TOSHIBA

アプリケーションノート

USBD マウス

TMPM366

第一版

2017 年 9 月

東芝デバイス＆ストレージ株式会社

CMDR-M366UDH-01J

本製品取り扱い上のお願い

- ソフトウエア使用権許諾契約書の同意無しに使用しないで下さい。

目次

1. 概要

USBD HIDドライバは、HID クラスの再利用を容易にするドライバです。

本資料は、東芝 TMPM366FDFG 評価ボードと USBD ドライバを使用し、簡易な USB HID マウスサンプルプログラムを作成する際のキーポイントを紹介しています。

ユーザは、USB および通信デバイスクラス用の「ディスクリプタ」、「エンドポイント」、「リクエスト」などの基本知識を有していることを想定しています。

上記内容の正式な資料は、下記ウェブサイトにて入手可能です。
http://www.usb.org :

- Universal Serial Bus Specification Revision 1.1, September 23, 1998,
  ➔ 主に 9 章をご覧ください。

- Device Class Definition for Human Interface Devices (HID), Firmware Specification—6/27/01 Version 1.11
  ➔主に HID クラスディスクリプタとレポートディスクリプタをご覧ください。

2. HID マウスサンプルプログラム

HID クラスは、通常コンピューターシステムのインタフェースと共に、ユーザにより使用されるデバイスの実装に主に関連しています。

HID クラスの代表的な例

- キーボード
- ポインティングデバイス(標準マウスデバイス、トラックボール、ジョイスティック)

本 HID サンプルプログラムは、TMPM366FDFG 評価ボード上にて、マウスデバイスのシミュレーションを行うように設計されています。

3. 動作環境

動作環境は以下のようになります。

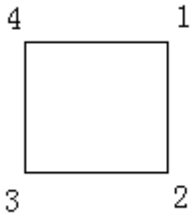
ハードウェア環境

- M366FDFG 評価ボード (非売品)
  (以降、評価ボードを“EVB”と省略)
- IAR J-Link-ARM v8.0
- USB の D+ピンを EVB の 64 番ピンに接続
- USB の D- ピンを EVB の 63 番ピンに接続
- USB の VBUS ピンを EVB の 20 番ピンに接続
- USB の GND ピンを EVB の GND ピンに接続

ソフトウェア環境

- M365 をサポート可能な IAR Embedded Workbench for ARM 6.401
- PC (OS: Windows XP)

EVB とホスト PC を USB インタフェース経由で接続し、電源 ON すると、EVB が標準マウスとして認識されます。その後、PC モニタ上に次のような矢印アイコンを移動し、これを 3 回繰り返します。



手順

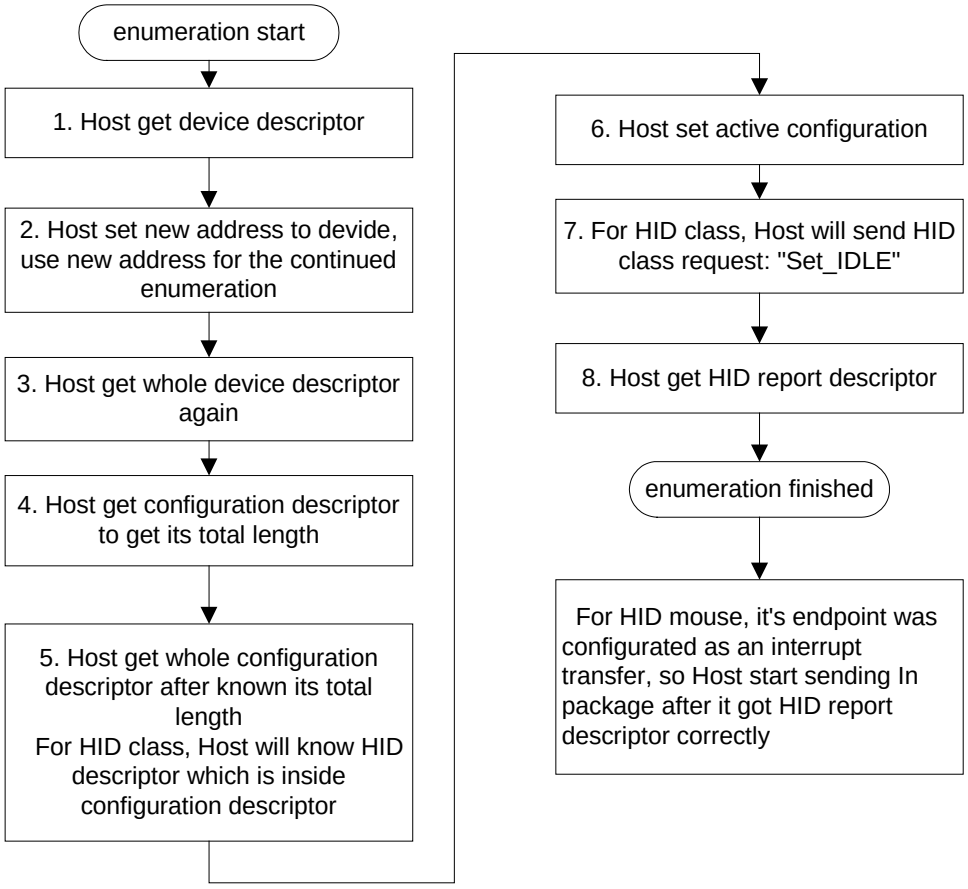
1: ポイント 1 にて右クリックします。
2: ポイント 2 までゆっくり下へ 100 ピクセル分移動します。
3: ポイント 3 までゆっくり左へ 100 ピクセル分移動します。その後左クリックします。
4: ポイント 4 までゆっくり上へ 100 ピクセル分移動します。
5: ポイント 1 までゆっくり右へ 100 ピクセル分移動します。
6: 手順 1 に戻り、3 回繰り返します。
(補足: 最初にマウスポインタを画面中央に移動してください。)

