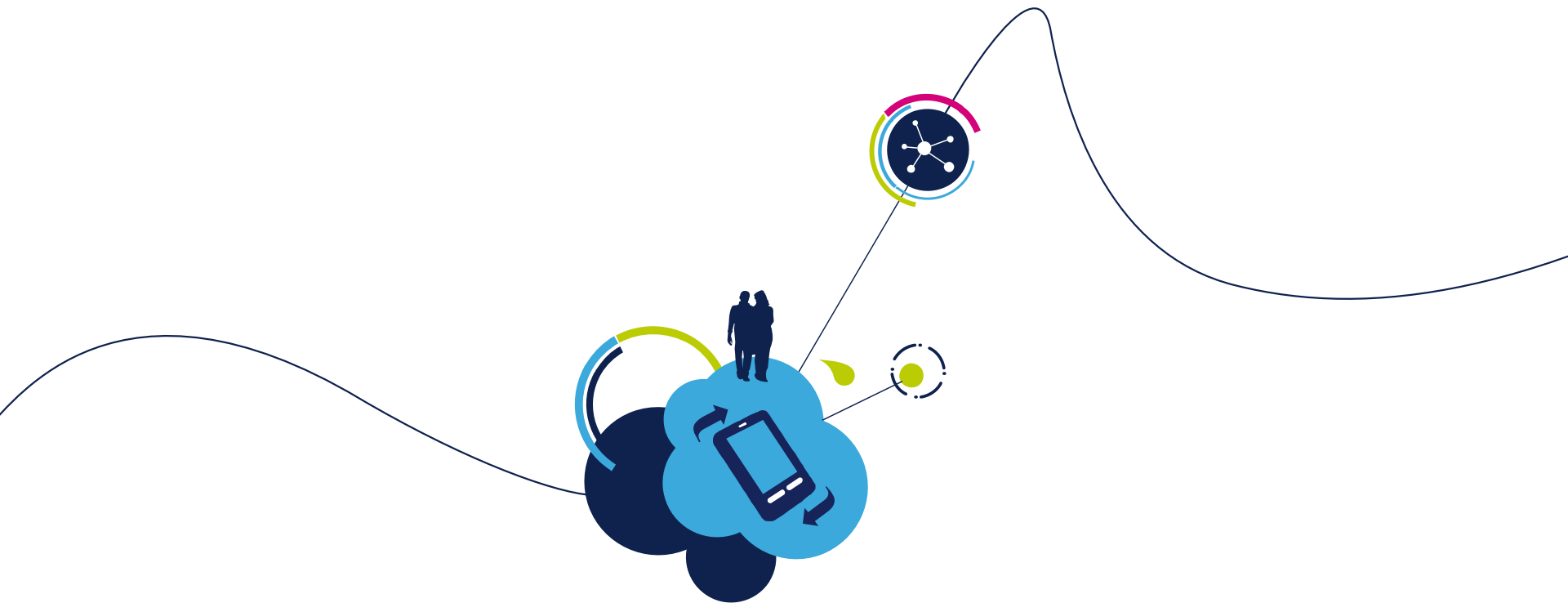




STM32 OTG_FS/HS模块

Lilian YAO



OTG模块概览

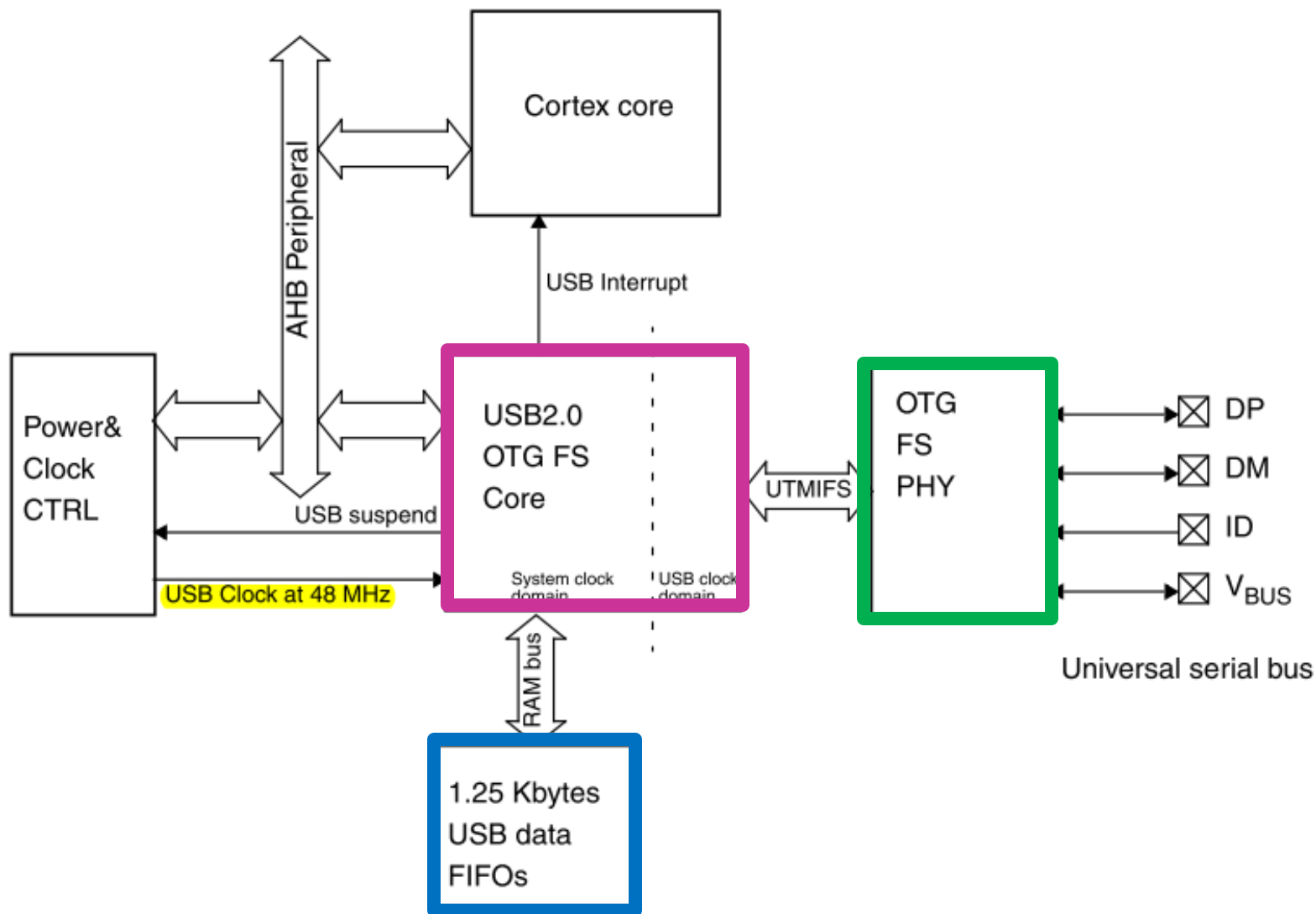
OTG_FS和OTG_HS模块通用特性比较

OTG_FS	OTG_HS
USB 2.0协议，OTG 1.3协议（支持HNP和SRP）	
可作为USB主机、USB设备、OTG设备(A类/B类)使用	
输出SOF信号，供各种同步应用（to PAD, to TIM2）	
相同的省电特性	
AHB主频必须高于14.2MHz	AHB主频必须高于30MHz
FIFO使用1.25KB专用RAM	FIFO使用4KB专用RAM
	内置独立的DMA管理FIFO的数据传输
可使用内部FS PHY做FS通信	
	具有ULIP接口，可和外部HS PYH连接做HS通信

