

译文

TC32169FTG

本资料是为了参考的目的由原始文档翻译而来。
使用本资料时，请务必以原始文档及其关联的最
新东芝信息为准，并遵守该等原始文档和东芝信
息。

原本: “TC32169FTG” 2017-09-19

翻译日: 2017-10-25

TC32169FTG

RF Transceiver for ETC

Ver. 1

内容表

1.	摘要.....	5
2.	应用.....	5
3.	特点.....	5
4.	方块图.....	6
5.	引脚分配.....	7
6.	引脚说明.....	8
7.	功能说明.....	9
7.1	电源.....	9
7.2	RF 频率.....	9
7.3	系统时钟产生.....	9
7.4	唤醒工作.....	10
7.5	RF 解调.....	10
7.6	RF 调制.....	10
7.7	调制解调器.....	11
7.8	系统控制和数据通信.....	11
7.9	状态转换图.....	12
7.10	状态说明.....	12
7.10.1	掉电和通电状态.....	12
7.10.2	通电状态到休眠状态.....	13
7.10.3	休眠状态.....	13
7.10.4	RX 状态.....	13
7.10.5	TX 状态.....	13
7.10.6	RX 状态和 TX 状态的转换.....	13
7.11	顺序说明.....	14
7.11.1	芯片选择和复位.....	14
7.11.2	电源供电后的工作.....	15
7.11.3	唤醒功能.....	16
7.11.4	暂停.....	18
7.11.5	调制解调器在 TX/RX 中的使用.....	19
7.11.6	中断.....	20
7.12	流程图举例.....	21
7.12.1	通电状态到 TX 状态（直接模式）.....	21
7.12.2	通电状态到 RX 状态（直接模式）.....	22
7.12.3	通电状态到休眠状态以准备 RX 状态（常规/自动唤醒）.....	23
7.12.4	暂停.....	24
7.12.5	休眠状态到 RX 状态（常规唤醒）.....	25
7.12.6	休眠状态到 RX 状态（自动唤醒）.....	26
7.12.7	休眠状态到 TX 状态.....	27

7.12.8	RX 状态.....	28
7.12.9	BST 接收时的 RX 状态.....	29
7.12.10	接收频率更改	30
7.12.11	TX 状态.....	31
7.12.12	传输频率更改	32
7.12.13	RX 状态到 TX 状态.....	33
7.12.14	TX 状态到 RX 状态.....	34
7.13	下行链路帧的顺序接收	35
7.14	CRC 错误帧的接收.....	36
7.15	CRC 选择.....	36
7.16	用于系统控制的寄存器访问.....	37
7.16.1	SPI 控制数据格式.....	37
7.16.2	SPI 信号时序规格.....	39
8.	寄存器概述和详细说明	40
8.1	寄存器概述.....	40
8.2	00h; 软件复位.....	42
8.3	01h; TX/RX 状态选择	43
8.4	02h; 选择 INTRPT/DIO 引脚的功能.....	44
8.5	04h; 接收 PLL 频率设置 (LSB)	45
8.6	05h; 接收 PLL 频率设置 (MSB)	46
8.7	06h; 传输 PLL 频率设置 (LSB)	47
8.8	07h; 传输 PLL 频率设置 (MSB)	48
8.9	08h; 复位 PLL Block.....	49
8.10	09h; 传输功率控制.....	50
8.11	0Ah; 调制和 IF 滤波器设置.....	51
8.12	0Bh; 唤醒灵敏度设置.....	52
8.13	10h; 传输/接收 FIFO 的读取/写入数据.....	53
8.14	11h; 中断	54
8.15	12h; 中断屏蔽设置.....	55
8.16	13h; 中断清除.....	56
8.17	14h; 反转中断引脚输出	57
8.18	15h; 传输和接收比特率设置	58
8.19	16h; 加速和减速系数设置.....	59
8.20	17h; 最大接收数据长度设置	61
8.21	18h; 唤醒检测周期数设置.....	62
8.22	19h; 唤醒工作选择.....	63
8.23	1Ah; 唤醒检测定时器的校准启动.....	64
8.24	1Bh; 清除 WAKE_UP 引脚输出	65
8.25	1Ch; 数据写入至唤醒寄存器.....	66
8.26	1Dh; 接收数据的字节长度设置	67

8.27	2Ch; CRC 设置	68
8.28	36h; 接收检测定时器设置	69
8.29	3Ch; 测试选择	70
8.30	3Dh; 唤醒检测的频率设置	71
8.31	3Eh; 唤醒频率寄存器控制	72
8.32	43h; 接收 FIFO 寄存器清除	73
8.33	56h; 晶体振荡器微调	74
8.34	5Ch; 接收 CRC 选择	75
8.35	5Dh; CRC 数据信息	76
9.	绝对最大额定值	77
10.	工作范围	77
11.	电气特性	78
12.	典型的测量电路	82
13.	参考数据	84
14.	评估电路举例	87
15.	应用电路 (参考)	88
16.	封装图	89
16.1	封装尺寸	89
16.2	标记	90
RESTRICTIONS ON PRODUCT USE		91

TOSHIBA CMOS Integrated Circuit Silicon Monolithic

TC32169FTG

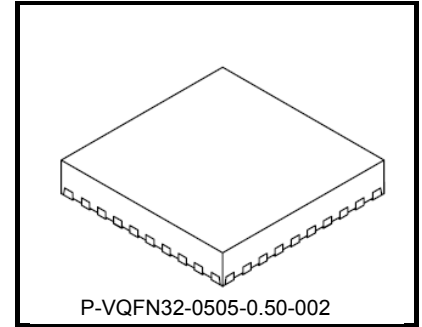
包括调制解调器/唤醒的 ETC 用 5.8 GHz RF 收发器

1. 摘要

TC32169FTG 是用于 ETC（电子收费）系统的单芯片 5.8-GHz RF 收发器。它主要用于汽车系统的 OBU（板上单元）。

该 IC 中含有唤醒探测器，晶体振荡器，混合器，IF 放大器，IF 滤波器，RSSI（接收信号强度指示器），ASK/OOK 调制器/解调器，传输频带限制滤波器和 PA。

实现休眠模式（只启用 WAKEUP 模块）中的电流消耗低于 5 μ A。同时该 IC 也支持 MLFF（多通道自由流动）快速启动顺序和双频段接收等待（同时在 5830 MHz 和 5840 MHz 接收数据）。



重量: 0.08g (Typ.)

2. 应用

该 IC 可用于比特率为 256 kbps 或 512 kbps 的 ETC 系统。

3. 特点

- 低电流消耗
- 快速启动顺序（详情参考电气特性）
- 小封装：P-VQFN32-0505-0.50-002, 5.0 mm \times 5.0 mm 平方
- 包括唤醒功能
- 包括调制解调器功能（可添加 CRC，后同步信号，或前导信号）
 - 调制解调器模式：通过内部调制解调器的数据传输
 - 直接模式：可通过 INTRPT/DIO 引脚数据传输或接收
- 支持 MLFF（多通道自由流动）
 - 从 MCU 通过 CE 引脚的启动控制
 - 可选择使用自动启动顺序的自动唤醒功能
- 包括 IF 滤波器
 - 使用内部 IF 滤波器对于接收信号的高选择性能
- 从专用引脚的 IC 控制
 - 采用 CE 引脚从休眠模式的快速启动顺序
 - 使用 TXRX 引脚快速切换 TX（传输）和 RX（接收）
 - ✧ 也可使用 SPI（串行外围接口）总线切换 TX 和 RX
- 从 SPI 总线的 IC 控制
 - 唤醒检测设置
 - ✧ 设置输出脉冲的周期数
 - ✧ 唤醒例行程序设置
 - 内部频率设置 (PLL 频率同步器); PLL = 锁相回路
 - ✧ 传输频率设置
 - ✧ 接收频率设置
 - 调制解调器功能设置
 - ✧ 切换调制解调器模式和直接模式

4. 方块图

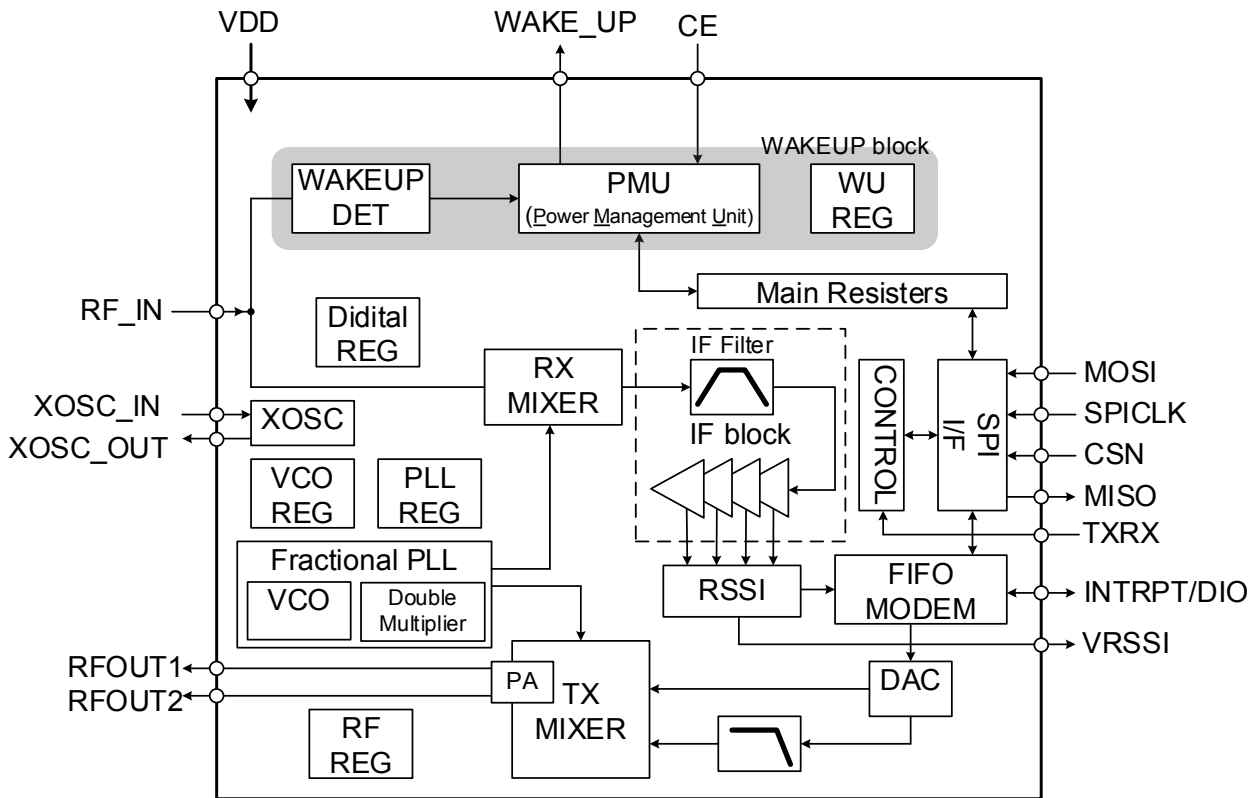


图 4-1 方块图

上图是本产品的示意图。出于解释目的，方块图中的某些功能模块和其它部件可能省略或简化。在该图中，只有阴影部分的电路在休眠模式中工作。

5. 引脚分配

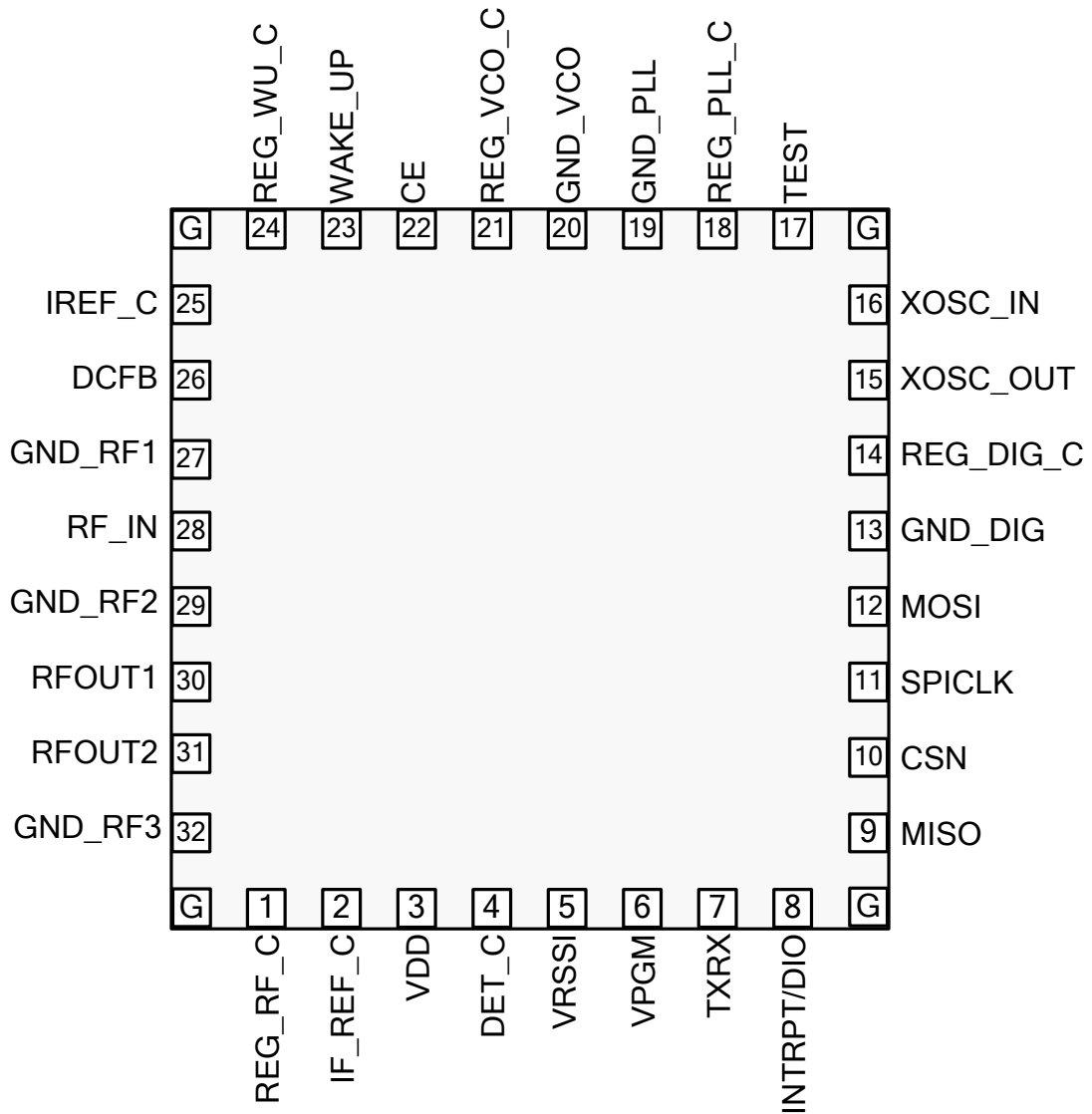


图 5-1 引脚分配 (顶视)

注：该 IC 封装四个角的 G 引脚内部连接至该 IC 的基板上。建议这些引脚连接至印刷电路板上的接地点。

6. 引脚说明

表 6-1 引脚说明

引脚号	名称	I/O	说明
1	REG_RF_C	—	连接旁路电容以保持内部稳压器稳定。
2	IF_REF_C	—	连接电容以保持 IF 滤波器电路稳定。
3	VDD	Power Supply	电源电压输入引脚 3.0 V (Typ.)。连接旁路电容。
4	DET_C	—	连接 ASK/OOK 检测器的电容。
5	VRSSI	O	RSSI 输出
6	VPGM	—	直接接地（只限于东芝测试）。
7	TXRX	I	选择传输或接收。“1”：传输/“0”：接收
8	INTRPT/DIO	I/O	通过 SPI 控制选择引脚功能。 用于中断：通过 SPI 设置调制解调器模式。 用于数据 I/O：通过 SPI 设置直接模式。
9	MISO	O	SPI 主机输入/从机输出（主机输入从机输出）。
10	CSN	I	启用 SPI 通信。 “0”：通信启用。 “1”：通信停止。
11	SPICLK	I	SPI 时钟。输入 SPI 时钟用于通信。
12	MOSI	I	SPI 主机输出/从机输入（主机输出从机输入）。
13	GND_DIG	—	数字块接地。连接至 GND。
14	REG_DIG_C	—	连接旁路电容以保持内部稳压器稳定。
15	XOSC_OUT	O	连接晶体振荡器（当使用 TCXO 时，该引脚应开路。）
16	XOSC_IN	I	连接晶体振荡器（当使用 TCXO 时，通过电容连接至该引脚。）
17	TEST	—	直接接地（仅限于东芝测试）。
18	REG_PLL_C	—	连接旁路电容以保持内部稳压器稳定。
19	GND_PLL	—	PLL 接地。连接至 GND。
20	GND_VCO	—	VCO 接地。连接至 GND。
21	REG_VCO_C	—	连接旁路电容以保持内部稳压器稳定。
22	CE	I	“1”设置是指启用传输/接收。通电后，该引脚应设置为“0”。然后设置为“1”。（参考 7.11.2。）
23	WAKE_UP	O	当检测到 14-kHz 唤醒信号时，该引脚输出“1”。 同样当唤醒功能重启时，该引脚输出“1”。
24	REG_WU_C	—	连接旁路电容以保持内部稳压器稳定。
25	IREF_C	—	连接外部电容以进行唤醒检测。 注：该引脚的特性将受连接电容的值影响。使用陶瓷电容器，注意冷凝或灰尘以免导致漏电流。
26	DCFB	—	连接外部电容以进行唤醒检测 注：该引脚的特性将受连接电容的值影响。使用陶瓷电容器，注意冷凝或灰尘以免导致漏电流。
27	GND_RF1	—	RF 模块接地。连接至 GND。
28	RF_IN	I	RF 信号输入。输入阻抗是 50-Ω (Typ.)。
29	GND_RF2	—	RF 模块接地。连接至 GND。
30	RFOUT1	O	RF 信号输出 1。连接至 50-Ω 阻抗信号线。
31	RFOUT2	O	RF 信号输出 2。连接至 50-Ω 阻抗信号线。
32	GND_RF3	—	RF 模块接地。连接至 GND。

注：上表中，“1”是指电源电压电平，“0”是指接地电平。

7. 功能说明

7.1 电源

该产品的电源电压范围是 1.8V ~ 3.6V。

VDD 引脚不仅应连接电源，还应连接旁路电容以减小噪声。

该产品中的内部稳压器提供电源电压。

在图 4-1 中，“REG”盒代表稳压器。

当接通电源时，控制唤醒工作（图 4-1 中 PMU，WAKEUP DET 和 WU REG）的电路始终“打开”。

其它电路通过内部稳压器的电源电压进行控制。

7.2 RF 频率

该产品具有一个分频 PLL。

该内部振荡器包括分频 PLL，VCO 和用于 PLL 参考信号的晶体振荡器电路。

振荡频率值可以通过 SPI 总线设置的范围是 5725 MHz ~ 5875 MHz。

(1) 接收频率设置

接收频率和 LOCAL 频率的差应设置为 +/-5 MHz。

根据应用系统或无线电环境，可以选择上 LOCAL 或下 LOCAL。

频率计算参见如下方法：

$$f_{\text{OPR,RX}} = f_{\text{LO}} \pm 5 \text{ (MHz)}$$

$$\text{NRX}[\text{D20},\text{D0}] = f_{\text{LO}} \text{ (MHz)} \times 125$$

$$= \text{NRX}[\text{D20}] \times 2^{20} + \text{NRX}[\text{D19}] \times 2^{19} + \dots + \text{NRX}[\text{D2}] \times 2^2 + \text{NRX}[\text{D1}] \times 2^1 + \text{NRX}[\text{D0}] \times 2^0$$

$f_{\text{OPR,RX}}$ 是指接收频率。 f_{LO} 是指 LOCAL 频率，可通过寄存器 NRX[D20,D0] (= 04h[D15,D0]和 05h[D4,D0])进行设置。

符号“+/-”取决于选择上 LOCAL 或下 LOCAL 频率。

接收 LOCAL 频率的初始值是 5835 MHz。

如果接收 LOCAL 频率并非设置于寄存器，则 PLL 锁定至 5835 MHz 且当 CE 引脚变成“1”后，该 IC 可同时接收 Ch1 (5830 MHz) 和 Ch2 (5840 MHz)。

需要对该寄存器进行设置以接收另一个频率信号。

当目标频率设置于 NRX 寄存器中后，寄存器 pll_reset (= 08h[D0])应设置为“1”（参考 8.9）。然后 PLL 锁定于该频率。

此后，不需要写入“0”至寄存器 pll_reset (= 08h[D0])中。

(2) 传输频率设置

对于传输频率，目标频率应直接进行设置。

$$f_{\text{OPR,TX}} = f_{\text{LO}} \text{ (MHz)}$$

$$\text{NTX}[\text{D20},\text{D0}] = f_{\text{LO}} \text{ (MHz)} \times 125$$

$$= \text{NTX}[\text{D20}] \times 2^{20} + \text{NTX}[\text{D19}] \times 2^{19} + \dots + \text{NTX}[\text{D2}] \times 2^2 + \text{NTX}[\text{D1}] \times 2^1 + \text{NTX}[\text{D0}] \times 2^0$$

$f_{\text{OPR,TX}}$ 是指传输频率。 f_{LO} 是指内部频率，可通过寄存器 NTX[D20,D0] (= 06h[D15,D0]和 07h[D4,D0])进行设置。

传输频率的初始值是 5790 MHz。

当数据接收变更为数据传输时，PLL 锁定至传输频率。

若要更改传输频率，寄存器 pll_reset 应设置为“1”，然后目标频率设置于寄存器 NTX。

此后，不需要写入“0”至寄存器 pll_reset (= 08h[D0])中。

7.3 系统时钟产生

该产品含有一个晶体振荡器电路。应使用 32.768-MHz 晶体振荡器。

晶体振荡器的重负载容量可能是导致振荡启动缓慢的原因。所以需要系统上的晶体振荡器进行充分评估以进行选择。

该数据表显示了采用东芝建议的晶体振荡器中所含有的评估板进行测量的数据值。

7.4 唤醒工作

PMU 和 WAKEUP DET 块用于唤醒工作。

PMU 和 WAKEUP DET 始终“打开”。

PMU 控制该产品的工作。

WAKEUP DET 可检测 5.8-GHz 频率段的 14-kHz 波形。

PMU 和 WAKEUP DET 与时钟一起工作，时钟由内部振荡器产生。所以无需使用特殊的振荡器。

7.5 RF 解调

解调接收到的信号。

在调制解调器模式，信号由 FIFO 调制解调器解码，并存储于寄存器中。数据可以从 SPI 总线输出。

在直接模式，解调信号从 INTRPT/DIO 引脚异步输出。

关于这些调制解调器模式的详细信息，参考 7.7。

RSSI 根据输入信号的 dB 电平输出电压电平。

7.6 RF 调制

该产品将调节输入信号的幅度，从 RFOUT 1 和 RFOUT 2 引脚输出调制信号作为高频信号。

在调制解调器模式，当数据从 SPI 总线输入时，数据可通过 FIFO 调制解调器进行编码。

在直接模式，当数据从 INTRPT/DIO 引脚输入时，数据可进行调制。

数据编码不能在直接模式中完成。传输数据应照原样输入。

关于这些调制解调器模式的详细信息，参考 7.7。

该 IC 中 ASK 调制波形的详细设置将通过 SPI 总线设置于寄存器。

7.7 调制解调器

该产品具有两个如下调制解调器模式。调制解调器模式可通过寄存器 `dio_sel` 和 `dio_en` 进行选择（参考 8.4）。在图 4-1 中，所示调制解调器即为 FIFO 调制解调器。

(1) 调制解调器模式

在该模式，使用该 IC 的内部调制解调器。可使用该 IC 的全部功能，无需外部调制解调器设备。在该模式，数据输入和输出通过 SPI 总线完成。INTRPT/DIO 引脚用于中断。

(2) 直接模式

当无需该 IC 中的内部调制解调器功能时，应设置直接模式。

应准备一个外部调制解调器设备。

在该模式，INTRPT/DIO 引脚用于数据输入和输出。

该 IC 中的调制解调器具有以下功能。

接收:

- (1) 通过前导信号进行位同步
- (2) FM0 解码
- (3) 通过帧起始标记检测帧
- (4) 异常检测
- (5) 零检测
- (6) 由帧结束标记生成信息帧中第二层的帧长度
- (7) 通过 CRC16 的错误检测
- (8) 时钟恢复
- (9) 确定接收信号的非标准位长度

传输:

- (1) 零插入
- (2) 添加帧起始和帧结束标记
- (3) 添加前导信号和后同步信号
- (4) FM0 编码
- (5) 帧校验 (CRC16)

