRequest( zgConfigPANID, zgApsUseExtendedPANID,
zgDefaultChannelList, zgDefaultStartingScanDuration, beaconOrder, superframeOrder, false );
```

其中，个域网 ID 号和默认通道号在 f8wConfig.Cfg 中定义：

```
-DZDAPP_CONFIG_PAN_ID=0xFFFF
-DDEFAULT_CHANLIST=0x00000800    // 11 - 0x0B
```

外扩个域网 ID 号在 ZGlobals.c 中定义：

```
zgApsUseExtendedPANID[Z_EXTADDR_LEN] = {00,00,00,00,00,00,00,00};
```

当 NWK 层通过调用 MAC 和 PHY 层相关功能函数执行一些列网络形成动作后，NWK 层将接收到网络形成反馈，即：

```
ZDO_NetworkFormationConfirmCB（）
```

设置网络启动事件：

```
osal_set_event( ZDAppTaskID, ZDO_NETWORK_START );
```

ZDO 层任务事件处理函数将执行网络启动事件处理：

```
ZDApp_NetworkStartEvt();
```

此时将改变设备状态为协调器，并且保证电源供电：

```
devState = DEV_ZB_COORD;
osal_pwrmgr_device( PWRMGR_ALWAYS_ON );
```

而且设置 ZDO 状态改变事件：

```
osal_set_event( ZDAppTaskID, ZDO_STATE_CHANGE_EVT );
```

ZDO 层任务事件处理函数将执行 ZDO 更新网络状态事件处理：

```
ZDO_UpdateNwkStatus( devState );
```

此时搜索端点列表，寻找曾经在 sapi 层注册过的端点号，并且将 ZDO 状态改变消息发送给这些端点：

```
zdoSendStateChangeMsg(state, *(pItem->epDesc->task_id));
```

而且确定控制节点（此时为协调器）的 16 位网络地址和 64 位 IEEE 地址：

```
NLME_GetShortAddr();
NLME_GetExtAddr();
```

当 sapi 层接收到 ZDO 状态改变消息后，sapi 层的任务事件处理函数将进行处理：

```
SAPI_StartConfirm( ZB_SUCCESS );
```

最终将改变设备的应用状态为启动状态：

```
myAppState = APP_START;
```

第六章 开关节点加入网络流程分析

6.1 开关节点设备类型和初始状态

开关节点的 IAR 工程配置选项中没有定义 BUILD_ALL_DEVICES，因此在 ZGlobals.h 文件中：

```
#define ZSTACK_DEVICE_BUILD                0x04
```

进一步有：

```
#define ZG_BUILD_ ENDDEVICE_TYPE           0x04
```

从而：

```
#define DEVICE_LOGICAL_TYPE                0x02
```

由此，在 ZGlobals.c 文件中，可以得知开关节点的设备逻辑类型为终端设备：

```
zgDeviceLogicalType =0x02
```

以及：

```
#define ZG_DEVICE_ ENDDEVICE_TYPE          1
```

开关节点的 IAR 工程配置选项中定义了阻止自定启动，即 HOLD_AUTO_START，因此在 ZDApp.c 文件中定义了设备初始状态和启动模式：

```
devState = DEV_HOLD
devStartMode = MODE_JOIN
```

在开关节点的 NV 中，默认状态下没有设置启动模式，即

```
ZCD_NV_STARTUP_OPTION=0
```

因此，初次使用开关节点时不会自定启动该节点。

另外，对应开关节点的 Sensor.c 定义了应用层的状态：

```
myAppState = APP_INIT
```

6.2 开关节点建立网络流程

当开关节点上电后，首先经历一系列的初始化工作，最终在 sapi 层设置进入事件，然后通过任务事件处理函数对该事件进行处理，当读取 NV 的启动模式选项时，

```
zb_ReadConfiguration( ZCD_NV_STARTUP_OPTION, sizeof(uint8), &startOptions );
```

判断为非自动启动，因此看到开关节点的 LED_2 闪烁，

```
HalLedBlink(HAL_LED_2, 0, 50, 500);
```

操作系统等待其他事件发生。

当按下按键 S1 后，由于在 sapi 层注册了按键事件，因此会发送 KEY_CHANGE 消息至 sapi 层，当收到 KEY_CHANGE 消息后，sapi 层的任务事件处理函数调用：