两个模块的主机、设备特性比较

OTG_FS		OTG_HS	
主机特性比较			
需要外接电源芯片为所连的USB设备供电			
可作为FS、LS主机		可作为HS、FS、LS主机	
2个请求队列			
>> 周期性队列：管理最多8个ISO、INTERRUPT传输请求			
>> 非周期性队列：管理最多8个CONTROL、BULK传输请求			
8个主机通道		12个主机通道	
1.25KB 专用RAM		4KB 专用RAM	
专用TXFIFO			
>> 周期性TXFIFO：存储需要传输的ISO、INTERRUPT传输数据			
>> 非周期性TXFIFO：存储需要传输的CONTROL、BULK传输数据			
一个共享的RXFIFO用以接收数据			
设备特性比较			
可作为FS设备		可作为HS、FS设备	
4个双向端点(包括端点0)		6个双向端点(包括端点0)	
1.25KB 专用RAM		4KB 专用RAM	
4个独立的TX FIFO 对应于4个IN端点		6个独立的TX FIFO 对应于6个IN端点	
1个共享的RX FIFO			
支持软件断开			

OTG_FS功能框图描述



全速OTG核心模块

- 从RCC模块接收48MHz+/- 0.25%精度的时钟，必须在配置全速OTG核心模块之前将时钟使能
- CPU通过AHB总线访问核心模块的寄存器；USB中断事件由单独一条“OTG中断线”连到NVIC
 - CPU往“push register”中的写操作 → 数据自动写入数据发送FIFO
 - 设备模式下，每个IN端点有各自的一个“push register”
 - 主机模式下，每个OUT通道有各自的一个“push register”
 - CPU从“pop register”中的读操作 → 数据自动从共享RX-FIFO中读取出来
 - 设备模式下，每个OUT端点有各自的一个“pop register”
 - 主机模式下，每个IN通道有各自的一个“pop register”
- 片上PHY内集成的FS/LS收发模块负责硬件实现USB协议层

FIFO读写是基于专用地址区域的操作

- 对FIFO的读(pop)写(push)操作，是通过对特定地址区域的访问完成的
- 根据端点/通道的方向，决定对FIFO的操作是读还是写
 - e.g. IN端点对应的是发送FIFO，只能push操作，即软件写对应区域

FIFO access register section	Address range (offset)	Access
Device IN Endpoint 0/Host OUT channel 0 : FIFO write access Device OUT Endpoint 0/Host IN channel 0 : FIFO read access	0x1000 – 0x1FFC	W R
Device IN Endpoint 1/Host OUT channel 1 : FIFO write access Device OUT Endpoint 1/Host IN channel 1 : FIFO read access	0x2000 – 0x2FFC	W R
...		...
Device IN Endpoint $x^{(1)}$ /Host OUT channel $x^{(1)}$: FIFO write access Device OUT Endpoint $x^{(1)}$ /Host IN channel $x^{(1)}$: FIFO read access	0xX000 – 0xXFFC	W R

全速OTG PHY的组件

- 作为主机或设备时使用的FS/LS收发模块
- ID线上集成上拉电阻，用以在识别A/B设备时采样ID信号线电平
- D+/D-线上集成上拉和下拉电阻，根据当前角色，由核心模块控制使能
 - 设备角色：检测到Vbus有效电平(B-session valid)就使能D+上的上拉电阻
 - 主机角色：使能D+/D-上的下拉电阻
 - 上下拉电阻可在HNP协议下根据设备当前角色动态使能、关闭
- 带上下拉电阻的ECN电路
- 带滞回的Vbus检测比较器
 - 用于检测：Vbus有效电压门限、A-B会话有效电压门限、会话结束电压门限
- Vbus脉冲电路
 - 用于在SRP期间.....

为使FS OTG PHY正常工作，AHB主频不能低于14.2MHz

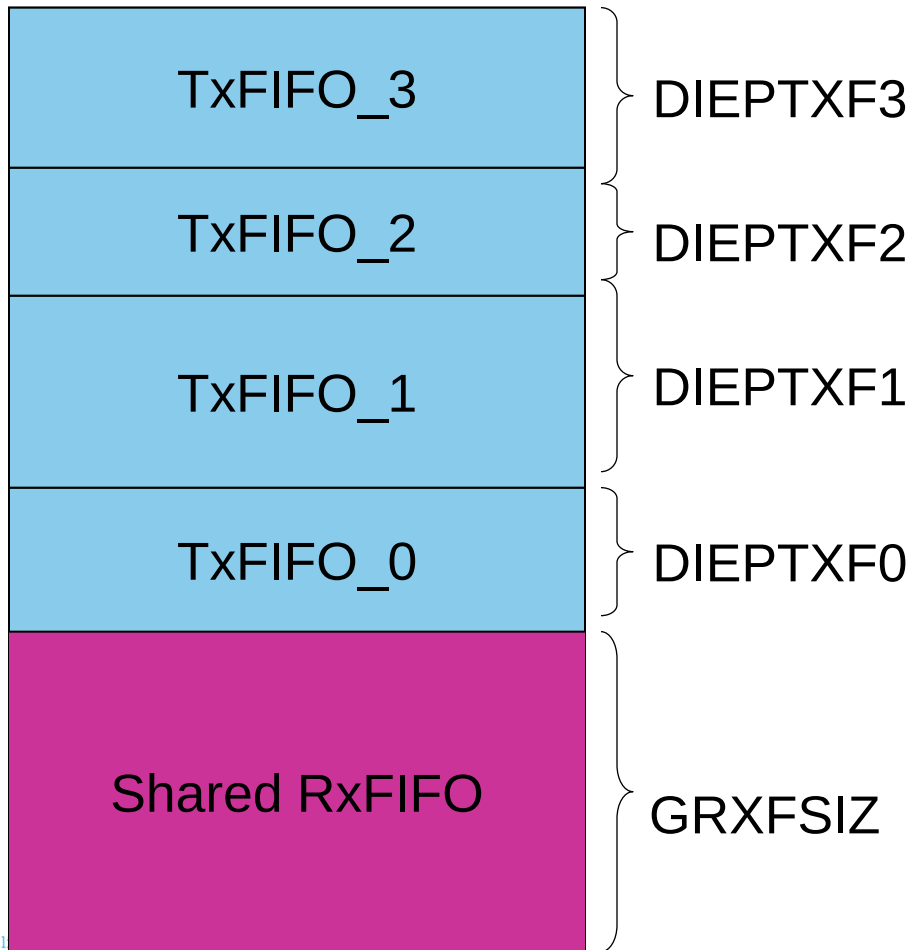
全速OTG数据FIFO

- 1.25KB专用RAM，精巧的FIFO控制机制
- 多个Tx-FIFO
 - 在通过USB总线发送出去之前，应用把数据写到这里(push)做临时存储
- 一个共享的Rx-FIFO
 - 从USB总线收下来的数据，在被应用读取(pop)之前，临时存储的地方
- FIFO的大小可软件配置
- FIFO的组织架构和分配取决于模块当前角色