7.8 系统控制和数据通信

该产品的功能通过 SPI 总线和特定引脚信号组合进行控制。

该芯片的启用功能由 CE 引脚控制。

如果 CE 引脚保持于“0”，则通过 SPI 总线的控制将被禁用。

通过 SPI 总线的设置应在 CE 引脚设置为“1”后完成。

通过设置 TXRX 引脚或通过 SPI 总线的寄存器设置完成传输和接收的切换。

7.9 状态转换图

该产品主要有三种状态，休眠，接收 (RX)，和传输 (TX)。

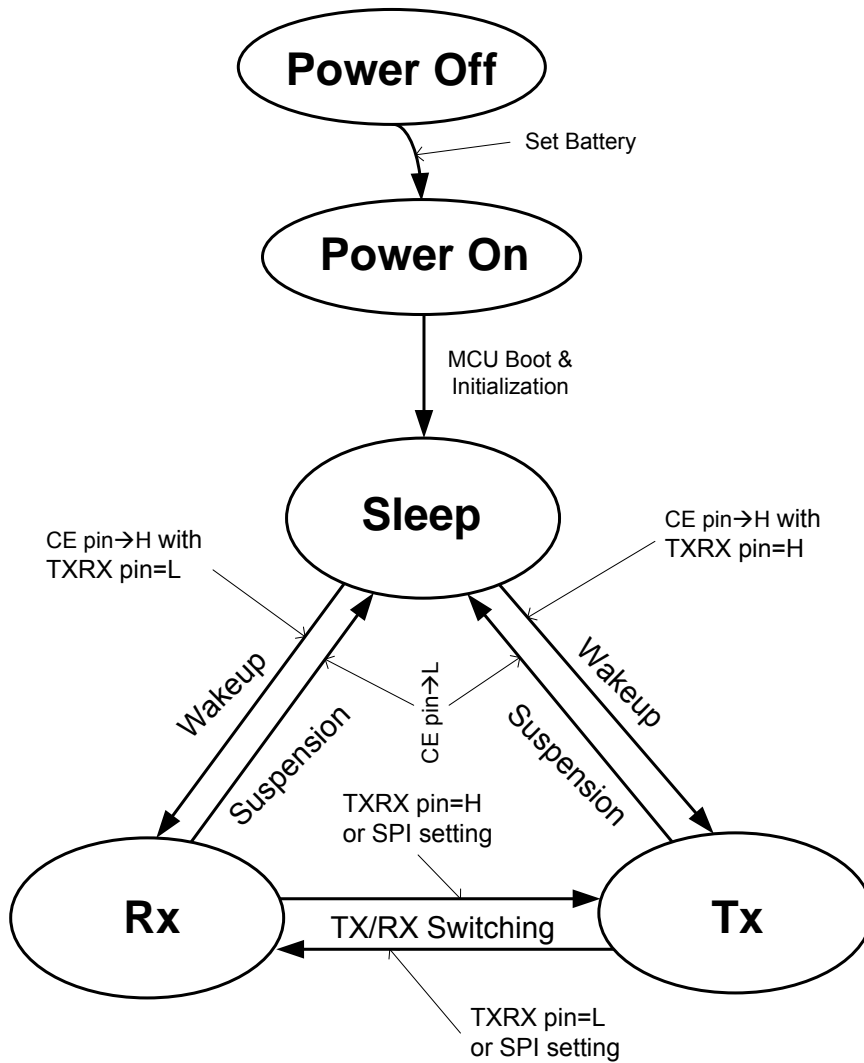


图 7-1 TC32169FTG 状态转换图

7.10 状态说明

7.10.1 掉电和通电状态

在掉电状态，电源不提供至 ETC 的 OBU。
 因为无电源，所有功能停止。
 在通电状态，电源提供至 ETC 的 OBU。
 电源提供至 IC 且被初始化。

7.10.2 通电状态到休眠状态

MCU 正在等待自行启动。

MCU 的启动顺序假定如下：首先，MCU 复位并初始化。然后设置 MCU 的引脚分配，I/O 条件和功能。最后 MCU 控制该 IC。当该产品通过 MCU 复位并初始化后，产品将进入休眠，RX 或 TX 这三个状态的其中一个。当产品用于 OBU 时，建议采用休眠状态。

注：当 CE 引脚设置为“1”前，它应保持“0” 600 μ s 或更长以确保初始化该 IC。详情参考 7.11.2。

7.10.3 休眠状态

只启用该产品的唤醒检测模块 (PMU, WAKEUP DET 和 WU REG)。

可执行以下指令：

唤醒灵敏度设置，启动唤醒信号的周期数，常规唤醒或自动唤醒的选择。

该 IC 的其它模块不提供电源以降低电流消耗。

外部 MCU 应处于空闲状态（呼叫休眠状态，低功耗状态，及其它）且正在等待该 IC 的唤醒中断。

PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器在休眠状态将保留其数据。

7.10.4 RX 状态

该产品可接收 ASK 或 OOK 调制的 RF 信号。

它可接收 5.8-GHz 频带的 FM0 编码的 512 或 256-kbps ASK 或 OOK 调制 RF 信号。

当 TXRX 引脚设置为“0”时，该 IC 变成 RX 状态。

如果使用寄存器设置，寄存器 TXRX_en (= 01h[D1])应设置为“0”或完成组合，比如寄存器 TXRX_en 应设置为“1”，寄存器 TXRX (= 01h[D0])，“0”。

然后，该 IC 开始检测物理层的帧。

当检测到物理层的帧时，不包括 FCS（帧校验顺序）的信息帧将存储于寄存器 TRXFIFO (= 10h[D2047,D0])中。rx_ready 中断将施加于外部 MCU。

注：应读取存储于寄存器 TRXFIFO 中的接收数据。当寄存器中存满接收数据时，新的接收数据将覆盖且之前的数据消失。为避免发生这种情况，可使用寄存器 dettimer_dis (= 36h[D0])。它可以控制标志错误定时器。定时器值是 2 ms，存储的数据可在这 2 ms 内读取。

注：如果 FIFO 数据无意中被覆盖，则可以将寄存器 clr_fifo (= 43h[D8])设置为“0”以清除寄存器 TRXFIFO。

7.10.5 TX 状态

该产品可以传输 ASK 或 OOK 调制信号。

它传输 5.8-GHz 频段的 FM0 编码的 512 或 256-kbps ASK 或 OOK 调制 RF 信号。

最大 RF 输出电平是 +3 dBm (Typ.)。

当 TXRX 引脚设置为“1”时，该 IC 变成 TX 状态。

如果使用寄存器设置，该寄存器 TXRX_en (= 01h[D1])应设置为“0”或完成组合，比如寄存器 TXRX_en 应设置为“1”且寄存器 TXRX (= 01h[D0])，“1”。

当传输数据存储于寄存器 TRXFIFO 后，数据传输可以开始。

当传输完成后，tx_done 中断将施加于 MCU。

7.10.6 RX 状态和 TX 状态的转换

为了转换 RX 状态和 TX 状态，可使用 TXRX 引脚或组合使用寄存器 TXRX 和寄存器 TXRX_en。通过寄存器 (0hXX)完成选择。

当使用 TXRX 引脚时，输入数据应至少保持 1.3 μ s 以转换 TX 状态和 RX 状态。否则，可能无法正确完成 PLL 初始化并发生故障。

应考虑 PLL 锁定时间约 30 μ s 不包括于中断时间内。

在转换前，应对寄存器 NRX 和 NTX 设置适当频率。

无论何时当发生 TX 状态和 RX 状态的转换时，寄存器 TRXFIFO 将自动清除。

注：以上所述的信号持续时间取决于晶体振荡器的频率。

7.11 顺序说明

本节将介绍 TC32169FTG 的顺序摘要以实施适当的控制。关于顺序详细信息，参考 7.12 中的流程图举例。

7.11.1 芯片选择和复位

对于以下情况，应仔细考虑芯片启用和复位工作。

- 定时刷新以从宇宙射线，外部噪声，和其他导致的寄存器错误中恢复
- 系统中发生不期望的工作
- 通知中断寄存器中发生错误
- 接收 RF 信号后未从 FIFO 获得期望的数据。或发生接收故障。

某些复位，比如 PLL 复位，将用于 ETC 的控制例程。

这也叫做唤醒功能的复位，WAKE_UP 引脚的输出设置被复位且该产品进入休眠状态。

关于该 IC 的芯片启用和复位的说明，参见表 7-1。

表 7-1 芯片启用和复位

项目	说明	使用条件	控制
唤醒 复位	唤醒功能复位和初始化。 通过复位进行初始化是指校准唤醒检测定时器以检测 14-kHz 波形。	通过该项复位，唤醒功能可用。也就是说，该功能可用于以下情况。 - 在进入休眠状态前准备下一次传输。 - 在发生致命故障后。 - 在接收到故障后。	强制。 设置寄存器 wk_clr (=1Bh[D8])为“1”以更改 WAKE_UP 引脚输出，从“1”至“0”。 建议。 设置寄存器 wk_reg_wen (= 1Ch[D8])为“1”。复位后，寄存器 wk_reg_wen 数据自动恢复至“0”（初始值）。 初始化时，设置寄存器 wkcal_en (= 1Ah[D8])为“1”，同时要求复位唤醒功能。 设置寄存器 w_s_set (=0Bh[D3,D0]), wk_num (=18h[D3,D0]), autowk (=19h[D0])。通过设置寄存器 wk_reg_wen 为“1”，这些寄存器数据将被复制到 PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器中。在复制数据后，PMU 和 WAKEUP DET 中的寄存器数据生效。
芯片 启用	通电后，该 IC 进入集合状态*。 为避免这种状态，芯片启用功能应通过 CE 引脚输入进行控制。	在生产了实施该 IC 的 ETC 应用系统之后，在电池第一次连接时（电源电压），需要进行该项芯片启用。	在通电后，保持 CE 引脚为“0”持续 600 μs 或更久。然后更改 CE 引脚，从“0”至“1”。
		ETC 系统应在发生致命故障后进行复位。	保持 CE 引脚为“0”持续 20 μs 或更久。然后，更改 CE 引脚，从“0”至“1”。
软件 复位	所有寄存器和调制解调器将复位。 寄存器初始化。	从通电状态转换至休眠/TX/RX 状态过程中需要进行软件复位。 以下情况也需要进行。 - 寄存器刷新后 - MCU 检测到错误或异常情况时	在复位后，设置寄存器 RST (= 00h[D7])为“1”，寄存器 RST 的数据自动恢复为“0”（初始值）。调制解调器也可通过 CE 引脚工作进行复位。
PLL 复位	PLL 电路启动，PLL 锁定期望的频率。	- RX 状态和 TX 状态更改时 - 更改 RF 频率时	设置寄存器 PLL_RST (= 08h[D0])为“1”。 PLL 复位寄存器是触发 PLL 电路初始化的触发器。 此后，无需写入“0”。

注：关于集合状态*详情，参考 7.11.2。

注：表中所述信号持续时间取决于晶体振荡器的频率。

7.11.2 电源供电后的工作

ETC 应用系统包括 TC32169FTG 和 MCU 作为控制器，在通电后执行系统开始例行程序。

这里的“系统”是指包括该产品和 MCU 作为控制器的单元。

首先，应对该 IC 和 MCU 进行正确复位以进行初始化。

通电后，该 IC 和 MCU 的状态是不确定的。（MCU 开始例行程序的复位和初始化叫做“启动”。）

当电源电压达到该产品的工作电压时，MCU 应复位和初始化（启动）。

另一方面，通电后该 IC 中 PMU 和 WAKEUP DET 的状态尚不确定（休眠状态，TX 状态，或 RX 状态）。MCU 应设置该 IC 的 CE 引脚至“0”并持续 600 μ s 或更长以确定该 IC 的状态。该产品将在这 600 μ s 时间内进行启动。然后该 IC 进入短暂的不确定状态。不确定状态是指 PMU 和 WAKEUP DET 的逻辑状态不确定，直到通过寄存器设置以完成复位和初始化后才确定状态。

在通过寄存器设置以完成初始化之前，MCU 应在禁用 CE 引脚复位后等待 400 μ s 或更长。

系统开始顺序的时序图举例如下。

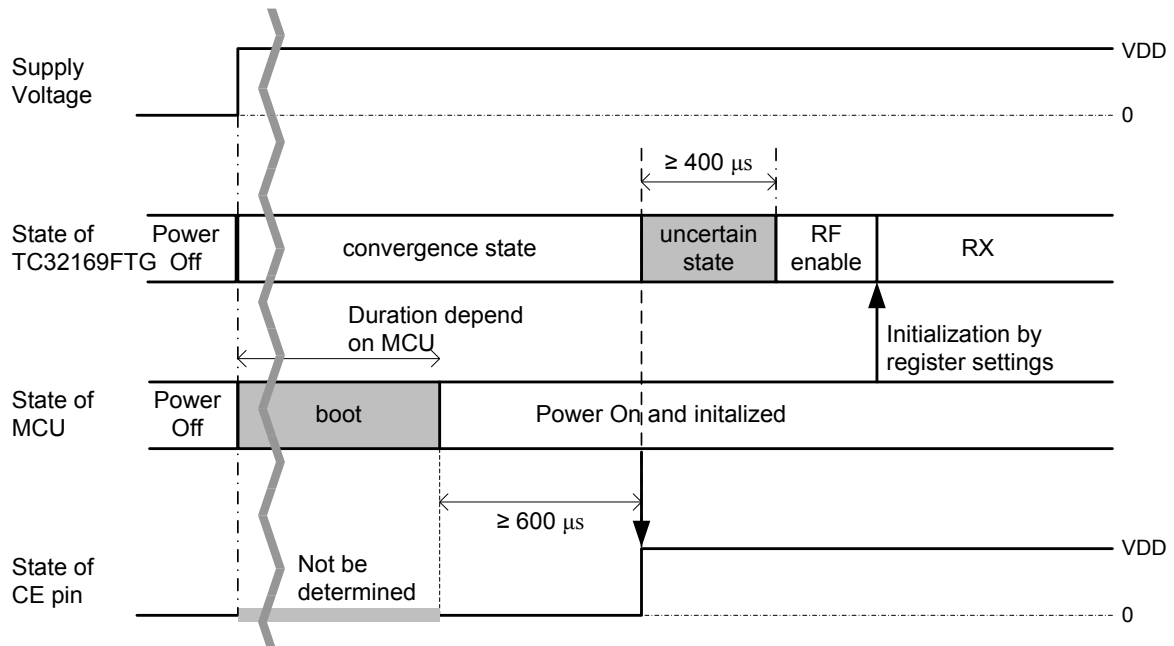


图 7-2 系统开始时序图举例

注：图中所述的信号持续时间取决于晶体振荡器的频率。

注：需要保持图中所述信号之间的时间关系才能保证该 IC 的工作。

7.11.3 唤醒功能

该产品具有唤醒功能以检测 5.8-GHz 频段的 14-kHz 波形。

当检测到 14-kHz 唤醒信号时，WAKE_UP 引脚在常规唤醒模式中输出“1”。

当 WAKE_UP 引脚输出“1”，该 IC 状态应通过 SPI 总线进行检查，然后完成目标设置。

当该产品用于 ETC 时，该 IC 支持 MLFF 的自动唤醒功能。

当选择自动唤醒功能时，该 IC 能在收到 14-kHz 唤醒信号后自动开始数据接收。且该 IC 能同时接收 5830 和 5840-MHz 信号无需任何外部控制。

当正确完成接收后，数据存储于 FIFO 寄存器中并保持在那。

如果 CE 引脚转至“1”，接收数据将被丢弃。

唤醒顺序所用的如下设置应通过 SPI 总线在寄存器中完成，同时 CE 引脚为“1”。

若要设置常规唤醒，寄存器 autowk (= 19h[D0])应在 PMU 和 WAKEUP DET 初始化中设置为“0”。

如果寄存器未被写入，则初始值为“0”，可选择常规唤醒。

若要设置自动唤醒，寄存器 autowk (= 19h[D0])应在 PMU 和 WAKEUP DET 初始化中设置为“1”。

在进入休眠状态前，唤醒设置数据应传输（写回）至 PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器。所选择的唤醒功能生效。

(1) 常规唤醒

仅当 CE 引脚为“0”时，该功能可用。

当设置常规唤醒时，在检测到 14-kHz 唤醒信号时，WAKE_UP 引脚输出“1”。

该信号应为通过 MCU 控制的 IC 的触发器。系统启动时间是该 IC 和 MCU 在常规唤醒工作中启动时间的总和。

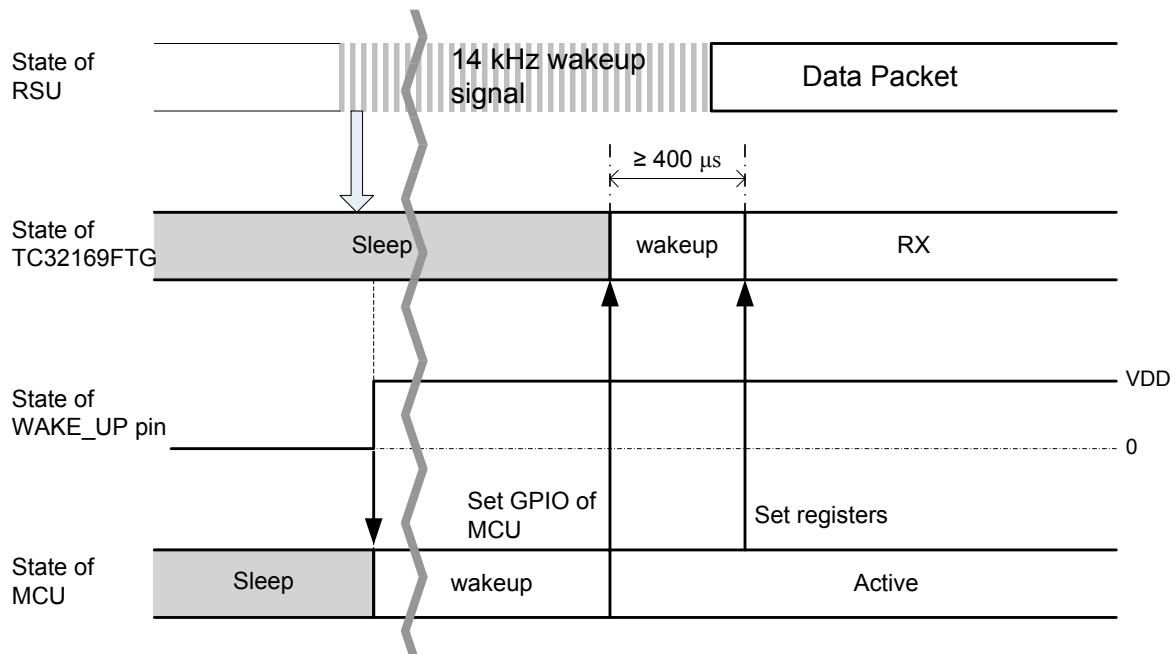


图 7-3 常规唤醒

注：图中所述的信号持续时间取决于晶体振荡器的频率。

(2) 自动唤醒

当设置自动唤醒时，在检测到 14-kHz 唤醒信号时，无论 CE 引脚值是多少，WAKE_UP 引脚输出“1”。该产品被启用且 XOSC 振荡开始。
 当 WAKE_UP 引脚变为“1”时，如果 CE 引脚保持为“0” 20 μs 或更长，则该 IC 将自动恢复为自动唤醒。该 IC 和 MCU 可在自动唤醒模式并行启动。
 所以可缩短启动时间。
 并降低系统的电流消耗。

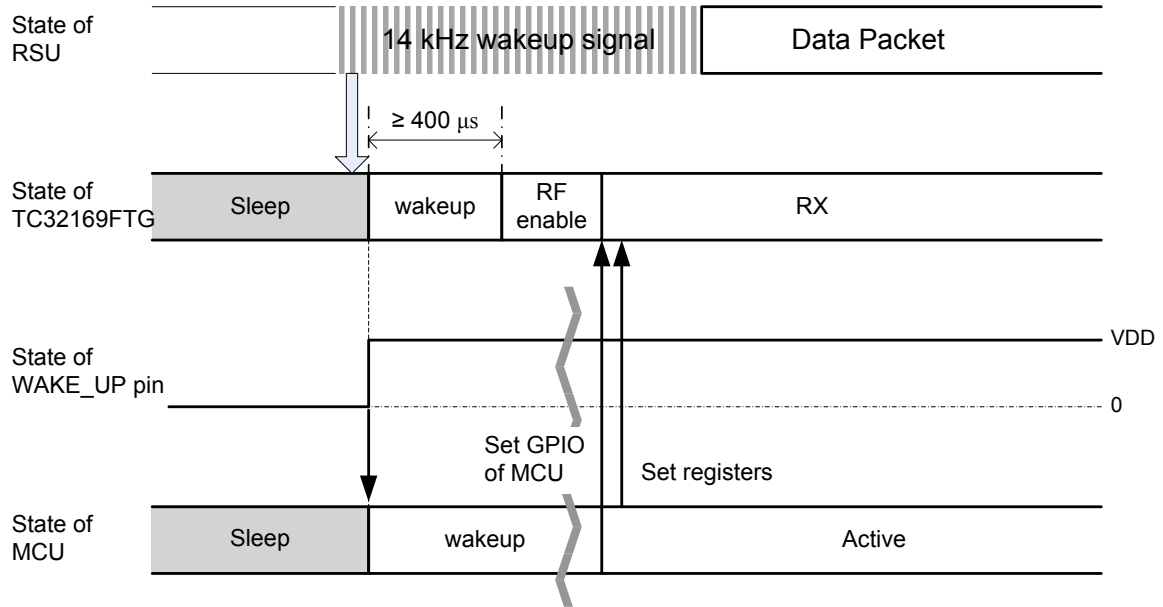


图 7-4 Auto Wakeup

注：MCU 和 TC32169FTG 之间的通信应在这些唤醒时间结束后开始。
 注：图中所述的信号持续时间取决于晶体振荡器的频率。

7.11.4 暂停

当 CE 引脚变为“0”时，无论寄存器设置是什么，该 IC 进入休眠状态。

在进入休眠状态前或当保持在 TX 状态或 RX 状态中时，应设置在休眠状态中所使用的唤醒功能，然后 CE 引脚应更改为“0”。这被叫做“写回至唤醒寄存器”。如果该写回工作省略了，则唤醒功能可能在下一次唤醒信号输入时不能正确工作。

暂停的时序图如图 7-5 所示。

当 MCU 进入休眠状态前，应设置寄存器 wk_clr (= 1Bh[D8])为“1”。

然后 WAKE_UP 引脚输出“0” 40 μs 或更长。

此后，CE 引脚应设置为“0”。

以下唤醒功能复位和初始化应在 TX/RX 状态完成。

- 设置 register wk_reg_wen (= 1Ch[D8]) to "1."
- 设置 register wkcal_en (= 1Ah[D8]) to "1."
- 设置 register w_s_set (= 0Bh[D3,D0]) 至应用系统的期望值。
- 设置 register wk_num (= 18h[D3,D0]) 至应用系统的期望值。
- 设置 register autowk (= 19h[D0]) 至各类唤醒（常规/自动）的期望值。

另外，唤醒功能复位和初始化可用于当发生接收故障时。关于复位和初始化，也可参考表 7-1。

注：若在 WAKE_UP 引脚变为“0”之前，CE 引脚设置为“0”，则在休眠状态 WAKE_UP 引脚输出保持为“1”。

所以，当下次接收开始时，WAKE_UP 引脚的工作将失败。

注：为保证下一次接收成功，MCU 应在进入空闲状态前检查 WAKE_UP 引脚输出。

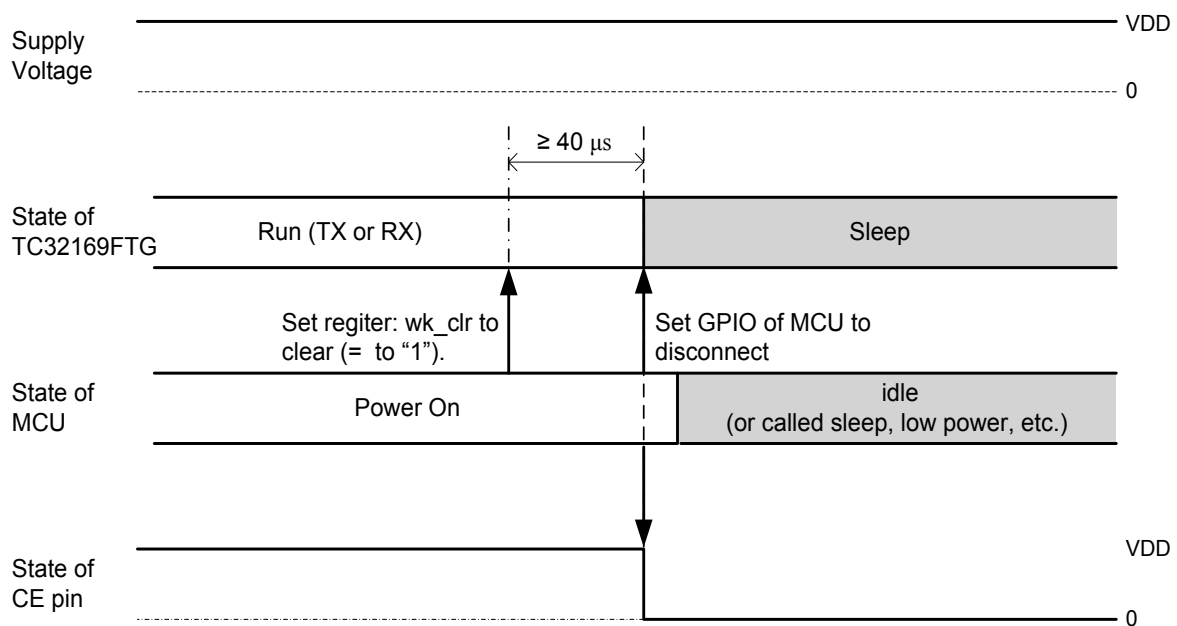


图 7-5 休眠时序图

注：这一节中所述的唤醒功能复位和初始化也应予以执行，图中并未显示。

注：图中所述的信号持续时间取决于晶体振荡器的频率。

7.11.5 调制解调器在 TX/RX 中的使用

该产品具有 4 组调制解调器工作（调制解调器模式/直接模式）和 TX/RX 状态

(1) 调制解调器模式和 RX 状态

调制解调器模式通过 SPI 总线选择且 RX 状态也可通过 TXRX 引脚或 SPI 设置进行选择。在完成接收数据后，该 IC 停止数据接收，INTRPT/DIO 引脚（用于中断）变为“1”，产生中断。中断类型可通过 SPI 总线检查。接收数据也可通过 SPI 总线读取。当中断完成时，该 IC 重新开始进行数据接收。

如果 TXRX 引脚是“0”且设置是默认值，则自动接收 5830 MHz 或 5840 MHz 的 RF 频率。若要接收另一个频率信号，则应正确更改接收内部频率的设置和 PLL 设置。

(2) 调制解调器模式和 TX 状态

调制解调器模式通过 SPI 总线选择且 TX 状态也可通过 TXRX 引脚或 SPI 设置进行选择。在开始传输时，应通过 SPI 总线设置传输频率且传输数据应写入至传输数据寄存器。5790-MHz RF 信号可通过该 IC 的默认设置进行发送。

在完成发送数据后，该 IC 停止数据传输，INTRPT/DIO 引脚（用于中断）变为“1”，且产生中断。中断类型可通过 SPI 总线检查。建议下一次传输应在确认中断生成后再进行。当下一次传输数据被写入至传输数据寄存器中后，该 IC 可重新开始发送。

(3) 直接模式和 RX 状态

直接模式通过 SPI 总线进行选择且 RX 状态也可通过 TXRX 引脚或 SPI 设置进行选择。该 IC 输出从 INTRPT/DIO 引脚（用于 DIO 引脚）接收的 ASK/OOK RF 信号的一个位流。大振幅 ASK/OOK 的 RF 信号将导致从 INTRPT/DIO 引脚输出“1”，小振幅 ASK/OOK 的 RF 信号导致输出“0”。

如果 TXRX 引脚为“0”且设置是默认值，则将自动接收 5830 MHz 或 5840 MHz RF 频率。若要接收另一个频率信号，则应正确更改接收内部频率的设置和 PLL 设置。

传输 RF 输出的比特率是固定值（512/256 kHz）或 512 kHz 的被除值（整数）。

(4) 直接模式和 TX 状态

直接模式通过 SPI 总线进行选择且 TX 状态也可通过 TXRX 引脚或 SPI 设置进行选择。该 IC 可输出 RF 信号。“1”输入至 INTRPT/DIO 引脚产生大振幅 ASK/OOK RF 信号输出，“0”产生小振幅 ASK/OOK RF 信号输出。

