

PAN1080 HAL WDT Sample Application Note

PAN-CLT-VER-B0, Rev 0.1

PANCHIP

PanchipMicroelectronics

www.panchip.com

修订历史

版本	修订日期	描述
V0.1	2023-9-27	初始版本创建

PANCHIP

目录

第 1 章 例程演示内容	4
1.1 测试内容	4
1.2 环境准备	4
1.2.1 软件环境	4
1.2.1.1 待测代码	4
1.2.1.2 软件工具	4
1.2.2 硬件环境	5
第 2 章 例程演示流程	6
2.1 环境配置	6
2.1.1 测试程序编译烧录	6
2.1.2 硬件接线	6
2.2 WDT 工作流程	6
2.3 测试程序初始化	6
2.4 演示步骤	6
2.4.1 WDT 所有寄存器默认状态	6
2.4.2 超时时间选择	7
2.4.2.1 16 个 WDT_CLK 周期	7
2.4.2.2 64 个 WDT_CLK 周期	9
2.4.2.3 256 个 WDT_CLK 周期	10
2.4.2.4 1024 个 WDT_CLK 周期	11
2.4.2.5 4096 个 WDT_CLK 周期	13
2.4.2.6 16384 个 WDT_CLK 周期	14
2.4.2.7 65536 个 WDT_CLK 周期	15
2.4.2.8 262144 个 WDT_CLK 周期	16
2.4.3 时钟源选择	18
2.4.3.1 16 个 WDT_CLK 周期, WDT_CLK 为 RCL	18
2.4.3.2 4096 个 WDT_CLK 周期, WDT_CLK 为 RCL	19
2.4.3.3 262144 个 WDT_CLK 周期, WDT_CLK 为 RCL	20
2.4.4 中断模式	21
2.4.5 复位模式	23
2.4.5.1 延时 1025 个 WDT_CLK 周期后复位	23
2.4.5.2 延时 129 个 WDT_CLK 周期后复位	24
2.4.5.3 延时 17 个 WDT_CLK 周期后复位	24
2.4.5.4 延时 2 个 WDT_CLK 周期后复位	25
2.4.5.5 使能复位功能, 并在超时时间到达之前喂狗	26
2.4.6 唤醒信号	27
第 3 章 使用注意事项	29

第1章 例程演示内容

1.1 测试内容

1. 寄存器默认值 (Register default value)
2. 超时时间选择 (Timeout Interval Period Selection)
 - a) 16 个 WDT_CLK 周期
 - b) 64 个 WDT_CLK 周期
 - c) 256 个 WDT_CLK 周期
 - d) 1024 个 WDT_CLK 周期
 - e) 4096 个 WDT_CLK 周期
 - f) 16384 个 WDT_CLK 周期
 - g) 65536 个 WDT_CLK 周期
 - h) 262144 个 WDT_CLK 周期
3. 时钟源选择 (Clock Source Selection)
 - a) 16 个 WDT_CLK 周期, WDT_CLK 由 APB 切换至 RCL
 - b) 4096 个 WDT_CLK 周期, WDT_CLK 由 APB 切换至 RCL
 - c) 262144 个 WDT_CLK 周期, WDT_CLK 由 APB 切换至 RCL
4. 中断模式 (Interrupt Mode)
5. 复位模式 (Reset Mode)
 - a) 使能复位功能, 延时 1025 个 WDT_CLK 周期后复位
 - b) 使能复位功能, 延时 129 个 WDT_CLK 周期后复位
 - c) 使能复位功能, 延时 17 个 WDT_CLK 周期后复位
 - d) 使能复位功能, 延时 2 个 WDT_CLK 周期后复位
 - e) 使能复位功能, 并在超时时间到达之前喂狗
6. 唤醒信号 (Wakeup Signal)

1.2 环境准备

1.2.1 软件环境

1.2.1.1 待测代码

测试工程文件:

<PAN1080-DK>\03_MCU\mcu_samples_hal\WDT\keil\WDT.uvprojx

测试源文件目录:

<PAN1080-DK>\03_MCU\mcu_samples_hal\WDT\src

1.2.1.2 软件工具

- 1、SecureCRT (用于显示 PC 与 EVB 的交互过程, 打印 log 等)
- 2、KingstVIS (逻辑分析仪 LA1010 配套软件)

1.2.2 硬件环境

- 1、PAN1080 EVB 1 块
 - a) UART0 (测试交互接口, TX: P00, RX: P01, 波特率: 921600)
 - b) WDT (待测模块)
 - c) GPIO (P30, 使用 LA 观察引脚变化, 可以知道某些事件到来的时间点, 如中断发生, 超时发生等)
 - d) SWD (用来调试和烧录程序, SWDCLK: P46, SWDIO: P47)
- 2、逻辑分析仪 (波形抓取工具)
- 3、JLink (SWD 调试与烧录工具)

第2章 例程演示流程

2.1 环境配置

2.1.1 测试程序编译烧录

打开测试工程，确保可以编译通过。

2.1.2 硬件接线

接线方面，需要：

1.将 EVB 板的 RX0 和 TX0 进行跳线，然后连接 USB->UART 到 PC。

2.WDT 本身没有外部输出或输入，不过为准确获知一些事件到来的时间（如中断发生、超时发生等），程序中使用 GPIO P30 的电平变化来指示，因此需将 P30 接入逻辑分析仪。

2.2 WDT 工作流程

参考 User Manual 文档。

2.3 测试程序初始化

硬件连线完成并烧录测试程序后，EVB 上电，观察串口是否正常打印例程主菜单。

```
CPU @ 64000000Hz
-----
PN108D WDT Sample Code
-----
Press key to start specific testcase:
Input '0'   Testcase 0: Register Default value Check.
Input '1'   Testcase 1: Timeout Interval Period Selection.
Input '2'   Testcase 2: Clock Source Selection.
Input '3'   Testcase 3: Interrupt Mode.
Input '4'   Testcase 4: Reset Mode.
Input '5'   Testcase 5: wakeup Signal.
```