FIFO空间的分配

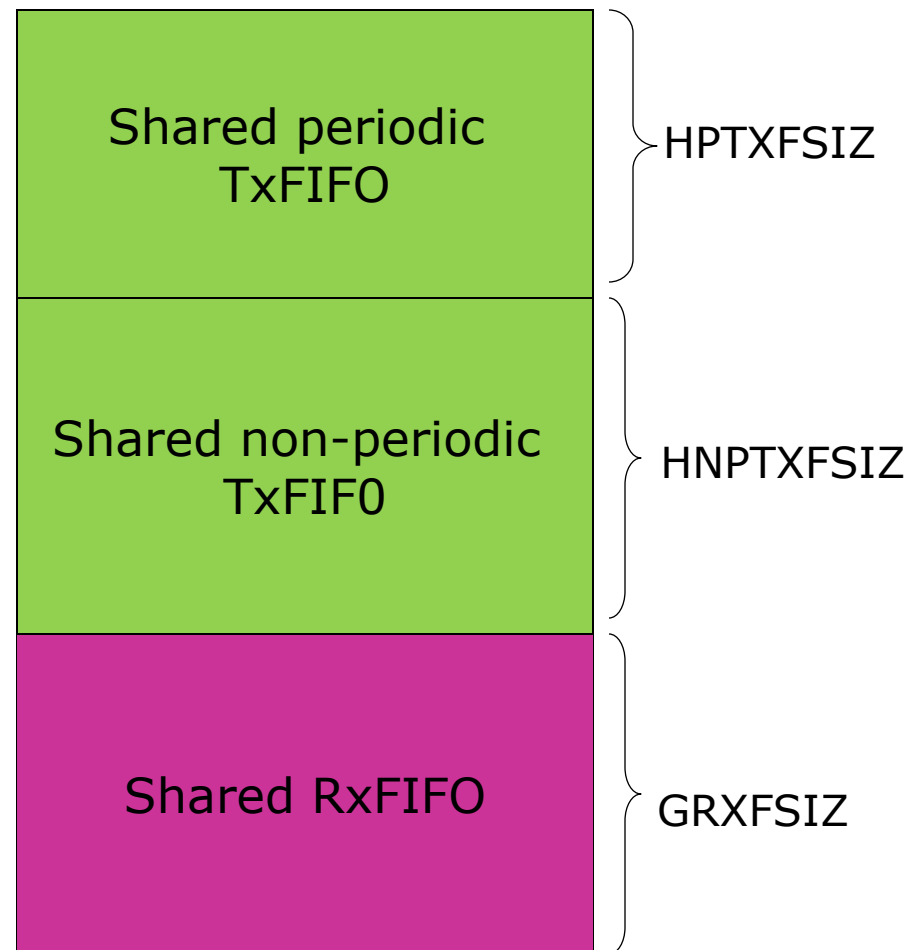
- 设备模式下

1.25KB FIFO



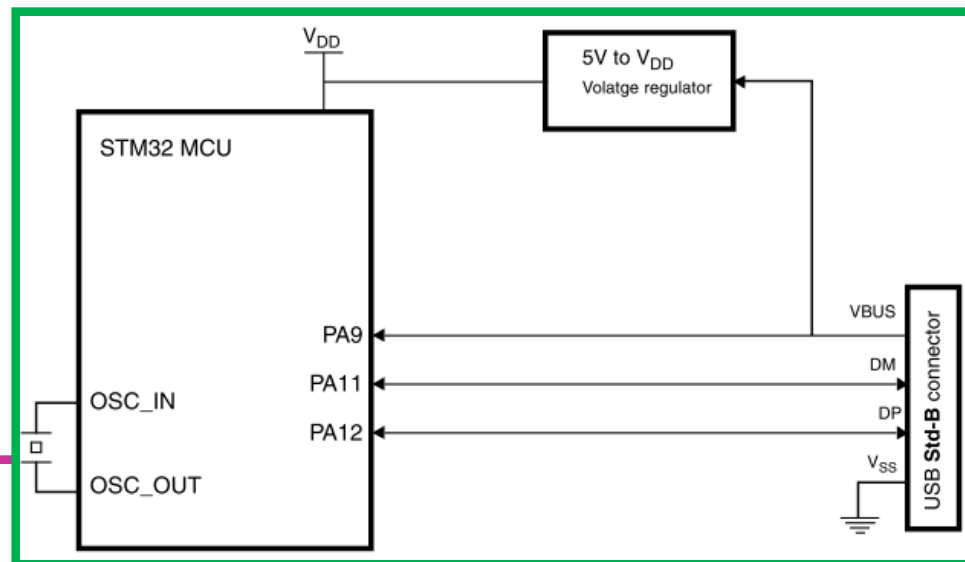
- 主机模式下

1.25KB FIFO

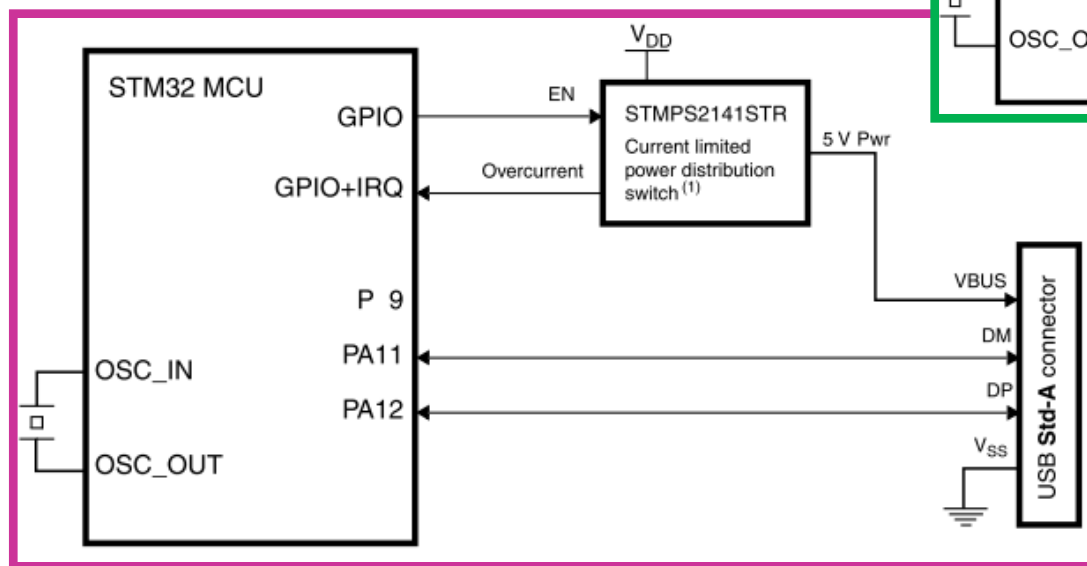


典型硬件连接框图

- 仅作USB设备

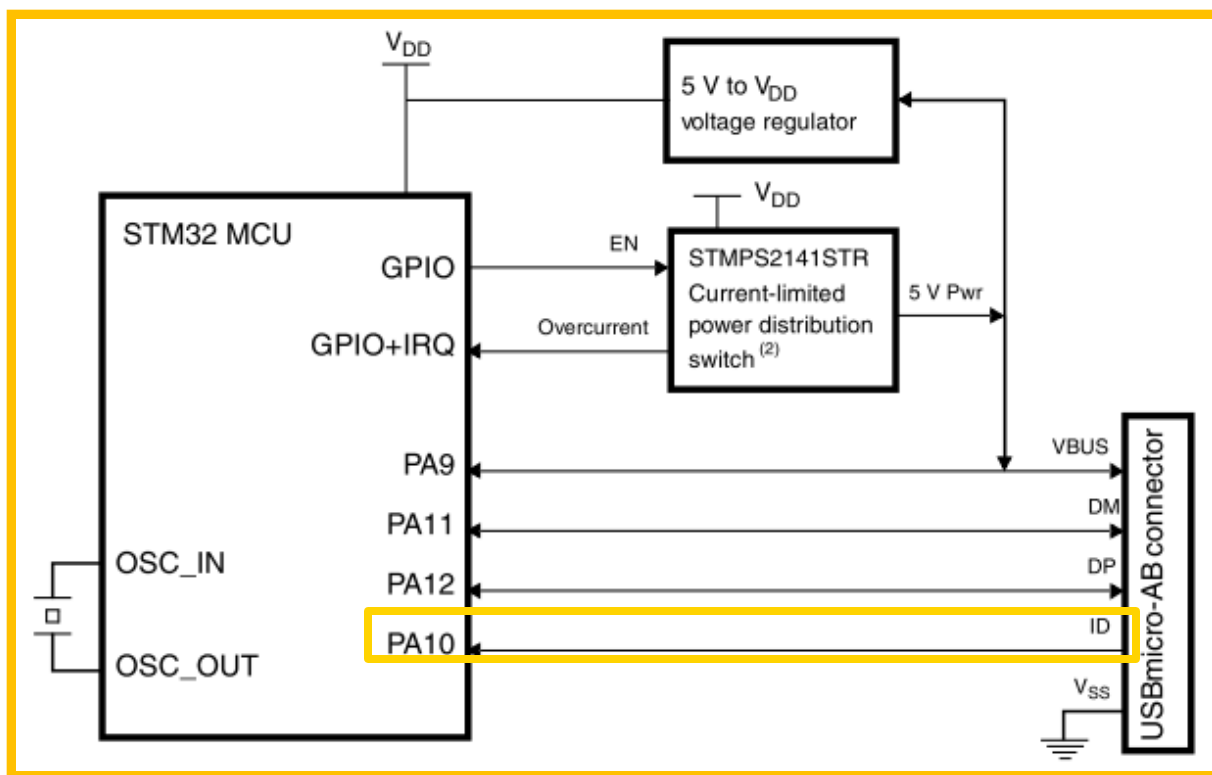


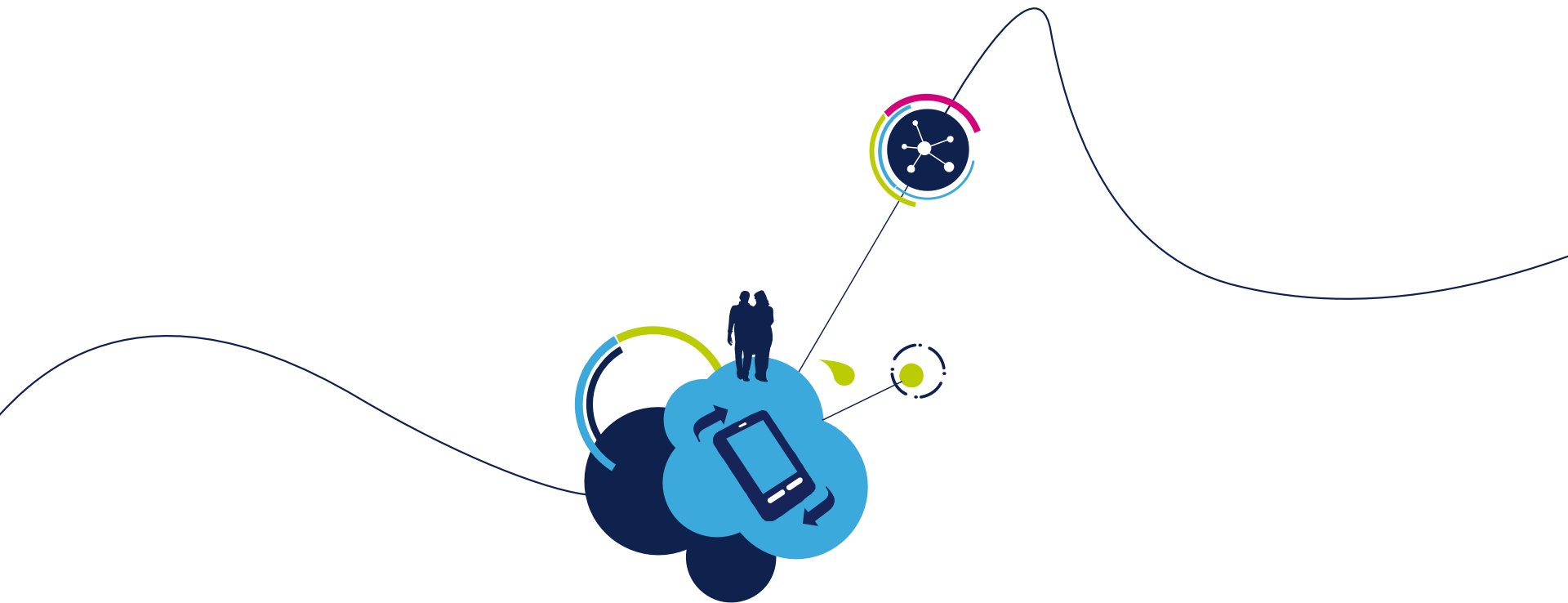
- 仅作USB主机



典型硬件连接框图

- 全角色OTG

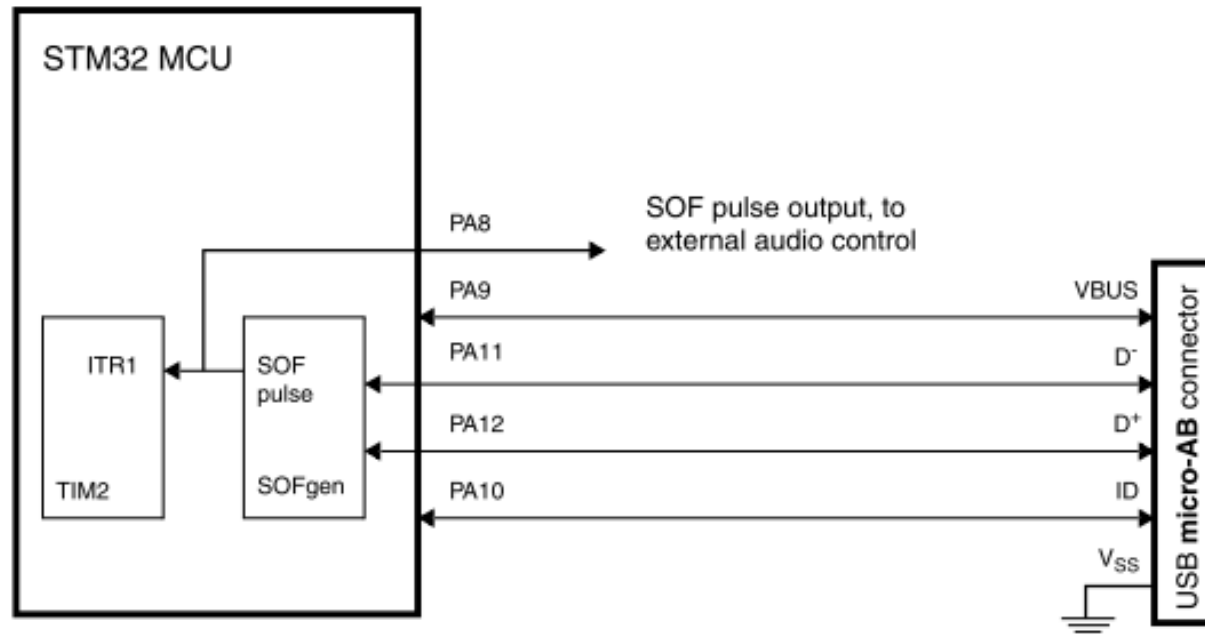




OTG模块的SOF特性

SOF触发信号

- 全速OTG模块可在主机或设备角色下监测、跟踪、以及在主机角色下配置两个相邻SOF之间的帧周期长度，并且还可以输出SOF脉冲
- 适用于自适应音频时钟产生技术
 - 音频从设备需要根据和主机的音频数据流保持同步
 - 音频主设备需要根据从设备当前的要求动态调整帧率



主、从角色下的SOF功能

• 主机

- 主机可以完全控制两个连续SOF令牌之间的时间（多少个PHY时钟）
- 每发出一个SOF令牌，会产生对应SOF中断（SOF@OTG_FS_GINTSTS）
 - 可从HFNUM读出当前帧号，以及当前帧剩余时间（多少个PHY时钟）
- 还会产生一个SOF脉冲信号
 - 宽度为12个系统时钟周期
 - 内联到TIM2的输入触发：TIM2的触发、输入捕获、输出比较都可由SOF脉冲触发
 - 也可通过SOFOUTEN@OTG_FS_GCCFG从SOF引脚输出到芯片外部