4. 列挙(Enumeration)

デバイスがホスト PC の USB ポートに接続される毎に、データをホスト PC へ転送するために、デバイスはノーマル動作モードに入る前に、適正に列挙される必要があります。

本列挙プロセスには、ホストがデバイスの全ディスクリプタを記載するため、以下のステップでディスクリプタの要求が行われます。

下図は HID クラスデバイスを列挙化する簡易化したステップです。



5. ディスクリプタ

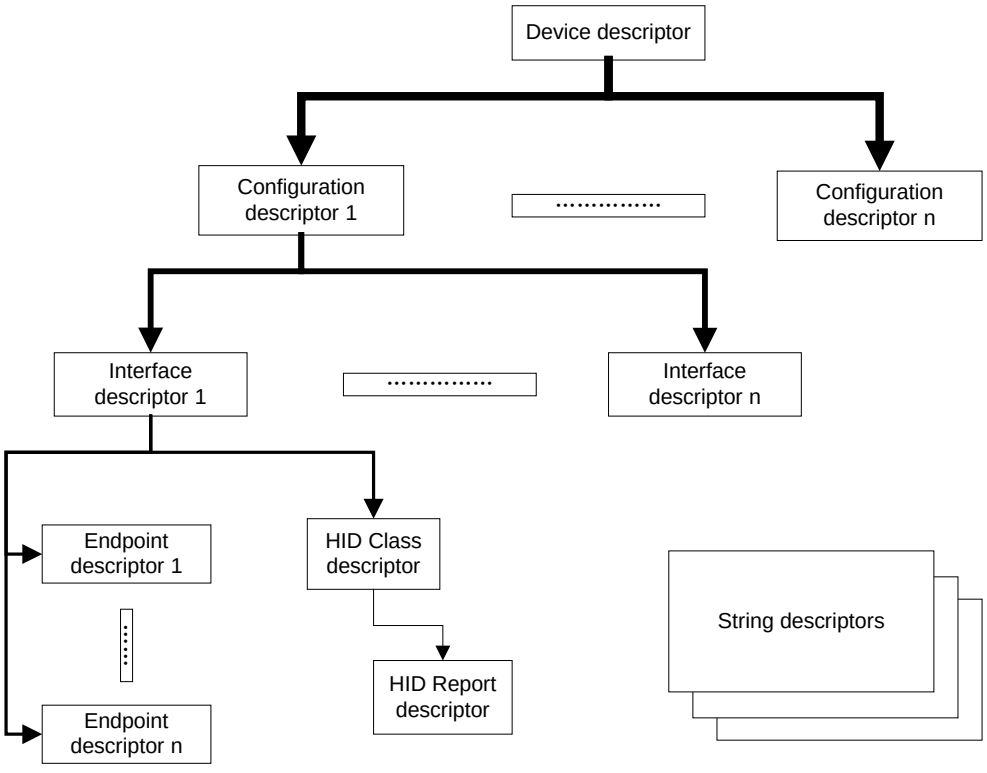
5.1 デバイスディスクリプタ

USB デバイスは、ディスクリプタを使用して、自身の属性をホストへ報告します。

ディスクリプタは、指定のフォーマットで構成されたデータです。
ディスクリプタの第 1 番目のバイトは、ディスクリプタの全バイト数を表わします。
第 2 番目のバイトでは、ディスクリプタのタイプ(デバイス、構成、インタフェース、エンドポイント、クラスなど)が確認できます。
残りのフィールド(バイトまたはワード)は、本ディスクリプタの内容が記載され、ディスクリプタのタイプにより異なります。
(詳細は、***usbd_descriptor_hid.c*** を参照してください。)

USB デバイスは、1 つのデバイスディスクリプタと 1 つ以上の構成ディスクリプタを備えています。各構成は、1 つ以上のインタフェースディスクリプタを備え、各インタフェースは 1 つ以上のエンドポイントディスクリプタを備えています。