2.4 演示步骤

2.4.1 WDT 所有寄存器默认状态

在主菜单下，输入 ‘0’ 命令 打印所有寄存器默认值：

测试目的：

检查所有 WDT 相关寄存器复位 Default 值状态。

测试预期：

寄存器默认值应和 Datasheet 上 WDT 模块默认值一致。

测试现象：

```
0
WDT Register Default Values:
-----
CTL          = 0x00000700
ALTCTL       = 0x00000000

WDT Flags: TOF=0, IF=0, RSTF=0, WKF=0
-----
WDT Test OK, Success case: 0
```

测试分析:

参考芯片手册对比寄存器信息，发现是完全一致的，符合预期。

2.4.2 超时时间选择

在主菜单下，输入 ‘1’ 命令 进入 Subcase 菜单:

```
+-----+
| Press key to test specific function:                                     |
|                                                                           |
| Input 'A'   4th power of 2 (16)    times of WDT_CLK Period.          |
| Input 'B'   6th power of 2 (64)    times of WDT_CLK Period.          |
| Input 'C'   8th power of 2 (256)   times of WDT_CLK Period.          |
| Input 'D'  10th power of 2 (1024)   times of WDT_CLK Period.          |
| Input 'E'  12th power of 2 (4096)   times of WDT_CLK Period.          |
| Input 'F'  14th power of 2 (16384)  times of WDT_CLK Period.          |
| Input 'G'  16th power of 2 (65536)  times of WDT_CLK Period.          |
| Input 'H'  18th power of 2 (262144) times of WDT_CLK Period.          |
| Press ESC key to back to the top level case list.                       |
+-----+
```

2.4.2.1 16 个 WDT_CLK 周期

测试目的:

将 Timeout 时间设置为 16 个 WDT_CLK 周期，验证超时事件是否及时产生。

测试预期:

WDT 计数开始，在 16 个 WDT_CLK 周期后超时。

测试现象:

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘A’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率，以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```
a
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
```

```
-----
Press key to test specific function:

Input 'A'   4th power of 2 (16)      times of WDT_CLK Period.
Input 'B'   6th power of 2 (64)      times of WDT_CLK Period.
Input 'C'   8th power of 2 (256)     times of WDT_CLK Period.
Input 'D'   10th power of 2 (1024)   times of WDT_CLK Period.
Input 'E'   12th power of 2 (4096)   times of WDT_CLK Period.
Input 'F'   14th power of 2 (16384)  times of WDT_CLK Period.
Input 'G'   16th power of 2 (65536)  times of WDT_CLK Period.
Input 'H'   18th power of 2 (262144) times of WDT_CLK Period.
Press ESC key to back to the top level case list.
-----
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，接着在 1052us 的时候出现第一个上升脉冲，后面则每隔 1273us 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析:

从 Log 可知，APB Clock 为 32MHz，由此可知 WDT Clock:

$$WDT_CLK = \frac{APB1_CLK}{2048} = \frac{32MHz}{2048} = 15625Hz$$

超时时间:

$$Timeout = \frac{16}{WDT_CLK} = \frac{16}{15625} s = 1024us$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次，而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间共有两种:

第 1 个为 1052us，与计算的 1024us 稍有一些误差，误差率:

$$Error_Ratio = \frac{Timeout_{calc} - Timeout_{exp}}{Timeout_{exp}} = \frac{1073 - 1024}{728} = 6.7\%$$

后面 4 个均为 1273us，与前面计算的 1052us 差别较大。原因是后四个 Timeout 时间，程序会比第一个多两个操作 WDT_ClearTimeoutFlag() 和 WDT_ResetCounter()，而这两个操作将会使得 WDT 多花 4 个 CLK 的时间，因此修正的公式应该为:

$$\text{Timeout} = \frac{16 + 4}{WDT_CLK} = \frac{20}{15625} s = 1280\mu s$$

可见已经与测量的 1273us 基本一致了（误差 1.6%）。

2.4.2.2 64 个 WDT_CLK 周期

测试目的：

将 Timeout 时间设置为 64 个 WDT_CLK 周期，验证超时事件是否及时产生。

测试预期：

WDT 计数开始，在 64 个 WDT_CLK 周期后超时。

测试现象：

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘B’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率，以及检测到 TIMEOUT 的标志。

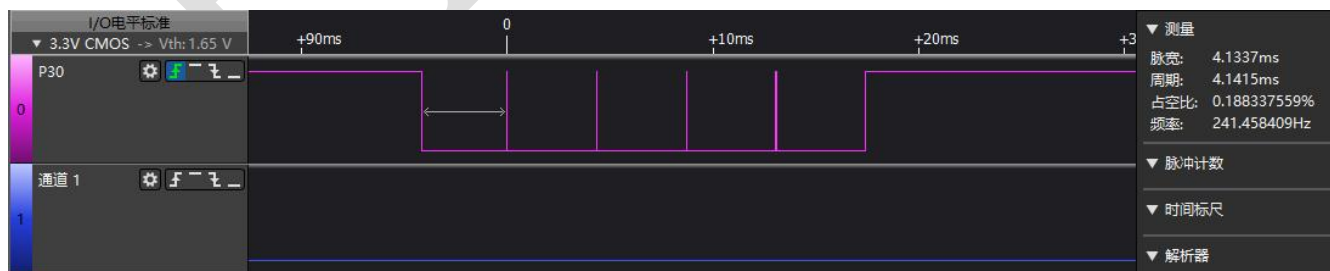
```
b
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
```

```

+-----+
| Press key to test specific function: |
|                                         |
| Input 'A'   4th power of 2 (16)      times of WDT_CLK Period. |
| Input 'B'   6th power of 2 (64)      times of WDT_CLK Period. |
| Input 'C'   8th power of 2 (256)     times of WDT_CLK Period. |
| Input 'D'  10th power of 2 (1024)    times of WDT_CLK Period. |
| Input 'E'  12th power of 2 (4096)    times of WDT_CLK Period. |
| Input 'F'  14th power of 2 (16384)   times of WDT_CLK Period. |
| Input 'G'  16th power of 2 (65536)   times of WDT_CLK Period. |
| Input 'H'  18th power of 2 (262144)  times of WDT_CLK Period. |
| Press ESC key to back to the top level case list. |
+-----+