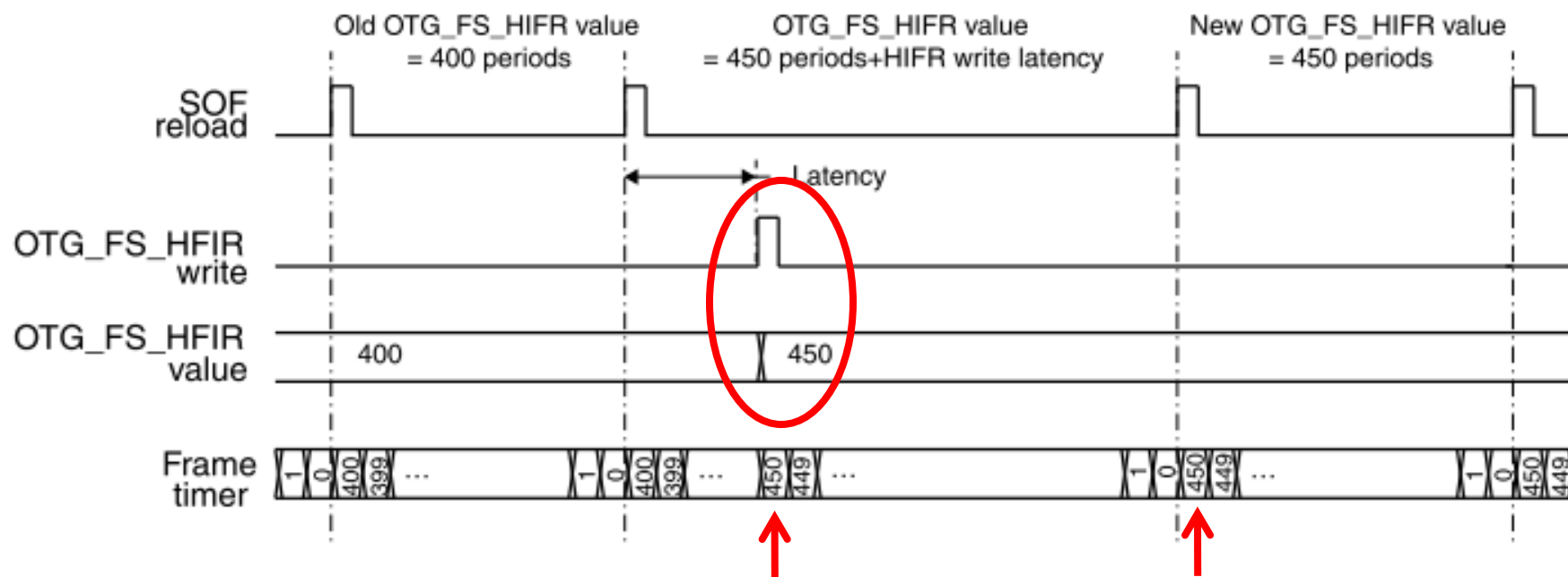
见下页

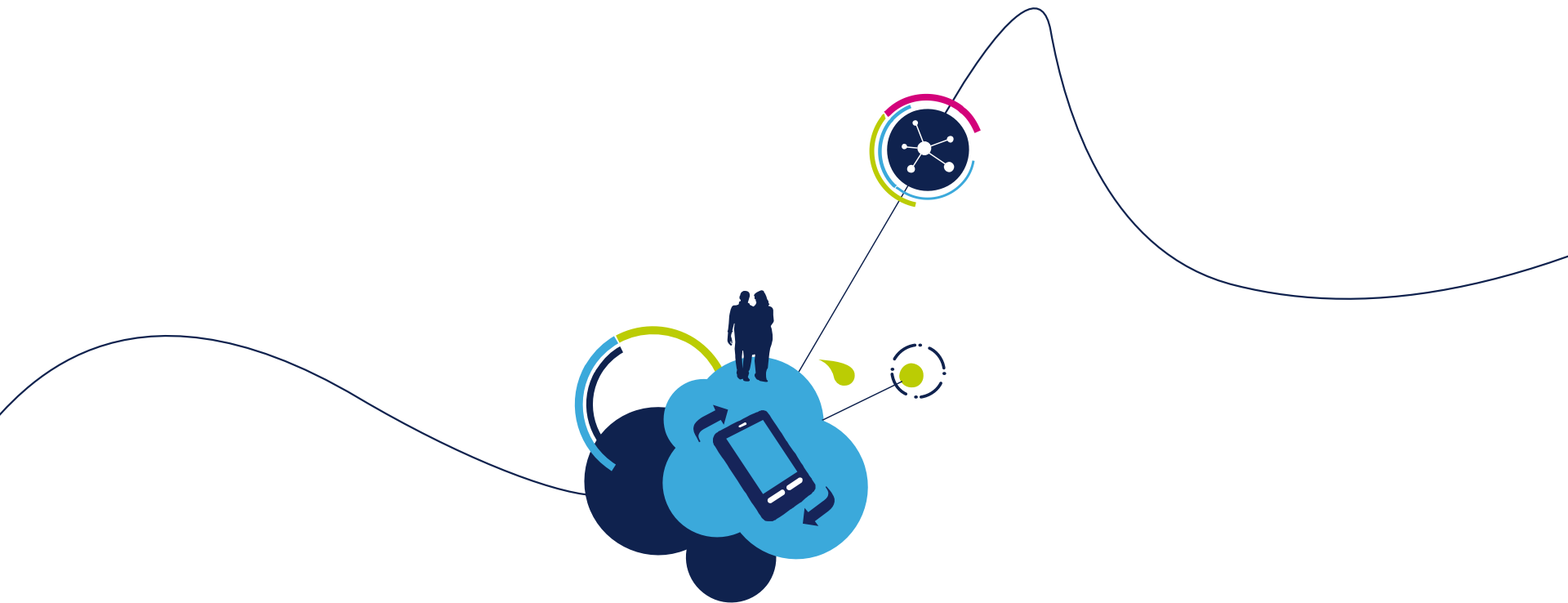
• 从机

- 每收到SOF令牌就会产生SOF中断（SOF@OTG_FS_GINTSTS）
 - 在此中断ISR可以读取当前帧号（FNSOF@OTG_FS_DSTS）
- 还会产生一个SOF脉冲信号
 - 宽度为12个系统时钟周期
 - 内联到TIM2的输入触发：TIM2的触发、输入捕获、输出比较都可由SOF脉冲触发
 - 也可通过SOFOUTEN@OTG_FS_GCCFG从SOF引脚输出到芯片外部
- 周期帧结束中断（EOPF@OTG_FS_GINTSTS）
 - 可用于通知应用程序；一帧间隔的80%,85%,90%,95%时间已经过去

动态调整帧周期长度

- 主机可以动态调整(micro-)SOF帧周期
 - 当前帧修改OTG_FS_HFIR寄存器的值
 - 下一帧才开始真正生效

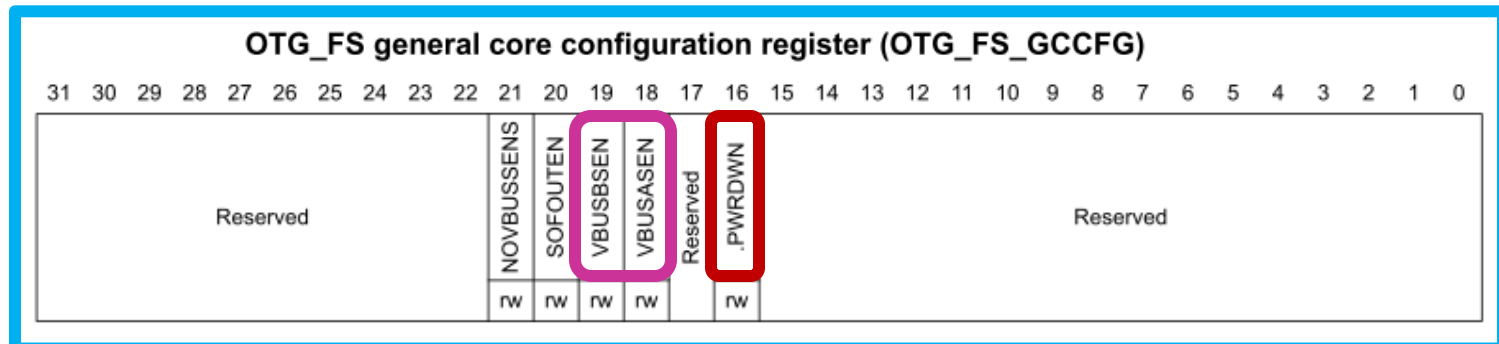