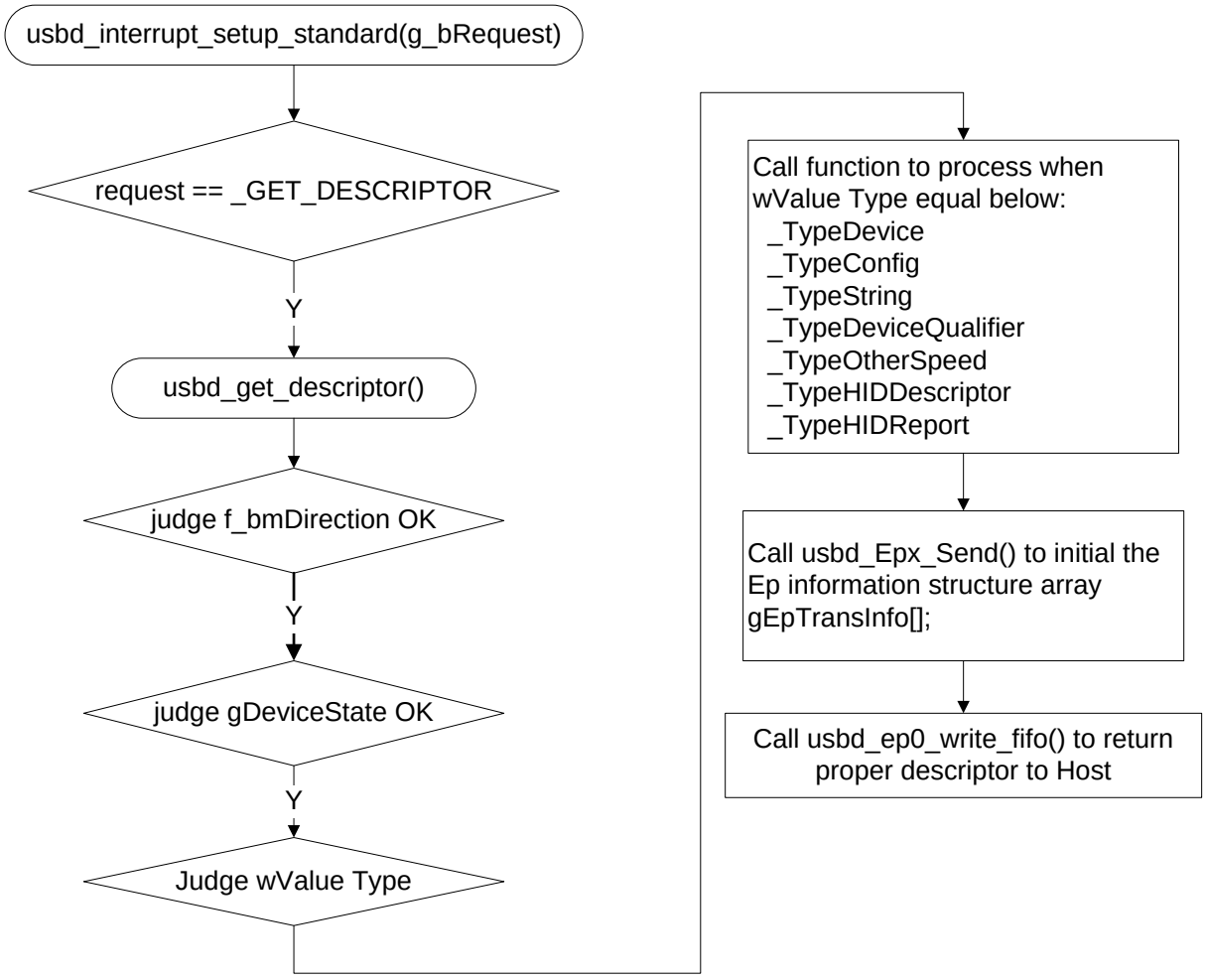
ディスクリプタの階層構造を下図に示します。



5.2 ディスクリプタ取得手順

上記列挙化で述べたように、列挙化で最も重要な作業は、必要なディスクリプタをホストへ返信することです。

下記に簡易化したディスクリプタ取得フローを示します。



4.3 HID リクエスト

HIDレポートディスクリプタは、いくつかの情報で構成されています。 各情報は、***Item***と呼ばれます。本ディスクリプタにより、ホストはどのデバイスがデータを送信したのか、データの意味を解析します。

例えば、本サンプルプログラムにおいてテストされたマウスは、ホストが10msごとのデータを取得するためINパケットを送信している場合、マウスの動作とキーによるクリック情報をホストに返すために4バイトのデータ列を使用します。(本値は、エンドポイントディスクリプタ構造タイプ***EndpointDescriptor_t***アイテム***bInterval***により定義されます。)

Byte	Bit	説明
0	0	レフトボタン
	1	ライトボタン
	2	ミドルボタン
	上記以外	未使用
1		X座標の移動量
2		Y座標の移動量
上記以外		未使用

バイト0は、ビット0をレフトボタン、ビット1をライトボタン、ビット2をミドルボタンとして使用し、それ以外のボタンは未使用です。ビットの値が“1”の場合は、ボタンDownとして、”0”の場合は、ボタンUpとして使用します。
バイト1は、X座標の(前回の位置座標からの)移動量を格納し、0x00~0x7Fが右方向、0xFF~0x80が左方向として使用します。(単位はピクセルです。)
バイト2は、Y座標の(前回の位置座標からの)移動量を格納し、0x00~0x7Fが下方向、0xFF~0x80が上方向として使用します。(単位はピクセルです。)
上記以外のバイトは、未使用です。