```
zb_HandleKeys( ((keyChange_t *)pMsg)->state, ((keyChange_t *)pMsg)->keys );
```

然后将设备逻辑类型（终端设备）写入到 NV，并将自动启动模式写入到 NV：

```
zb_WriteConfiguration(ZCD_NV_LOGICAL_TYPE, sizeof(uint8), &logicalType);
zb_WriteConfiguration( ZCD_NV_STARTUP_OPTION, sizeof(uint8), &startOptions );
```

最后重新启动：

```
zb_SystemReset();
```

详细的加入网络流程图如图 6.1 所示：

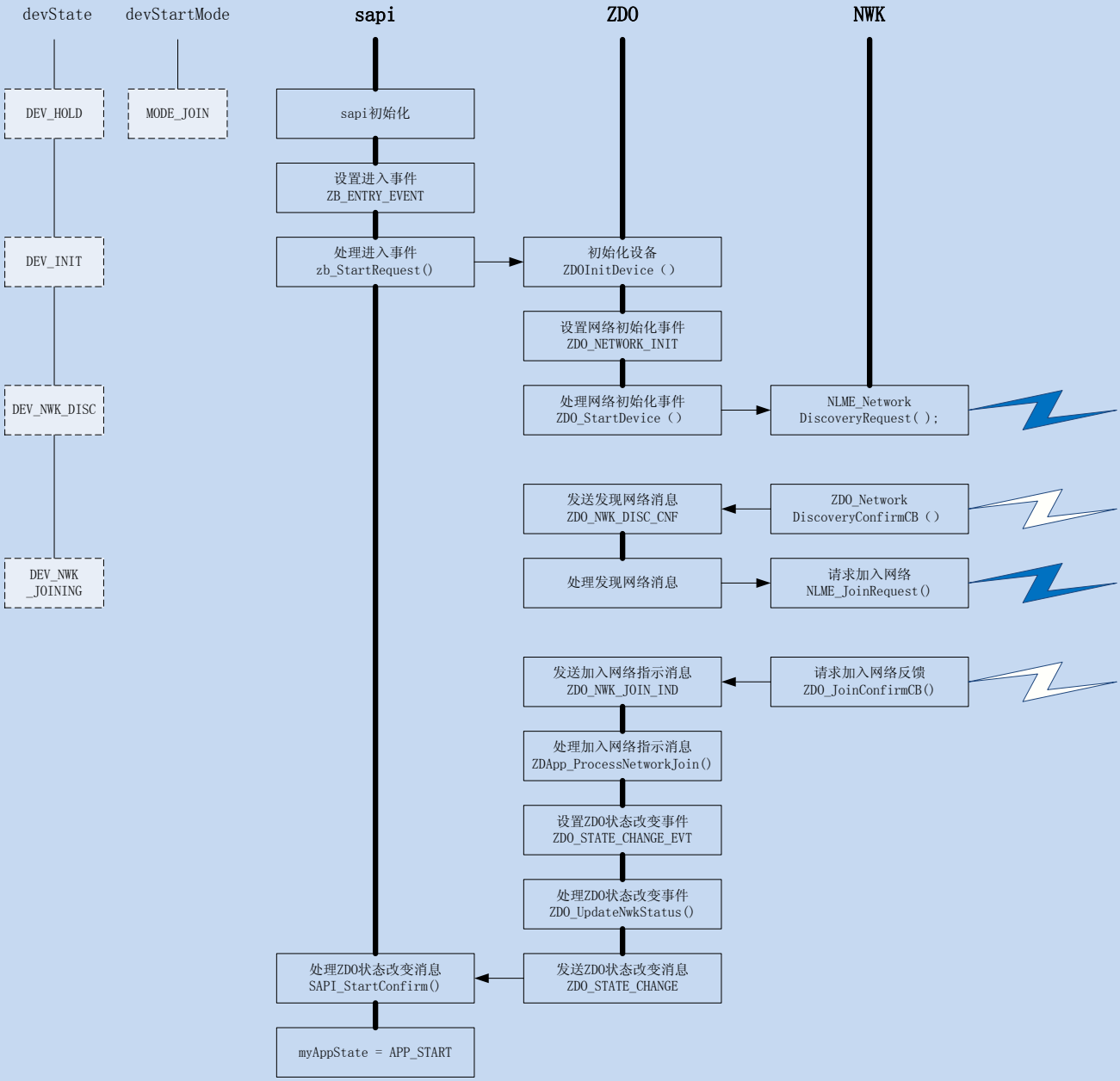


图 6.1 开关节点加入网络流程分析

重新启动后，依然进入通过任务事件处理函数对进入事件进行处理，当读取 NV 的启动模式选项时，判断为自动启动，然后调用：