OTG模块的功耗特性

两个模块的功耗特性相同

- 节电特性
 - USB挂起模式下停止系统时钟
 - 关闭数字模块、PHY和DFIFO的时钟
- OTG_PHY的功耗
 - PHY掉电: GCCFG/PWRDWN
 - 关闭PHY中全速收发模块的时钟
 - USB操作之前必须先把这位打开
 - A-VBUS监控: GCCFG/VBUSASEN
 - 关闭和A设备操作相关的Vbus比较器
 - 主机模式下或者HNP过程中, 必须开启
 - B-VBUS监控: GCCFG/VBUSASEN
 - 关闭和B设备操作相关的Vbus比较器
 - 设备模式下或者HNP过程中, 必须开启



功耗特性

- 挂起模式下的功耗

- 停止PHY时钟(48MHz时钟区域): STPPCLK@OTG_FS_PCGCCTL

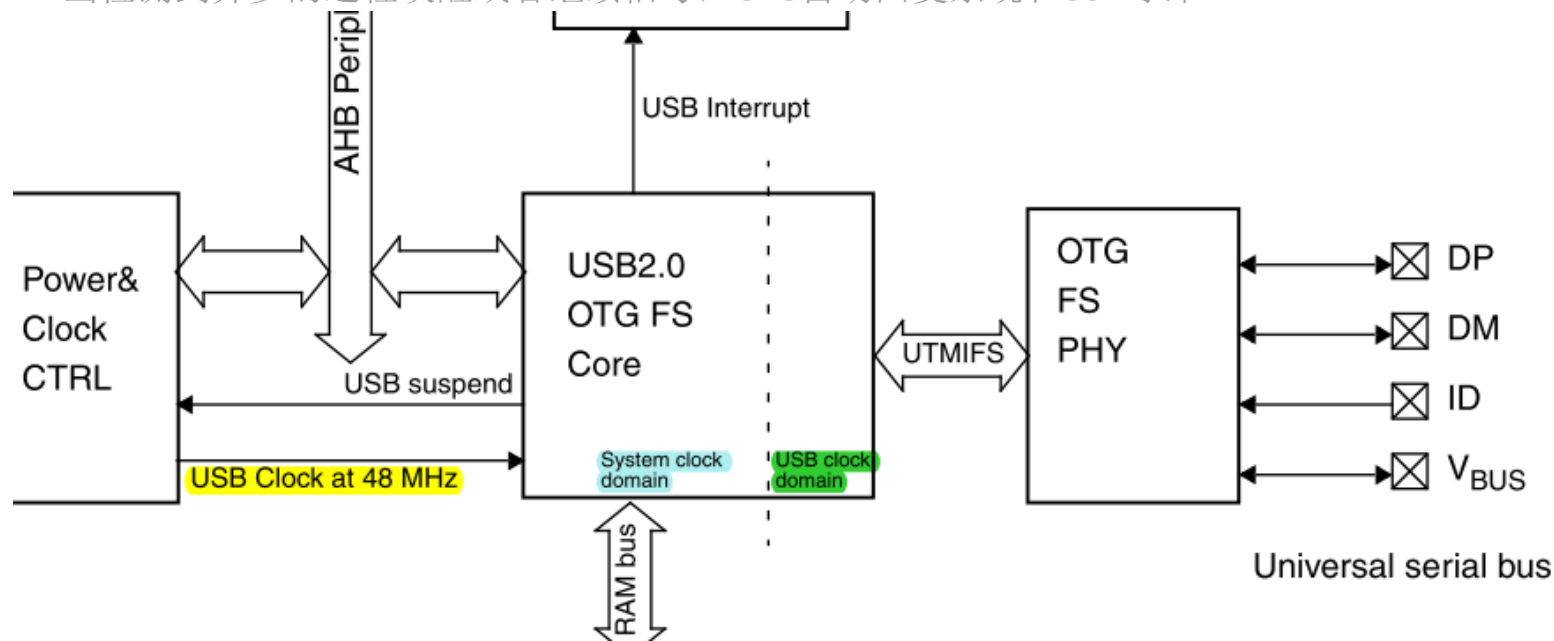
- 节省掉时钟信号切换造成的动态功耗，即时此时还有48MHz时钟的输入
 - 收发模块的大部分被禁止，只有负责检测异步resume或者远程唤醒信号的功能模块还工作