上記レポートは、下記のHIDレポートにより記述されます。
USB.org(http://www.usb.org)より、ディスクリプタ生成ツールが提供されています。

```
const uint8_t HIDReportDescriptor[CbLength_HIDReportDescriptor] = {
    0x05U, 0x01U,                   /* Usage Page (Generic Desktop)          */
    0x09U, 0x02U,                   /* Usage (Mouse)                          */
    0xA1U, 0x01U,                   /* Collection (Application)              */
    0x09U, 0x01U,                   /*   Usage (Pointer)                     */
    0xA1U, 0x00U,                   /*   Collection (Physical)               */
    0x05U, 0x09U,                   /*     Usage Page (Buttons)              */
```

```
    0x19U, 0x01U,                   /*      Usage Minimum (01)                  */
    0x29U, 0x03U,                   /*      Usage Maximum (03)                  */
    0x15U, 0x00U,                   /*      Logical Minimum (0)                 */
    0x25U, 0x01U,                   /*      Logical Maximum (1)                 */
    0x95U, 0x03U,                   /*      Report Count (1)                    */
    0x75U, 0x01U,                   /*      Report Size (1)                     */
    0x81U, 0x02U,                   /*      Input (Data, Variable, Absolute) */
    0x95U, 0x01U,                   /*      Report Count (1)                    */
    0x75U, 0x05U,                   /*      Report Size (5)                     */
    0x81U, 0x01U,                   /*      Input (Constant) for padding        */
    0x05U, 0x01U,                   /*      Usage Page (Generic Desktop)        */
    0x09U, 0x30U,                   /*      Usage (X)                           */
    0x09U, 0x31U,                   /*      Usage (Y)                           */
    0x09U, 0x38U,                   /*      Usage (Z)                           */
    0x15U, 0x81U,                   /*      Logical Minimum (-127)              */
    0x25U, 0x7FU,                   /*      Logical Maximum (127)               */
    0x75U, 0x08U,                   /*      Report Size (8)                     */
    0x95U, 0x03U,                   /*      Report Count (2)                    */
    0x81U, 0x06U,                   /*      Input (Data, Variable, Relative) */
    0xC0U,                          /*    End Collection (Physical)             */
    0xC0U                           /* End Collection (Application)           */
};
```

6. ソフトウェアファイル構造

本サンプルプログラムの主要ファイル構造を下記に示します。

```
/---HID_Mouse
+---APP
|     |     hid_mouse.c
|     |
|     +---hid_inc
|     |           usbd_descriptor_hid.h
|     |           usbd_hid.h
|     |
|     \---hid_src
|                 usbd_descriptor_hid.c
|                 usbd_hid.c
|
+---TX03_CMSIS
|     |     system_TMPM366.c
|     |     system_TMPM366.h
|     |     TMPM366.h
|     |
|     \---startup
|                 startup_TMPM366.s
|
+---TX03_Periph_Driver
|     +---inc
|     |           tmpm366_cg.h
|     |           tmpm366_gpio.h
|     |           tx03_common.h
|     |           usbd_hw.h
|     |
|     \---src
|                 tmpm366_cg.c
|                 tmpm366_gpio.c
|                 usbd_hw.c
\---USBD_Common
       +---inc
       |           usbd_descriptor.h
       |           usbd_device_request.h
       |           usbd_hw_com.h
       |           usbd_hw_interrupt.h
```

```
|           usbd_trans.h
|           usbd_typedefs.h
|           usbd_var.h
|
\---src
            usbd_device_request.c
            usbd_hw_com.c
            usbd_hw_interrupt.c
            usbd_trans.c
            usbd_var.c
```

7. キーコードとフローチャート

本サンプルプログラム用のキーコードおよびフローチャートを下記に示します。

7.1 キーコード

1. HID 初期パラメータを設定します。

```
gSample_HID_CB.pfnConnStat        = _Sample_ConnStat;
gSample_HID_CB.pfnSuspend          = NULL;
gSample_HID_CB.pfnResume           = NULL;
gSample_HID_CB.pfnGetReport       = NULL;
gSample_HID_CB.pfnSetReport       = NULL;
gSample_HID_CB.pfnGetIdle          = NULL;
gSample_HID_CB.pfnSetIdle          = NULL;
gSample_HID_CB.pfnGetProtocol    = NULL;
gSample_HID_CB.pfnSetProtocol    = NULL;
gSample_HID_CB.pfnSendData        = _Sample_SendData;
gSample_HID_CB.pfnCtrlSendData = NULL;
gSample_HID_CB.pfnCtrlRecvData = NULL;
```

_Sample_ConnStat () は、コールバック関数です。USB デバイスが PC に接続されるとコールされます。本関数は、EP 転送情報を受信するために関数 USBD_HID_SendData ()をコールします。

```
static void _Sample_ConnStat(bool bStat)
{
    if (bStat == true) {
        /* Connect */
        /* Send input report */
        gbStatDC = USBD_HID_SendData(sizeof(SampleInputReport_t), (uint8_t
*)&l_tSampleInputReport[l_ucSampleIndexNum]);
        /* No care status in sample */
    } else {
        /* Disconnect */
        /* Do nothing in sample */
    }
}
```

_Sample_SendData は、コールバック関数です。PC へのデータ送信に使用されます。データ転送が完了すると、本関数がコールされます。本関数の中でコールさ

れる関数 USBD_HID_SendData は、次回転送用 EP 転送情報を初期化するために使用します。USBD_HID_SendData()は３回コールされ、マウスポインタはPCモニタ上で 3 週します。

```
static void _Sample_SendData(uint32_t ulSize, uint8_t *pucData, uint16_t usStat)
{
    uint16_t    i;

    if (usStat == EPSTAT_COMPLETE) {
        /* Update repeat count */
        if (++l_ucSampleRepeatCnt ==
l_aucSampleInputReportCount[l_ucSampleIndexNum]) {
            l_ucSampleRepeatCnt = 0U;

            /* Update table index number */
            if (++l_ucSampleIndexNum == SAMPLEINPUTREPORT_NUM) {
                l_ucSampleIndexNum = 0U;
            }
        }

        /* Wait for a while */
        for (i=0; i<5U; i++) {
            usbd_wait_1ms();
        }

        /* Send input report */
        gbStatDC = USBD_HID_SendData(sizeof(SampleInputReport_t), (uint8_t
*)&l_tSampleInputReport[l_ucSampleIndexNum]);
        /* No care status in sample */
    }

    return;
}
```