```
zb_StartRequest();
```

紧接着调用 ZDO 层的初始化设备函数：

```
ZDOInitDevice(zgStartDelay);
```

在该函数中设置了 NV 网络状态，并修改了当前设备状态：

```
networkStateNV = ZDO_INITDEV_NEW_NETWORK_STATE;
devState = DEV_INIT;
```

最终触发网络初始化函数：

```
ZDApp_NetworkInit( extendedDelay );
```

设置网络初始化事件：

```
osal_set_event( ZDAppTaskID, ZDO_NETWORK_INIT );
```

ZDO 层的任务事件处理函数对网络初始化事件进行处理，即启动该设备：

```
ZDO_StartDevice( (uint8)ZDO_Config_Node_Descriptor.LogicalType, devStartMode,
                        DEFAULT_BEACON_ORDER, DEFAULT_SUPERFRAME_ORDER );
```

此时将改变设备状态为设备发现网络：

```
devState = DEV_NWK_DISC;
```

并调用请求发现网络函数：

```
NLME_NetworkDiscoveryRequest( zgDefault ChannelList, zgDefaultStarting ScanDuration );
```

其中，通道号为协调器所在通道。

当 NWK 层通过调用 MAC 和 PHY 层相关功能函数执行一些列发现网络动作后，NWK 层将接收到发现网络反馈，即：

```
ZDO_NetworkDiscoveryConfirmCB( uint8 ResultCount, networkDesc_t *NetworkList )
```

其中，网络参数列表为该网络详细的网络参数。并将其中的个域网 ID、逻辑通道、版本号和扩展个域网 ID 号组成网络发现确认消息发送至 ZDO 层：

```
ZDApp_SendMsg(ZDAppTaskID, ZDO_NWK_DISC_CNF, sizeof(ZDO_NetworkDiscoveryCfm_t),
(uint8 *)&msg )
```

此时将改变设备状态为正在加入网络：

```
devState = DEV_NWK_JOINING;
```

ZDO 层接收到该消息后，任务事件处理函数将执行请求加入网络事件：

```
NLME_JoinRequest( ((ZDO_NetworkDiscoveryCfm_t *)msgPtr)->extendedPANID,
BUILD_UINT16( ((ZDO_NetworkDiscoveryCfm_t *)msgPtr)->panIdLSB, ((ZDO_NetworkDiscoveryCfm_t
*)msgPtr)->panIdMSB ),((ZDO_NetworkDiscoveryCfm_t*)msgPtr)->logicalChannel,ZDO_Config_Node_
Descriptor.CapabilityFlags );
```

当 NWK 层通过调用 MAC 和 PHY 层相关功能函数执行一些列请求加入网络动作后，NWK 层将接收到请求加入网络反馈，即：

```
ZDO_JoinConfirmCB( uint16 PanId, ZStatus_t Status )
```

发送加入网络指示消息至 ZDO 层。

```
ZDApp_SendMsg( ZDAppTaskID, ZDO_NWK_JOIN_IND, sizeof(osal_event_hdr_t), (byte*)NULL );
```

ZDO 层接收到该消息后，任务事件处理函数将执行处理加入网络函数：

```
ZDApp_ProcessNetworkJoin();
```

设置 ZDO 状态改变事件：

```
osal_set_event( ZDAppTaskID, ZDO_STATE_CHANGE_EVT );
```

由于 IAR 设置了节点选项，所以采用电池供电：