```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，接着在 4.154ms 的时候出现第一个上升脉冲，后面则每隔 4.333ms 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析：

从 Log 可知，APB Clock 为 32MHz，由此可知 WDT Clock:

$$WDT_CLK = \frac{APB1_CLK}{2048} = \frac{32MHz}{2048} = 15625Hz$$

超时时间:

$$Timeout = \frac{64}{WDT_CLK} = \frac{64}{15625} s = 4.096ms$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次, 而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿, 与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间共有两种:

第 1 个为 4.134ms, 与计算的 4.096ms 稍有误差, 误差率:

$$Error_Ratio = \frac{Timeout_{calc} - Timeout_{exp}}{Timeout_{exp}} = \frac{4.134 - 4.096}{4.096} = 0.9\%$$

后面 4 个均为 4.347ms, 与前面计算的 4.096ms 差别较大。原因是后四个 Timeout 时间, 程序会比第一个多两个操作 WDT_ClearTimeoutFlag() 和 WDT_ResetCounter(), 而这两个操作将会使得 WDT 多花 4 个 CLK 的时间, 因此修正的公式应该为:

$$Timeout = \frac{64 + 4}{WDT_CLK} = \frac{68}{15625} s = 4.352ms$$

可见已经与测量的 4.347ms 基本一致了 (误差 0.1%)。

2.4.2.3 256 个 WDT_CLK 周期

测试目的:

将 Timeout 时间设置为 256 个 WDT_CLK 周期, 验证超时事件是否及时产生。

测试预期:

WDT 计数开始, 在 256 个 WDT_CLK 周期后超时。

测试现象:

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪, 然后输入 ‘C’ 命令, 可以看到 Log 打印 APB Clock 频率, 以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```
C
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
```

```
-----
Press key to test specific function:

Input 'A' 4th power of 2 (16) times of WDT_CLK Period.
Input 'B' 6th power of 2 (64) times of WDT_CLK Period.
Input 'C' 8th power of 2 (256) times of WDT_CLK Period.
Input 'D' 10th power of 2 (1024) times of WDT_CLK Period.
Input 'E' 12th power of 2 (4096) times of WDT_CLK Period.
Input 'F' 14th power of 2 (16384) times of WDT_CLK Period.
Input 'G' 16th power of 2 (65536) times of WDT_CLK Period.
Input 'H' 18th power of 2 (262144) times of WDT_CLK Period.
Press ESC key to back to the top level case list.
-----
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，后面每隔 16.64ms 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析:

从 Log 可知，APB Clock 为 32MHz，由此可知 WDT Clock:

$$WDT_CLK = \frac{APB1_CLK}{2048} = \frac{32MHz}{2048} = 15625Hz$$

超时时间:

$$Timeout = \frac{256}{WDT_CLK} = \frac{256}{15625} s = 16.38ms$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次，而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 16.64ms，与计算的 16.38ms 稍有误差，误差率:

$$Error_Ratio = \frac{Timeout_{calc} - Timeout_{exp}}{Timeout_{exp}} = \frac{16.64 - 16.38}{16.38} = 1.59\%$$

注意：此处因为没有用修正的公式来计算 Timeout，因此计算的误差会比实际稍大，具体见 2.4.2.1 小节的分析。

2.4.2.4 1024 个 WDT_CLK 周期

测试目的:

将 Timeout 时间设置为 1024 个 WDT_CLK 周期，验证超时事件是否及时产生。

测试预期：

WDT 计数开始，在 1024 个 WDT_CLK 周期后超时。

测试现象：

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘D’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率，以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```
d
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
```

```
-----
Press key to test specific function:

Input 'A'    4th power of 2 (16)    times of WDT_CLK Period.
Input 'B'    6th power of 2 (64)    times of WDT_CLK Period.
Input 'C'    8th power of 2 (256)   times of WDT_CLK Period.
Input 'D'    10th power of 2 (1024) times of WDT_CLK Period.
Input 'E'    12th power of 2 (4096) times of WDT_CLK Period.
Input 'F'    14th power of 2 (16384) times of WDT_CLK Period.
Input 'G'    16th power of 2 (65536) times of WDT_CLK Period.
Input 'H'    18th power of 2 (262144) times of WDT_CLK Period.
Press ESC key to back to the top level case list.
-----
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，后面每隔 65.83ms 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析：

从 Log 可知，APB Clock 为 32MHz，由此可知 WDT Clock：

$$WDT_CLK = \frac{APB1_CLK}{2048} = \frac{32MHz}{2048} = 15625Hz$$

超时时间：

$$Timeout = \frac{1024}{WDT_CLK} = \frac{1024}{15625} s = 65.54ms$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次，而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 65.83ms，与计算的 65.54ms 基本一致，误差率：

$$\text{Error_Ratio} = \frac{\text{Timeout}_{\text{calc}} - \text{Timeout}_{\text{exp}}}{\text{Timeout}_{\text{exp}}} = \frac{65.83 - 65.54}{65.54} = 0.44\%$$

注意：此处因为没有用修正的公式来计算 Timeout，因此计算的误差会比实际稍大，具体见 2.4.2.1 小节的分析。

2.4.2.5 4096 个 WDT_CLK 周期

测试目的：

将 Timeout 时间设置为 4096 个 WDT_CLK 周期，验证超时事件是否及时产生。

测试预期：

WDT 计数开始，在 4096 个 WDT_CLK 周期后超时。

测试现象：

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘E’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率，以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```
e
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
```

```
-----
Press key to test specific function:

Input 'A'   4th power of 2 (16)      times of WDT_CLK Period.
Input 'B'   6th power of 2 (64)      times of WDT_CLK Period.
Input 'C'   8th power of 2 (256)     times of WDT_CLK Period.
Input 'D'   10th power of 2 (1024)   times of WDT_CLK Period.
Input 'E'   12th power of 2 (4096)   times of WDT_CLK Period.
Input 'F'   14th power of 2 (16384)  times of WDT_CLK Period.
Input 'G'   16th power of 2 (65536)  times of WDT_CLK Period.
Input 'H'   18th power of 2 (262144) times of WDT_CLK Period.
Press ESC key to back to the top level case list.
-----
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，后面每隔 262.58ms 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析：

从 Log 可知，APB Clock 为 32MHz，由此可知 WDT Clock：

$$WDT_CLK = \frac{APB1_CLK}{2048} = \frac{32MHz}{2048} = 15625Hz$$

超时时间:

$$Timeout = \frac{4096}{WDT_CLK} = \frac{4096}{15625} s = 262.14ms$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次, 而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿, 与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 262.58ms, 与计算的 262.14ms 基本一致, 误差率:

$$Error_Ratio = \frac{Timeout_{calc} - Timeout_{exp}}{Timeout_{exp}} = \frac{262.58 - 262.14}{262.14} = 0.16\%$$

注意: 此处因为没有用修正的公式来计算 Timeout, 因此计算的误差会比实际稍大, 具体见 2.4.2.1 小节的分析。

2.4.2.6 16384 个 WDT_CLK 周期

测试目的:

将 Timeout 时间设置为 16384 个 WDT_CLK 周期, 验证超时事件是否及时产生。

测试预期:

WDT 计数开始, 在 16384 个 WDT_CLK 周期后超时。

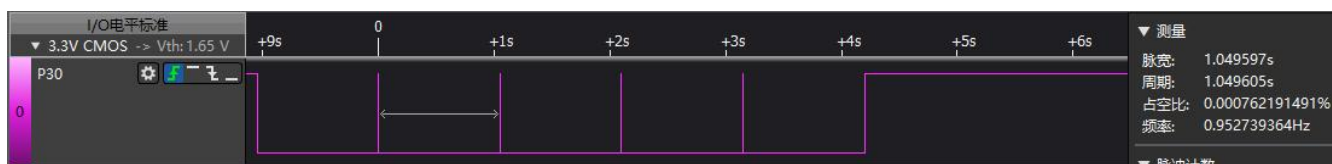
测试现象:

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪, 然后输入 ‘F’ 命令, 可以看到 Log 打印 APB Clock 频率, 以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```
f
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
```

```
+-----+
| Press key to test specific function: |
| Input 'A'    4th power of 2 (16)    times of WDT_CLK Period. |
| Input 'B'    6th power of 2 (64)    times of WDT_CLK Period. |
| Input 'C'    8th power of 2 (256)   times of WDT_CLK Period. |
| Input 'D'   10th power of 2 (1024)  times of WDT_CLK Period. |
| Input 'E'   12th power of 2 (4096)  times of WDT_CLK Period. |
| Input 'F'   14th power of 2 (16384) times of WDT_CLK Period. |
| Input 'G'   16th power of 2 (65536) times of WDT_CLK Period. |
| Input 'H'   18th power of 2 (262144) times of WDT_CLK Period. |
| Press ESC key to back to the top level case list. |
+-----+
```

再看 LA 的 P30 波形, 发现开始的时候波形拉低, 后面每隔 1049.59ms 左右出现一个上升脉冲, 在第 5 个上升沿之后, 波形一直保持高电平。



测试分析:

从 Log 可知，APB Clock 为 32MHz，由此可知 WDT Clock:

$$WDT_CLK = \frac{APB1_CLK}{2048} = \frac{32MHz}{2048} = 15625Hz$$

超时时间:

$$Timeout = \frac{16384}{WDT_CLK} = \frac{16384}{15625} s = 1048.58ms$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次，而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 1049.59ms，与计算的 1048.58ms 基本一致，误差率:

$$Error_Ratio = \frac{Timeout_{calc} - Timeout_{exp}}{Timeout_{exp}} = \frac{1049.59 - 1048.58}{1048.58} = 0.09\%$$

注意：此处因为没有用修正的公式来计算 Timeout，因此计算的误差会比实际稍大，具体见 2.4.2.1 小节的分析。

2.4.2.7 65536 个 WDT_CLK 周期

测试目的:

将 Timeout 时间设置为 65536 个 WDT_CLK 周期，验证超时事件是否及时产生。

测试预期:

WDT 计数开始，在 65536 个 WDT_CLK 周期后超时。

测试现象:

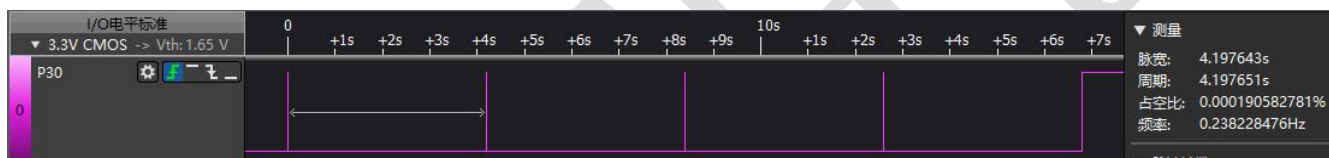
先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘G’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率，以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```
g
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
```

```
-----
Press key to test specific function:

Input 'A' 4th power of 2 (16) times of WDT_CLK Period.
Input 'B' 6th power of 2 (64) times of WDT_CLK Period.
Input 'C' 8th power of 2 (256) times of WDT_CLK Period.
Input 'D' 10th power of 2 (1024) times of WDT_CLK Period.
Input 'E' 12th power of 2 (4096) times of WDT_CLK Period.
Input 'F' 14th power of 2 (16384) times of WDT_CLK Period.
Input 'G' 16th power of 2 (65536) times of WDT_CLK Period.
Input 'H' 18th power of 2 (262144) times of WDT_CLK Period.
Press ESC key to back to the top level case list.
-----
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，后面每隔 4.1976s 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析:

从 Log 可知，APB Clock 为 32MHz，由此可知 WDT Clock:

$$WDT_CLK = \frac{APB1_CLK}{2048} = \frac{32MHz}{2048} = 15625Hz$$

超时时间:

$$Timeout = \frac{65536}{WDT_CLK} = \frac{65536}{15625} s = 4.1943s$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次，而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 4.1976s，与计算的 4.1943s 基本一致，误差率:

$$Error_Ratio = \frac{Timeout_{calc} - Timeout_{exp}}{Timeout_{exp}} = \frac{4.1976 - 4.1943}{4.1943} = 0.07\%$$

注意：此处因为没有用修正的公式来计算 Timeout，因此计算的误差会比实际稍大，具体见 2.4.2.1 小节的分析。

2.4.2.8 262144 个 WDT_CLK 周期

测试目的:

将 Timeout 时间设置为 262144 个 WDT_CLK 周期，验证超时事件是否及时产生。

测试预期：

WDT 计数开始，在 262144 个 WDT_CLK 周期后超时。

测试现象：

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘H’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率，以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```
h
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
```

```
-----
Press key to test specific function:

Input 'A': 4th power of 2 (16) times of WDT_CLK Period.
Input 'B': 6th power of 2 (64) times of WDT_CLK Period.
Input 'C': 8th power of 2 (256) times of WDT_CLK Period.
Input 'D': 10th power of 2 (1024) times of WDT_CLK Period.
Input 'E': 12th power of 2 (4096) times of WDT_CLK Period.
Input 'F': 14th power of 2 (16384) times of WDT_CLK Period.
Input 'G': 16th power of 2 (65536) times of WDT_CLK Period.
Input 'H': 18th power of 2 (262144) times of WDT_CLK Period.
Press ESC key to back to the top level case list.
-----
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，后面每隔 16.789s 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析：

从 Log 可知，APB Clock 为 32MHz，由此可知 WDT Clock：

$$WDT_CLK = \frac{APB1_CLK}{2048} = \frac{32MHz}{2048} = 15625Hz$$

超时时间：

$$Timeout = \frac{262144}{WDT_CLK} = \frac{262144}{15625} s = 16.7772s$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次，而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 16.7898s，与计算的 16.7772s 基本一致，误差率：

$$\text{Error_Ratio} = \frac{\text{Timeout}_{\text{calc}} - \text{Timeout}_{\text{exp}}}{\text{Timeout}_{\text{exp}}} = \frac{16.7898 - 16.7772}{16.7772} = 0.07\%$$

注意：此处因为没有用修正的公式来计算 Timeout，因此计算的误差会比实际稍大，具体见 2.4.2.1 小节的分析。

2.4.3 时钟源选择

在主菜单下，输入 ‘2’ 命令 进入 Subcase 菜单：