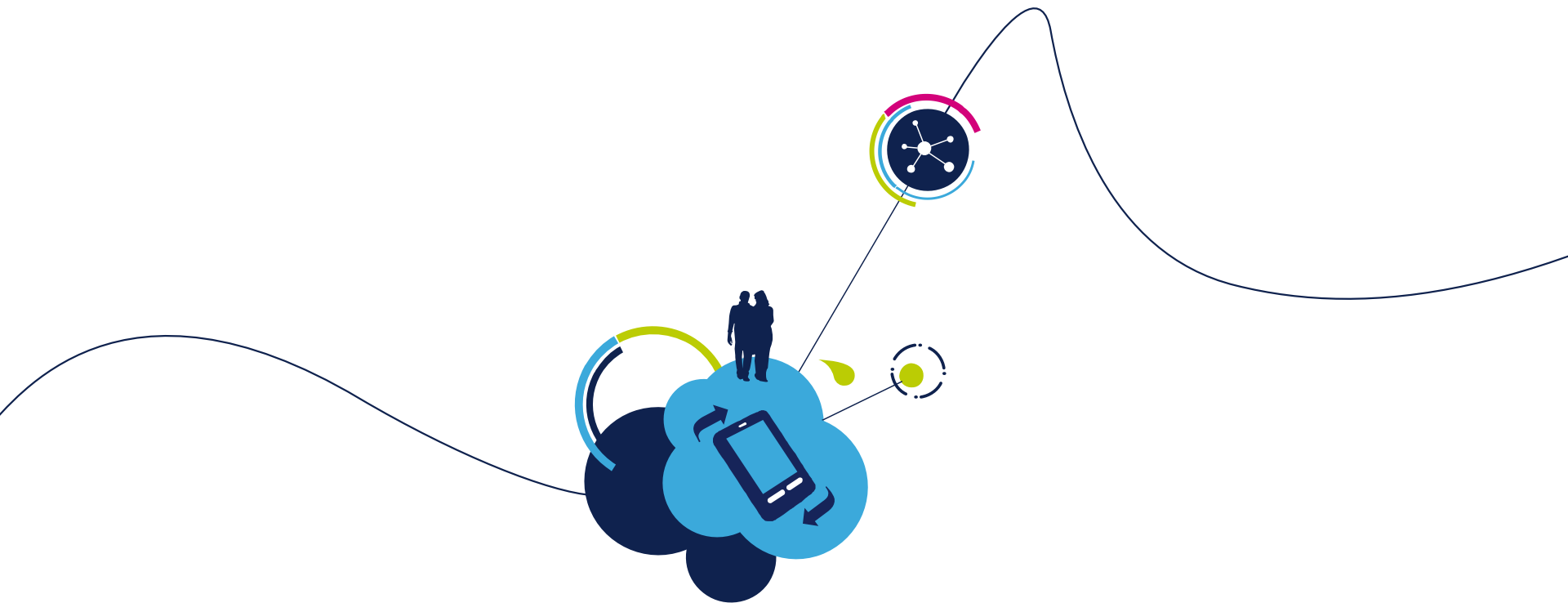
- 停止系统时钟(HCLK时钟区域): GATEHCLK

- 节省掉时钟信号切换造成的动态功耗，即时此时还有系统时钟的输入
 - 只有寄存器读写接口还保持工作

- USB系统停止模式

- 先设置“停止PHY时钟”位，再进入芯片的系统深睡眠@PWR
 - 当检测到异步的远程唤醒或者继续信号，OTG自动回复系统和USB时钟





OTG模块的中断层级

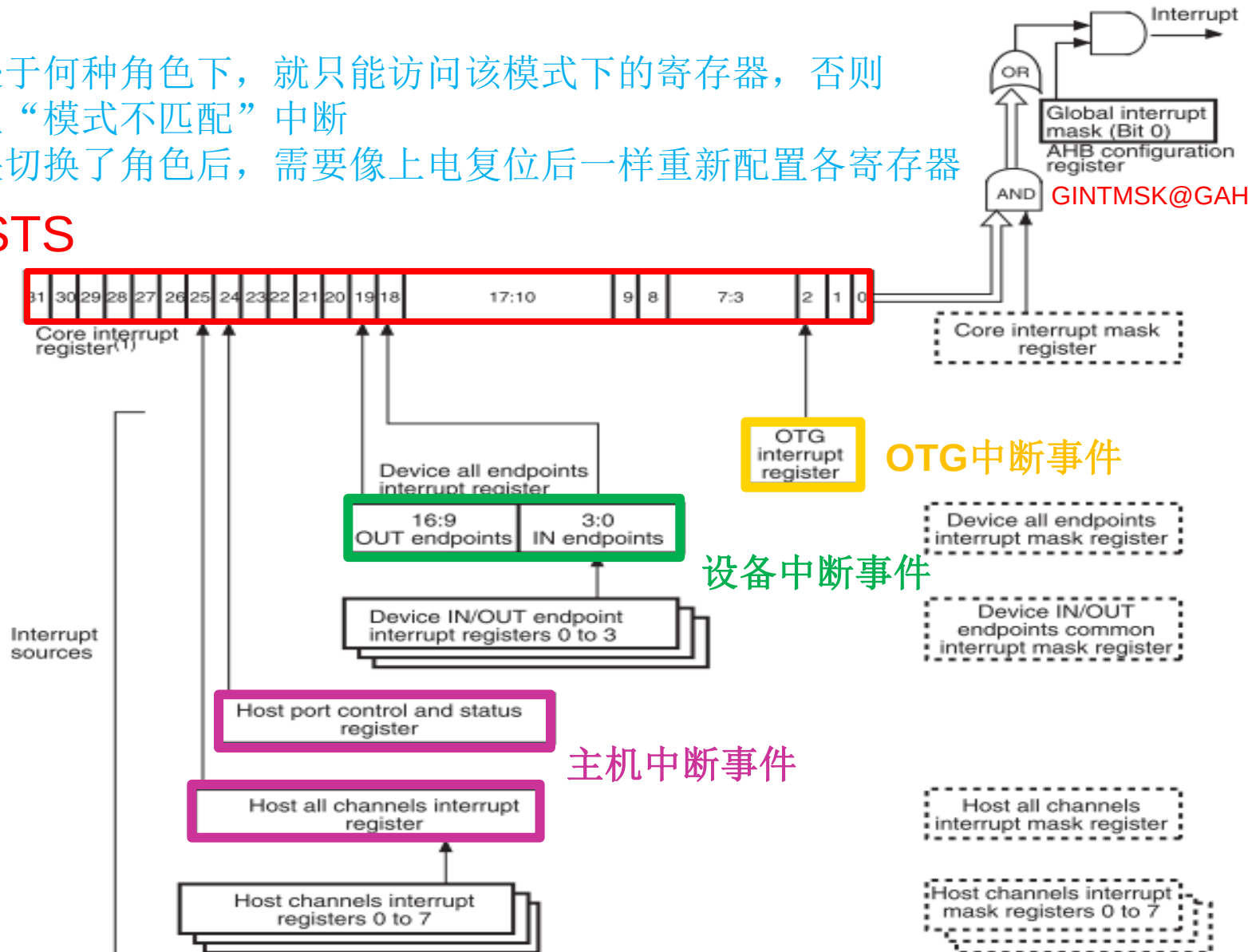
OTG FS模块的中断层级

模块处于何种角色下，就只能访问该模式下的寄存器，否则会产生“模式不匹配”中断

当模块切换了角色后，需要像上电复位后一样重新配置各寄存器

GINTMSK@GAHBCFG

GINTSTS



内核
中断
寄存器

OTG_FS core interrupt register (OTG_FS_GINTSTS)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
WKUINT	SRQINT	DISCINT	CIDSCHG	Reserved	PTXFE	HCINT	HPRTINT	Reserved	IPXFR/INCOMP/ISOOUT	IISOIXFR	OEPIINT	IEPIINT	Reserved	EOPF	ISOODRP	ENUMDNE	USBRST	USBSUSP	ESUSP	Reserved	GOUTNAKEFF	GINAKEFF	NPTXFE	RXFLVL	SOF	OTGINT	MMIS	CMOD			

OTG_FS interrupt mask register

(OTG_FS_GINTMSK)

OTG事件中断

查看详细事件信息@
OTG_FS_GOTGINT

OUT端点中断

IN端点中断

查看具体端点号@ OTG_FS_DAIN

OTG_FS all endpoints interrupt mask register
(OTG_FS_DAINMSK)

查看具体中断源 @
OTG_FS_DIEPINTx

查看具体中断源 @
OTG_FS_DOEPINTx

OTG_FS device IN endpoint common interrupt mask
(OTG_FS_DIEPMSK)

OTG_FS device OUT endpoint common interrupt mas
(OTG_FS_DOEPMSK)

主机通道中断

主机端口中断

查看具体中断源@ OTG_FS_HPRT

查看具体通道号@ OTG_FS_HAINT

查看具体中断源@ OTG_FS_HCINTx

OTG_FS Host all channels interrupt mask register

(OTG_FS_HAINTMSK)

OTG_FS Host channel-x interrupt mask register

(OTG_FS_HCINTMSKx)

GINSTS

位	域名		
31	WKUINT	检测到Resume/wkup信号	【H】 【D】
30	SRQINT	会话请求/检测到新会话	【H】 【D】
29	DISCINT	检测到设备从我这个主机断开连接	【H】
28	CIDSCHG	ID线状态变化	【H】 【D】
26	PTXFE	周期传输发送FIFO空	【H】
25	HCINT	主机通道事件	【H】 继续查看OTG_FS_HAINT和 OTG_FS_ HCINTx 来确定哪个通道上的具体中断
24	HPRTINT	主机端口事件	【H】 继续查看OTG_FS_ HPRT 来确定具体中断
21	IPXFER/INC OMPISOOUT	周期传输未完成	【H】 / 【D】
20	IISOIXFR	未完成的同步IN传输	【D】
19	OEPINT	OUT端点中断	【D】 继续查看OTG_FS_DAJNT和 OTG_FS_ DOEPINTx 来确定哪个端点上的具体中 断
18	IEPINT	IN端点中断	【D】 继续查看OTG_FS_DAJNT和 OTG_FS_ DIEPINTx 来确定哪个端点上的具体中断
15	EOPF	周期帧结束了	【D】
14	ISOODRP	同步OUT包丢包(RxFIFO空间不够)	【D】

GINSTS(2)

位	域名		
13	ENUMDNE	枚举完成	【D】 读取OTG_FS_DSTS获得枚举出来的速度
