

## 1 介绍

这篇应用笔记主要介绍了如何使用 i.MX RT1010 FlexIO 模块来模拟状态机。FlexIO 模块模拟的状态机最多支持 8 种状态的跳转，每一种状态可以控制 8 个引脚作为输出，此外状态机的状态跳转是由三个可选的输入引脚决定的。该状态机可以在低功耗模式下运行，不需要 CPU 的参与。

## 2 硬件平台

为了演示 FlexIO 模拟的状态机例程，需要用到一块如 [图1](#) 所示的 i.MX RT1010 EVK 板子，涉及到的 FlexIO 引脚标注在图中。

### 目录

1 介绍.....	1
2 硬件平台.....	1
3 FlexIO 状态机模拟.....	3
4 总结.....	6
5 参考资料.....	6



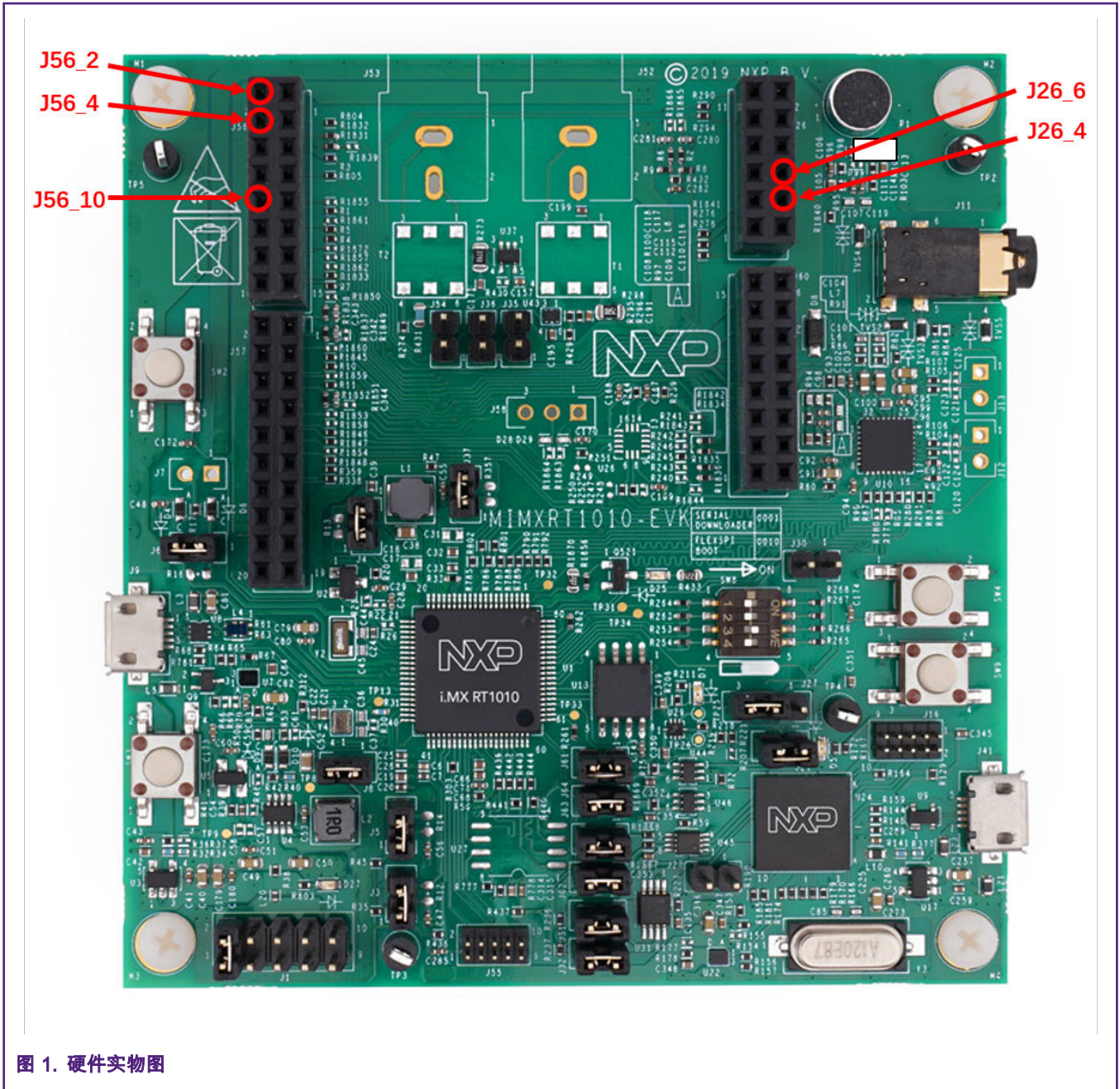


图 1. 硬件实物图

i.MX RT1010 总共提供了 27 个 FlexIO 引脚，FlexIO 模拟的状态机支持 8 个状态，每个状态可以控制 8 个 FlexIO 引脚作为输出。在本文的例程中，使用 FlexIO 一共模拟了三个状态，每个状态控制三个引脚作为输出，这三个状态的跳转由三个引脚 ( FXIO[21], FXIO[22] and FXIO[23] ) 的输入来确定。

表 1 列举了例程中用到的 FlexIO 引脚以及具体的位置和状态：

表 1. FlexIO 引脚使用情况

FlexIO 引脚	引脚位置	引脚名称	状态
flexio1.FLEXIO00	J56-10	GPIO_08	Enable output
flexio1.FLEXIO01	J56-02	GPIO_09	Enable output

Table continues on the next page...