```

+-----+
| Press key to test specific function:                |
| Input 'A'      16      times of LIRC (WDT_CLK) Period. |
| Input 'B'     4096    times of LIRC (WDT_CLK) Period. |
| Input 'C'    262144  times of LIRC (WDT_CLK) Period. |
| Press ESC key to back to the top level case list.    |
+-----+
    
```

2.4.3.1 16 个 WDT_CLK 周期，WDT_CLK 为 RCL

测试目的：

将时钟源由 APB 切换至 RCL，Timeout 时间设置为 16 个 WDT_CLK 周期，验证超时事件是否及时产生。

测试预期：

WDT 计数开始，在 16 个 RCL 周期后超时。

测试现象：

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘A’ 命令，可以看到 Log 打印 RCL Clock 频率，以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```

a
Start WDT Counting (Clock is 32KHz LIRC)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
    
```

```

+-----+
| Press key to test specific function:                |
| Input 'A'      16      times of LIRC (WDT_CLK) Period. |
| Input 'B'     4096    times of LIRC (WDT_CLK) Period. |
| Input 'C'    262144  times of LIRC (WDT_CLK) Period. |
| Press ESC key to back to the top level case list.    |
+-----+
    
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，后面每隔 624us 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析:

从 Log 可知，RCL Clock 为 32KHz，由此可知 WDT Clock:

$$WDT_CLK = LIRC = 32KHz$$

超时时间:

$$Timeout = \frac{16}{WDT_CLK} = \frac{16}{32000} s = 500us$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次，而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 624us，与计算的 500us 有误差，误差率:

$$Error_Ratio = \frac{Timeout_{calc} - Timeout_{exp}}{Timeout_{exp}} = \frac{624 - 500}{500} = 24.8\%$$

误差是因为 Test Board 的 RCL 并未校准，因此导致 WDT CLK 也会不准，符合预期。

2.4.3.2 4096 个 WDT_CLK 周期，WDT_CLK 为 RCL

测试目的:

将时钟源由 APB 切换至 RCL，Timeout 时间设置为 4096 个 WDT_CLK 周期，验证超时事件是否及时产生。

测试预期:

WDT 计数开始，在 4096 个 RCL 周期后超时。

测试现象:

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘B’ 命令，可以看到 Log 打印 RCL Clock 频率，以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```
b
Start WDT Counting (Clock is 32KHz LIRC)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
```

```
-----
Press key to test specific function:
Input 'A'      16      times of LIRC (WDT_CLK) Period.
Input 'B'     4096    times of LIRC (WDT_CLK) Period.
Input 'C'    262144  times of LIRC (WDT_CLK) Period.
Press ESC key to back to the top level case list.
-----
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，后面每隔 129ms 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析：

从 Log 可知，RCL Clock 为 32KHz，由此可知 WDT Clock：

$$WDT_CLK = LIRC = 32KHz$$

超时时间：

$$Timeout = \frac{4096}{WDT_CLK} = \frac{4096}{32000} s = 128ms$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次，而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 129ms，与计算的 128ms 有误差，误差率：

$$Error_Ratio = \frac{Timeout_{calc} - Timeout_{exp}}{Timeout_{exp}} = \frac{129 - 128}{128} = 0.7\%$$

因为 Test Board 的 RCL 并未校准，因此导致 WDT CLK 也会不准，符合预期。

2.4.3.3 262144 个 WDT_CLK 周期，WDT_CLK 为 RCL

测试目的：

将时钟源由 APB 切换至 RCL，Timeout 时间设置为 262144 个 WDT_CLK 周期，验证超时事件是否及时产生。

测试预期：

WDT 计数开始，在 262144 个 RCL 周期后超时。

测试现象:

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘C’ 命令，可以看到 Log 打印 RCL Clock 频率，以及检测到 TIMEOUT 的标志。