```
osal_pwrmgr_device( PWRMGR_BATTERY );
```

ZDO 层任务事件处理函数将执行 ZDO 更新网络状态事件处理：

```
ZDO_UpdateNwkStatus( devState );
```

此时搜索端点列表，寻找曾经在 sapi 层注册过的端点号，并且将 ZDO 状态改变消息发送给这些端点：

```
zdoSendStateChangeMsg(state, *(pItem->epDesc->task_id));
```

而且确定开关节点（此时为终端设备）的 16 位网络地址和 64 位 IEEE 地址：

```
NLME_GetShortAddr();
NLME_GetExtAddr();
```

当 sapi 层接收到 ZDO 状态改变消息后，sapi 层的任务事件处理函数将进行处理：

```
SAPI_StartConfirm( ZB_SUCCESS );
```

最终将改变设备的应用状态为启动状态：

```
myAppState = APP_START;
```

并且设置经绑定延迟后发现控制节点事件：

```
osal_start_timerEx( sapi_TaskID, MY_FIND_COLLECTOR_EVT, myBindRetryDelay );
```

第七章 控制节点与开关节点绑定分析

控制节点在默认情况下（sapi 层初始化时）关闭了匹配描述符响应。当控制节点建立网络后，应用层状态:

```
myAppState = APP_START;
```

通过按下按键 S1 可以开启允许绑定功能:

```
zb_AllowBind( 0xFF );
```

允许绑定的实质即开启匹配描述符响应:

```
afSetMatch(sapi_epDesc.simpleDesc->EndPoint, TRUE);
```

控制节点允许绑定的时间范围是 10s，即允许其他节点在 10s 内与它建立绑定关系。

绑定详细流程如图 7.1 所示:

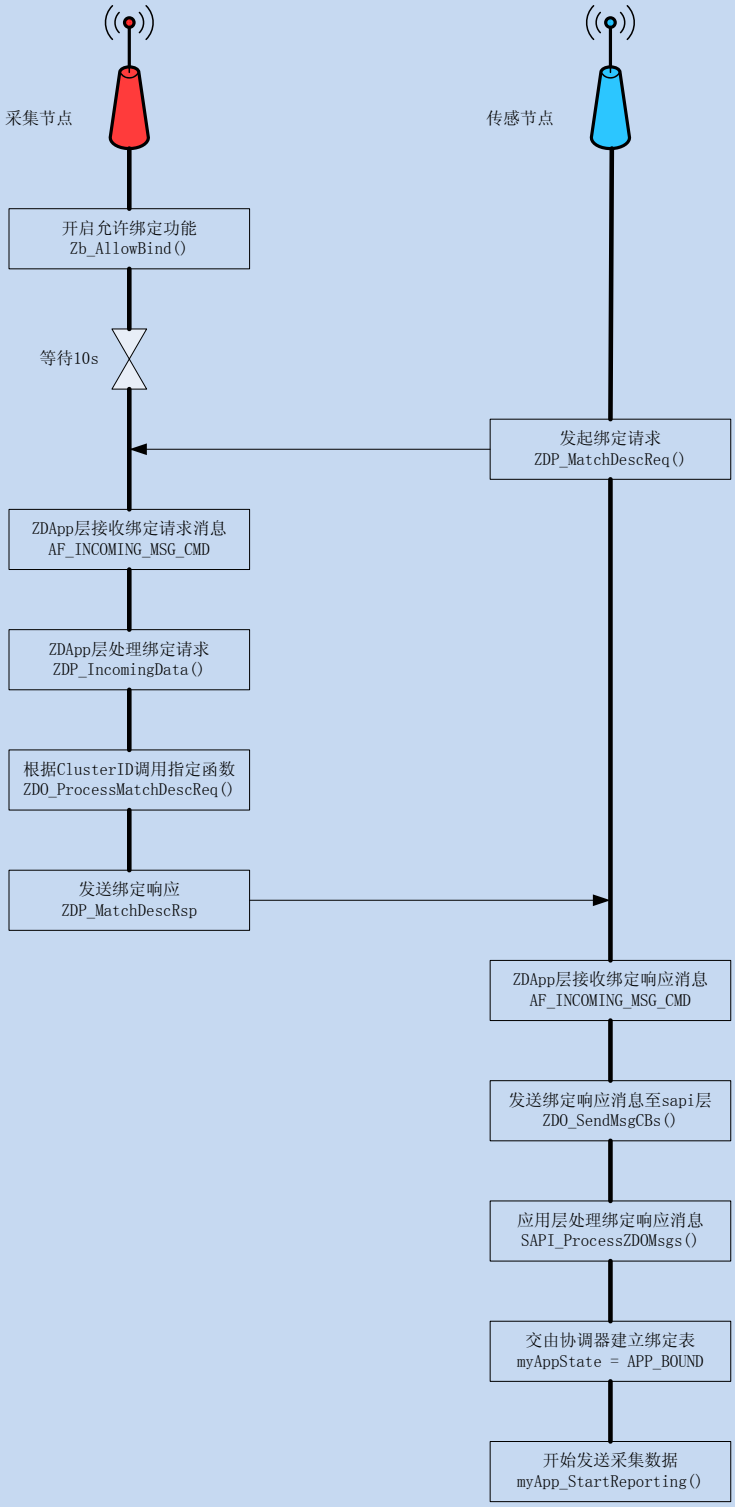


图 7.1 绑定过程分析

开关节点加入网络后，通过手动按下按键 S1 发起与控制节点绑定：