12	USBRST	检测到USB复位	【D】
11	USBSUSP	检测到USB挂起状态	【D】
10	ESUSP	检测到早期USB挂起状态	【D】
7	GONAKEFF	“设置全局OUT NAK” 位生效	【D】
6	GINAKEFF	“设置全局IN NAK” 位生效	【D】
5	NPTXFE	非周期传输发送FIFO空	【H】
4	RXFLVL	接收FIFO非空	【H】 【D】
3	SOF	发出/检测到SOF信号	【H】 【D】
2	OTGINT	OTG中断事件	【H】 【D】
1	MMIS	角色不匹配中断	【H】 【D】
0	CMOD	当前角色	【H】 【D】

HostChannelINTx (x=0...7)

位	域名		
10	DTERR	数据toggle错误	应用需要先读取OTG_FS_HAINT来知晓发送中断的是哪个通道
9	FRMOR	Frame溢出错误	
8	BBERR	Babble错误	
7	TXERR	传输错误 >> CRC校验失败 >> 超时 >> 比特填充错误 >> 假的EOP	
6	NYET	Stm32f407xx.h	
5	ACK	发出或者收到ACK应答	
4	NAK	收到NAK应答	
3	STALL	收到STALL应答	
2	AHBERR	Stm32f407xx.h	
1	CHH	通道halt住，通信非正常中止 >> USB总线错误 >> 应用主动为之	
0	XFRC	传输正确完成	

DIEPINTx (x=0...7)

位	域名		
7	TXFE	该端点的发送FIFO空	应用需要先读取OTG_FS_DAININT来知晓发送中断的是哪个端点
6	INEPNE	该端点上的NAK位生效了	
4	ITTXFE	发送FIFO空，却收到了IN令牌	
3	TOC	<u>EP0的IN端点上</u> 检测到超时(从上一个收到的IN令牌开始，发送超时了)	
1	EPDISD	端点被应用关闭	
0	XFRC	该端点上的传输成功结束	

DOEPINTx (x=0...7)

位	域名		
6	B2BSTUP	<u>EP0的OUT端点上</u> 收到3个以上的背靠背SETUP包	应用需要先读取OTG_FS_DAININT来知晓发送中断的是哪个端点
4	OTEPDIS	<u>EP0的OUT端点上</u> 收到OUT令牌，但是端点还未使能	
3	STUP	<u>EP0的OUT端点上</u> 的SETUP阶段结束了，且没有背靠背的SETUP包，应用可以解码SETUP中的数据内容了	
1	EPDISD	端点被应用关闭	
0	XFRC	该端点上的传输成功结束	

CONFIDENTIALITY OBLIGATIONS:

THIS DOCUMENT CONTAINS SENSITIVE INFORMATION.

IT IS CLASSIFIED "MICROCONTROLLERS, MEMORIES & SECURE MCUs (MMS) RESTRICTED AND ITS DISTRIBUTION IS SUBMITTED TO ST/MMS AUTHORIZATION

AT ALL TIMES YOU SHOULD COMPLY WITH THE FOLLOWING SECURITY RULES:

- DO NOT COPY OR REPRODUCE ALL OR PART OF THIS DOCUMENT
- KEEP THIS DOCUMENT LOCKED AWAY
- FURTHER COPIES CAN BE PROVIDED ON A "NEED TO KNOW BASIS", PLEASE CONTACT YOUR LOCAL ST SALES OFFICE OR DOCUMENT WRITTER.

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is registered trademark of STMicroelectronics
All other names are the property of their respective owners

© 2015 STMicroelectronics - All Rights Reserved

STMicroelectronics group of companies Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.

www.st.com