```
C
Start WDT Counting (Clock is 32KHz LIRC)...
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT
TIMEOUT

+-----+
| Press key to test specific function:
|
| Input 'A'   16      times of LIRC (WDT_CLK) Period.
| Input 'B'  4096   times of LIRC (WDT_CLK) Period.
| Input 'C' 262144 times of LIRC (WDT_CLK) Period.
| Press ESC key to back to the top level case list.
+-----+
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，后面每隔 8.29s 左右出现一个上升脉冲，在第 5 个上升沿之后，波形一直保持高电平。



测试分析:

从 Log 可知，RCL Clock 为 32KHz，由此可知 WDT Clock:

$$WDT_CLK = LIRC = 32KHz$$

超时时间:

$$Timeout = \frac{262144}{WDT_CLK} = \frac{262144}{32000} s = 8.192s$$

另外 Log 显示 Timeout Event 共出现了 5 次，而由 LA 波形也可看出共有 5 次上升沿，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 8.29s，与计算的 8.192s 稍有误差，误差率:

$$Error_{Ratio} = \frac{Timeout_{calc} - Timeout_{exp}}{Timeout_{exp}} = \frac{8.29 - 8.192}{8.192} = 1.2\%$$

因为 Test Board 的 RCL 并未校准，因此导致 WDT CLK 也会不准，符合预期。

2.4.4 中断模式

在主菜单下，输入 ‘3’ 命令 进入 Subcase 菜单:

```

+-----+
| Press key to test specific function:                |
| Input 'A'      Enable WDT Interrupt.              |
| Press ESC key to back to the top level case list.  |
+-----+
    
```

测试目的:

验证 WDT Timeout 超时中断能否准确及时触发。

测试预期:

WDT 计数开始，在设定的超时时间后触发中断。

测试现象:

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘A’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率为 32MHz，以及检测到 WDT INT 触发的标志。

```

a
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz, TimeoutCnt = 4096)...
WDT INT
WDT INT
WDT INT
    
```

```

+-----+
| Press key to test specific function:                |
| Input 'A'      Enable WDT Interrupt.              |
| Press ESC key to back to the top level case list.  |
+-----+
    
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形被短暂拉低后立刻被拉高，然后在 1s 后再次被拉低，在这 1s 内，每隔 262.58ms 左右出现一个向下的脉冲。



测试分析:

从 Log 可知，APB Clock 为 32MHz，WDT Clock Count 为 4096，由 2.4.2.5 小节可知，Timeout 时间为 262.14ms。

另外 Log 显示 Timeout INT 共出现了 3 次，而由 LA 波形也可看出共有 3 次向下的脉冲，与 Log 一致。波形测量出的 Timeout 时间为 262.58ms，与计算的 262.14ms 稍有误差，总体符合预期。

2.4.5 复位模式

在主菜单下，输入 ‘4’ 命令 进入 Subcase 菜单：

```

Press key to test specific function:

Input 'A'   Enable WDT Reset, delay 1025 times of WDT_CLK.
Input 'B'   Enable WDT Reset, delay 129  times of WDT_CLK.
Input 'C'   Enable WDT Reset, delay 17   times of WDT_CLK.
Input 'D'   Enable WDT Reset, delay 2    times of WDT_CLK.
Input 'E'   Enable WDT Reset and feed WDT before timeout.
Press ESC key to back to the top level case list.
    
```

2.4.5.1 延时 1025 个 WDT_CLK 周期后复位

测试目的：

使能复位功能，验证设定的计数超时与 1025 个 WDT_CLK 周期的延时时间后是否准确及时产生复位信号并复位系统，系统复位后检查 Wakeup Flag 是否保留。

测试预期：

WDT 计数开始，在设定的 WDT_CLK 周期后超时，然后再经过 1025 个 WDT_CLK 周期的延时时间后，系统复位，此时检查 Wakeup Flag 值，发现可以成功保留。

测试现象：

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘A’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率，超时计数 Timeout Count，以及复位延时计数 Delay Count。短暂时间后，打印 WDT INT 的 Log，触发复位：

```

a
WDT Reset Delay Count = 1025
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz, TimeoutCnt = 4096)...
WDT INT
    
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形被短暂拉低后拉高，262.3ms 后出现短脉冲，后续又保持 65.70ms 的高电平，之后又有一个拉低的短脉冲，最后一直维持高电平。



测试分析：

测试程序配置为 4096 个 WDT_CLK 后，触发 WDT 中断；接着经过 1025 个 CLK 的 Delay 时间后，触发系统 Reset。

从 Log 与 LA 波形可知，WDT 中断可以在开启 WDT 后 262.3ms 成功触发，与理论时间（可

由 2.4.2.5 小节的测试得知) 基本一致; 又经过了 65.7ms 的延时 (与理论时间 $\frac{1025}{WDT_CLK} = \frac{1025}{15625} S = 65.6ms$ 基本一致) 后触发系统 Reset。

2.4.5.2 延时 129 个 WDT_CLK 周期后复位

测试目的:

使能复位功能, 验证设定的计数超时与 129 个 WDT_CLK 周期的延时时间后是否准确及时产生复位信号并复位系统, 系统复位后检查 Wakeup Flag 是否保留。

测试预期:

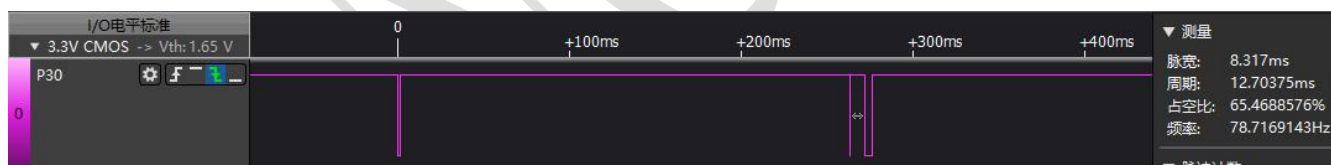
WDT 计数开始, 在设定的 WDT_CLK 周期后超时, 然后再经过 129 个 WDT_CLK 周期的延长时间后, 系统复位, 此时检查 Wakeup Flag 值, 发现可以成功保留。

测试现象:

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪, 然后输入 'B' 命令, 可以看到 Log 打印 APB Clock 频率, 超时计数 Timeout Count, 以及复位延时计数 Delay Count。短暂时间后, 打印 WDT INT 的 Log, 经过 Delay Count 后, 触发系统 Reset。

```
b
WDT Reset Delay Count = 129
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz, TimeoutCnt = 4096)...
WDT INT
```

再看 LA 的 P30 波形, 发现开始的时候波形被短暂拉低后拉高, 262.4ms 后出现短脉冲, 后续又保持 8.31ms 的高电平, 之后又有一个拉低的短脉冲, 最后一直维持高电平。



测试分析:

测试程序配置为 4096 个 WDT_CLK 后, 触发 WDT 中断; 接着经过 1025 个 CLK 的 Delay 时间后, 触发系统 Reset。

从 Log 与 LA 波形可知, WDT 中断可以在开启 WDT 后 262.4ms 成功触发, 与理论时间 (可由 2.4.2.5 小节的测试得知) 基本一致; 又经过了 8.31ms 的延时 (与理论时间 $\frac{129}{WDT_CLK} = \frac{129}{15625} S = 8.26ms$ 基本一致) 后触发系统 Reset。

2.4.5.3 延时 17 个 WDT_CLK 周期后复位

测试目的:

使能复位功能, 验证设定的计数超时与 17 个 WDT_CLK 周期的延时时间后是否准确及时产生复位信号并复位系统, 系统复位后检查 Wakeup Flag 是否保留。

测试预期:

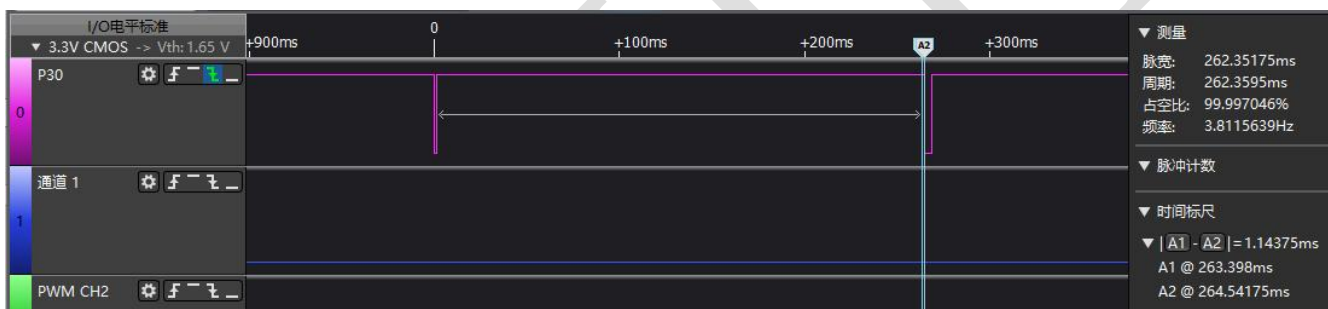
WDT 计数开始，在设定的 WDT_CLK 周期后超时，然后再经过 17 个 WDT_CLK 周期的延时时间后，系统复位，此时检查 Wakeup Flag 值，发现可以成功保留。

测试现象:

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘C’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率，超时计数 Timeout Count，以及复位延时计数 Delay Count。短暂时间后，打印 WDT INT 的 Log，经过 Delay Count 后，触发系统 Reset。

```
C
WDT Reset Delay Count = 17
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz, TimeoutCnt = 4096)...
WDT INT
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形被短暂拉低后拉高，262.3ms 后出现短脉冲，后续又保持 1.14ms 的高电平，之后又有一个拉低的短脉冲，最后一直维持高电平。



测试分析:

测试程序配置为 4096 个 WDT_CLK 后，触发 WDT 中断；接着经过 1025 个 CLK 的 Delay 时间后，触发系统 Reset。

从 Log 与 LA 波形可知，WDT 中断可以在开启 WDT 后 262.3ms 成功触发，与理论时间（可由 2.4.2.5 小节的测试得知）基本一致；又经过了 1.14ms 的延时（与理论时间 $\frac{17}{WDT_CLK} = \frac{17}{15625} S = 1.09ms$ 基本一致）后触发系统 Reset。

2.4.5.4 延时 2 个 WDT_CLK 周期后复位

测试目的:

使能复位功能，验证设定的计数超时与 2 个 WDT_CLK 周期的延时时间后是否准确及时产生复位信号并复位系统，系统复位后检查 Wakeup Flag 是否保留。

测试预期:

WDT 计数开始，在设定的 WDT_CLK 周期后超时，然后再经过 2 个 WDT_CLK 周期的延时时间后，系统复位，此时检查 Wakeup Flag 值，发现可以成功保留。

测试现象:

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘D’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率，超时计数 Timeout Count，以及复位延时计数 Delay Count。短暂时间后，打印 WDT INT 的 Log，经过 Delay Count 后，触发系统 Reset。