接收的 RF 信号的比特误差可通过该模式进行测量。

7.11.6 中断

中断信号从 INTRPT/DIO 引脚输出。当需要进行中断时，应读取中断寄存器以确认中断类型。

中断信号是电平检测型，不是边检测型。所以 MCU 应测电平检测中断。

可以对 MCU 进行 10 个中断。

当进行 rx_ready, pre_err, flag_err, rxlen_err, fm0_err, crc_ng, rx_abort 或 post_err 中断时，数据接收通过前导信号检测重新开始。当进行 txlen_err 或 tx_done 中断时，MCU 应清除这些中断以传输下一帧。

每一个中断的目标如下所述。关于寄存器图，参考 8.14。

注：中断屏蔽

每个中断均可单独屏蔽。如果设置了中断屏蔽，INTRPT/DIO 引脚的相应输出被屏蔽。虽然设置了中断屏蔽，但仍然会执行中断工作。关于寄存器图，参考 8.15。

注：清除中断

每个中断均可单独清除。当清除所有要求进行的中断后，INTRPT/DIO 引脚的输出变为“0”。中断寄存器应予以检查以准备下一次中断。关于寄存器图，参考 8.16。

注：中断极性

用于中断的 INTRPT/DIO 输出信号的极性可通过寄存器 int_inv 进行选择。在本文中，假定 INTRPT/DIO 引脚输出为“1”时表示进行中断。关于中断极性的控制，参考 8.17。

表 7-2 中断类型

项目	寄存器地址	说明
rx_ready	11h[D0]	当正确接收第 2 层信息帧时，将执行 rx_ready 中断。MCU 可从 TRXFIFO 读取第 2 层信息帧。
tx_done	11h[D1]	当完成帧传输时，将执行 tx_done 中断。应清除 MCU 的 tx_done 中断以传输下一帧。
pre_err	11h[D2]	如果在 RX 状态未于 2 ms 内检测到前导信号，将执行 pre_err 中断。
flag_err	11h[D3]	如果在 RX 状态未于 2 ms 内检测到帧起始标记信号，将执行 flag_err 中断。
rxlen_err	11h[D4]	当接收帧长度大于寄存器（地址：17h）中的值时，将执行 rxlen_err 中断。
fm0_err	11h[D5]	如果在数据接收过程中发生 FMO 解码器错误，将执行 fm0_err 中断。
crc_ng	11h[D6]	如果 CRC 检查的结果不正确，将执行 crc_ng 中断。
rx_abort	11h[D7]	当在帧接收过程中检测到终止模式时，将执行 rx_abort 中断。
post_err	11h[D8]	当启用后同步信号检测选项时，可执行该中断。如果未检测到后同步信号，将执行 post_err 中断。在默认设置中检测不到后同步信号。
txlen_err	11h[D9]	如果传输帧的长度不规则，将执行 txlen_err 中断。不规则长度是指长度不是字节单位或者长度低于 2 字节。

7.12 流程图举例

本节将介绍 MCU 流程图。

作为举例，对中国 ETC 系统的流程图进行说明。

这些例子中都尽可能采用初始寄存器设置。

在以下流程图中，只说明必须要进行解释的寄存器。

对于不同的系统，必需的寄存器可能有所不同。寄存器应根据章节 8 “寄存器概述和详细说明”进行设置。

注：以下流程图中所述的信号持续时间取决于晶体振荡器的频率。

7.12.1 通电状态到 TX 状态（直接模式）

直接模式通过 SPI 总线进行选择且 TX 状态也可通过 TXRX 引脚或 SPI 设置进行选择。调制信号应输入至 INTRPT/DIO 引脚（用于 DIO 引脚）。

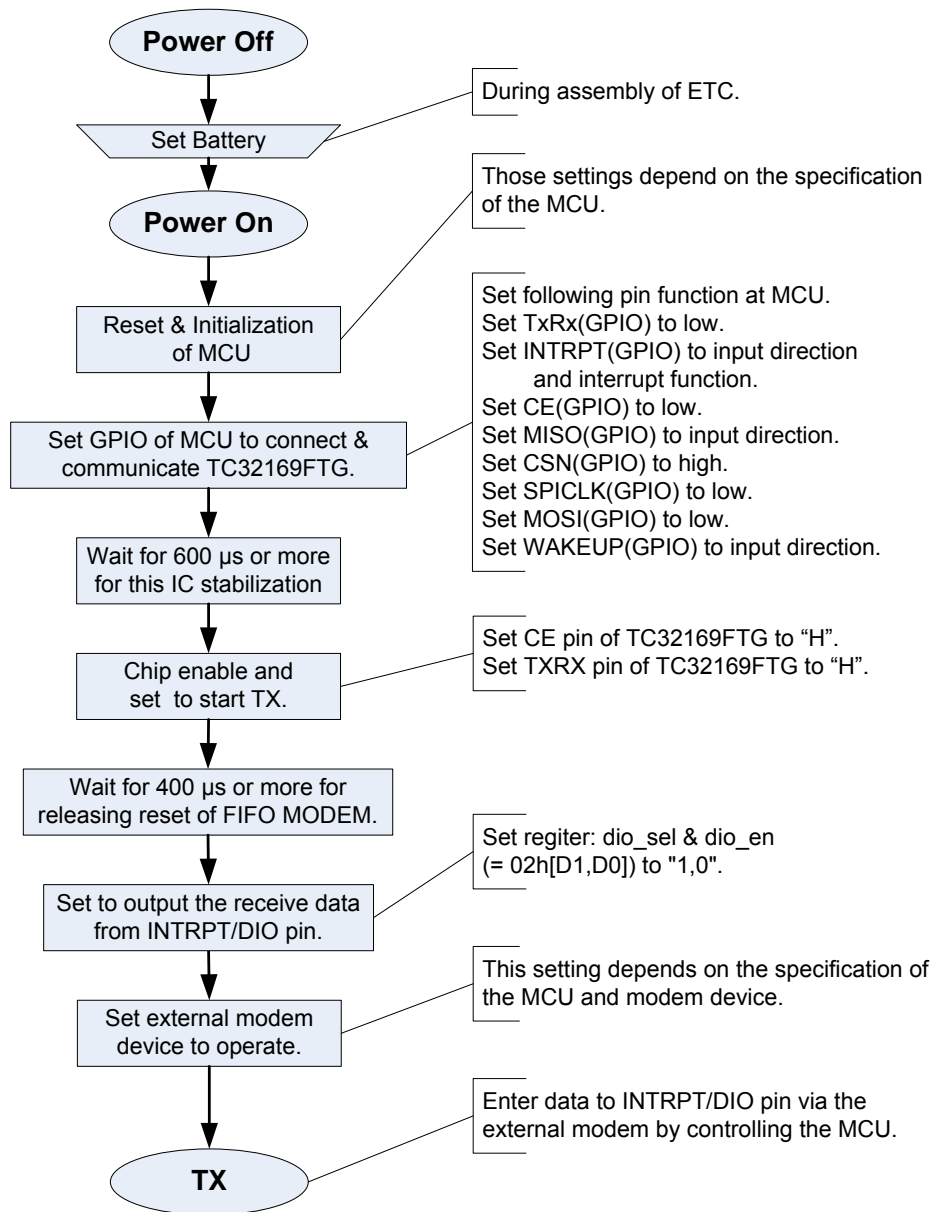


图 7-6 通电状态到 TX 状态的流程图（直接模式）

7.12.2 通电状态到 RX 状态（直接模式）

直接模式通过 SPI 总线进行选择且 RX 状态也可通过 TXRX 引脚或 SPI 设置进行选择。
 该 IC 输出从 INTRPT/DIO 引脚接收的 ASK/OOK 信号的位流（用于 DIO 引脚）。

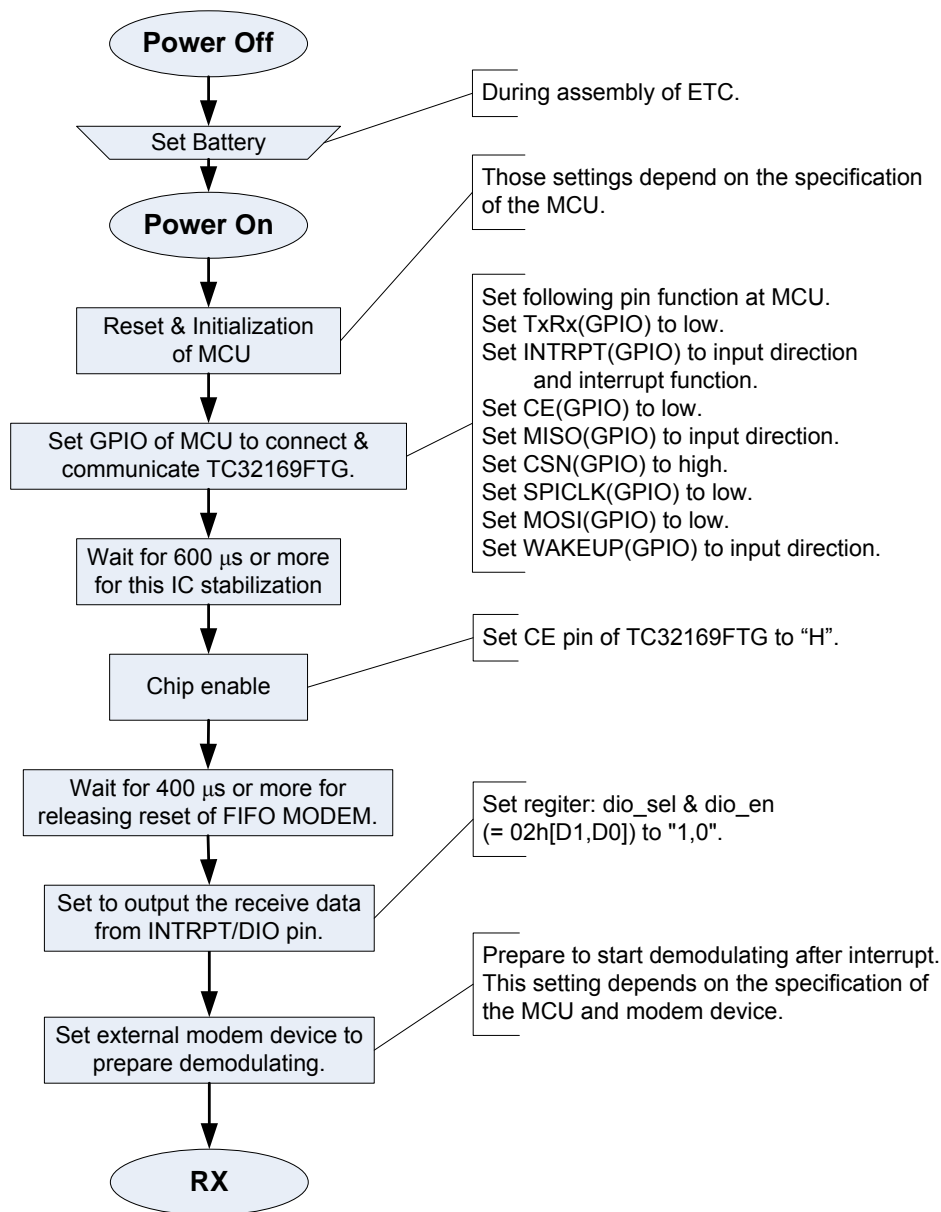


图 7-7 通电状态到 RX 状态的流程图（直接模式）

7.12.3 通电状态到休眠状态以准备 RX 状态（常规/自动唤醒）

本节将介绍用于设置休眠状态以准备 RX 状态的常规顺序。该 IC 有两种方式开始接收信号，常规唤醒和自动唤醒。该流程两者兼有。（参考下面注释内容。）

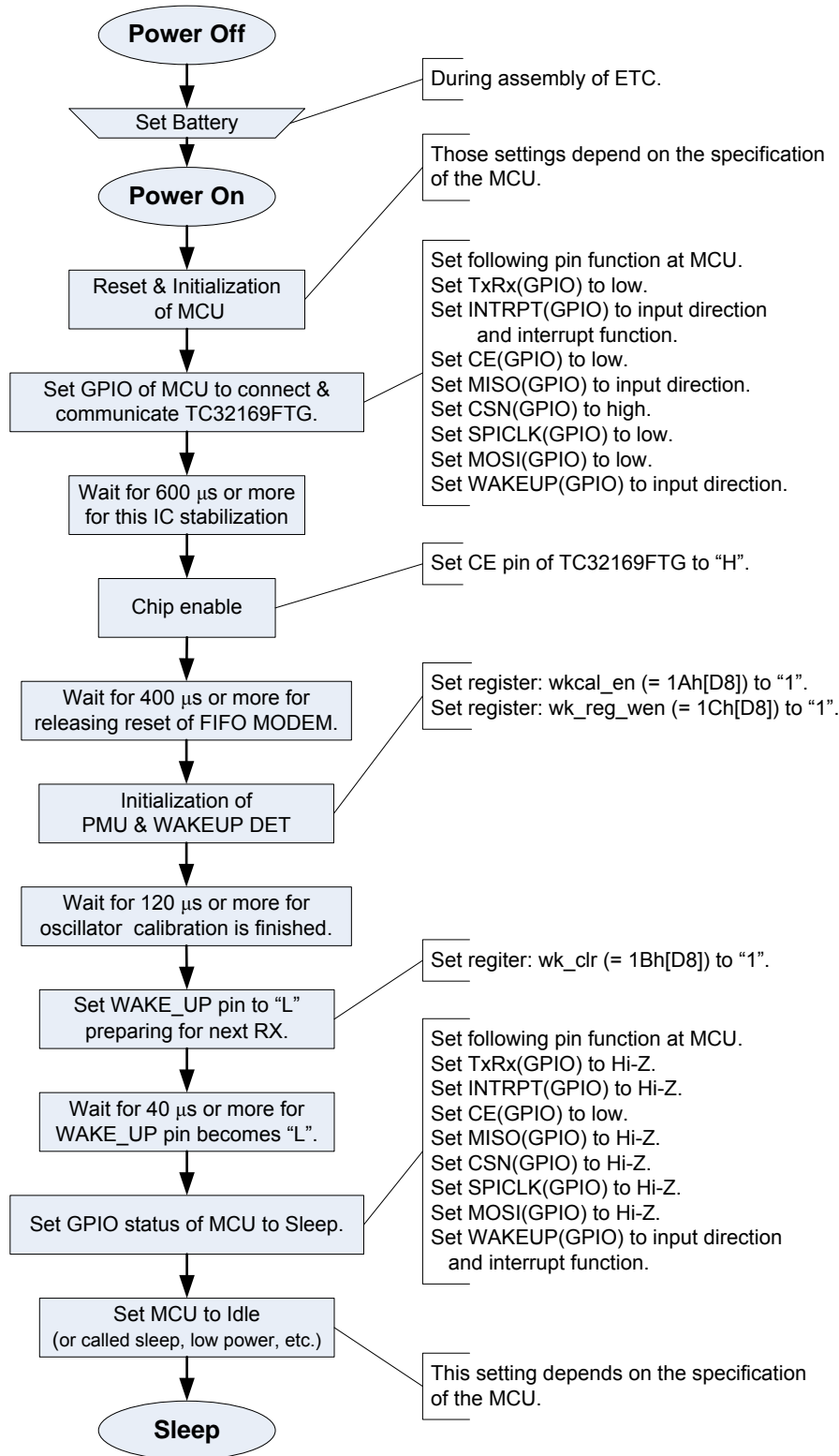


图 7-8 通电状态到休眠状态以准备 RX 状态（常规或自动唤醒）

注：为了启动 RX 状态中的自动唤醒工作，需要在 PMU 和 WAKEUP DET 初始化时设置寄存器 autowk (= 19h[D0])为“1”。
注：“Hi-Z”是指高阻抗。该设置降低了漏电流。

7.12.4 暂停

当 CE 引脚变为“0”时，该 IC 进入休眠状态。
该寄存器设置将被忽略。
应在执行暂停前完成下一次接收或传输的准备。

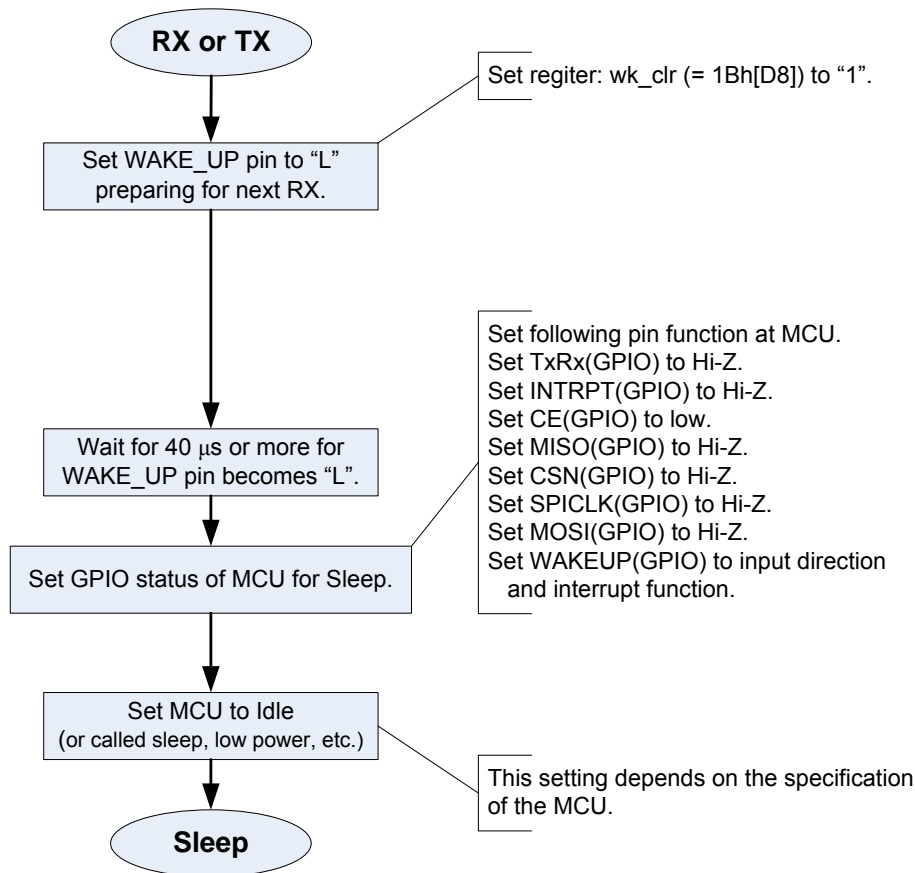


图 7-9 TX/RX 状态到休眠状态

- 注：当唤醒工作更改时，寄存器 autowk (= 19h[D0])应在此更新。
注：在进入休眠状态前，WAKEUP (GPIO)应保存在输入中以确切执行中断。
否则，MCU 无法在下一次接收时通过 WAKE_UP 引脚输出进行启动。
注：“Hi-Z”是指高阻抗。该设置降低了漏电流。

7.12.5 休眠状态到 RX 状态（常规唤醒）

该产品具有唤醒功能以检测 5.8-GHz 频段的 14-kHz 波形。

当检测信号匹配期望信号时，WAKE_UP 引脚输出“1”。

有两种唤醒工作，常规唤醒和自动唤醒。

在常规唤醒中，当它设置 CE 引脚为“1”时，MCU 启动该设备。

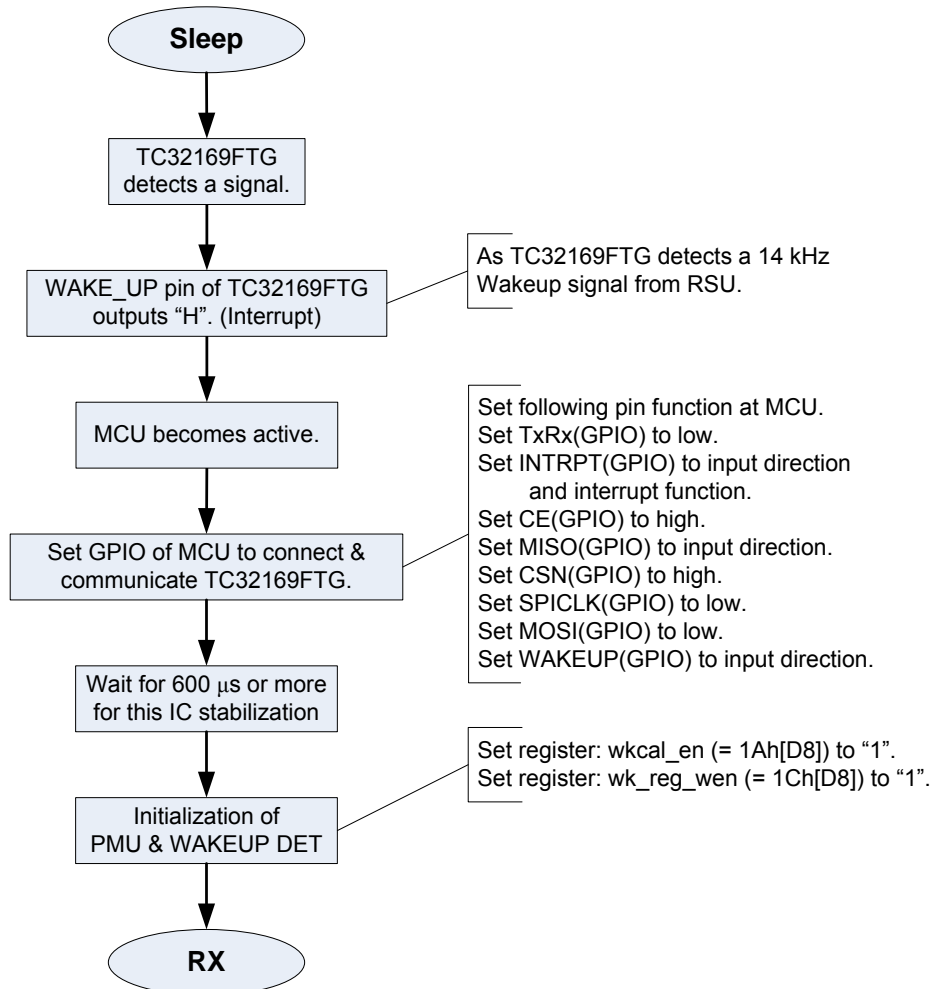


图 7-10 通过常规唤醒转换休眠状态到 RX 状态

注：在之前的暂停状态中，WAKEUP (GPIO)应保存在输入中以确切执行中断。

否则，MCU 无法通过该常规唤醒顺序进行启动。

7.12.6 休眠状态到 RX 状态（自动唤醒）

在自动唤醒顺序中，当检测到 5.8-GHz 频段的 14-kHz 波形且检测信号匹配期望信号时，该产品将自动启用。当 WAKE_UP 引脚变为“1”时，MCU 启动。