2. HIDドライバを初期化します。

```
void usbd_hid_init(HID_CB_t *p_hid_cb)
{
    gHID_CB.pfnSuspend      = p_hid_cb->pfnSuspend;
    gHID_CB.pfnGetReport    = p_hid_cb->pfnGetReport;
    gHID_CB.pfnSetReport    = p_hid_cb->pfnSetReport;
    gHID_CB.pfnGetIdle      = p_hid_cb->pfnGetIdle;
    gHID_CB.pfnSetIdle      = p_hid_cb->pfnSetIdle;
    gHID_CB.pfnGetProtocol  = p_hid_cb->pfnGetProtocol;
    gHID_CB.pfnSetProtocol  = p_hid_cb->pfnSetProtocol;
```

```
    gHID_CB.pfnSendData        = p_hid_cb->pfnSendData;
    gHID_CB.pfnCtrlSendData = p_hid_cb->pfnCtrlSendData;
    gHID_CB.pfnCtrlRecvData = p_hid_cb->pfnCtrlRecvData;

    /* Initialization of an internal variable */
    l_bUsbStat        = false;
    *l_pucProtocol = (uint8_t)USBD_HID_REPORT_PROTOCOL;

    for(ucCnt=0U; ucCnt<USBD_HID_REPORT_ID_NUM; ucCnt++)
    {
        l_aucIdleRate[ucCnt] = 0U;
    }

    return;
}
```

3. 作業データを初期化します。

```
void usbd_initialize_standard_class_work_data(void)
{
    const ConfigDescriptor_t *config;
    ConfigDescriptor_bmAttributes_t *attribute;

    gUDC2Addr.All = CgUD2ADDR_INIT;
    gUDC2AddrBuf.All = CgUD2ADDR_INIT;

    fEP0StallFeature = CEPxStallFeature_OFF;
    fEP1StallFeature = CEPxStallFeature_OFF;
    fEP2StallFeature = CEPxStallFeature_OFF;
    fEP3StallFeature = CEPxStallFeature_OFF;

    gEP0Payload_Size = CwMaxPacketSize_EP0;
    gEP1Payload_Size = CwMaxPacketSize_EP1_INIT;
    gEP2Payload_Size = CwMaxPacketSize_EP2_INIT;
    gEP3Payload_Size = CwMaxPacketSize_EP3_INIT;

    gEPxConfigArray[USBD_EP1] = 0x88U;     /* EP1 as BULK IN for CDC,MSC */
    gEPxConfigArray[USBD_EP2] = 0x08U;     /* EP2 as BULK OUT for CDC,MSC */
    gEPxConfigArray[USBD_EP3] = 0x8CU;     /* EP3 as INTERRUPT IN for CDC,HID
*/

    s_Buf_Current_Config = CbConfigurationValue_Init;
    s_Buf_Current_Interface = CbInterfaceNumber_Init;
    s_Buf_Current_Alternate = CbAlternateSetting_Init;
```

```
    s_Current_Config = s_Buf_Current_Config;
    s_Current_Interface = s_Buf_Current_Interface;
    s_Current_Alternate = s_Buf_Current_Alternate;

    g_USB_Stage = IDLE_STAGE;

    memset(gEpTransInfo, 0x00U, sizeof(gEpTransInfo));

    /* make status device result       */
    sGetStatusDevice = CsGetStatusDevice_INIT;
    config = gStructConfigDesc[CbConfigurationValue1 - 1].p_config;
    attribute = (ConfigDescriptor_bmAttributes_t *) config->bmAttributes;
    fSelfPowered = attribute->SelfPowered;
    fRemoteWakeup = attribute->RemoteWakeup;

    return;
}
```

4. USBD モジュールを構成します。
   - USB クロック供給の許可
   - D+端子上プルアップレジスタの許可
   - USBD モジュール用パワーオンリセット
   - USB 割り込みマスク設定
   - USBD 割り込みの許可
   - エンドポイント 0 リセット

```
void Config_USB(void)
{
    USBD_PowerCtrl pwr = { 0U };

    TSB_CG->USBCTL = 0x100U;       /* enable USB Clock */

    /*USBON pin config*/
    GPIO_SetInput(GPIO_PG, GPIO_BIT_5);
    GPIO_SetInputEnableReg(GPIO_PG, GPIO_BIT_5, ENABLE);

    /* pin PE4 control the pull up of D+, must be set output '1' */
    GPIO_SetOutput(GPIO_PE, GPIO_BIT_4);
    GPIO_WriteDataBit(GPIO_PE, GPIO_BIT_4, GPIO_BIT_VALUE_1);

    USBD_SetINTMask(USBD_INT_USB_RESET_END, ENABLE);
    USBD_SetINTMask(USBD_INT_USB_RESET, ENABLE);
```

```
    /*   UDPWCTL Power Reset and                */
    /*         PHY Reset & Suspend: 1ms         */
    pwr = USBD_GetPowerCtrlStatus();
    pwr.Bit.PW_Resetb = 0U;
    pwr.Bit.PHY_Resetb = 0U;
    pwr.Bit.PHY_Suspend = 1U;
    USBD_SetPowerCtrl(pwr);
    usbd_wait_1ms();

    /* PHY Reset off : 1ms                     */
    pwr = USBD_GetPowerCtrlStatus();
    pwr.Bit.PHY_Resetb = 1U;
    pwr.Bit.PHY_Suspend = 1U;
    USBD_SetPowerCtrl(pwr);
    usbd_wait_1ms();

    /*   PHY Suspend off : 1ms                  */
    pwr = USBD_GetPowerCtrlStatus();
    pwr.Bit.PHY_Suspend = 0U;
    USBD_SetPowerCtrl(pwr);
    usbd_wait_1ms();

    usbd_wait_1ms();

    /*   UDPWCTL Power Reset Off: 1ms           */
    pwr = USBD_GetPowerCtrlStatus();
    pwr.Bit.PW_Resetb = 1U;
    USBD_SetPowerCtrl(pwr);
    usbd_wait_1ms();
    usbd_wait_1ms();
    pwr = USBD_GetPowerCtrlStatus();

    /* clear pending UDC2 interrupt and disable INT for SOF and NAK */
    USBD_WriteUDC2Reg(UDC2_INT, 0x90FFU);

    USBD_SetEPCMD(USBD_EP0, USBD_CMD_ALL_EP_INVALID);
    USBD_SetEPCMD(USBD_EP0, USBD_CMD_USB_READY);

    NVIC_EnableIRQ(INTUSB_IRQn);

// VBUS
    NVIC_EnableIRQ(INTUSBPON_IRQn);
```

```
return;}
```