```
d
WDT Reset Delay Count = 2
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz, TimeoutCnt = 4096)...
WDT INT
```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形被短暂拉低后拉高，262.3ms 后出现短脉冲，后续又保持 183us 的高电平，之后又有一个拉低的短脉冲，最后一直维持高电平。



测试分析：

测试程序配置为 4096 个 WDT_CLK 后，触发 WDT 中断；接着经过 1025 个 CLK 的 Delay 时间后，触发系统 Reset。

从 Log 与 LA 波形可知，WDT 中断可以在开启 WDT 后 262.3ms 成功触发，与理论时间（可由 2.4.2.5 小节的测试得知）基本一致；又经过了 183us 的延时（与理论时间 $\frac{2}{WDT_CLK} = \frac{2}{15625} S = 128us$ 有一些误差但比较接近）后触发系统 Reset。

2.4.5.5 使能复位功能，并在超时时间到达之前喂狗

测试目的：

使能复位功能，验证如果在计数超时时间内喂狗，是否能避免复位系统。

测试预期：

WDT 计数开始，在设定的超时时间内，不断复位超时计数器（即喂狗），计数器将重新计数，Reset 被推迟，一旦停止喂狗，在设定的超时时间和延时时间后，系统复位。

测试现象：

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘E’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率和超时计数 Timeout Count。接着连续打印 5 条 Feed WDT 的 Log，触发系统 Reset。

```
e
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz, TimeoutCnt = 4096)...
Feed WDT
Feed WDT
Feed WDT
Feed WDT
Feed WDT
```

CPU @ 32000000Hz

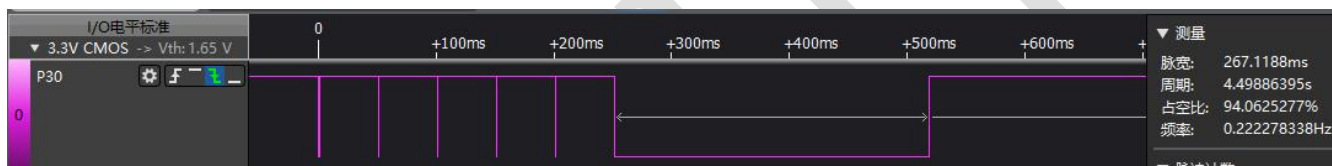
```

-----
PN108C WDT Sample Code.
-----
Press key to start specific testcase:

Input '0'   Testcase 0: Register Default value Check.
Input '1'   Testcase 1: Timeout Interval Period Selection.
Input '2'   Testcase 2: Clock Source Selection.
Input '3'   Testcase 3: Interrupt Mode.
Input '4'   Testcase 4: Reset Mode.
Input '5'   Testcase 5: wakeup Signal.
-----

```

再看 LA 的 P30 波形，发现开始的时候波形拉低，短暂时间后被拉高，然后 50ms 后出现向下的短脉冲，重复 5 次，第 5 次电平被拉低，复位后拉高。



测试分析:

此处 WDT 复位时间配置与 0 小节完全一致，因此正常情况下复位时间应为 262.3ms。

看 LA 波形，第一个下降沿表示程序进入 Feed WDT 流程，随后的第一个上升沿表示 WDT 计数开始。后面每隔 50ms 出现一个向下的短脉冲，表示喂狗操作，于是 5 次下降沿表示喂了 5 次狗，共耗时 250ms。

在最后一次（第 5 次）喂狗后，程序停止喂狗，等待超时复位。而从波形图也可看出，最后一段低电平后拉高，系统复位。

2.4.6 唤醒信号

在主菜单下，输入 '5' 命令 进入 Subcase 菜单:

```

-----
Press key to test specific function:

Input 'A'   Enable wakeup.
Press ESC key to back to the top level case list.
-----

```

测试目的:

验证 WDT Wakeup Signal 能否准确及时产生。

测试预期:

WDT 计数开始，在设定的超时时间后触发 Wakeup Signal。

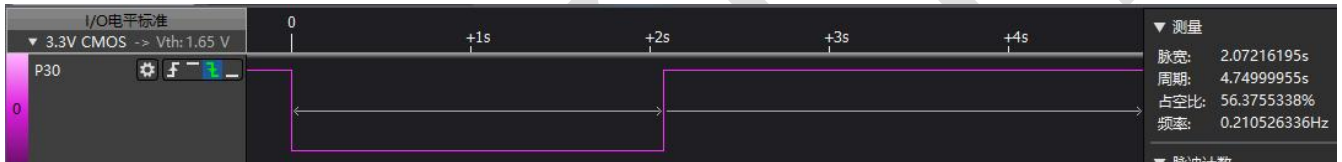
测试现象：

先正确连接 Test Board 与逻辑分析仪，然后输入 ‘A’ 命令，可以看到 Log 打印 APB Clock 频率为 32MHz，稍后打印出 WAKEUP 的标志。

```
a
Start WDT Counting (APB1_CLK = 32000000Hz)...
WDT INT
sleep irq
WAKEUP
```

```
+-----+
|       |
| Press key to test specific function: |
|       |
| Input 'A'   Enable wakeup.          |
| Press ESC key to back to the top level case list. |
|       |
+-----+
```

再看 LA 的 P30 波形，发现波形被拉低，2.07s 后被拉高。



测试分析：

测试程序中，进入低功耗状态后使用 RCL Clock，WDT Clock Count 为 65536，Timeout 时间为 2.07s。

再看波形图，波形的下降沿表示 WDT 计数开始的时刻，后拉高，拉低时间与预期 2.048s 一致，符合预期。

第3章 使用注意事项

- 1、使用 Clock Selection API 之前注意先解锁寄存器
- 2、TIF 既可以写 1 清掉，也可以在置 INTEN 的时候硬件自动清 TIF
- 3、RSTF 既可以写 1 清掉，也可以在 RSTCNT 的时候硬件自动清 RSIF
- 4、WKF 被置上后，需要解锁寄存器后才能清掉
- 5、Wakeup 被触发后，WDT 会停止计数
- 6、操作完 Write Protected 寄存器后不可立刻使用 SYS_LockReg，否则可能使得操作 Write Protected 寄存器失败，解决方法有：
 - a) 写完寄存器立刻读回，发现写成功了，再 Lock
 - b) Lock 前延时一段时间 (>3nop)