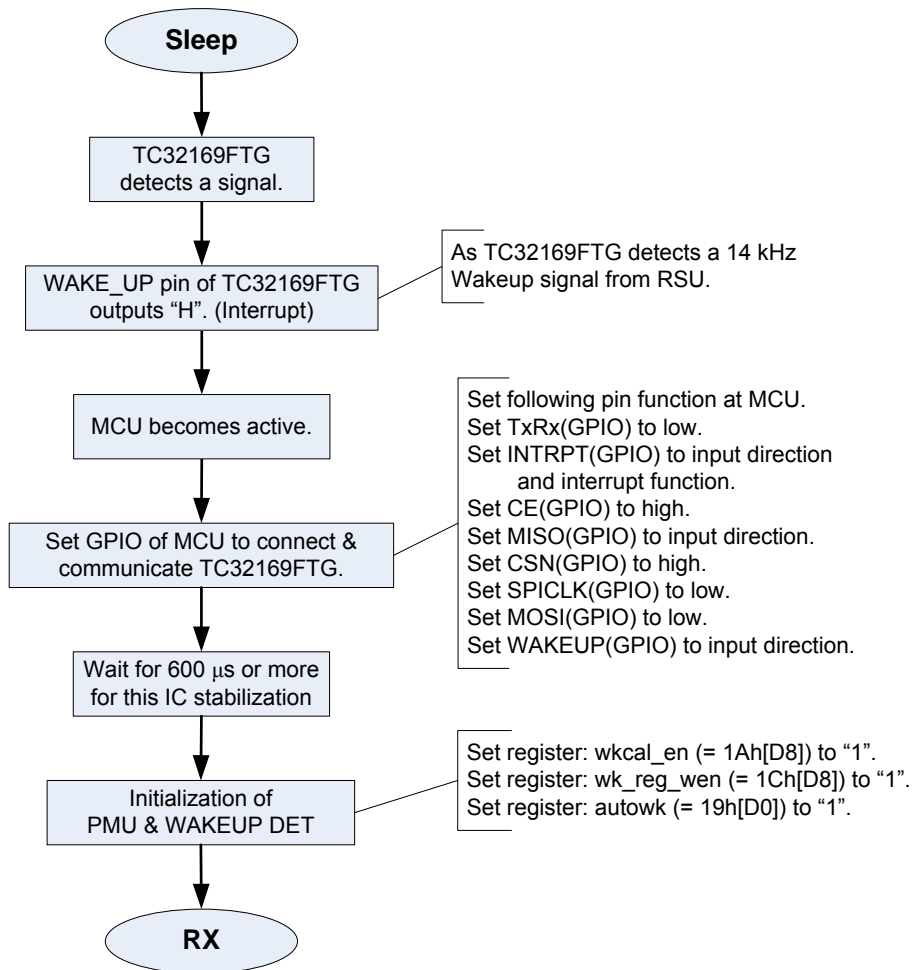


图 7-11 通过自动唤醒转换休眠状态至 RX 状态

注：在之前的暂停状态中，WAKEUP (GPIO)应保存于输入中以确切执行中断。否则，MCU 无法通过该自动唤醒顺序进行启动。

7.12.7 休眠状态到 TX 状态

在从休眠状态到 TX 状态的转换顺序中，MCU 控制 TC32169FTG 和应用系统。

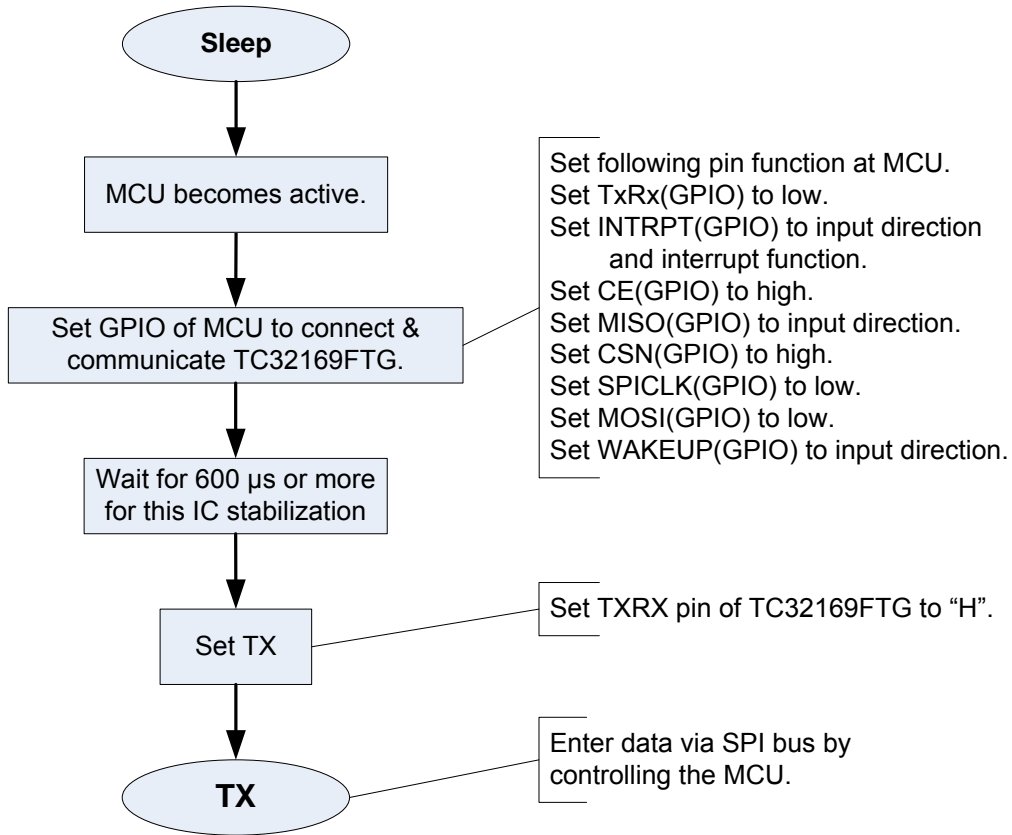


图 7-12 通过 MCU 控制的从休眠状态到 TX 状态的转换

7.12.8 RX 状态

以下流程图显示了等待信号，接收信号，检测，和数据传输至 MCU。

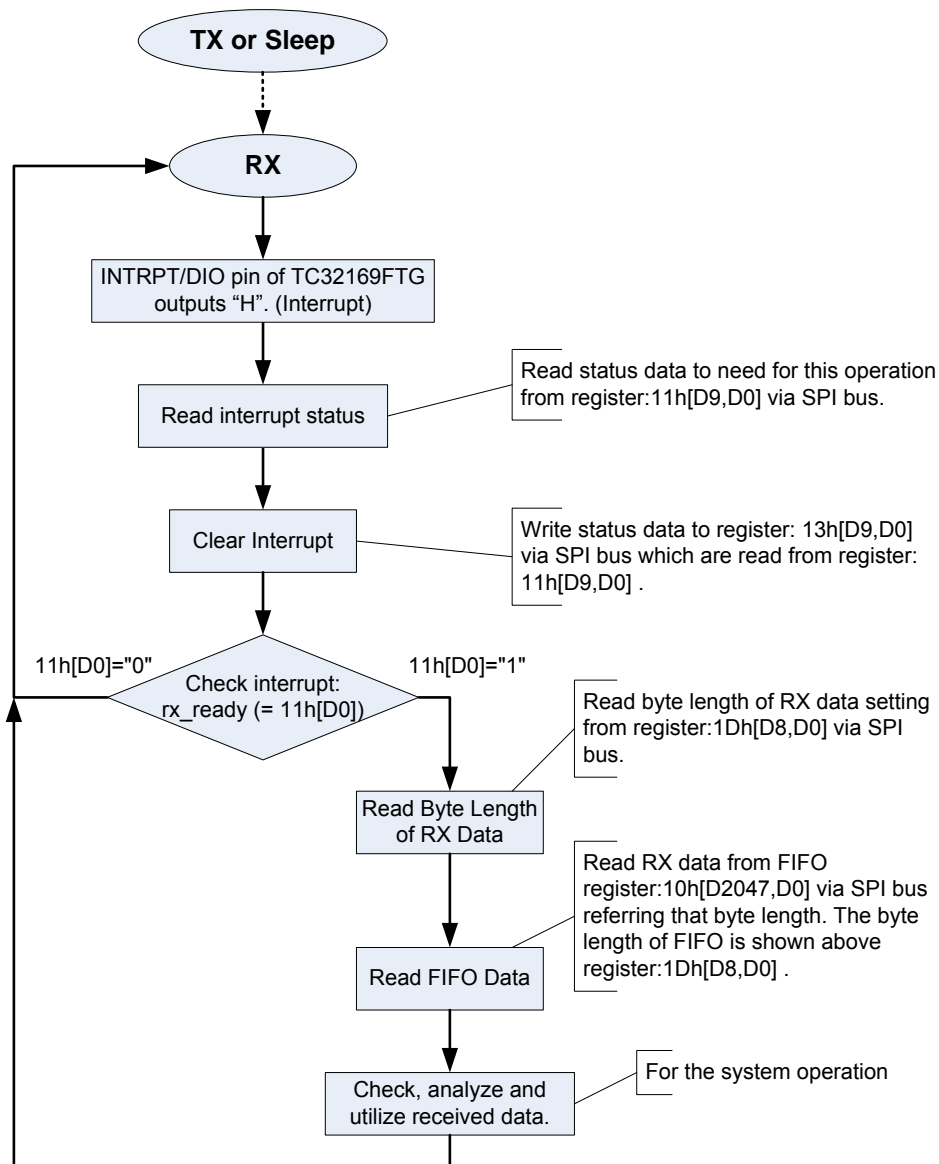


图 7-13 信号等待和接收

7.12.9 BST 接收时的 RX 状态

作为特例，以下流程图显示了北京 ETC 系统中的等待信号，接收信号，检测，和数据传输至 MCU。

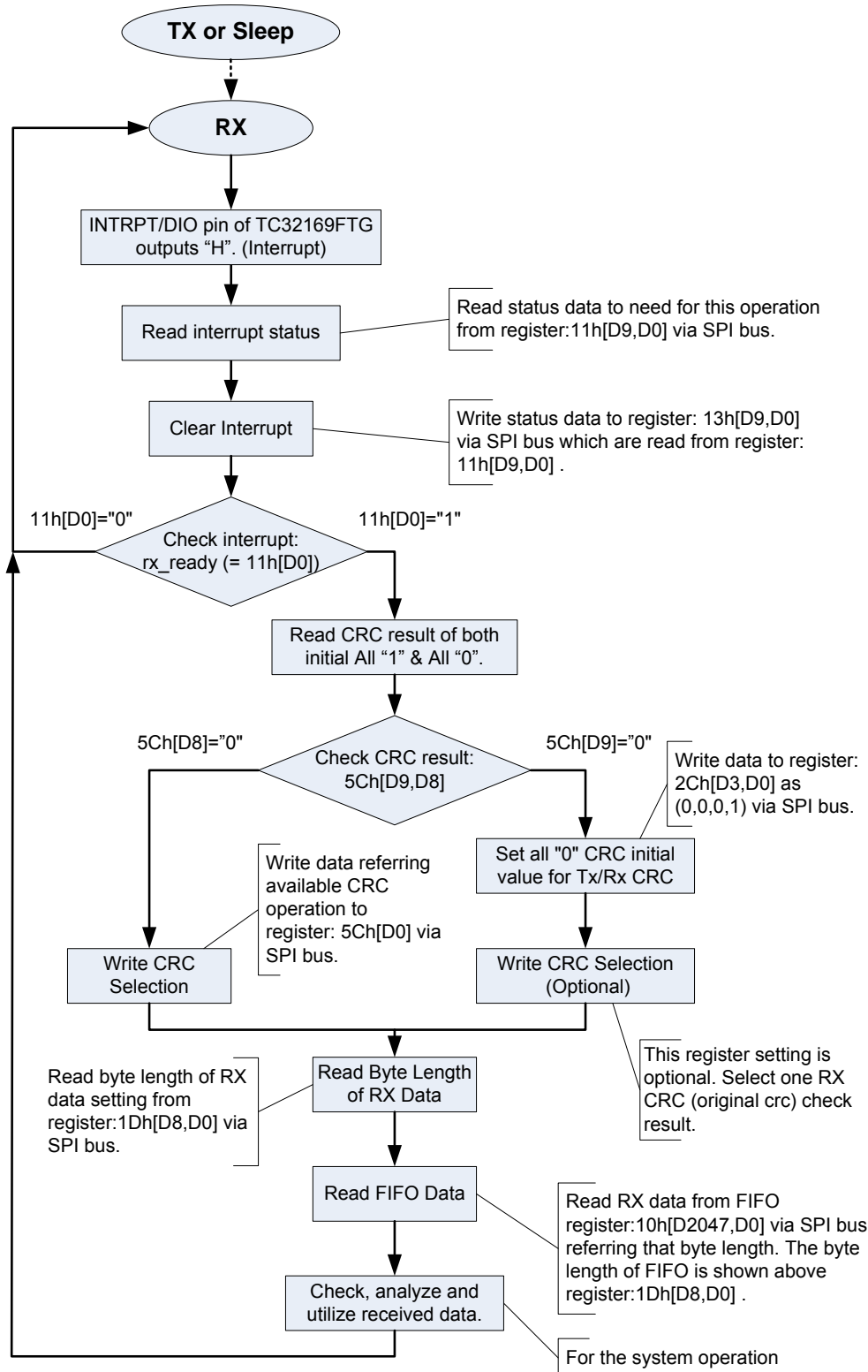


图 7-14 BST 接收（北京 ETC 系统中的 CRC 拒绝顺序）的信号等待和接收

注：rx_ready 中断可检查寄存器 crc_rslt_b (= 5Ch[D9])是"1"或寄存器 crc_rslt_a (= 5Ch[D8])是"1"。这两种情况均为环回路径。所以，在检查 CRC 结果前，需要设置这两种情况均不得发生。

注：关于“CRC 选择写入”的详细信息，参考 7.15。

7.12.10 接收频率更改

以下流程图显示了在 RX 状态更改接收频率的顺序。

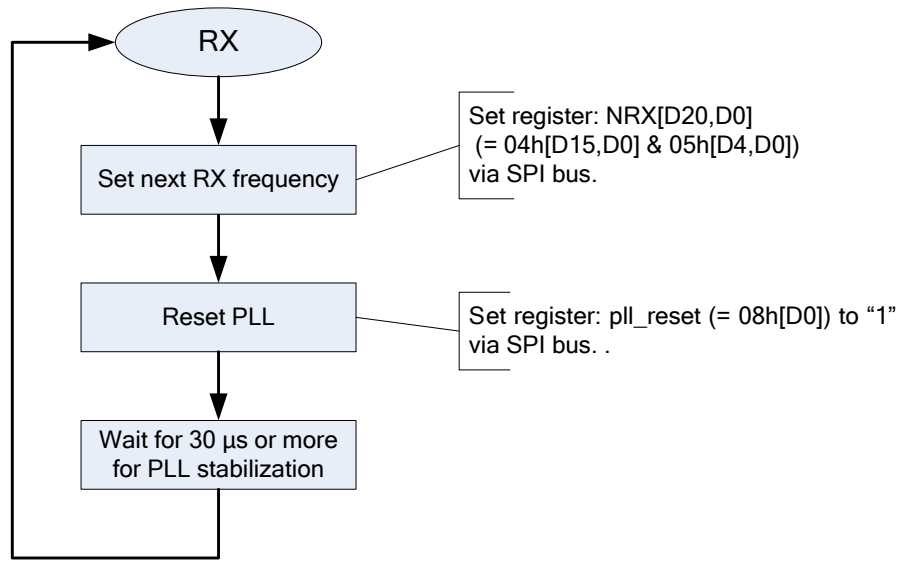


图 7-15 在 RX 状态期间的接收频率更改

注：接收频率的计算如 7.2 所示。

注：当不使用初始接收频率时，PLL 应在开始数据接收前通过 SPI 总线设置寄存器 NRX 以进行复位。

7.12.11 TX 状态

以下流程图显示了数据传输和 MCU 检查的顺序。

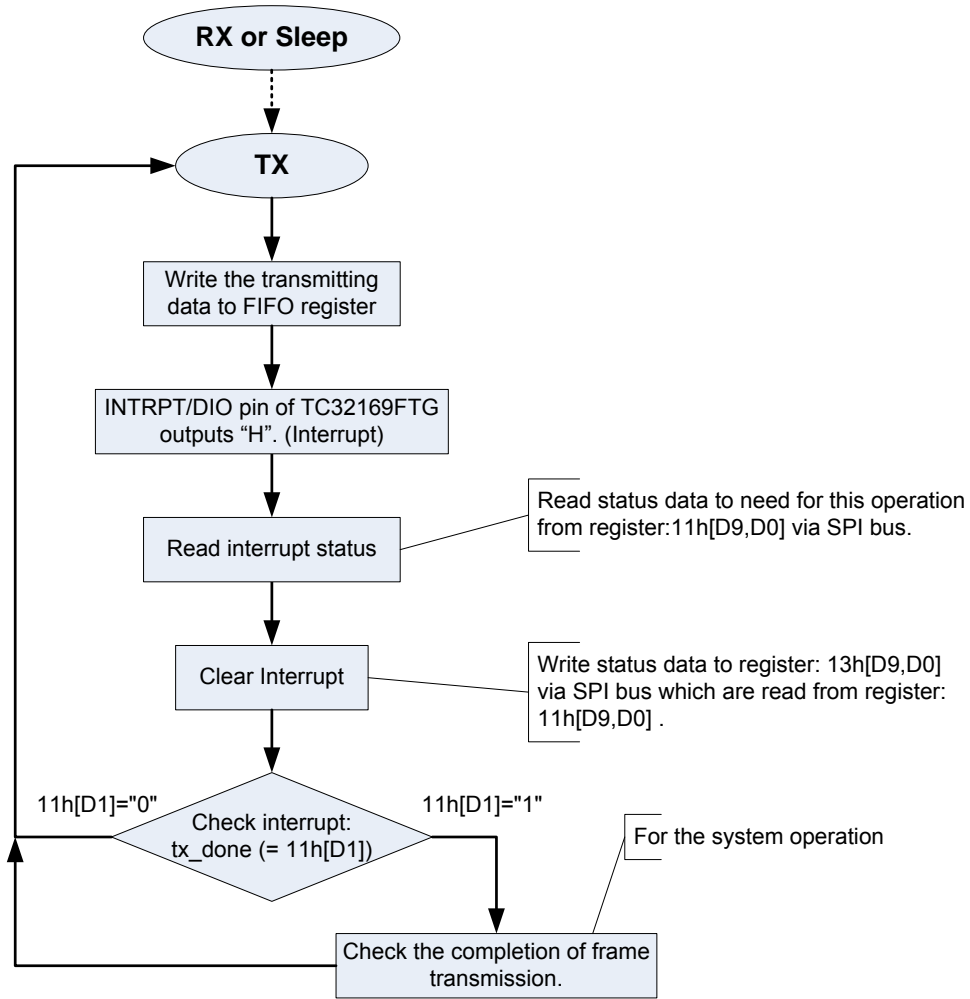


图 7-16 数据传输和检查的顺序

7.12.12 传输频率更改

以下流程图显示了在 TX 状态更改传输频率的顺序。

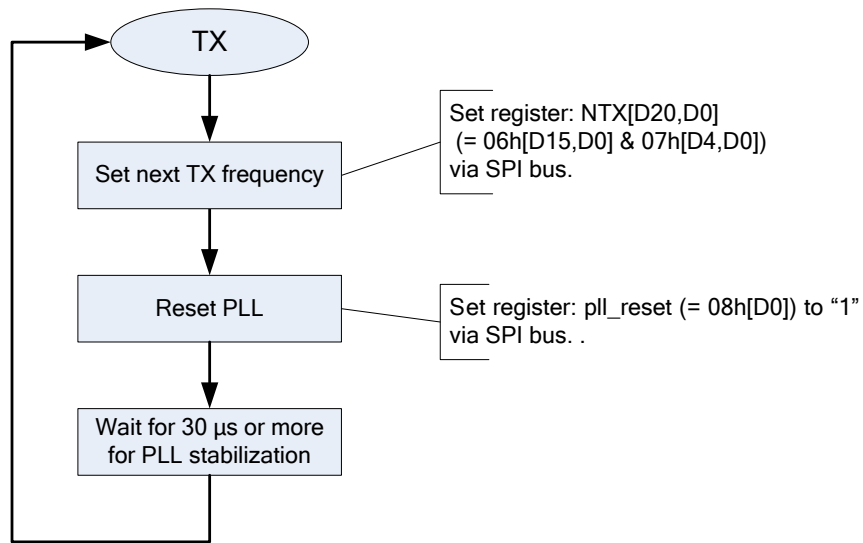


图 7-17 在 TX 状态期间的传输频率更改

注：传输频率的计算如 7.2 所示。

注：当不使用初始传输频率时，PLL 应在开始数据传输前通过 SPI 总线设置寄存器 NTX 以进行复位。

7.12.13 RX 状态到 TX 状态

当 RF 信号方向更改时，将使用 TXRX 引脚或 SPI 总线控制。

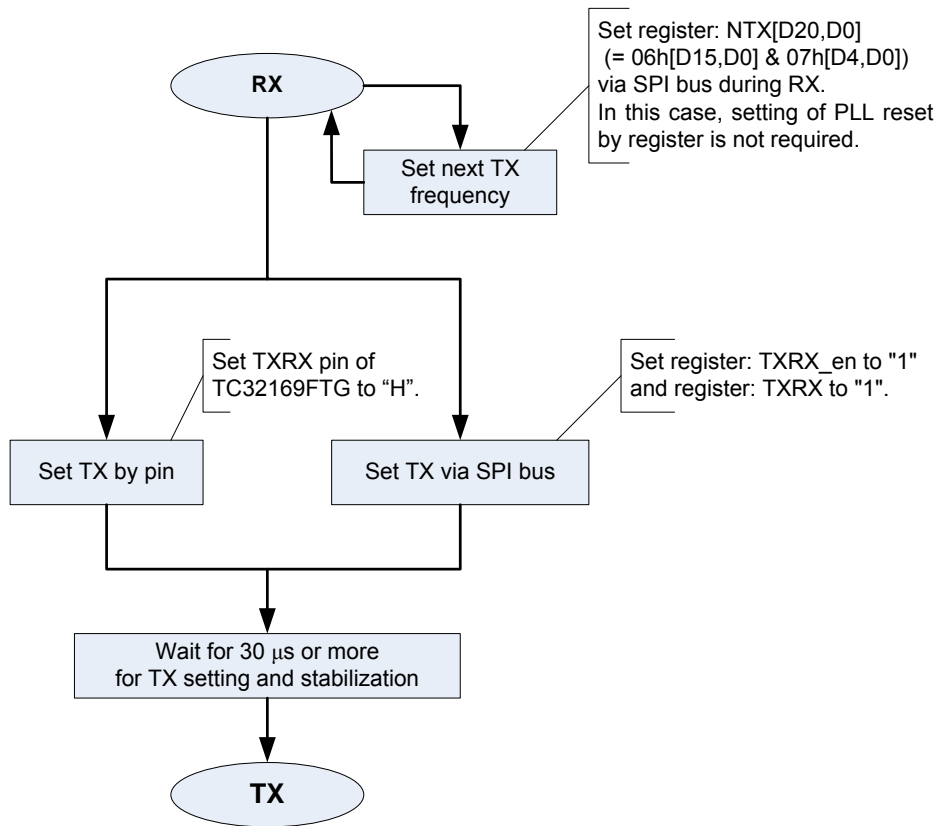


图 7-18 RX 状态到 TX 状态

7.12.14 TX 状态到 RX 状态

当 RF 信号方向更改时，将使用 TXRX 引脚或 SPI 总线控制。

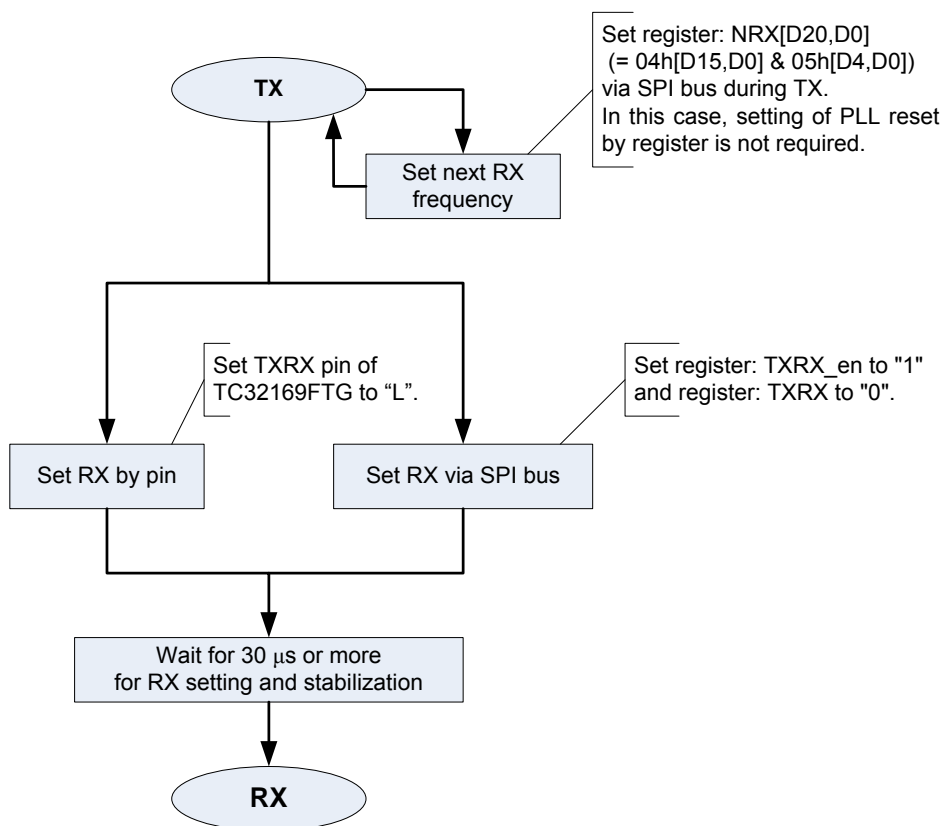


图 7-19 TX 状态到 RX 状态

7.13 下行链路帧的顺序接收

当两个下行链路帧以最小时间间隔(10 μs)先后发送时，对于寄存器读取接收数据的定时如下图所示。

情况 1:

第一帧和后续帧均收到。

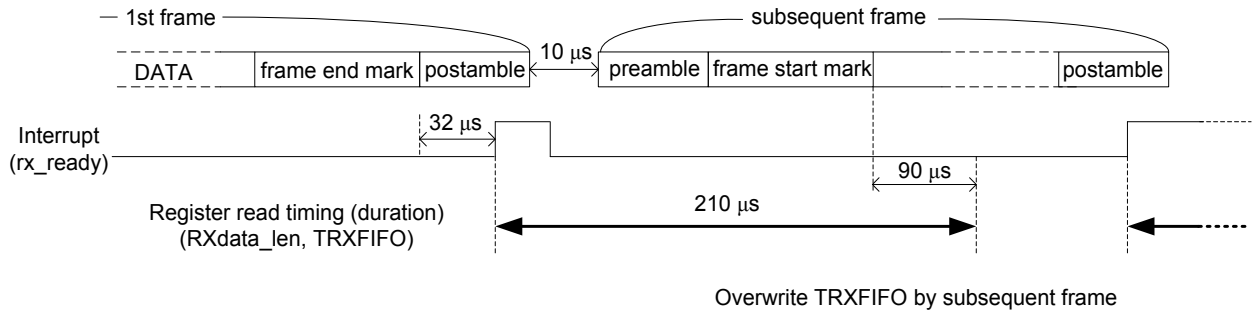


图 7-20 两个帧接收的 TRXFIFO 时序

寄存器 RX data_len (= 1Dh[D8.D0])和寄存器 TRXFIFO (= 10h[D2047.D0])的读取时间间隔应为从 rx_ready (= 11h[D0])中断执行到下一次数据传输之始 90 μs 后(210 μs)。

情况 2:

只收到第一个帧。TC32169FTG 进入 TX 状态。

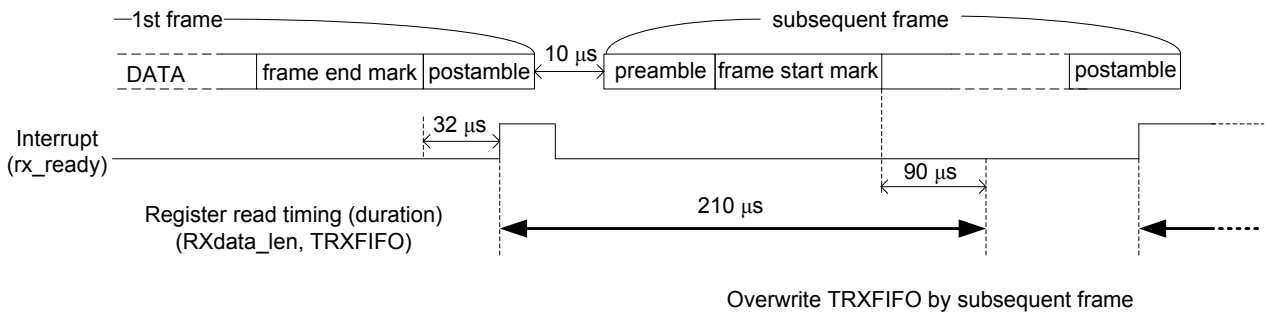


图 7-21 一个帧接收的 TRXFIFO 时序

寄存器 RXdata_len 和寄存器 TRXFIFO 的读取时间间隔为从 rx_ready 中断执行到下一次数据传输之始 90 μs 后(210 μs)。当转换到 TX 状态时，寄存器 TRXFIFO 被清除。