5. 正常構成後、ファームウェアは USB 割り込みを待ち、その後割り込みルーチンで HID マウスとして扱うための標準列挙化のステップを終了させます。

   詳細は、***usbd_hw_interrupt.c*** 内の **INTUSB_IRQHandler()**関数と **INTUSBPON_IRQHandle()**関数を、***usbd_device_request.c*** 内の **usbd_interrupt_setup_standard()**関数を、***usbd_hid.c*** 内の **usbd_interrupt_HID_req()**関数をそれぞれ参照してください。

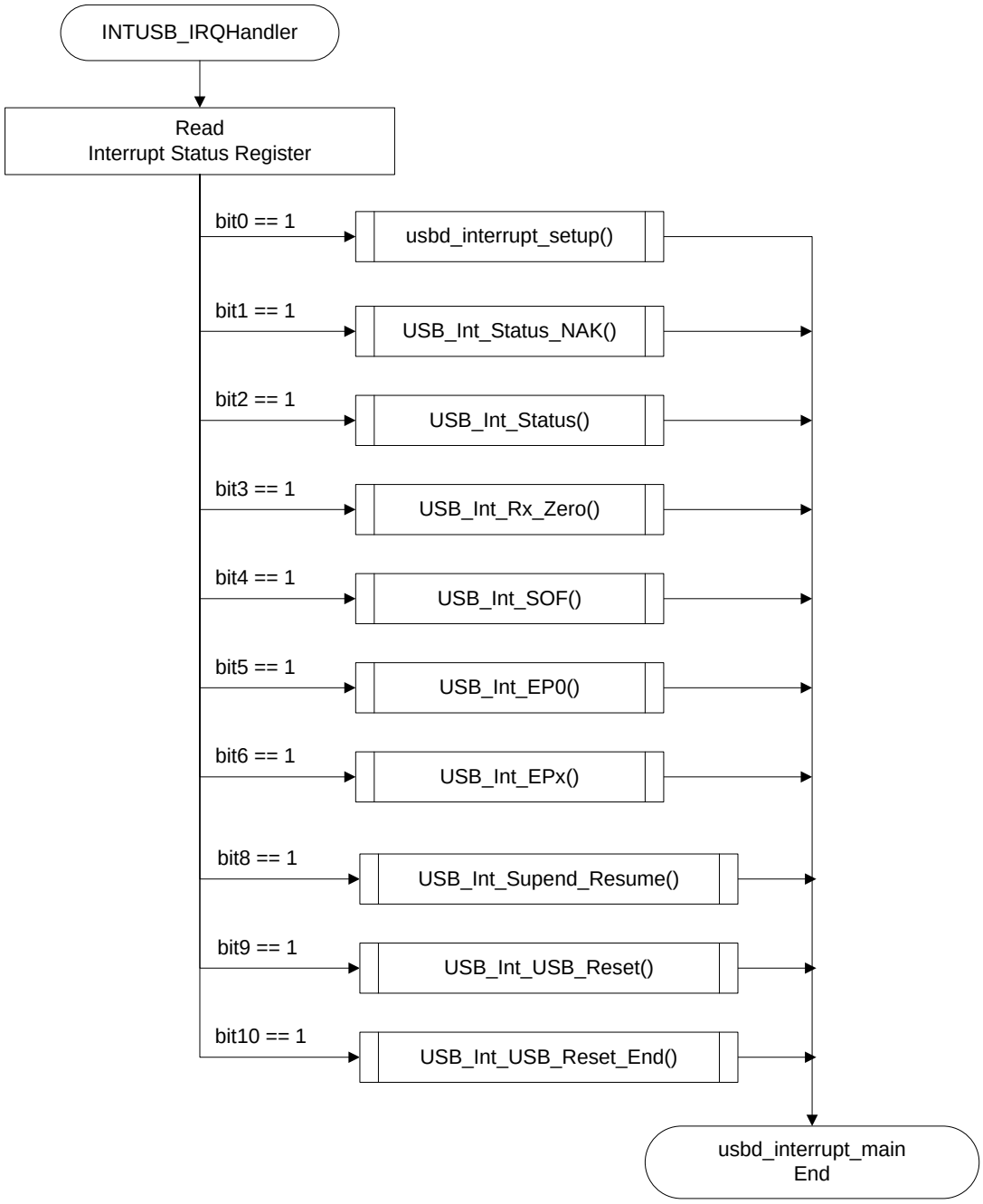
6. 列挙化終了後、ファームウェアはマウス動作とボタン操作がなければエンドポイント 3(割り込み転送)の FIFO へマウスデータを送信します。