```
zb_BindDevice(TRUE, TOGGLE_LIGHT_CMD_ID, NULL);
```

其中，指定 64 位 IEEE 目的地址为 NULL。所以将设定目的地址模式为 16 位网络地址，而且此地址为广播地址：

```
destination.addrMode = Addr16Bit;
destination.addr.shortAddr = NWK_BROADCAST_SHORTADDR;
```

对于开关节点而言，它将接收来自控制节点的切换命令，因此簇号为 TOGGLE_LIGHT_CMD_ID 的簇是输入簇；该簇对于控制节点而言是输出簇。当开关节点在输入簇列表中找到该簇后：

```
ZDO_AnyClusterMatches( 1, &commandId, sapi_epDesc.simpleDesc->AppNumInClusters, sapi_epDesc.simpleDesc->pAppInClusterList )
```

将尽量与一个处于允许绑定模式的设备进行匹配：

```
ZDP_MatchDescReq( &destination, NWK_BROADCAST_SHORTADDR, sapi_epDesc.simpleDesc->AppProfId, 0, (cId_t *)NULL, 1, &commandId, 0 )
```

其中，地址模式 destination 为 16 位网络地址模式；16 位网络地址为广播地址；应用程序配置文件 AppProfId 为 0x0F10; 输出簇数目为：1；输出簇为：TOGGLE_LIGHT_CMD_ID；输入簇数目为：0；输入簇为：NULL；

请求匹配描述符函数最后调用：

```
fillAndSend( &ZDP_TransID, dstAddr, Match_Desc_req, len );
```

其中，传输序号 ZDP_TransID 由 0 开始逐步递增；目的地址模式和地址 dstAddr 为 16 位网络地址模式和广播地址；命令 ID 为 Match_Desc_req；数据包长度 len 为：nwkAddr+ProfileID +NumInClusters+NumOutClusters，单位为字节。

该函数最终通过调用无线发送数据包函数将匹配消息（Match_Desc_req）发送出去：

```
AF_DataRequest(&afAddr,&ZDApp_epDesc,clusterID,(uint16)(len+1), (uint8*)(ZDP_TmpBuf-1), transSeq, ZDP_TxOptions,  AF_DEFAULT_RADIUS );
```

其中，目的地址 afAddr 为 16 位网络地址模式和广播地址；端点号为：端点 0， 命令 ID 号为：Match_Desc_req；发送选项为 ZDP_TXOptions，即 TXOption=0；跳数为 AF_DEFAULT_RADIUS，即 Radius=0x14。

并且将绑定标志位设置成绑定请求，即：sapi_bindInProgress= Match_Desc_req

控制节点的 ZDApp 接收到外界输入的数据后，即 AF_INCOMING_MSG_CMD，ZDApp 层任务事件处理函数将进行处理：