7.14 CRC 错误帧的接收

尽管 CRC 结果不正确，若帧结束标记，MCU 仍可以读取接收的帧和 CRC 结果。
读取方法与正确 CRC 结果的情况相同。

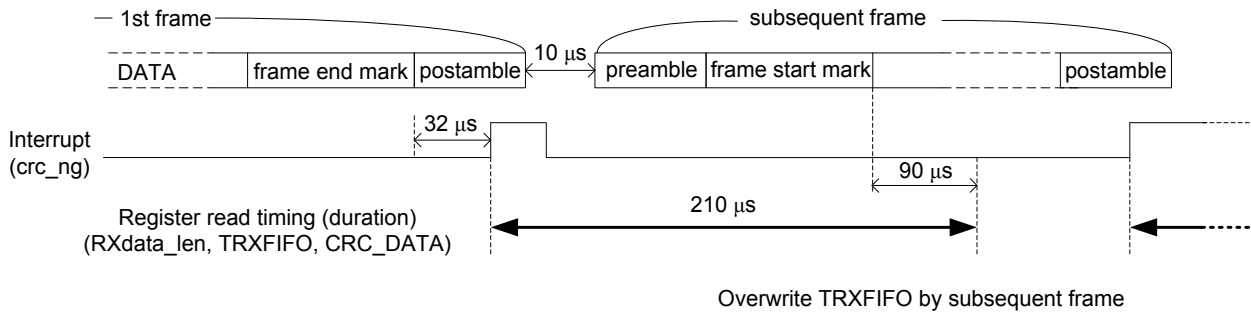


图 7-22 CRC 错误帧的接收

7.15 CRC 选择

当寄存器 sel_crc (= 5Ch[D0]) 设置为 "0" 且寄存器 crc_inv/lsb_msb/crc_pol/crc_ini (= 2Ch[D3,D0]) 设置为 (0,0,0,0)，可接收到初始值全为 "1" 和全为 "0" 的 CRC 结果。这意味着 CRC 值是同时计算的。"1" CRC 检查参数可以设置到寄存器 crc_ini (= 2Ch[D3,D0])。其它 CRC 检查参数根据初始值全部为 "1" 的 CRC 结果确定。

CRC 计算的结果保存于寄存器 crc_rslt_b 和 crc_rslt_a (= 5Ch[D9,D8])。CRC 结果的使用将在寄存器 crc_rslt_b 和 crc_rslt_a 以 rx_ready 中断顺序进行读取后决定。当寄存器 crc_rslt_b 是 "0" 时，将收到初始值全部为 "0" 的 CRC 帧。当寄存器 crc_rslt_a 是 "0" 时，将收到初始值全部为 "1" 的 CRC 帧。

根据 CRC 结果，寄存器 crc_ini (= 2Ch[D0]) 应正确设置。当寄存器 sel_crc 设置为 "1" 时，只有 "1" CRC 检查有效，初始值全部为 "0" 的 CRC 参数将无效。初始值全部为 "0" 的 CRC 结果将不正确。CRC 选择之后，寄存器 sel_crc 应设置为 "1" 以便仅使用 "1" CRC 检查。

对于 CRC 选择，参考图 7-23。

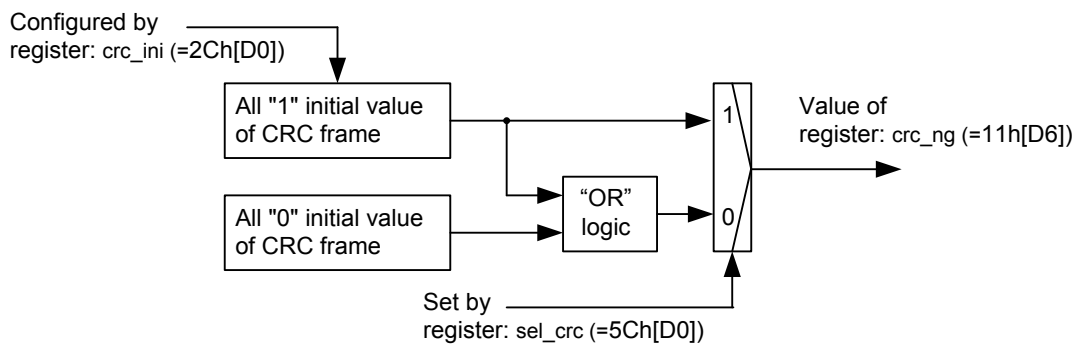


图 7-23 CRC 选择

注：7.13, 7.14 和 7.15 的内容用于构建北京 ETC 的系统。

7.16 用于系统控制的寄存器访问

7.16.1 SPI 控制数据格式

SPI 控制数据格式的概念图如下所示。该格式包括地址（8 位）和数据（16 位）。读取或写入的指示显示于值的第三位。位“0”是指数据读取且“1”是指数据写入。为分离每个通信数据，“1”持续时间，即 SPI 时钟 1 个周期或更长将插入数据间。

(1) SPI 写入访问格式

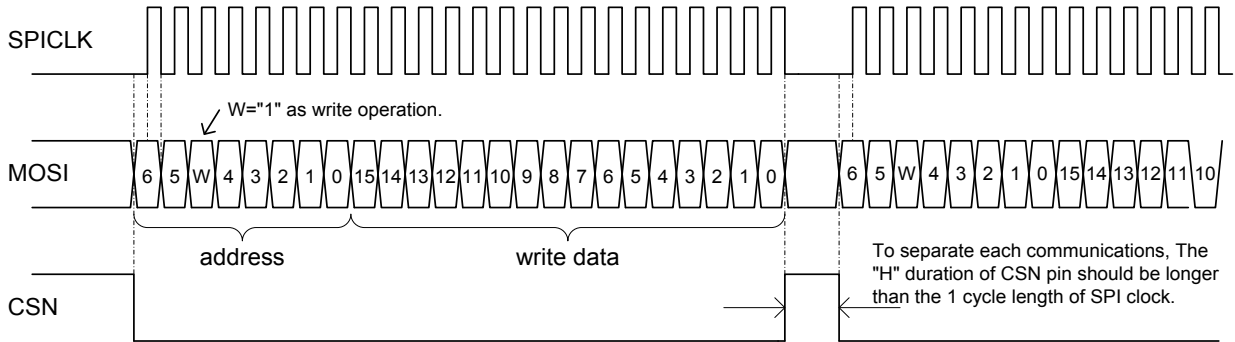


图 7-24 SPI write format

(2) SPI 读取访问格式

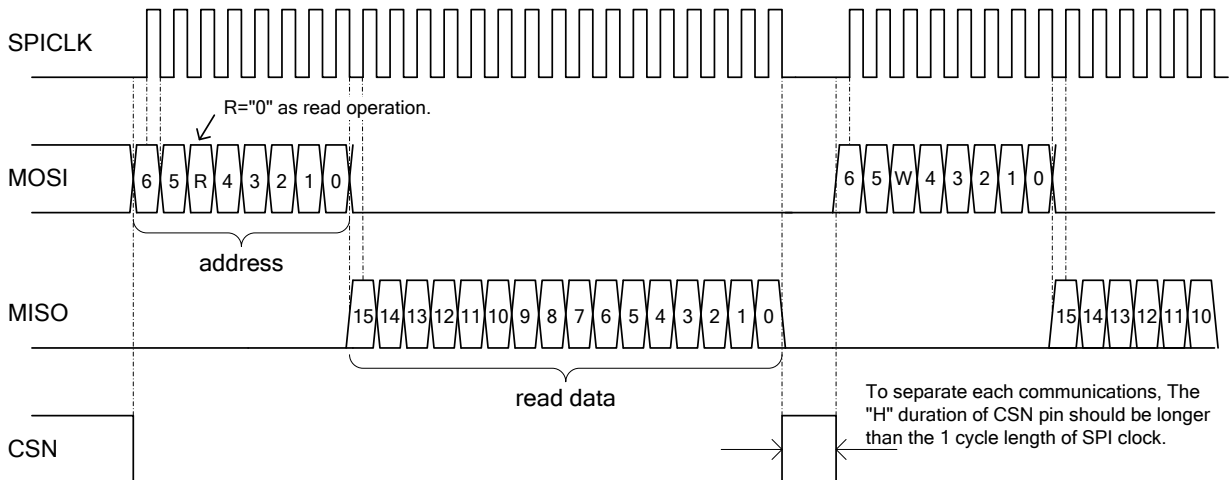


图 7-25 SPI 读取格式

SPI FIFO 数据格式的概念图如下图所示。该格式包括地址（8 位）和数据（2048 位）。FIFO 数据的长度以 8 个字节为一个单位。数据长度是 128 字节或更少。读取或写入的指令和每个通信数据的隔离与 SPI 控制数据格式中相同。SPI FIFO 数据格式的地址固定为 10h（TRXFIFO 寄存器）。

(3) SPI FIFO 数据写入访问格式

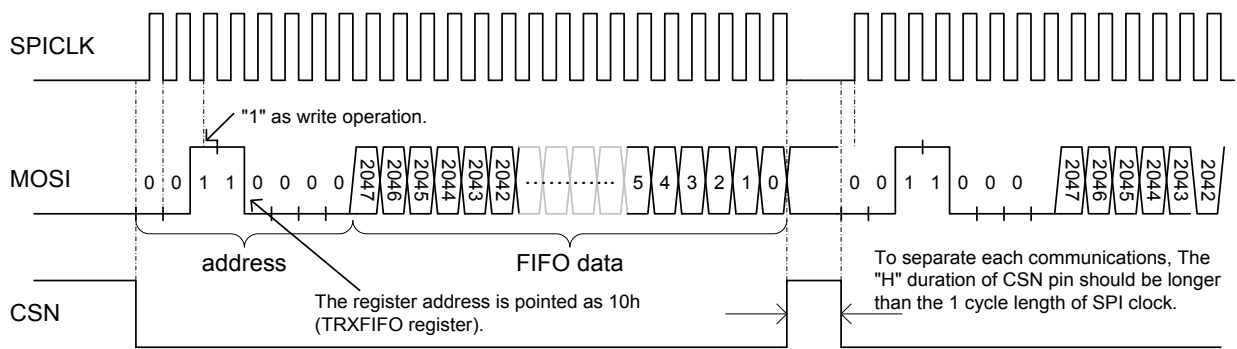


图 7-26 SPI FIFO 数据写入格式

(4) SPI FIFO 数据读取访问格式

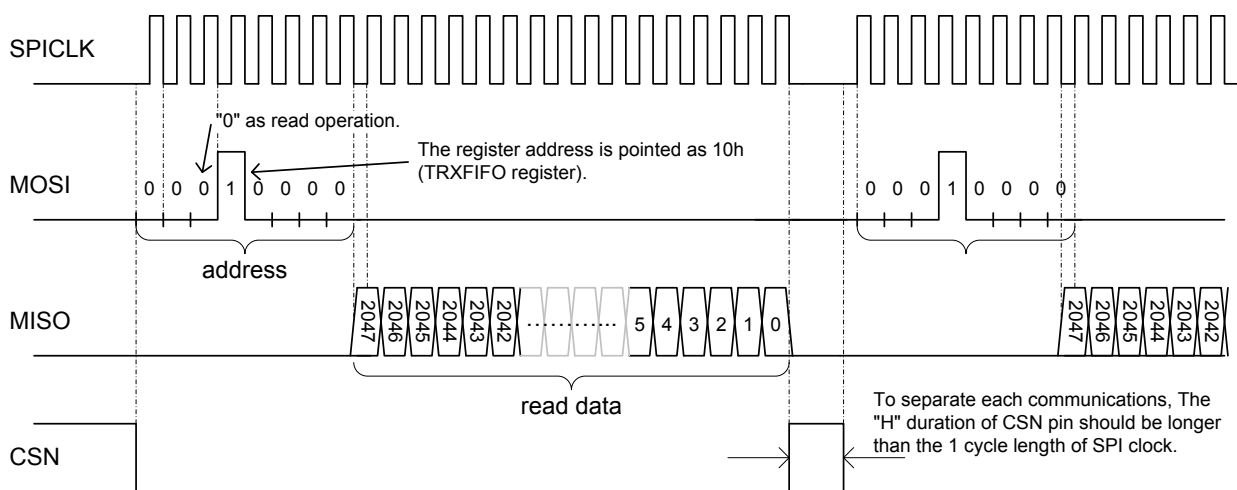


图 7-27 SPI FIFO 数据读取格式

7.16.2 SPI 信号时序规格

TC32169FTG 的 SPI 信号时序规格的概念图如下所示。该图显示了简化工作以用于说明用途。

信号时序的相互关系应符合规定值。SPICLK 频率应为 8 MHz 或更小以免该 IC 与 MCU 之间通信失败。下图中的灰色区域表示对通信无影响。

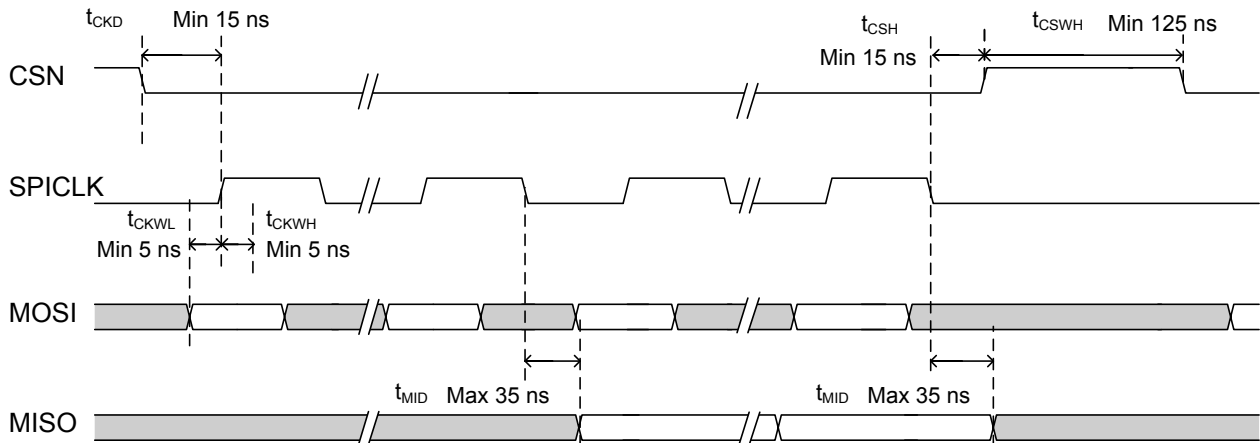


图 7-28 SPI 信号时序规格

表 7-3 SPI 信号时序

项目	符号	Min	Typ.	Max	Unit
SPI CLK Frequency	f_{SPI}	0.05	8.0	8.192	MHz
CLK "H" Time	t_{CKWH}	5	—	—	ns
CLK "L" Time	t_{CKWL}	5	—	—	ns
CLK Delay Time	t_{CKD}	15	—	—	ns
CS "H" Time	t_{CSWH}	125	—	—	ns
CS Hold Time	t_{CSH}	15	—	—	ns
MISO Delay Time	t_{MID}	—	—	35	ns

注：以上值应用于 SPI 总线的时间值。

8. 寄存器概述和详细说明

8.1 寄存器概述

表 8-1 中的内容对于中国 ETC 应用系统的 TC32169FTG 中的寄存器进行了概述。
关于详细信息，参考以下章节。

表 8-1 寄存器概述

章节	地址	功能	名	使用位	R/W	说明
8.2	00h	SWRST	RST	D7	W	软件复位。
8.3	01h	TX RX Status	TXRX_en	D1	W	选择传输或接收
8.4	02h	DIO ENABLE	dio_sel	D1	R/W	选择 INTRPT/DIO 引脚的功能。
			dio_en	D0	R/W	启用 INTRPT/DIO 引脚。
8.5	04h	PLL_RX1	NRX	[D15,D0]	R/W	设置接收 PLL 频率 (LSB)。
8.6	05h	PLL_RX2	NRX	[D20,D16]	R/W	设置接收 PLL 频率 (MSB)。
8.7	06h	PLL_TX1	NTX	[D15,D0]	R/W	设置传输 PLL 频率 (LSB)。
8.8	07h	PLL_TX2	NTX	[D20,D16]	R/W	设置传输 PLL 频率 (MSB)。
8.9	08h	PLL_RST	pll_reset	D0	W	复位 PLL 块。
8.10	09h	TX_Power_Control	outctrl	[D11,D0]	R/W	控制传输功率。
8.11	0Ah	Analog_Settings	bw	D8	W	选择 IF 滤波器带宽。
			ook	D7	W	选择使用抗混叠滤波器以进行调制。
			ph	D6	W	选择 RSSI 峰值保持工作。
			mr	[D4,D0]	W	设置调制指数。
8.12	0Bh	Analog_Settings_WU	w_s_set	[D3,D0]	R/W	设置唤醒灵敏度。
8.13	10h	TRXFIFO	txdata	[D2047,D0]	R/W	传输/接收 FIFO 的读取/写入数据
8.14	11h	INTR_ST	txlen_err	D9	R	传输帧长度无效。
			post_err	D8	R	未检测到后同步信号。
			rx_abort	D7	R	检测到终止顺序。
			crc_ng	D6	R	CRC 检查结果不正确。
			fm0dec_err	D5	R	发生 FMO 解码错误。
			rxlen_err	D4	R	接收帧长度无效。
			flag_err	D3	R	未检测到帧起始标记。
			pre_err	D2	R	未检测到前导信号。
			tx_done	D1	R	完成帧传输。
rx_ready	D0	R	收到接收帧。			
8.15	12h	INTR_MK	txlen_err_mask	D9	R/W	设置中断屏蔽。
			post_err_mask	D8	R/W	
			rx_abort_mask	D7	R/W	
			crc_ng_mask	D6	R/W	
			fm0dec_err_mask	D5	R/W	
			rxlen_err_mask	D4	R/W	
			flag_err_mask	D3	R/W	
			pre_err_mask	D2	R/W	
tx_done_mask	D1	R/W				
rx_ready_mask	D0	R/W				

章节	地址	功能	名	使用位	R/W	说明
8.16	13h	INTR_CLR	txlen_err_clr	D9	W	清除中断。
			post_err_clr	D8	W	
			rx_abort_clr	D7	W	
			crc_ng_clr	D6	W	
			fm0dec_err_clr	D5	W	
			rxlen_err_clr	D4	W	
			flag_err_clr	D3	W	
			pre_err_clr	D2	W	
			tx_done_clr	D1	W	
			rx_ready_clr	D0	W	
8.17	14h	INTR_INV	int_inv	D0	R/W	反转中断引脚的输出。
8.18	15h	BIT_RATE	txrate	[D9,D8]	R/W	设置传输比特率。
8.18	15h	BIT_RATE	rxrate	D0	R/W	设置接收比特率。
8.19	16h	RAMP FIFO	rmpup	[D255,D128]	R/W	设置加速系数。
8.19	16h	RAMP FIFO	rmpdwn	[D127,D0]	R/W	设置减速系数。
8.20	17h	MAX_RXDATALEN	rxlen	[D8,D0]	R/W	设置最大接收数据长度。
8.21	18h	WK_DET_NUM	wk_num	[D3,D0]	R/W	设置唤醒检测周期数。
8.22	19h	WakeUP_REG_SETS	autowk	D0	R/W	选择唤醒工作。
8.23	1Ah	CAL_WakeUP	wkcal_en	D8	W	启动唤醒检测定时器的校准。
8.24	1Bh	WakeUP_CLR	wk_clr	D8	W	清除 WAKE_UP 引脚的输出。
8.25	1Ch	Wakeup_reg_write	wk_reg_wen	D8	W	写入数据至唤醒寄存器。
8.26	1Dh	RXdata_len	rxdatalen	[D8,D0]	R	接收 FIFO 中接收数据的字节数。
8.27	2Ch	CRC_INI	crc_inv	D3	R/W	反转 CRC 结果。
			lsb_msb	D2	R/W	先选择 MSB 或 LSB 以用于传输数据。
			crc_pol	D1	R/W	选择 CRC 生成多项式。
			crc_ini	D0	R/W	选择 CRC 移位寄存器的初始值。
8.28	36h	RX_DET_TIMER_DIS	dettimer_dis	D0	R/W	控制接收检测定时器。
8.29	3Ch	TEST SEL	txbit_sel	[D5,D4]	R/W	生成用于测试的传输数据模式。
			fir_sel	[D2,D0]	R/W	选择用于测试的传输数据
8.30	3Dh	WK_FREQ_SET	wk_high_det	[D11,D8]	R/W	设置唤醒检测脉冲频率为 20 kHz 或更大。
			wk_low_det	[D4,D0]	R/W	设置唤醒检测脉冲频率为 10 kHz 或更小。
8.31	3Eh	WK_FREQ_SET_WEN	wk_freq_wen	D8	W	写入频率数据至唤醒寄存器。
8.32	43h	RX FIFO CLEAR	rxffocls	D8	W	清除接收 FIFO 寄存器。
8.33	56h	XOSC_TRIM	xosc_ctrim	[D11,D8]	R/W	微调晶体振荡器电路。
8.34	5Ch	SEL_RX_CRC	crc_rslt_b	D9	R	检查初始值全部为“0”的 CRC 结果。
			crc_rslt_a	D8	R	检查初始值全部为“1”的 CRC 结果。
			sel_crc	D0	R/W	选择 CRC 工作。
8.35	5Dh	CRC_data	crc_data	[D15,D0]	R	收到 CRC 数据。

8.2 00h; 软件复位

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
00h	SWRST	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D7	RST	W	0	在寄存器写入访问过程中复位工作。 1: 复位 0: 无工作 <初始值> 当寄存器 00h[D7]设置为“1”，将要求执行软件复位。 所以该位将自动清除。通过此项软件复位，主要寄存器和调制解调器将被复位。
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D0	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）

注：PMU 和 WAKEUP DET 不会因软件复位而复位。

8.3 01h; TX/RX 状态选择

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
01h	TX or RX State	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	TXRX_en	W	0	选择 TX 状态和 RX 状态的切换方式。 0: 启用 TXRX 引脚设置 <初始值> 1: 启用寄存器 01h[D0]设置。
		D0	TXRX	W	0	RX 状态选择的 TX 状态。 0: RX 状态<初始值> 1: TX 状态

8.4 02h; 选择 INTRPT/DIO 引脚的功能

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
02h	DIO ENABLE	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	dio_sel	W	0	选择在直接模式中用于数字 I/O 的 INTRPT/DIO 引脚的信号方向（寄存器 dio_en 设置为“1”）。 0: INTRPT/DIO 引脚是输出。 1: INTRPT/DIO 引脚是输入。
D0	dio_en	W	0	选择 INTRPT/DIO 引脚的功能。 0: INTRPT/DIO 引脚用于中断。 <初始值> 1: INTRPT/DIO 引脚用于数据输入/输出引脚		

8.5 04h; 接收 PLL 频率设置 (LSB)

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
04h	PLL_RX1	D15	NRX[15]	W	0	设置接收 PLL 频率 (LSB)。 设置值 f_{LO} MHz \times 125。 (f_{LO} 是内部频率) 初始频率: 5835 MHz (寄存器的初始值是 "211Fh"。)
		D14	NRX[14]	W	0	
		D13	NRX[13]	W	1	
		D12	NRX[12]	W	0	
		D11	NRX[11]	W	0	
		D10	NRX[10]	W	0	
		D9	NRX[9]	W	0	
		D8	NRX[8]	W	1	
		D7	NRX[7]	W	0	
		D6	NRX[6]	W	0	
		D5	NRX[5]	W	0	
		D4	NRX[4]	W	1	
		D3	NRX[3]	W	1	
		D2	NRX[2]	W	1	
		D1	NRX[1]	W	1	
		D0	NRX[0]	W	1	

注: 除非寄存器是通过 SPI 进行设置, 否则寄存器数据设置为初始值。

8.6 05h; 接收 PLL 频率设置 (MSB)

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
05h	PLL_RX2	D15	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D14	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D13	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D12	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D11	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D10	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D9	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D8	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D7	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D6	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D5	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D4	NRX[20]	W	0	设置接收 PLL 频率 (MSB)。 设置值 f_{LO} MHz \times 125。 (f_{LO} 是内部频率) 初始频率: 5835 MHz (寄存器的初始值是 “000Bh”。)
		D3	NRX[19]	W	1	
		D2	NRX[18]	W	0	
D1	NRX[17]	W	1			
D0	NRX[16]	W	1			

注: 除非寄存器通过 SPI 进行设置, 否则寄存器数据设置为初始值。

8.7 06h; 传输 PLL 频率设置 (LSB)

地址	功能	名		R/W	初始值	说明
06h	PLL_TX1	D15	NTX[15]	W	0	设置传输 PLL 频率 (LSB)。 设置值 f_{LO} MHz \times 125。 (f_{LO} 是内部频率) 初始频率: 5790 MHz (寄存器的初始值是 "0B26h"。)
		D14	NTX[14]	W	0	
		D13	NTX[13]	W	0	
		D12	NTX[12]	W	0	
		D11	NTX[11]	W	1	
		D10	NTX[10]	W	0	
		D9	NTX[9]	W	1	
		D8	NTX[8]	W	1	
		D7	NTX[7]	W	0	
		D6	NTX[6]	W	0	
		D5	NTX[5]	W	1	
		D4	NTX[4]	W	0	
		D3	NTX[3]	W	0	
		D2	NTX[2]	W	1	
		D1	NTX[1]	W	1	
		D0	NTX[0]	W	0	

注: 除非寄存器通过 SPI 进行设置, 否则寄存器数据设置为初始值。

8.8 07h; 传输 PLL 频率设置 (MSB)

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
07h	PLL_TX2	D15	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D14	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D13	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D12	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D11	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D10	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D9	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D8	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D7	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D6	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D5	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D4	NTX[20]	W	0	设置传输 PLL 频率 (MSB)。 设置值 $f_{LO} \text{ MHz} \times 125$ 。 (f_{LO} 是内部频率) 初始频率: 5790 MHz (寄存器的初始值是 “000Bh”。)
		D3	NTX[19]	W	1	
		D2	NTX[18]	W	0	
		D1	NTX[17]	W	1	
D0	NTX[16]	W	1			

注: 除非寄存器通过 SPI 进行设置, 否则寄存器数据设置为初始值。

8.9 08h; 复位 PLL Block

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
08h	PLL_RST	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
				D0	pll_reset	W

注：当 TC32169FTG 从休眠状态开始或发生 TX 状态和 RX 状态的转变时，PLL 复位自动生效。

8.10 09h; 传输功率控制

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
09h	TX_Power_Control	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	outctrl[11]	W	0	用于传输的输出功率控制。 初始值：全部为“0” 关于控制电平，参考表 8-2 和章节 13。
		D10	outctrl[10]	W	0	
		D9	outctrl[9]	W	0	
		D8	outctrl[8]	W	0	
		D7	outctrl[7]	W	0	
		D6	outctrl[6]	W	0	
		D5	outctrl[5]	W	0	
		D4	outctrl[4]	W	0	
		D3	outctrl[3]	W	0	
		D2	outctrl[2]	W	0	
		D1	outctrl[1]	W	0	
D0	outctrl[0]	W	0			

注：关于寄存器值和传输输出功率之间的关系，参考章节 13 中的图“TX 输出功率 vs. 寄存器控制设置”。
 注：寄存器 outctrl 的控制输入值如下表所示。禁止设置未在表 8-2 中显示的值。

表 8-2 寄存器 outctrl 的输入值

寄存器 outctrl[D11,D0]的值	
111111111111	0xFFF
011111111111	0x7FF
001111111111	0x3FF
000111111111	0x1FF
000011111111	0x0FF
000001111111	0x07F
000000111111	0x03F
000000011111	0x01F
000000001111	0x00F
000000000111	0x007
000000000011	0x003
000000000001	0x001
000000000000	0x000