   詳細は、***hid_mouse.c*** 内の**_Sample_SendData()**関数と **l_tSampleInputReport[]**データ配列を参照してください。

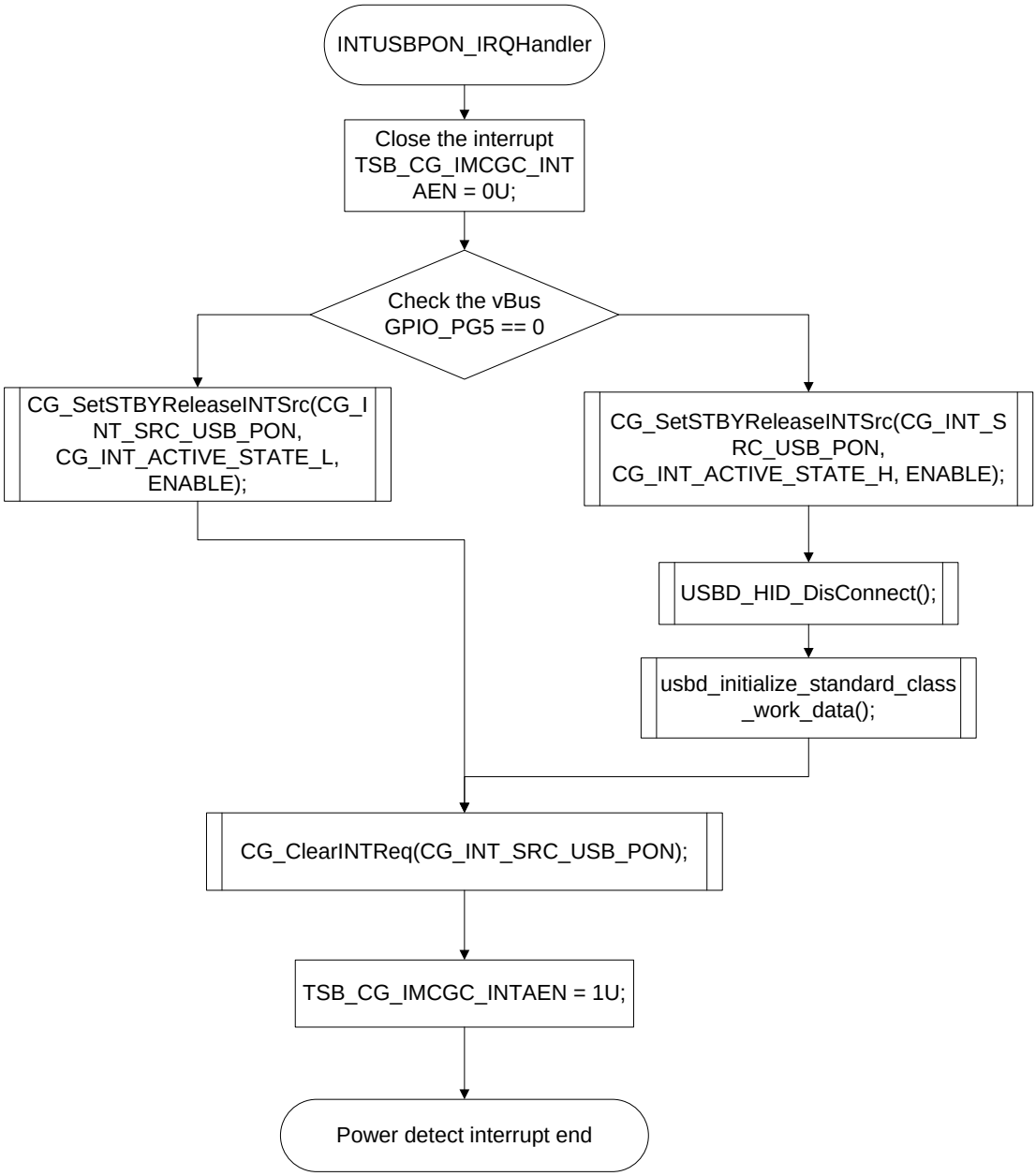
7. 通常のマウス使用への影響を避けるため、サンプルプログラムの動作終了後にデータ送信を停止してください。