```
ZDP_IncomingData( (afIncomingMSGPacket_t *)msgPtr );
```

然后，根据 ClusterID（这里是 Match_Desc_req）查找结构体数组函数，找到相对应的匹配描述福处理函数：

```
ZDO_ProcessMatchDescReq( zdoIncomingMsg_t *inMsg )
```

该函数最终将发送匹配描述符响应至开关节点：

```
ZDP_MatchDescRsp( inMsg->TransSeq, &(inMsg->srcAddr), ZDP_SUCCESS,
ZDAppNwkAddr.addr.shortAddr, epCnt, (uint8 *)ZDOBuildBuf, inMsg->SecurityUse )
```

该函数实质调用匹配描述符响应的 API 函数：

```
afStatus_t ZDP_EPRsp( uint16 MsgType, byte TransSeq, zAddrType_t *dstAddr,byte Status, uint16
nwkAddr, byte Count,uint8 *pEPList, byte SecurityEnable )
```

该函数最终调用：

```
FillAndSendTxOptions( &TransSeq, dstAddr, MsgType, len, txOptions )
```

其中 txOptions= AF_MSG_ACK_REQUEST。该函数最终仍然是调用无线发送数据包函数将绑定响应直接发送至请求绑定的节点（开关节点）：

```
AF_DataRequest( &afAddr, &ZDApp_epDesc, clusterID, (uint16)(len+1), (uint8*)(ZDP_TmpBuf-1),
transSeq, ZDP_TxOptions,  AF_DEFAULT_RADIUS );
```

开关节点的 ZDApp 接收到外界输入的数据后，即 AF_INCOMING_MSG_CMD，ZDApp 层任务事件处理函数将进行处理：

```
ZDP_IncomingData( (afIncomingMSGPacket_t *)msgPtr );
```

该函数将绑定响应消息发送至 sapi 层：

```
ZDO_SendMsgCBs( &inMsg );
```

即：

```
msgPtr->hdr.event = ZDO_CB_MSG;
osal_msg_send( pList->taskID, (uint8 *)msgPtr );
```

sapi 层接收到绑定响应消息后，交由 sapi 层任务事件处理函数处理：

```
SAPI_ProcessZDOMsgs( (zdoIncomingMsg_t *)pMsg );
```

根据 inMsg->clusterID 为 Match_Desc_rsp，调用应用支持子层的 API 函数 APSME_BindRequest()，由协调器建立绑定表。开关节点在建立绑定之后，调用绑定确认函数：

```
zb_BindConfirm( sapi_bindInProgress, ZB_SUCCESS );
```

点亮第 1 个 LED 灯：

```
HalLedSet( HAL_LED_1, HAL_LED_MODE_ON );
```

第八章 开关节点发送切换命令

当开关节点与控制节点建立好绑定联系后，通过手动按下按键 S2，发送切换命令：

```
zb_SendDataRequest( 0xFFFE, TOGGLE_LIGHT_CMD_ID, 0, (uint8 *)NULL, myAppSeqNumber, 0, 0 );
```

其中，目的地址为绑定地址：0xFFFE；命令 ID 号为：TOGGLE_LIGHT_CMD_ID；字节个数为：0；数据为：NULL。传输序号 myAppSeqNumber 由 0 开始逐步递增；txOptions=0。

该函数首先要求寻找路由发送切换命令：

```
txOptions |= AF_DISCV_ROUTE;
```

最终调用无线发送数据函数：

```
AF_DataRequest(&dstAddr, &sapi_epDesc, commandId, len, pData, &handle, txOptions, radius);
```

第九章 控制节点接收数据

控制节点接收到外界输入的数据后，即 AF_INCOMING_MSG_CMD，sapi 层任务事件处理函数将进行处理：

```
SAPI_ReceiveDataIndication( pMSGpkt->srcAddr.addr.shortAddr, pMSGpkt->clusterId, pMSGpkt->cmd.DataLength, pMSGpkt->cmd.Data);
```

根据命令 ID 号 TOGGLE_LIGHT_CMD_ID 切换控制节点的第 1 个 LED 灯状态：

```
HalLedSet(HAL_LED_1, HAL_LED_MODE_TOGGLE);
```