8.11 0Ah; 调制和 IF 滤波器设置

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
0Ah	Analog_Settings	D15	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D14	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D13	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D12	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D11	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D10	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D9	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D8	bw	W	0	选择 IF 滤波器带宽。 0: 常规 <初始值> 1: 窄带宽
		D7	ook	W	0	启用抗混叠滤波器。 0: 使用 ASK 的抗混叠滤波器 <初始值> 1: OOK 的旁路滤波器
		D6	ph	W	0	选择 RSSI 峰值保持功能。 0: 常规 <初始值> 该项应进行选择。 1: 慢速 (适用于使用数据低于 128-kbps 的系统)
		D5	—	W	0	不理睬 (建议设置为“0”)
		D4	mr[4]	W	0	设置调制指数。 初始值: 全部为“0” 关于调制指数, 参考章节 13。
		D3	mr[3]	W	0	
		D2	mr[2]	W	0	
D1	mr[1]	W	0			
D0	mr[0]	W	0			

注: 寄存器 ook 用于设置仅使用抗混叠滤波器与否。若要选择调制 (ASK/OOK), 需要将“加速/减速系数”设置到寄存器 rmpup (=16h[D255,D128])和 rmpdwn (=16h[D127,D0])。关于加速/减速系数, 参考 8.19。

注: 关于寄存器值和调制指数的关系, 参考章节 13 中的图“调制指数 vs. 寄存器设置特点”。


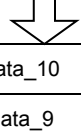
8.12 0Bh; 唤醒灵敏度设置

通过设置寄存器 wk_reg_wen (= 1C[D8])为“1”，该寄存器数据被复制到 PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器。复制数据后，该寄存器值变为有效。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
0Bh	Analog_Settings_WU	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	w_s_set[3]	W	0	设置唤醒灵敏度。 初始值：全部为“0” 设置工作的寄存器 w_s_set 为 (0,1,0,1)
		D2	w_s_set[2]	W	0	
		D1	w_s_set[1]	W	0	
D0	w_s_set[0]	W	0			

8.13 10h; 传输/接收 FIFO 的读取/写入数据

传输 FIFO 或接收 FIFO 的选择分别由 TX 状态或 RX 状态的选择进行确定。当发生 TX 状态与 RX 状态间的转变时，寄存器 TRXFIFO 的数据将自动清除。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明		
10h	TRXFIFO	D2047	txdata_2047	R/W	0	<p>读取传输 FIFO 的接收 FIFO/写入数据。</p> <p>FIFO 数据的长度单位是 8 个字节。最大长度是 256 个字节。长度通常是 128 字节或更少。</p> <p>应设置到寄存器 rxlen (= 17h[D8,D0])。关于寄存器详细信息，参考 8.20。</p> <p>初始值：全部为“0”</p>	
		D2046	txdata_2046	R/W	0		
		D2045	txdata_2045	R/W	0		
							
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> 在该地址，存在 2048 位连续数据区域。 </div>					
							
		D10	txdata_10	R/W	0		
		D9	txdata_9	R/W	0		
		D8	txdata_8	R/W	0		
		D7	txdata_7	R/W	0		
		D6	txdata_6	R/W	0		
		D5	txdata_5	R/W	0		
		D4	txdata_4	R/W	0		
		D3	txdata_3	R/W	0		
		D2	txdata_2	R/W	0		
D1	txdata_1	R/W	0				
D0	txdata_0	R/W	0				

8.14 11h; 中断

当发生中断时，其状态可由 MCU 通过 SPI 总线读取。关于中断的详细信息，参考 7.11.6。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
11h	INTR_ST	D15	—	R	0	—
		D14	—	R	0	—
		D13	—	R	0	—
		D12	—	R	0	—
		D11	—	R	0	—
		D10	—	R	0	—
		D9	txlen_err	R	0	传输帧长度无效。 0: 无错误 / 1: 发生错误
		D8	post_err	R	0	未检测到后同步信号 0: 无错误 / 1: 发生错误
		D7	rx_abort	R	0	检测到终止顺序 0: 无错误 / 1: 发生错误
		D6	crc_ng	R	0	CRC 检查结果不正确 0: 无错误 / 1: 发生错误
		D5	fm0dec_err	R	0	发生 FM0 解码错误 0: 无错误 / 1: 发生错误
		D4	rxlen_err	R	0	接收帧长度无效 0: 无错误 / 1: 发生错误
		D3	flag_err	R	0	未检测到帧起始标记 0: 无错误 / 1: 发生错误
		D2	pre_err	R	0	未检测到前导信号 0: 无错误 / 1: 发生错误
		D1	tx_done	R	0	帧的传输完成 0: 无错误 / 1: 发生错误
D0	rx_ready	R	0	接收到帧 0: 无错误 / 1: 发生错误		

注：中断寄存器应尽快清除以等待下一次中断。否则，寄存器将在生成下一次中断时被覆写，这种情况无法检测中断。

8.15 12h; 中断屏蔽设置

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
12h	INTR_MK	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	txlen_err_mask	W	0	设置中断屏蔽。 0: 未设置中断屏蔽。 <初始值> 1: 已设置中断屏蔽
		D8	post_err_mask	W	0	
		D7	rx_abort_mask	W	0	
		D6	crc_ng_mask	W	0	
		D5	fm0dec_err_mask	W	0	
		D4	rxlen_err_mask	W	0	
		D3	flag_err_mask	W	0	
		D2	pre_err_mask	W	0	
D1	tx_done_mask	W	0			
D0	rx_ready_mask	W	0			

注：当设置了中断屏蔽时，INTRPT/DIO 的相应输出将被屏蔽。但是中断工作自身执行。
用于控制含有 TC32169FTG 的 ETC 系统的 MCU 可以通过 SPI 总线使用中断状态。

8.16 13h; 中断清除

当寄存器中的位设置为“1”时，相应中断被清除。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
13h	INTR_CLR	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	txlen_err_clr	W	0	选择清除中断。 0: 无工作 = 不清除 <初始值> 1: 清除
		D8	post_err_clr	W	0	
		D7	rx_abort_clr	W	0	
		D6	crc_ng_clr	W	0	
		D5	fm0dec_err_clr	W	0	
		D4	rxlen_err_clr	W	0	
		D3	flag_err_clr	W	0	
		D2	pre_err_clr	W	0	
		D1	tx_done_clr	W	0	
D0	rx_ready_clr	W	0			

注：中断寄存器应尽快清除以等待下一次中断。否则，寄存器将在生成下一次中断时被覆写，这种情况无法检测中断。

注：当所有要求执行的有效中断被清除后，INTRPT/DIO 引脚的输出变为“0”。

8.17 14h; 反转中断引脚输出

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
14h	INTR_INV	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D0	int_inv	W	0	设置 INTRPT/DIO 引脚输出的反转（用于中断）。 0: 中断启用时“1”有效。<初始值> 1: 中断启用时“0”有效

注：中断启用时 INTRPT/DIO 引脚的输出信号极性通过该寄存器设置。

8.18 15h; 传输和接收比特率设置

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
15h	BIT_RATE	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	txrate[1]	W	0	传输数据率设置 txrate[1:0] = 00: 512 kbps <初始值>
		D8	txrate[0]	W	0	01: 256 kbps 10: 128 kbps 11: 125 kbps
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
D0	rxrate	W	1	接收数据率设置。 0: 512 kbps 1: 256 kbps <初始值>		

8.19 16h; 加速和减速系数设置

在启动系统工作时，应将建议的加速和减速系数设置于正确的寄存器中。以上的系数值已经过优化。

应注意 ASK 和 OOK 的加速和减速系数有所不同。在下表中分别显示了这两种系数。当选定调制类型后，应完成加速和减速系数的设置，以及启用或禁用抗混叠滤波器。

在该地址中，存在 256 字节连续数据区域。TC32169FTG 的调制输出信号通过该地址中的加速和减速系数决定，且数字信号转变为模拟数据。加速和减速步的频率是 16.384 MHz。每一个系数应单独设置。数据写入至寄存器的单位是字节。每个系数分配有 8 位 (= 1 字节) 区域，但是写入数据的 MSB 的 3 位应预先固定至 (0,0,0)。所以每个寄存器以 8 位数据进行写入，但是 MSB 的 3 位被忽略，只有较低的 5 位为实际数据。

这些寄存器可予以读取以确认写入数据。寄存器的读取单位是字节。MSB 的 3 位变回 (0,0,0)，较低的 5 位变回写入数据。所以可以检查写入值。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明		
					建议的 ASK 值	建议的 OOK 值	
16h	RAMP FIFO	D255..248	rmpup[79:75]	R/W	1F	Set to "1F."	Set to "1F."
		D247..240	rmpup[74:70]	R/W	1F	Set to "1F."	Set to "1F."
		D239..232	rmpup[69:65]	R/W	1E	Set to "1F."	Set to "1F."
		D231..224	rmpup[64:60]	R/W	1C	Set to "1F."	Set to "1F."
		D223..216	rmpup[59:55]	R/W	1A	Set to "1F."	Set to "1F."
		D215..208	rmpup[54:50]	R/W	17	Set to "1F."	Set to "1F."
		D207..200	rmpup[49:45]	R/W	14	Set to "1F."	Set to "1F."
		D199..192	rmpup[44:40]	R/W	11	Set to "1F."	Set to "1F."
		D191..184	rmpup[39:35]	R/W	0E	Set to "1F."	Set to "1F."
		D183..176	rmpup[34:30]	R/W	0B	Set to "1B."	Set to "1F."
		D175..168	rmpup[29:25]	R/W	08	Set to "12."	Set to "1F."
		D167..160	rmpup[24:20]	R/W	05	Set to "0E."	Set to "1F."
		D159..152	rmpup[19:15]	R/W	03	Set to "08."	Set to "1F."
		D151..144	rmpup[14:10]	R/W	01	Set to "07."	Set to "1F."
		D143..136	rmpup[9:5]	R/W	00	Set to "03."	Set to "1F."
		D135..128	rmpup[4:0]	R/W	00	Set to "00."	Set to "1F."
		D127..120	rmpdwn[79:75]	R/W	00	Set to "00."	Set to "00."
		D119..112	rmpdwn[74:70]	R/W	00	Set to "00."	Set to "00."
		D111..104	rmpdwn[69:65]	R/W	01	Set to "00."	Set to "00."
		D103..96	rmpdwn[64:60]	R/W	03	Set to "00."	Set to "00."
		D95..88	rmpdwn[59:55]	R/W	05	Set to "00."	Set to "00."
		D87..80	rmpdwn[54:50]	R/W	08	Set to "00."	Set to "00."
		D79..72	rmpdwn[49:45]	R/W	0B	Set to "00."	Set to "00."
		D71..64	rmpdwn[44:40]	R/W	0E	Set to "00."	Set to "00."
		D63..56	rmpdwn[39:35]	R/W	11	Set to "00."	Set to "00."
		D55..48	rmpdwn[34:30]	R/W	14	Set to "03."	Set to "00."
		D47..40	rmpdwn[29:25]	R/W	17	Set to "07."	Set to "00."
		D39..32	rmpdwn[24:20]	R/W	1A	Set to "08."	Set to "00."
		D31..24	rmpdwn[19:15]	R/W	1C	Set to "0E."	Set to "00."
		D23..16	rmpdwn[14:10]	R/W	1E	Set to "12."	Set to "00."
		D15..8	rmpdwn[9:5]	R/W	1F	Set to "1B."	Set to "00."
		D7..0	rmpdwn[4:0]	R/W	1F	Set to "1F."	Set to "00."

注：以下是寄存器数据的举例。

1B = (0,0,0,1,1,0,1,1)

07 = (0,0,0,0,0,1,1,1)

MSB 的 3 位通常是(0,0,0)。

注：由于调制电路的失真，实际调制输出波形可能不匹配寄存器设置的设计信号。寄存器设置的设计波形应通过监测输出波形仔细调整尽可能接近期望的调制波形。关于设计波形的详细信息，参考图 8-1。

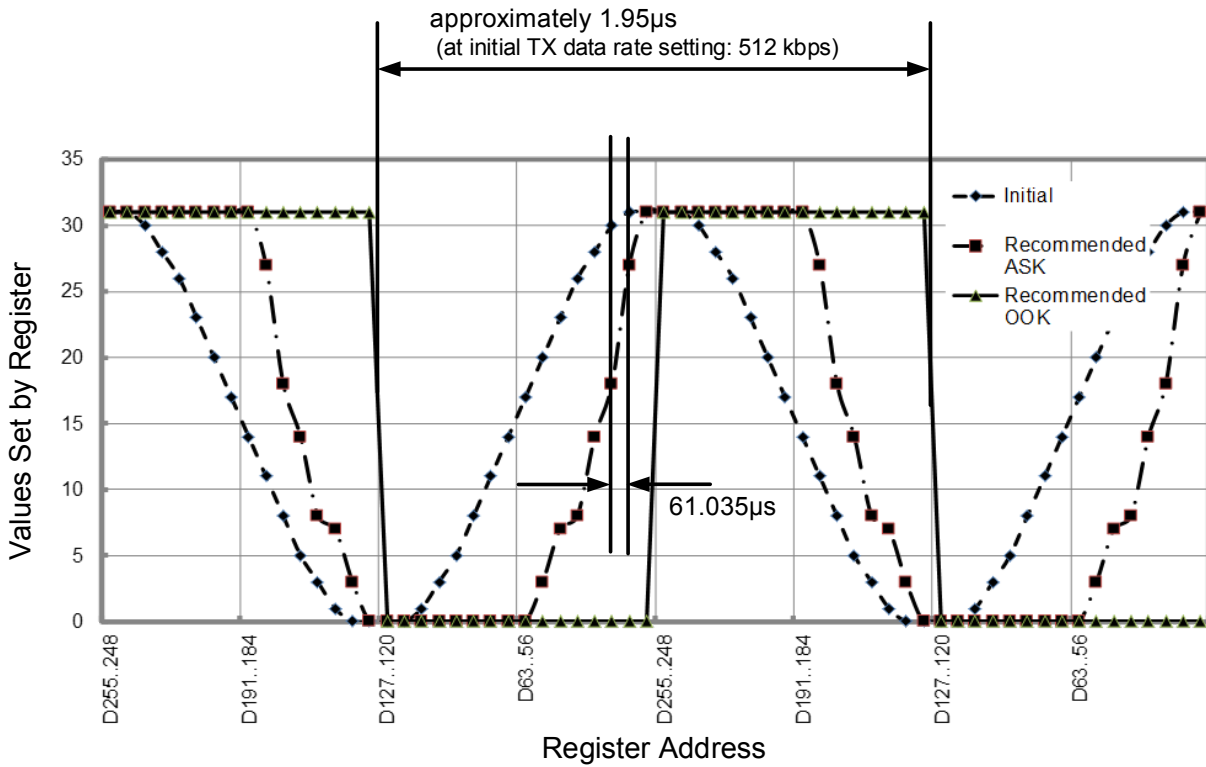


图 8-1 加速和减速系数寄存器设计的波形

8.20 17h; 最大接收数据长度设置

当接收帧（接收数据长度）大于设置值时，寄存器 rx_len_err (= 11h[D4])中将启用 rx_len_err 中断。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
17h	MAX_RXDATALEN	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	rxlen[8]	W	0	设置最大接收数据长度。 初始值：128 字节 寄存器 rxlen = (0,1,0,0,0,0,0,0)
		D7	rxlen[7]	W	1	
		D6	rxlen[6]	W	0	
		D5	rxlen[5]	W	0	
		D4	rxlen[4]	W	0	
		D3	rxlen[3]	W	0	
		D2	rxlen[2]	W	0	
		D1	rxlen[1]	W	0	
		D0	rxlen[0]	W	0	

8.21 18h; 唤醒检测周期数设置

初始值“3”是指当检测到 14-kHz 唤醒信号第四周期上升边缘时，WAKE_UP 引脚输出“1”。

通过设置寄存器 wk_reg_wen (= 1C[D8])为“1”，寄存器数据被复制到 PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器中。在复制数据后，该寄存器值变为有效。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
18h	WK_DET_NUM	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	wk_num[3]	W	0	设置唤醒检测的周期数。 检查用于唤醒（= 14 kHz 唤醒信号，参考图 7-3）的矩形波数。当接收的唤醒信号数值大于寄存器 wk_num 中的值时，WAKE_UP 引脚的输出从“0”变为“1”。 初始值：03 = (0,0,1,1)
		D2	wk_num[2]	W	0	
D1	wk_num[1]	W	1			
D0	wk_num[0]	W	1			

8.22 19h; 唤醒工作选择

通过设置寄存器 wk_reg_wen (= 1C[D8])为“1”，寄存器数据被复制到 PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器中。在复制数据后，该寄存器值变为有效。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
19h	WakeUP_REG_SETS	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D0	autowk	W	0	选择唤醒工作 0: 常规唤醒工作 <初始值> 1: 自动唤醒工作

8.23 1Ah; 唤醒检测定时器的校准启动

不同产品中的 PMU 和 WAKEUP DET 的内部振荡器频率有所不同。为正确检测唤醒信号，需要校准内部振荡器频率。校准最多耗时 120 μ s。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
1Ah	CAL_WakeUp	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	wkcal_en	W	0	开始校准唤醒检测定时器。 它在寄存器写入访问过程中工作。 0: 无工作 <初始值> 1: 开始校准用于唤醒波形检测的内部振荡器。
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D0	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）

8.24 1Bh; 清除 WAKE_UP 引脚输出

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
1Bh	WakeUP_CLR	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	wk_clr	W	0	在寄存器写入访问过程中清除 WAKE_UP 引脚输出。 0: 无工作 <初始值> 1: 清除（设置 WAKE_UP 引脚输出，从“1”至“0”。）
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D0	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）

注：应在进入休眠状态前设置寄存器。

8.25 1Ch; 数据写入至唤醒寄存器

PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器将在 TC32169FTG 休眠状态时保留复制的数据。当 ETC 系统 MCU 开始启动时，建议通过该寄存器刷新 PMU 和 WAKEUP DET 的电阻器，以保留唤醒工作设置。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
1Ch	Wakeup_reg_write	D15	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D14	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D13	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D12	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D11	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D10	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D9	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D8	wk_reg_wen	W	0	寄存器 w_s_set (= 0Bh[D3,D0]) / wk_num (= 18h[D3,D0]) / autowk (= 19h[D0])的数据 在寄存器写入访问过程中被复制到 PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器中。 0: 无工作 <初始值> 1: 复制工作
		D7	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D6	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D5	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D4	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D3	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D2	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
		D1	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）
D0	—	W	0	不理睬（建议设置为“0”）		

8.26 1Dh; 接收数据的字节长度设置

在寄存器 rx_ready (= 11h[D0]) 中启用中断后，接收 FIFO 的数据长度被写入该寄存器。
在读取接收 FIFO 中的数据前，ETC 系统 MCU 应获知接收帧的长度。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
1Dh	RXdata_len	D15	—	R	0	—
		D14	—	R	0	—
		D13	—	R	0	—
		D12	—	R	0	—
		D11	—	R	0	—
		D10	—	R	0	—
		D9	—	R	0	—
		D8	rxdatalen[8]	R	0	可检查接收 FIFO 中的接收数据的字节长度。
		D7	rxdatalen[7]	R	0	
		D6	rxdatalen[6]	R	0	
		D5	rxdatalen[5]	R	0	
		D4	rxdatalen[4]	R	0	
		D3	rxdatalen[3]	R	0	
		D2	rxdatalen[2]	R	0	
		D1	rxdatalen[1]	R	0	
		D0	rxdatalen[0]	R	0	

8.27 2Ch; CRC 设置

这些 CRC 参数同时适用于接收和传输。

这些参数值在休眠状态将被删除。

该寄存器设置用于北京的 ETC 系统。

参考 7.12.9 和 7.15。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
2Ch	CRC_INI	D15	—	R/W	0	设置为“0”
		D14	—	R/W	0	设置为“0”
		D13	—	R/W	0	设置为“0”
		D12	—	R/W	0	设置为“0”
		D11	—	R/W	0	设置为“0”
		D10	—	R/W	0	设置为“0”
		D9	—	R/W	0	设置为“0”
		D8	—	R/W	0	设置为“0”
		D7	—	R/W	0	设置为“0”
		D6	—	R/W	0	设置为“0”
		D5	—	R/W	0	设置为“0”
		D4	—	R/W	0	设置为“0”
		D3	crc_inv	R/W	0	反转 CRC 结果。 0: 反转 1: 不反转
		D2	lsb_msb	R/W	0	选择 MSB 先还是 LSB 先的传输方式。 (在读取传输 FIFO 或写入接收 FIFO 时) 0: LSB 先 1: MSB 先
		D1	crc_pol	R/W	0	选择 CRC 生成多项式。 0: $X^{16} + X^{12} + X^5 + X^0$ 1: $X^{16} + X^{15} + X^2 + X^0$
		D0	crc_ini	R/W	0	选择 CRC 移位寄存器的初始值。 0: 初始值全部为“1” 1: 初始值全部为“0”

8.28 36h; 接收检测定时器设置

接收并保存于寄存器 TRXFIFO 中的 FIFO 数据将通过帧起始标记中断和后同步信号检测中断的超时 (2 ms) 进行清除。为避免这种情况，寄存器 dettimer_dis 应设置为“1”。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
36h	RX_DET_TIMER_DIS	D15	—	R/W	0	—
		D14	—	R/W	0	—
		D13	—	R/W	0	—
		D12	—	R/W	0	—
		D11	—	R/W	0	—
		D10	—	R/W	0	—
		D9	—	R/W	0	—
		D8	—	R/W	0	—
		D7	—	R/W	0	—
		D6	—	R/W	0	—
		D5	—	R/W	0	—
		D4	—	R/W	0	—
		D3	—	R/W	0	—
		D2	—	R/W	0	—
		D1	—	R/W	0	—
				D0	dettimer_dis	R/W

8.29 3Ch; 测试选择

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
3Ch	TEST SEL	D15	—	W	0	设置为“0”
		D14	—	W	0	设置为“0”
		D13	—	W	0	设置为“0”
		D12	—	W	0	设置为“0”
		D11	—	W	0	设置为“0”
		D10	—	W	0	设置为“0”
		D9	—	W	0	设置为“0”
		D8	—	W	0	设置为“0”
		D7	—	W	0	设置为“0”
		D6	—	W	0	设置为“0”
		D5	txbit_sel[1]	W	0	生成用于测试的 FM0 编码传输数据模式。参考表 8-3。
		D4	txbit_sel[0]	W	0	00: 禁用测试工作 <初始值>
		D3	—	W	0	设置为“0”
		D2	fir_sel[2]	W	0	选择用于测试的传输数据。参考表 8-3。 000: 禁用测试工作 <初始值>
D1	fir_sel[1]	W	0			
D0	fir_sel[0]	W	0			

上表中的测试数据选择在表 8-3 中所示。

表 8-3 TX 状态的 ASK 测试工作

寄存器: fir_sel	寄存器: txbit_sel	生成的 RF ASK 信号的传输数据模式
000	00	禁用测试工作 <初始值> (用于实际 ETC 系统)
	11	FM0 编码中的 PN9 (用于 ACPR 测量)
001	don't care	ASK 全部为“0”, 无 FM0 编码 (连续波形)
010	don't care	ASK 全部为“1”, 无 FM0 编码 (连续波形)
101	don't care	ASK 信号通过 INTRPT/DIO 引脚的数据输入进行 FM0 调制。
011 / 110 / 111	don't care	禁止。

注: 若要使用从 INTRPT/DIO 引脚输入的数据, 寄存器 dio_en 和 dio_sel 应设置为“1”。关于该引脚的使用, 参考 8.4。

注: 通信数据的比特率设置在寄存器 txrate (= 15h[D9,D8])中。(参考 8.18.)