7.2 フローチャート

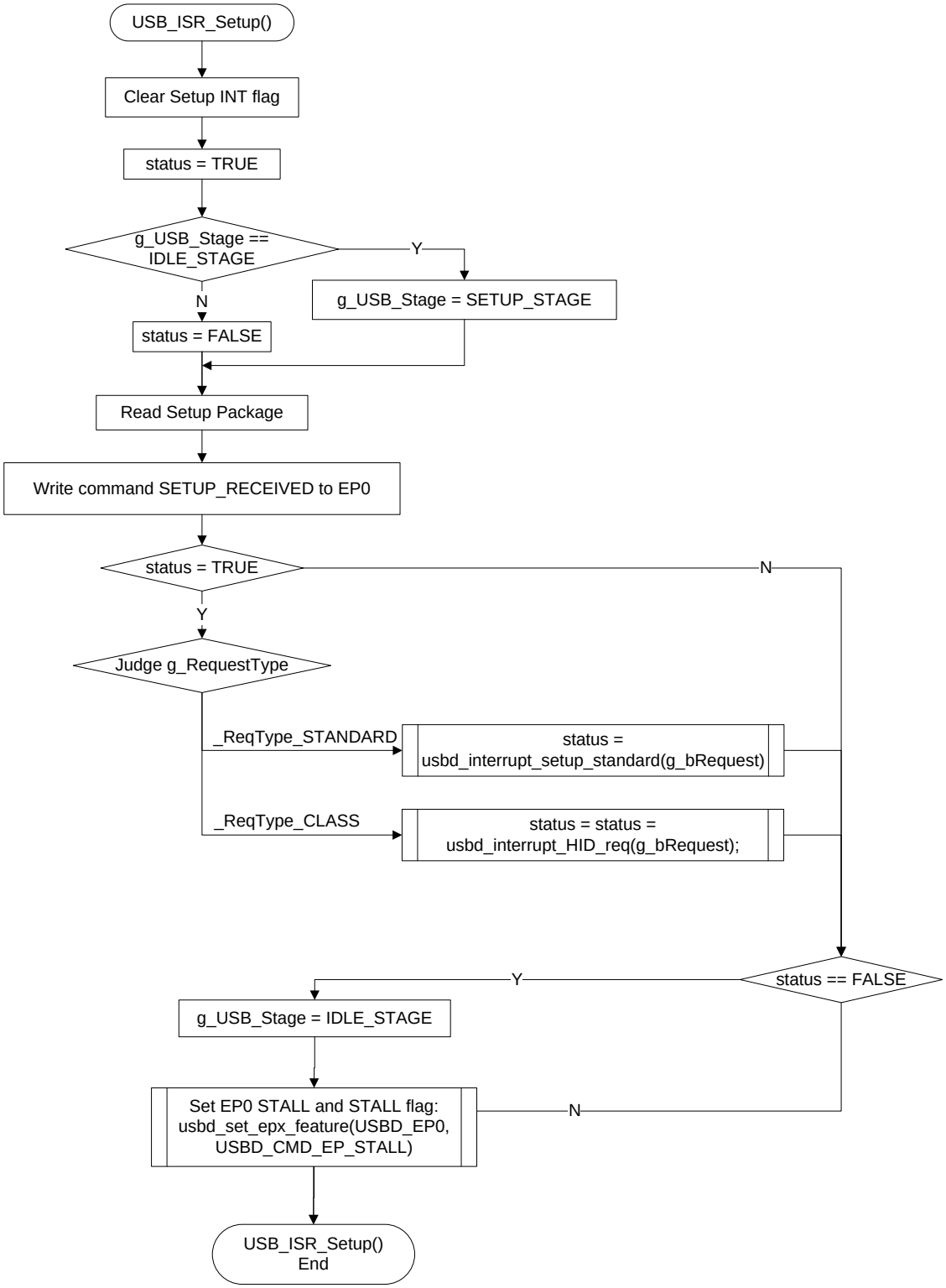
主要USB割り込みルーチンのフローチャートを下記に示します。



VBUS検出割り込みルーチンのフローチャートを下記に示します。



パッケージ設定とその処理工程のフローチャートを下記に示します。



8. コールバック関数

下記構成は、コールバック関数の記録に使用され、システムの初期化に使用します。

```
typedef struct {
    USBD_HID_ConnStat          pfnConnStat;
    USBD_HID_Notice            pfnSuspend;
    USBD_HID_Notice            pfnResume;
    USBD_HID_Report_Req        pfnGetReport;
    USBD_HID_Report_Req        pfnSetReport;
    USBD_HID_GetIdle_Req       pfnGetIdle;
    USBD_HID_SetIdle_Req       pfnSetIdle;
    USBD_HID_GetProtocol_Req   pfnGetProtocol;
    USBD_HID_SetProtocol_Req   pfnSetProtocol;
    USBD_HID_TrnsData          pfnSendData;
    USBD_HID_TrnsData          pfnCtrlSendData;
    USBD_HID_TrnsData          pfnCtrlRecvData;
} HID_CB_t;
```

本構成は、3種類の関数に大別されます。

1. ハードウェア応答:

pfnConnStat; pfnSuspend; pfnSuspend;

2. HIDクラス要求: ホストがデバイスに要求を送信すると本関数がコールされます。

pfnGetReport; pfnSetReport; pfnGetIdle; pfnSetIdle; pfnGetProtocol; pfnSetProtocol;

3. データ転送:

pfnSendData*:** 割り込み転送における EP3 へのデータ転送。関数"bool USBD_HID_SendData(uint32_t ulSize, uint8_t *pucData)***"がコールされると、本コールバック関数がコールされます。

pfnCtrlSendData*:** コントロール転送における EP0 へのデータ転送。関数"bool USBD_HID_CtrlSendData(uint32_t ulSize, uint8_t *pucData)***"がコールされると、本コールバック関数がコールされます。

pfnCtrlRecvData*:** コントロール転送におけるEP0からのデータ受信。関数"bool USBD_HID_CtrlRecvData(uint32_t ulSize, uint8_t *pucData)***"がコールされると、本コールバック関数がコールされます。