8.30 3Dh; 唤醒检测的频率设置

14-kHz 唤醒信号的频率容差由该寄存器进行控制。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
3Dh	WK_FREQ_SET	D15	—	W	0	设置为“0”
		D14	—	W	0	设置为“0”
		D13	—	W	0	设置为“0”
		D12	—	W	0	设置为“0”
		D11	wk_high_det[3]	W	0	设置唤醒检测脉冲频率为 20 kHz 或更高。 初始值: (0,1,0,1)
		D10	wk_high_det[2]	W	1	
		D9	wk_high_det[1]	W	0	
		D8	wk_high_det[0]	W	1	
		D7	—	W	0	设置为“0”
		D6	—	W	0	设置为“0”
		D5	—	W	0	设置为“0”
		D4	wk_low_det[4]	W	1	设置唤醒检测脉冲频率为 10 kHz 或更低。 初始值: (1,1,1,1,0)
		D3	wk_low_det[3]	W	1	
		D2	wk_low_det[2]	W	1	
		D1	wk_low_det[1]	W	1	
		D0	wk_low_det[0]	W	0	

8.31 3Eh; 唤醒频率寄存器控制

PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器将在 TC32169FTG 休眠状态中保留复制的数据。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
3Eh	WK_FREQ_SET_WEN	D15	—	W	0	设置为“0”
		D14	—	W	0	设置为“0”
		D13	—	W	0	设置为“0”
		D12	—	W	0	设置为“0”
		D11	—	W	0	设置为“0”
		D10	—	W	0	设置为“0”
		D9	—	W	0	设置为“0”
		D8	wk_freq_wen	W	0	写入频率数据至唤醒寄存器。 寄存器 wk_high_det (= 3D[D11,D8])和 wk_low_det (= 3Dh[D4,D0])中的数据在寄存器写入访问过程中被复制到 PMU 和 WAKEUP DET 的寄存器中。 0: 无工作 <初始值> 1: 复制工作
		D7	—	W	0	设置为“0”
		D6	—	W	0	设置为“0”
		D5	—	W	0	设置为“0”
		D4	—	W	0	设置为“0”
		D3	—	W	0	设置为“0”
		D2	—	W	0	设置为“0”
		D1	—	W	0	设置为“0”
D0	—	W	0	设置为“0”		

8.32 43h; 接收 FIFO 寄存器清除

在 RX 状态，当 FIFO 数据被覆盖后该功能可用。

如果该寄存器设置为“1”，寄存器 TRXFIFO (= 10h[D2047,D0])中的数据被清除。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
43h	RX FIFO CLEAR	D15	—	W	0	设置为“0”
		D14	—	W	0	设置为“0”
		D13	—	W	0	设置为“0”
		D12	—	W	0	设置为“0”
		D11	—	W	0	设置为“0”
		D10	—	W	0	设置为“0”
		D9	—	W	0	设置为“0”
		D8	rxfifocls	W	0	在寄存器写入访问过程中清除接收 FIFO 寄存器。 0: 无工作 = 不清除 <初始值> 1: 清除
		D7	—	W	0	设置为“0”
		D6	—	W	0	设置为“0”
		D5	—	W	0	设置为“0”
		D4	—	W	0	设置为“0”
		D3	—	W	0	设置为“0”
		D2	—	W	0	设置为“0”
D1	—	W	0	设置为“0”		
D0	—	W	0	设置为“0”		

8.33 56h; 晶体振荡器微调

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
56h	XOSC_TRIM	D15	—	W	0	设置为“0”
		D14	—	W	0	设置为“0”
		D13	—	W	0	设置为“0”
		D12	—	W	0	设置为“0”
		D11	xosc_ctrim[3]	W	0	晶体振荡器微调。 初始值: 全部为“0”
		D10	xosc_ctrim[2]	W	0	
		D9	xosc_ctrim[1]	W	0	
		D8	xosc_ctrim[0]	W	0	
		D7	—	W	0	设置为“0”
		D6	—	W	0	设置为“0”
		D5	—	W	0	设置为“0”
		D4	—	W	0	设置为“0”
		D3	—	W	0	设置为“0”
		D2	—	W	0	设置为“0”
		D1	—	W	0	设置为“0”
		D0	—	W	0	设置为“0”

注: 东芝使用晶体振荡器“FCX-04-32.768MHz-J20997 (RIVER ELETEC CORPORATION)”测量 TC32169FTG 的电气数据。

注: 当使用该晶体振荡器时, 寄存器 xosc_ctrim (= 56h[D11,D8])建议的值为 (0,0,0,1)。

8.34 5Ch; 接收 CRC 选择

该寄存器设置用于北京 ETC 系统。

关于详细信息，参考 7.15 和图 7-23。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
5Ch	SEL_RX_CRC	D15	—	R/W	0	设置为“0”
		D14	—	R/W	0	设置为“0”
		D13	—	R/W	0	设置为“0”
		D12	—	R/W	0	设置为“0”
		D11	—	R/W	0	设置为“0”
		D10	—	R/W	0	设置为“0”
		D9	crc_rslt_b	R	0	检查初始值全部为“0”的 CRC 结果。 0: 正确 / 1: 不正确
		D8	crc_rslt_a	R	0	检查初始值全部为“1”的 CRC 结果。 0: 正确 / 1: 不正确
		D7	—	R/W	0	设置为“0”
		D6	—	R/W	0	设置为“0”
		D5	—	R/W	0	设置为“0”
		D4	—	R/W	0	设置为“0”
		D3	—	R/W	0	设置为“0”
		D2	—	R/W	0	设置为“0”
		D1	—	R/W	0	设置为“0”
		D0	sel_crc	R/W	0	选择 CRC 工作。 0: 对于初始值全部为“0”的 CRC 结果和初始值全部为“1”的 CRC 结果，完成逻辑 OR。 1: 选择初始值全部为“1”的 CRC 结果。 逻辑 OR 值未使用。 CRC 结果通过寄存器 <code>crc_ini</code> (= 2Ch[D0])进行配置。 该寄存器的默认设置符合中国的 ETC 标准。

8.35 5Dh; CRC 数据信息

该寄存器的数据用于北京 ETC 系统。

关于详细信息，参考 7.15。

地址	功能	名	R/W	初始值	说明	
5Dh	CRC_DATA	D15	crc_data[15]	R	0	接收 CRC 数据
		D14	crc_data[14]	R	0	
		D13	crc_data[13]	R	0	
		D12	crc_data[12]	R	0	
		D11	crc_data[11]	R	0	
		D10	crc_data[10]	R	0	
		D9	crc_data[9]	R	0	
		D8	crc_data[8]	R	0	
		D7	crc_data[7]	R	0	
		D6	crc_data[6]	R	0	
		D5	crc_data[5]	R	0	
		D4	crc_data[4]	R	0	
		D3	crc_data[3]	R	0	
		D2	crc_data[2]	R	0	
		D1	crc_data[1]	R	0	
		D0	crc_data[0]	R	0	

9. 绝对最大额定值

半导体器件的绝对最大额定值是指在工作过程中（即使是一瞬）不得超过的一组规定的参数值。

如果在工作过程中超过了任一额定值，器件电气特性可能会被无可挽回地更改，从而不能保证器件的可靠性和使用寿命。

而且，超过额定值的工作可能导致其它设备的故障，损坏或毁坏。

使用该器件的应用设计应确保在任何工作条件下都不会超过额定值。

在使用该产品，创造和设计系统之前，应参考并遵守本文件中所述的注意事项和使用条件。

表 9-1 绝对最大额定值

（除非另有规定， $T_a = 25^\circ\text{C}$ 且参考电压为接地）

项目	符号/引脚名	额定值	单位
电源电压	V_{DD}	-0.2 to 6.0	V
输入电压 (I/O 引脚)	MOSI, SPICLK, CSN, INTRPT/DIO, TXRX, CE, and TEST	-0.2 to 6.0	V
信号输入电压	RF_IN	10	dBm
功耗	P_D	250	mW
存储温度范围	T_{stg}	-40 to 125	$^\circ\text{C}$

10. 工作范围

工作范围表示实现基本工作的条件，即便产品的电气特性可能存在一些波动。

表 10-1 工作范围

（除非另有规定， $T_a = 25^\circ\text{C}$ 且参考电压为接地）

项目	符号/引脚名	额定值	单位
电源电压	V_{DD}	1.8 to 3.6	V
工作温度范围 规格不能保证	T_a	-40 to 85	$^\circ\text{C}$
高电平输出电流	I_{OH} ; MISO, INTRPT/DIO, 和 WAKE_UP	0 to 10	μA
低电平输出电流	I_{OL} ; MISO, INTRPT/DIO, 和 WAKE_UP	-10 to 0	μA

11. 电气特性

表 11-1 电气特性

(除非另有规定, $V_{DD}=3.0\text{ V}$, $f=5830\text{ MHz}$, $T_a=25^\circ\text{C}$ 且参考电压接地)

项目	符号	测试条件	Min	Typ.	Max	单位
电流						
休眠 1 中的电流消耗 (室温)	I_{DDs1}	$V_{DD}=3.0\text{ V}$ 和 $T_a=+25^\circ\text{C}$ 在休眠状态	—	4.4	6	μA
休眠 2 中的电流消耗 (高温)	I_{DDs2}	$V_{DD}=3.0\text{ V}$ 和 $T_a=+85^\circ\text{C}$ 在休眠状态	—	4.9	10	μA
RX 状态中的电流消耗	I_{DDR}	RX 状态, $V_{DD}=3.0\text{ V}$, 和 RF 输入电平 = 0 dBm,	—	31	37	mA
TX 状态中的电流消耗	I_{DDT}	TX 状态, $V_{DD}=3.0\text{ V}$, PN9, 和 FM0 调制。 设置寄存器: mr (= 0Ah[D4,D0]) ~ (0,0,0,0,0)。 设置寄存器: outctrl (= 09h[D11,D0]) 至全部“1”。	—	40	50	mA
引脚输入 (TXRX, INTRPT/DIO [作为输入], CSN, SPICLK, MOSI, and CE)						
输入高电压	V_{IH}	—	$V_{DD} \times 0.8$	V_{DD}	$V_{DD} + 0.2$	V
输入低电压	V_{IL}	—	-0.2	GND	0.3	V
漏电流 1 (输入高电压)	I_{IH}	引脚输入 = V_{DD}	-3	0	3	μA
漏电流 2 (输入低电压)	I_{IL}	引脚输入 = GND	-3	0	3	μA
引脚输出 (INTRPT/DIO [作为输出], MISO, 和 WAKE_UP)						
输出高电压	V_{OH}	—	$V_{DD} \times 0.8$	V_{DD}	—	V
输出低电压	V_{OL}	—	-0.3	GND	0.3	V
驱动电流 1 (拉电流: 输出高电压)	I_{OH}	源电流在“ $V_{OH} \geq V_{DD} \times 0.8$ ”。	200	—	—	μA
驱动电流 2 (灌电流: 输出低电压)	I_{OL}	灌电流在“ $V_{OL} \leq +0.3\text{ V}$ ”。	—	—	200	μA
晶体振荡器						
晶体振荡器频率	f_{XOSC}	—	—	32.768	—	MHz
晶体振荡器启动时间	t_{XOSC}	从 CE 引脚切换的系统时钟启动时间 (L → H)。 假定使用“FCX-04-32.768MHz-J20997” (RIVER ELETEC CORPORATION)	—	—	500	μs
负载电容	C_L	保持启动时间 (500 μs 或更少) 的负载电容。 (参考章节 12)	6	—	7	pF
SPI 总线						
SPI 工作频率范围	f_{SPI}	传输数据的时钟频率,	0.05	8	8.192	MHz
频率合成器						
可用频率范围	f_{VFO}	$f_{VFO} = f_{VCO} \times 2$ ($f_{VCO} = \text{VCO 频率}$)	5725	5835	5875	MHz
频率切换时间	t_{LOCK}	$f_{LOCK} \leq \pm 100\text{ kHz}$, 从寄存器 pll_reset 更改 (设置为“1”) 至完成 PLL 频率锁定的时间。	—	25	30	μs
频率步	f_{STEP}	最小的 PLL 频率步	—	5	—	MHz

项目	符号	测试条件	Min	Typ.	Max	单位
唤醒						
工作频率范围	$f_{OPR,WU}$	在 RF_IN 引脚	5775	5830	5845	MHz
唤醒脉冲的频率范围	$f_{PR,WU}$	在 RF_IN 引脚, 确切进入唤醒状态的脉冲频率	(10.4)	14	(15.7)	kHz
唤醒灵敏度 1	WU sens1	Ta = +25°C 且调制指数 = 1.00。 设置寄存器 w_s_set (= 0Bh[D3,D0])为(0,1,0,1)。	-51	-49	-46	dBm
唤醒灵敏度 2	WU sens2	Ta = +85°C 且调制指数 = 1.00。 设置寄存器 w_s_set 为(0,1,0,1)。	-50	-48	-45	dBm
唤醒最大输入电平 1	WU max1	Ta = +25°C 且调制指数 = 0.75, 设置寄存器 w_s_set 为(0,1,0,1)。	2	7	—	dBm
唤醒最大输入电平 2	WU max2	Ta = +85°C 且调制指数 = 0.75, 设置寄存器 w_s_set 为(0,1,0,1)。	2	8	—	dBm
数据接收						
接收工作频率范围	$f_{OPR,RX}$	在 RF_IN 引脚的频率 设置内部频率为接收频率 +/-5 MHz。	5725	5830	5875	MHz
接收灵敏度 1	RX sens1	IF 滤波器 = 常规, 接收 BER = 10×10^{-6} , Ta = +25°C, 内部频率 = 5835 MHz, 且调制指数 = 0.80	(-66)	-64.5	-60	dBm
接收灵敏度 2	RX sens2	IF 滤波器 = 常规, 接收 BER = 10×10^{-6} , Ta = +85°C, 内部频率 = 5835 MHz, 且调制指数 = 0.80	(-62)	-61	-58	dBm
接收最大输入电平 1	RX max1	IF 滤波器 = 常规, 接收 BER = 10×10^{-6} , Ta = +25°C, 内部频率 = 5835 MHz, 且调制指数 = 0.80	-9	-5	(-4)	dBm
接收最大输入电平 2	RX max2	IF 滤波器 = 常规, 接收 BER = 10×10^{-6} , Ta = -40 °C, 内部频率 = 5835 MHz, 且调制指数 = 0.80	-10	-6	(-5)	dBm
漏功率 1	P _{OFF-OUT}	RX 状态中的 RFOUT2 引脚。	—	-62	-59	dBm
漏功率 2	P _{OFF-IN}	RX 状态中的 RF_IN 引脚。	—	-60	-50	dBm
RSSI 输出电压 1	V _{RSSI1}	RF 输入电平 = -60 dBm 在 RF_IN 引脚。CW	0.52	0.60	0.66	V
RSSI 输出电压 2	V _{RSSI2}	RF 输入电平 = -40 dBm 在 RF_IN 引脚。CW	0.80	0.85	0.90	V
RSSI 输出电压 3	V _{RSSI3}	RF 输入电平 = -20 dBm 在 RF_IN 引脚。CW	1.06	1.12	1.18	V
RSSI 输出电压 4	V _{RSSI4}	RF 输入电平 = 0 dBm 在 RF_IN 引脚。CW	1.10	1.17	1.24	V
RSSI 线性度	L _{RSSI}	V _{RSSI3} 和 V _{RSSI2} 之间的 RSSI 平均斜率。	11	14	17	mV/dBm
VRSSI 电流特性	I _{RSSI}	当 RSSI 输出电压是 0.75 V 且 RSSI 引脚无负载时。 超过 RSSI 输出电压的幅度是 +/-50 mV 或更少。	-45	0	45	μA

项目	符号	测试条件	Min	Typ.	Max	单位
数据传输						
传输工作频率范围	$f_{OPR.TX}$	$f_{OPR.TX} = f_{VFC}$ ($f_{VCO} = VCO$ 频率)	5725	5790	5875	MHz
最大 RF 输出功率 1	$P_{OUTMAXS1}$	RFOUT2 引脚的单输出。 设置最大输出功率 (设置寄存器 $outctrl$ (= 09h[D11,D0]) 为全部“1”)。CW。 $T_a = +25^\circ\text{C}$ 且传输频率 = 5790 MHz,	0	2	—	dBm
最大 RF 输出功率 2	$P_{OUTMAXS2}$	RFOUT2 引脚的单输出。 设置最大输出功率 (设置寄存器 $outctrl$ (= 09h[D11,D0]) 为全部“1”)。CW。 $T_a = +85^\circ\text{C}$ 且传输频率 = 5790 MHz,	-2	0	—	dBm
最大 RF 输出功率 3	$P_{OUTMAXD3}$	RFOUT1 和 2 引脚的同步输出。 设置最大输出功率 (设置寄存器 $outctrl$ 为全部“1”)。CW。 $T_a = +25^\circ\text{C}$ 且传输频率 = 5790 MHz,	3	5	—	dBm
最大 RF 输出功率 4	$P_{OUTMAXD4}$	RFOUT1 和 2 引脚的同步输出。 设置最大输出功率 (设置寄存器 $outctrl$ 为全部“1”)。CW。 $T_a = +85^\circ\text{C}$ 且传输频率 = 5790 MHz,	1	3	—	dBm
最小 RF 输出功率 1	$P_{OUTMINS1}$	RFOUT2 引脚的单输出。 设置最小输出功率 (设置寄存器 $outctrl$ (= 09h[D11,D0]) 为全部“0”)。CW。 $T_a = +25^\circ\text{C}$ 且传输频率 = 5790 MHz,	—	-6	-5	dBm
最小 RF 输出功率 2	$P_{OUTMINS2}$	RFOUT2 引脚的单输出。 设置最小输出功率 (设置寄存器 $outctrl$ (= 09h[D11,D0]) 为全部“0”)。CW。 $T_a = +85^\circ\text{C}$ 且传输频率 = 5790 MHz,	—	-7	-6	dBm
最小 RF 输出功率 3	$P_{OUTMIND3}$	RFOUT1 和 2 引脚的同步输出。 设置最小输出功率 (设置寄存器 $outctrl$ 为全部“0”)。CW。 $T_a = +25^\circ\text{C}$ 且传输频率 = 5790 MHz,	—	-3	-2	dBm
最小 RF 输出功率 4	$P_{OUTMIND4}$	RFOUT1 和 2 引脚的同步输出。 设置最小输出功率 (设置寄存器 $outctrl$ 为全部“0”)。CW。 $T_a = +85^\circ\text{C}$ 且传输频率 = 5790 MHz,	—	-4	-3	dBm
调制率频率 1	f_{MOD1}	传输数据率设置 = 512 kbps (设置寄存器 $txrate$ (= 15h[D9,D8]) 为(0,0))。 设置建议的加速/减速系数。	—	512	—	kHz
调制率频率 2	f_{MOD2}	传输数据率设置 = 256 kbps (设置寄存器 $txrate$ 为(0,1))。 设置建议的加速/减速系数。	—	256	—	kHz
占用的带宽	OBW	传输数据率设置 = 512 kbps (设置寄存器 $txrate$ 为(0,0))。 设置 ASK 建议的加速/减速系数。 99% 占用频带。	—	1.4	2.2	MHz
相邻通道功率比	ACPR	传输数据率设置 = 512 kbps (设置寄存器 $txrate$ 为(0,0))。 设置 ASK 建议的加速/减速系数。 频率偏差 = +/-10 MHz。设置寄存器 mr (=	—	-45	-40	dBc

项目	符号	测试条件	Min	Typ.	Max	单位
		0Ah[D4,D0])为(0,0,0,0,0)。				
传输眼图 (时间比)	EYE T	时间轴。传输数据率设置= 512 kbps (设置寄存器 txrate 为(0,0))。 设置 ASK 建议的加速/减速系数。	80	97	100	%
传输眼图 (振幅比)	EYE A	振幅轴。传输数据率设置= 512 kbps (设置寄存器 txrate 为(0,0))。 设置 ASK 建议的加速/减速系数。	80	97	100	%
调制指数 1	MOD INDEX1	传输数据率设置 = 512 kbps (设置 寄存器 txrate 为(0,0))。 设置 ASK 建议的加速/减速系数。 设置寄存器 mr 为(0,0,1,0,1)。(设置调制 指数为 0.85。)	0.80	0.85	0.90	—
调制指数 2	MOD INDEX2	传输数据率设置= 512 kbps (设置 寄存器 txrate 为(0,0))。 设置 ASK 建议的加速/减速系数。 设置寄存器 mr 为(0,1,0,0,1)。(设置调制 指数为 0.70。)	0.65	0.70	0.75	—
调制指数 3	MOD INDEX3	传输数据率设置= 512 kbps (设置 寄存器 txrate 为(0,0))。 设置 OOK (设置寄存器 ook (= 0Ah[D7])为“1”) 设置 OOK 建议的加速/减速系数。	0.95	0.98	1.00	—
寄生电平 1	Spr.1	寄生频率=传输频率 +/-32.768 MHz (32.768 MHz = XOSC 频率)。 设置最大输出功率。(设置寄存器 outctrl 为全部“1”)。CW。在 RFOUT2 引脚。 设置寄存器 mr 为(0,0,0,0,0)。	—	-80	-60	dBc
寄生电平 2	Spr.2	寄生频率=传输频率 +/-16.384 MHz (16.384 MHz 用于相竞争。) 设置最大输出功率。(设置寄存器 outctrl 为全部“1”)。CW。在 RFOUT2 引脚。 设置寄存器 mr 为(0,0,0,0,0)。	—	-60	-52	dBc
寄生电平 3	Spr.3	寄生频率=传输频率/2 (一半 传输频率 = VCO 频率)。 设置最大输出功率。(设置寄存器 outctrl 为全部“1”)。CW。在 RFOUT2 引脚。 设置寄存器 mr 为(0,0,0,0,0)。	—	-60	-52	dBc
寄生电平 4	Spr.4	寄生频率=传输频率 × 1.5 (这是 VCO 频率第三谐波) 设置最大输出功率。(设置寄存器 outctrl 为全部“1”)。CW。在 RFOUT2 引脚。设置 寄存器 mr 为(0,0,0,0,0)。	—	-64	-58	dBc
寄生电平 5	Spr.5	不同于以上的频率分量。 设置最大输出功率。(设置寄存器 outctrl 为全部“1”)。CW。在 RFOUT2 引脚。 设置寄存器 mr 为(0,0,0,0,0)。	—	-25	-15	dBm

注：“—”= 未规定

注：CW 是“连续波”

注：括号中的值为参考数据。

注： f_{VFO} 值等于 f_{LO} 值 (内部频率)。

12. 典型的测量电路

以下测试电路中所示的部件只用于检查该产品的特性。东芝不保证这些部件在特定的应用系统中能防止故障。

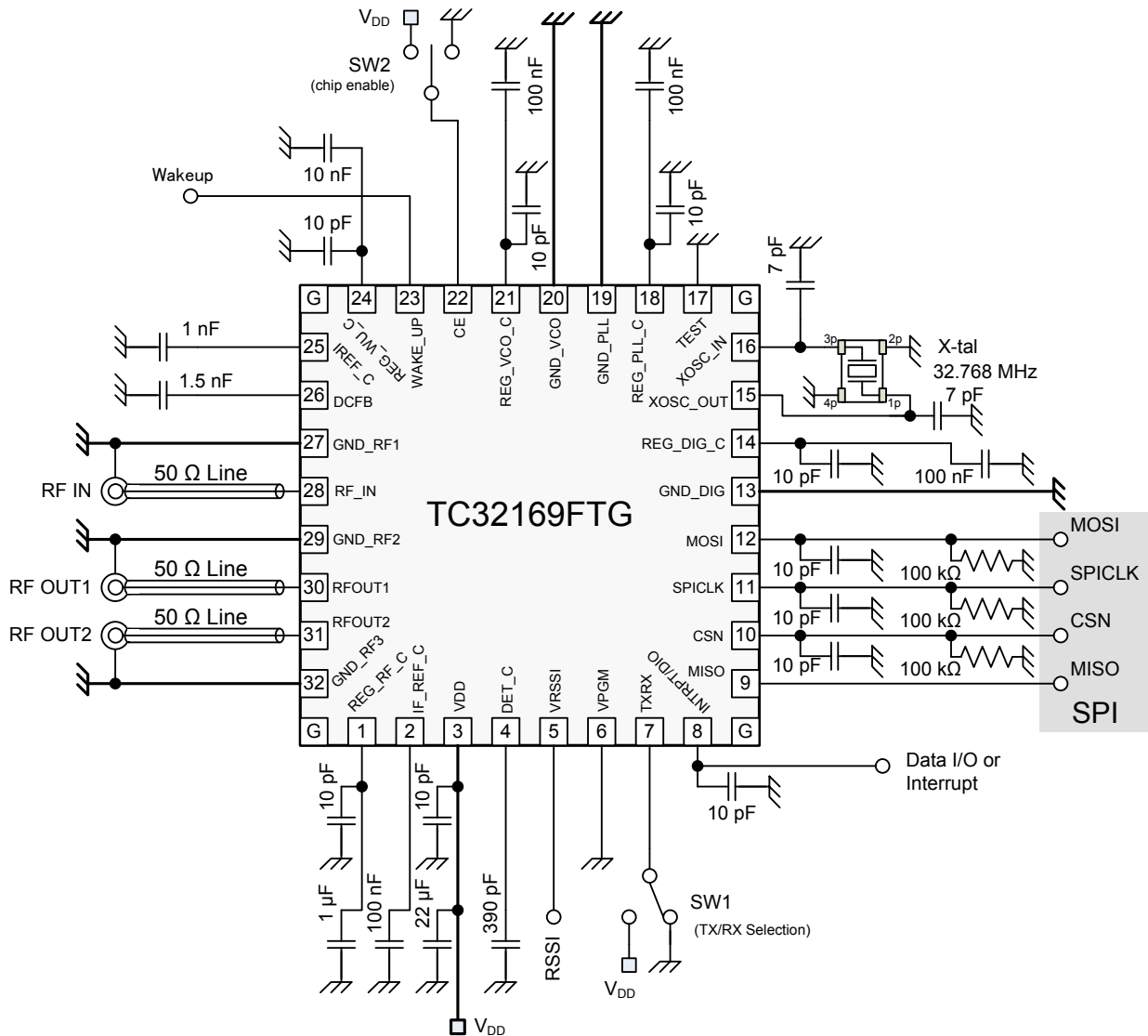


图 12-1 TC32169FTG 的典型测量电路

- 注：在该电路中，假定使用晶体振荡器“FCX-04-32.768MHz-J20997 (RIVER ELETEC CORPORATION)”。
- 注：传输或接收的选择由 SW1 进行控制。在该图中，已选择接收。
- 注：芯片启用的工作由 SW2 进行控制。关于 SW2 的设置，参考 7.12 章节中的流程图。
- 注：该封装四个角处的 G 引脚内部连接至该 IC 的基板。这些引脚建议连接至印刷电路板的 GND。
- 注：IREF_C 和 DCFB 引脚的特性分别受其连接电容值的影响。每个引脚连接一个陶瓷电容器。注意冷凝或灰尘以免产生漏电流。

当使用 TCXO 或外部信号发生器时，参考图 12-2。TCXO 的输出应通过一个电容器连接至 XOSC_IN 引脚以切断 DC 电压部件，如 (a) 中所示。而且 XOSC_OUT 引脚应开路。若要使用 TCXO，无需任何通过 SPI 总线或特定引脚的设置。也不需要检查其驱动性能和阻抗。

当使用外部信号发生器时，50-Ω 阻抗线应连接至电容器以切断 DC 电压部件，如 (b) 中所示。XOSC_OUT 引脚应开路。TCXO 或外部信号发生器的频率精度取决于其自身特性。

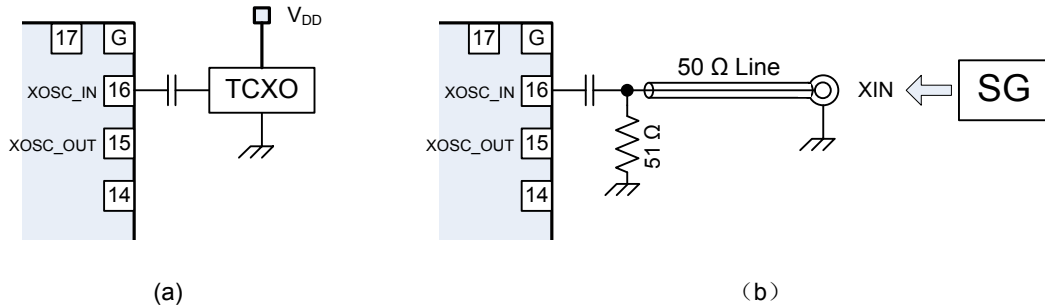
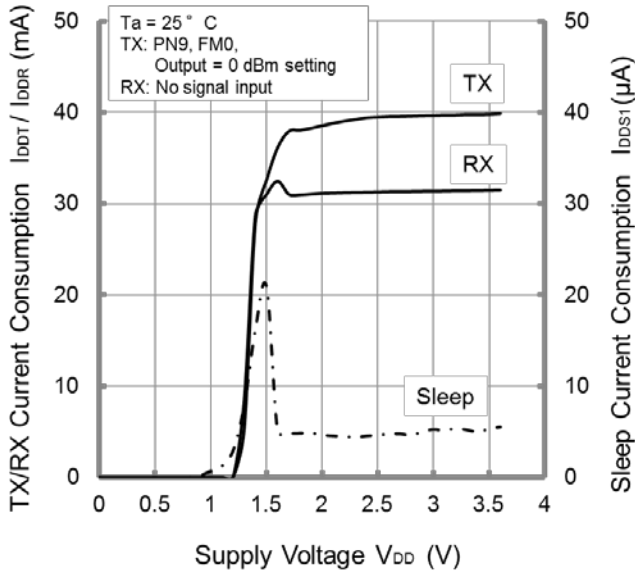


图 12-2 使用 TCXO 或外部信号发生器的测量电路

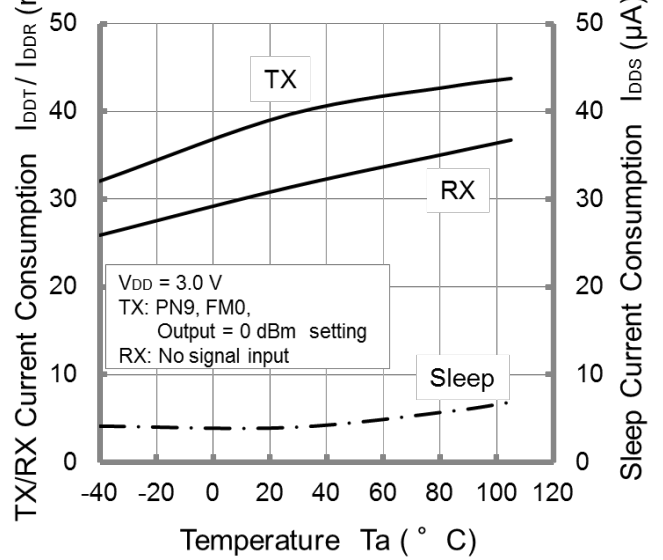
13. 参考数据

使用东芝评估板“TC32169FTG ver1.0 hyoka”获得温度特性。那些测量中使用晶体振荡器“FCX-04-32.768MHz-J20997 (RIVER ELETEC CORPORATION)”。不能保证超出电气特性所示范围的工作。

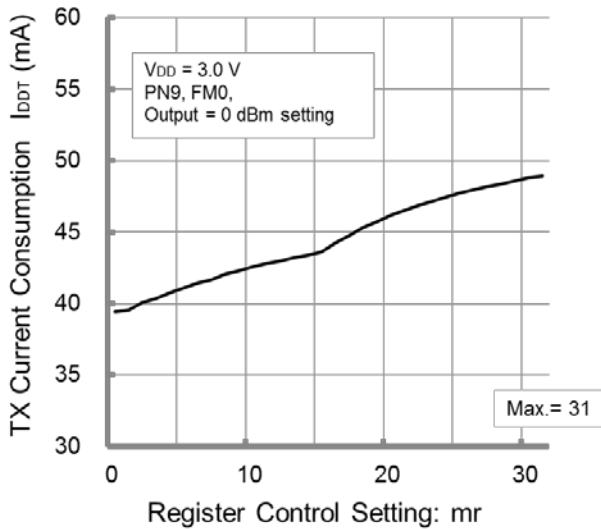
Current Consumption vs. Supply Voltage Characteristics



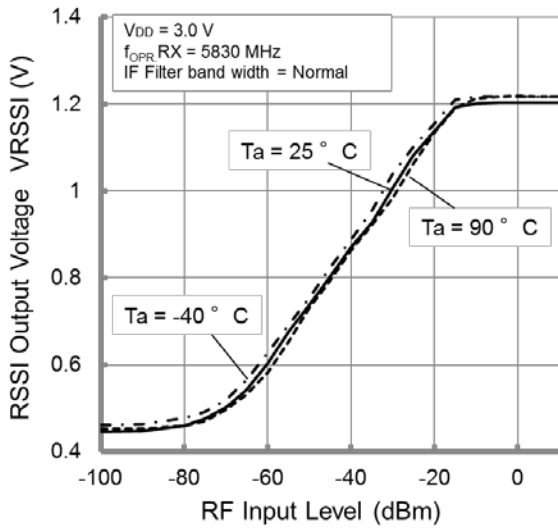
Current Consumption vs. Temperature Characteristics



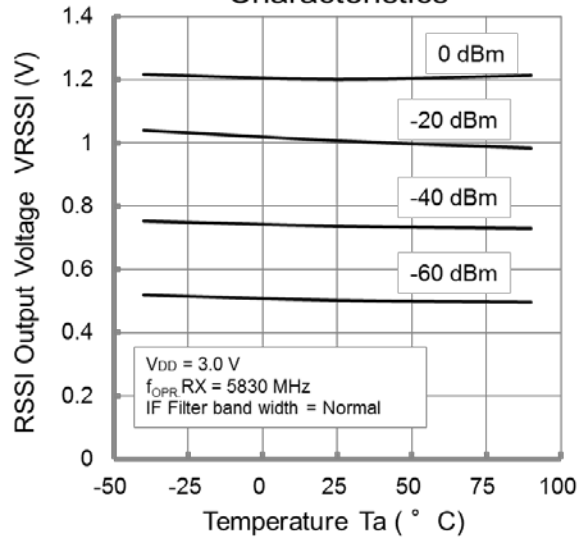
TX Current Consumption vs. Modulation Characteristics



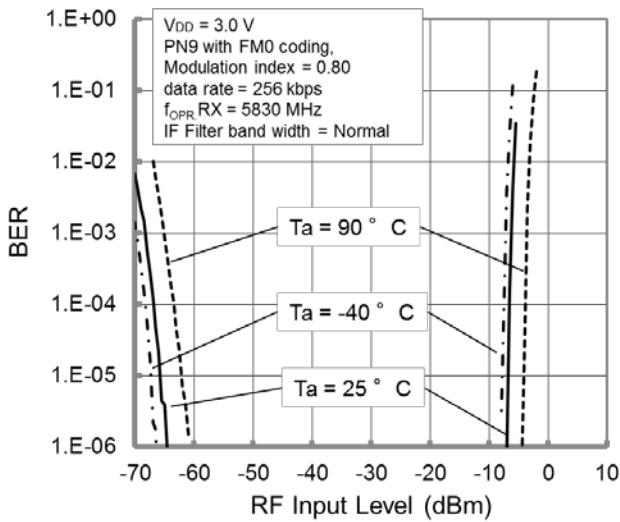
RSSI Output Voltage vs. Input Level Characteristics



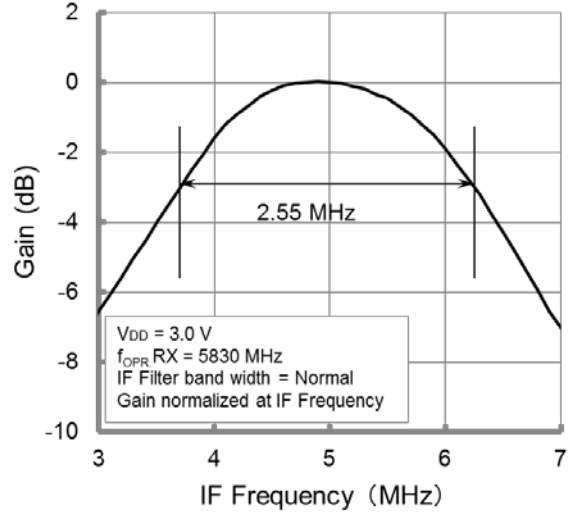
RSSI vs. Temperature Characteristics



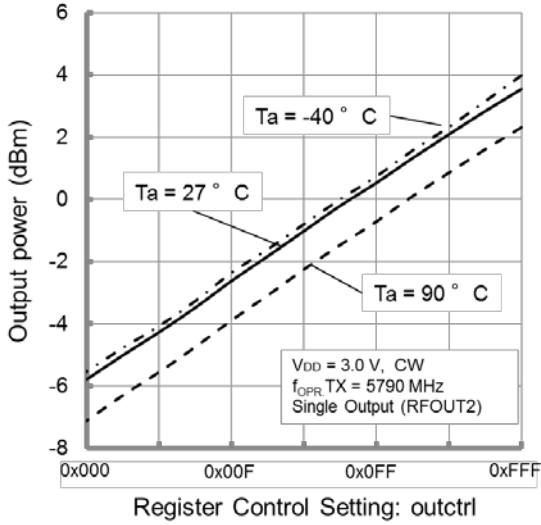
BER vs. RF Input Level Characteristics



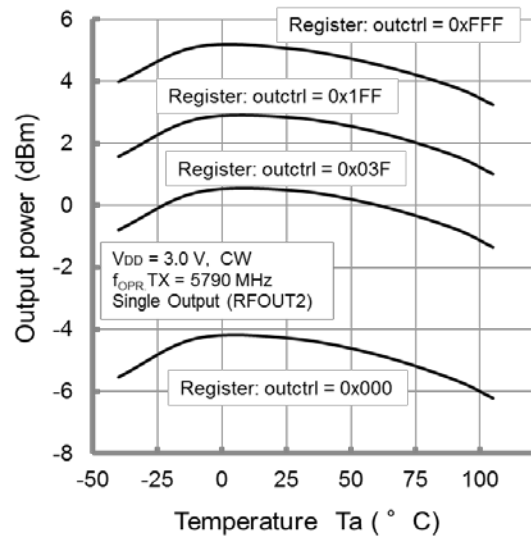
BPF vs. IF Frequency Characteristics



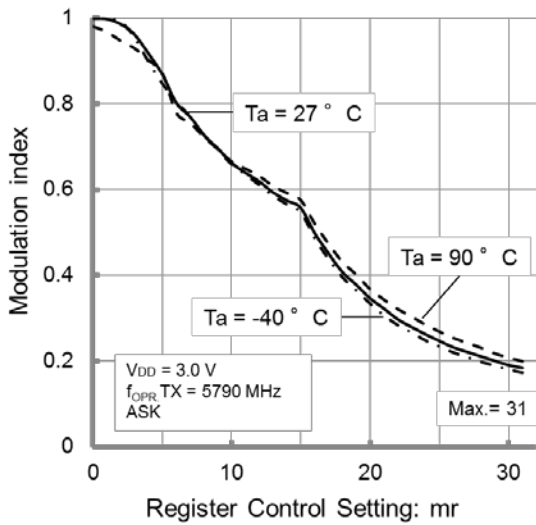
TX Output Power vs. Register Control Setting



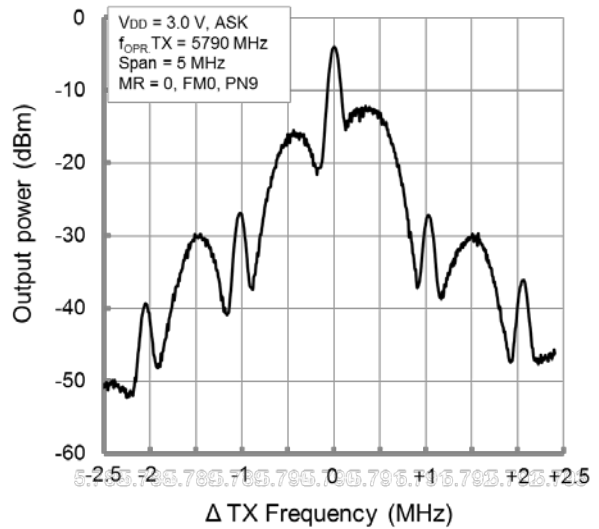
TX Output Power vs. Temperature Characteristics



Modulation index vs. Register Setting Characteristics



ASK Waveform Spectrum Characteristics



14. 评估电路举例

东芝不保证该评估电路的工作。当生产设计完成时，应仔细评估设计和设计产品。
 本文件未授予任何工业产权许可证。

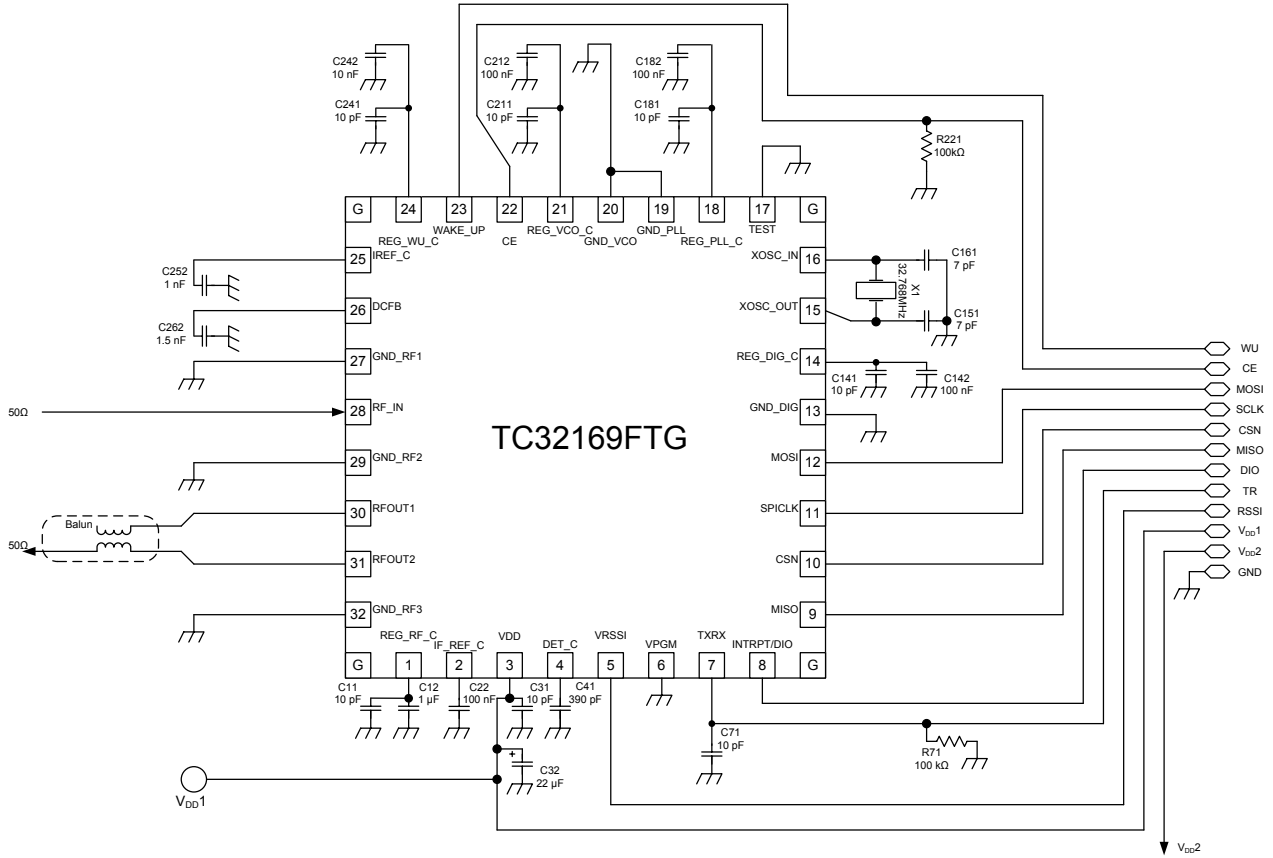


图 14-1 评估电路举例

注：在该电路中，假定使用晶体振荡器“FCX-04-32.768MHz-J20997 (RIVER ELETETEC CORPORATION)”。
 注：该封装四个角处的 G 引脚内部连接至该 IC 的基板。这些引脚建议连接至印刷电路板的 GND。
 注：以上电路中，“Balun”将平衡信号转变为不平衡信号。应根据天线和其它 RF 电路元件选择并检查合适的 Balun。

15. 应用电路（参考）

这是使用 TC32169FTG 的 ETC 系统举例。东芝不保证该应用电路举例可作为生产设计。当生产设计完成时，应仔细评估设计和设计产品。

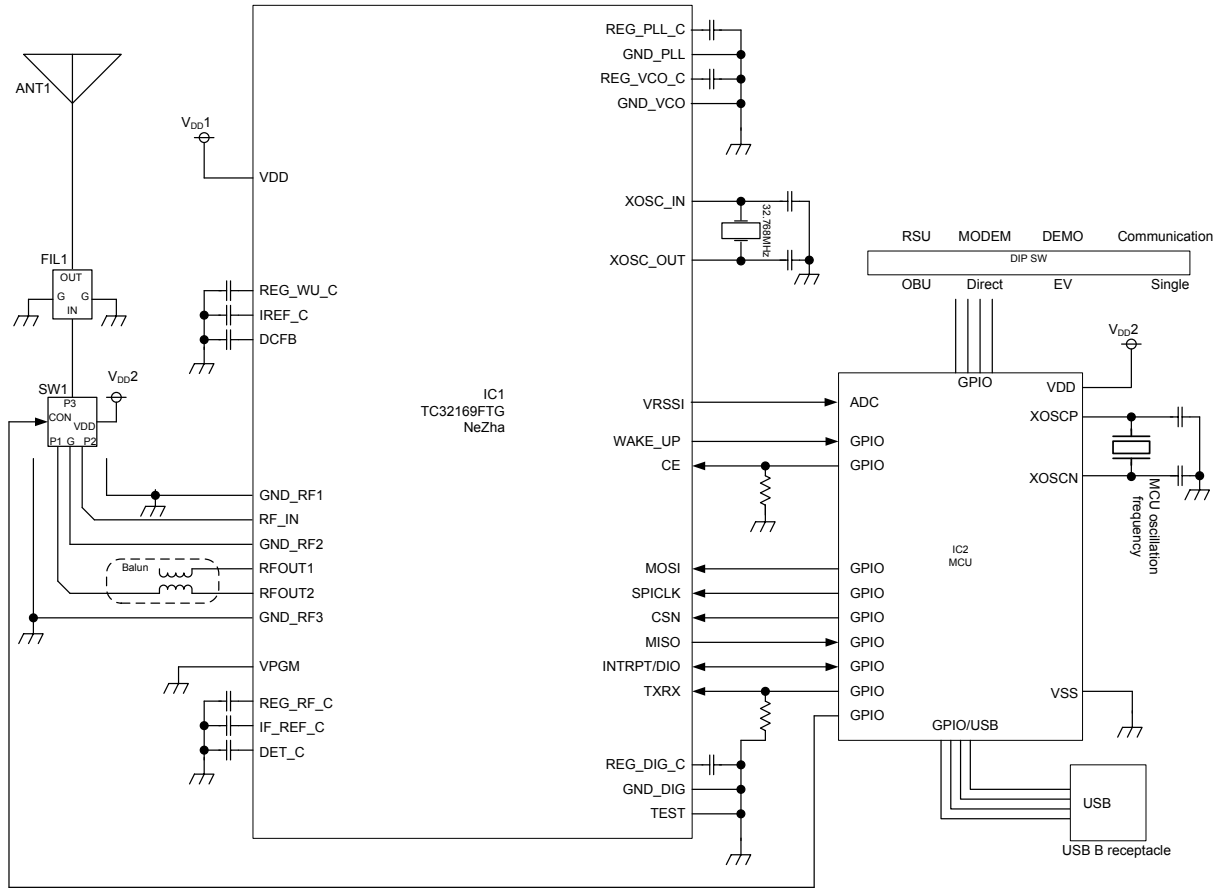


图 15-1 使用 TC32169FTG 的 ETC 系统举例

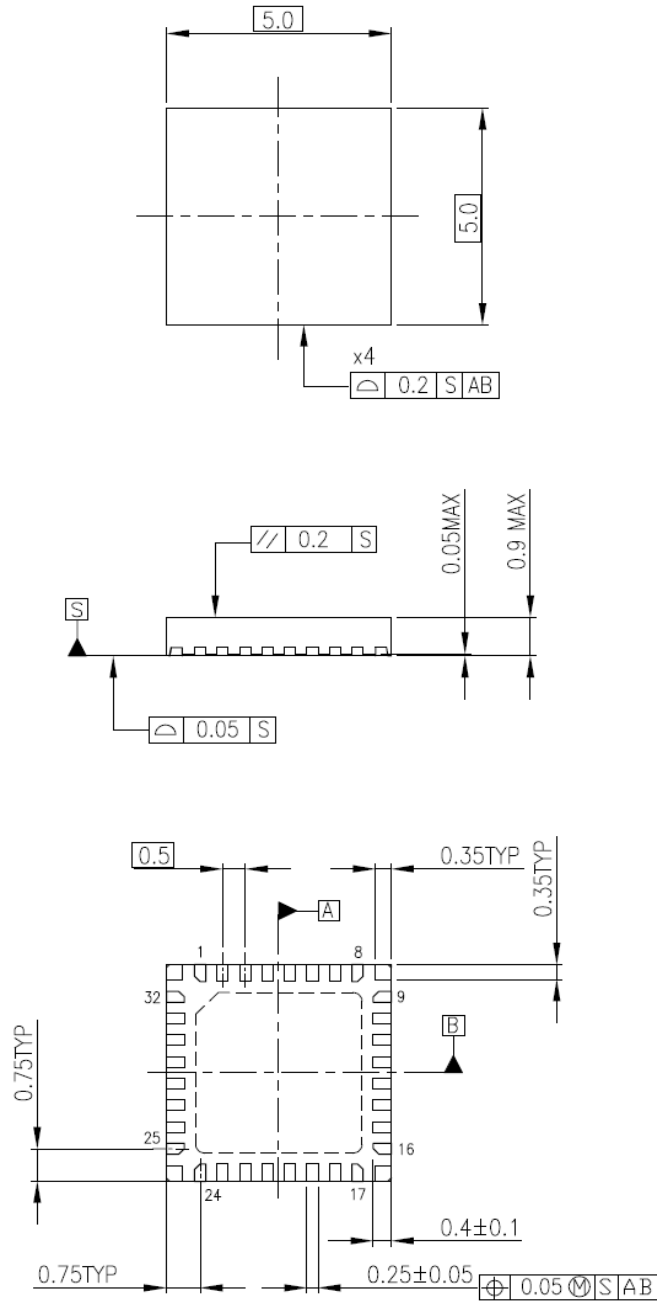
注：在该图中，未指定 MCU 的系统时钟频率。应根据其规格采用适合的系统频率。

16. 封装图

16.1 封装尺寸

Package Type: P-VQFN32-0505-0.50-002

“Unit: mm”



Weight: 0.08g (Typ.)

图 16-1 封装尺寸

这些图用于说明。关于封装的未描述或详细信息，请联系东芝销售。

16.2 标记

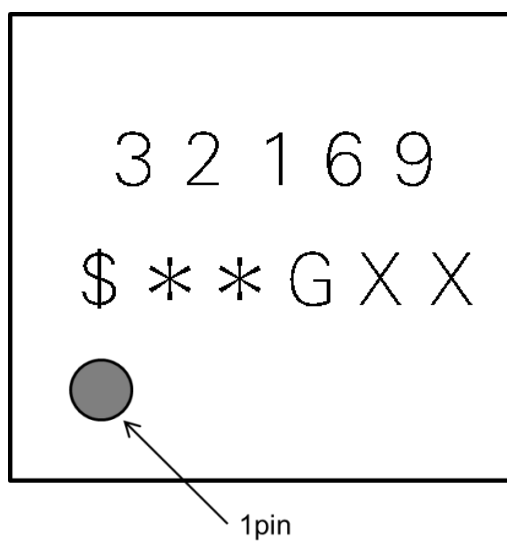


图 16-2 标记

RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

Toshiba Corporation and its subsidiaries and affiliates are collectively referred to as "TOSHIBA". Hardware, software and systems described in this document are collectively referred to as "Product".

- TOSHIBA reserves the right to make changes to the information in this document and related Product without notice.
- This document and any information herein may not be reproduced without prior written permission from TOSHIBA. Even with TOSHIBA's written permission, reproduction is permissible only if reproduction is without alteration/omission.
- Though TOSHIBA works continually to improve Product's quality and reliability, Product can malfunction or fail. Customers are responsible for complying with safety standards and for providing adequate designs and safeguards for their hardware, software and systems which minimize risk and avoid situations in which a malfunction or failure of Product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property, including data loss or corruption. Before customers use the Product, create designs including the Product, or incorporate the Product into their own applications, customers must also refer to and comply with (a) the latest versions of all relevant TOSHIBA information, including without limitation, this document, the specifications, the data sheets and application notes for Product and the precautions and conditions set forth in the "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" and (b) the instructions for the application with which the Product will be used with or for. Customers are solely responsible for all aspects of their own product design or applications, including but not limited to (a) determining the appropriateness of the use of this Product in such design or applications; (b) evaluating and determining the applicability of any information contained in this document, or in charts, diagrams, programs, algorithms, sample application circuits, or any other referenced documents; and (c) validating all operating parameters for such designs and applications. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR CUSTOMERS' PRODUCT DESIGN OR APPLICATIONS.**
- **PRODUCT IS NEITHER INTENDED NOR WARRANTED FOR USE IN EQUIPMENTS OR SYSTEMS THAT REQUIRE EXTRAORDINARILY HIGH LEVELS OF QUALITY AND/OR RELIABILITY, AND/OR A MALFUNCTION OR FAILURE OF WHICH MAY CAUSE LOSS OF HUMAN LIFE, BODILY INJURY, SERIOUS PROPERTY DAMAGE AND/OR SERIOUS PUBLIC IMPACT ("UNINTENDED USE").** Except for specific applications as expressly stated in this document, Unintended Use includes, without limitation, equipment used in nuclear facilities, equipment used in the aerospace industry, medical equipment, equipment used for automobiles, trains, ships and other transportation, traffic signaling equipment, equipment used to control combustions or explosions, safety devices, elevators and escalators, devices related to electric power, and equipment used in finance-related fields. **IF YOU USE PRODUCT FOR UNINTENDED USE, TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR PRODUCT.** For details, please contact your TOSHIBA sales representative.
- Do not disassemble, analyze, reverse-engineer, alter, modify, translate or copy Product, whether in whole or in part.
- Product shall not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable laws or regulations.
- The information contained herein is presented only as guidance for Product use. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringement of patents or any other intellectual property rights of third parties that may result from the use of Product. No license to any intellectual property right is granted by this document, whether express or implied, by estoppel or otherwise.
- **ABSENT A WRITTEN SIGNED AGREEMENT, EXCEPT AS PROVIDED IN THE RELEVANT TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR PRODUCT, AND TO THE MAXIMUM EXTENT ALLOWABLE BY LAW, TOSHIBA (1) ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, SPECIAL, OR INCIDENTAL DAMAGES OR LOSS, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, LOSS OF PROFITS, LOSS OF OPPORTUNITIES, BUSINESS INTERRUPTION AND LOSS OF DATA, AND (2) DISCLAIMS ANY AND ALL EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES AND CONDITIONS RELATED TO SALE, USE OF PRODUCT, OR INFORMATION, INCLUDING WARRANTIES OR CONDITIONS OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ACCURACY OF INFORMATION, OR NONINFRINGEMENT.**
- Do not use or otherwise make available Product or related software or technology for any military purposes, including without limitation, for the design, development, use, stockpiling or manufacturing of nuclear, chemical, or biological weapons or missile technology products (mass destruction weapons). Product and related software and technology may be controlled under the applicable export laws and regulations including, without limitation, the Japanese Foreign Exchange and Foreign Trade Law and the U.S. Export Administration Regulations. Export and re-export of Product or related software or technology are strictly prohibited except in compliance with all applicable export laws and regulations.
- Please contact your TOSHIBA sales representative for details as to environmental matters such as the RoHS compatibility of Product. Please use Product in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR DAMAGES OR LOSSES OCCURRING AS A RESULT OF NONCOMPLIANCE WITH APPLICABLE LAWS AND REGULATIONS.**