表 1. FlexIO 引脚使用情况 (续)

FlexIO 引脚	引脚位置	引脚名称	状态
flexio1.FLEXIO02	J56-04	GPIO_10	Enable output
flexio1.FLEXIO03	—	GPIO_11	Disable
flexio1.FLEXIO04	—	GPIO_12	Disable
flexio1.FLEXIO05	—	GPIO_13	Disable
flexio1.FLEXIO06	—	GPIO_SD_00	Disable
flexio1.FLEXIO07	—	GPIO_SD_01	Disable
flexio1.FLEXIO21	J26-04	GPIO_AD_09	Enable input
flexio1.FLEXIO22	J26-06	GPIO_AD_10	Enable input
flexio1.FLEXIO23	—	GPIO_AD_11	Enable input

为了使例程能够演示起来，还需要对 RT1010 EVK 板子做以下改动：

- 将电阻 R792 去掉，在用 0 欧姆电阻焊接上 R800。
- 去掉跳帽 J31 和跳帽 J32，去掉电阻 R237 和 R236。
- 确保 GPIO\_AD\_11 接地。
- 将 USB 插到 J41 进行供电。

### 3 FlexIO 状态机模拟

#### 3.1 状态模式简介

FlexIO 模块的 Shifter 提供 6 种工作模式，本应用笔记重点介绍其状态模式。状态模式的设置是由寄存器 FLEXIOx\_SHIFTCTLn 的 SMOD 位决定的，将其写入 0x6 设置成状态模式。FlexIO 的状态模式最多提供 8 个状态，该特性允许状态机的运行不需要 CPU 的参与，并且在低功耗模式下得以保留。图 2 详细展示了 Shifter 的微体系结构。

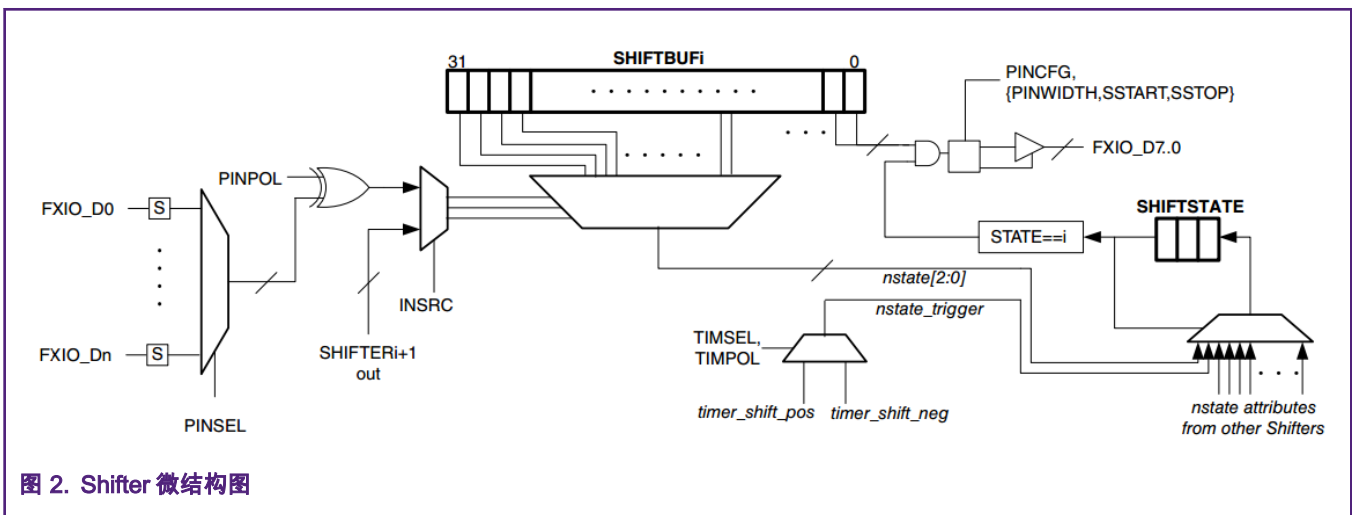


图 2. Shifter 微结构图

图 3 总体上显示了状态机的 I/O 分配情况。通过设置寄存器 FLEXIOx\_SHIFTCTLn 的 PINSEL，用户可以选择三个连续的 FlexIO 引脚作为状态机的控制输入。状态机的下一状态和移位器的低三位相关，每个状态有八个可配置的输出，并分配给了 FlexIO 引脚 FXIO [0] -FXIO [7]。通过设置 FLEXIOx.SHIFTCFGn 寄存器的 PWIDTH [3 : 0]，SSTOP [1 : 0]和 SSTART [1 :

0], 可以启用或禁用 FXIO [0] -FXIO [7]这 8 个引脚, 启动的情况下, 还应将 FLEXIOx.SHIFTCTLn 寄存器的 PINCFG 配置为 output。

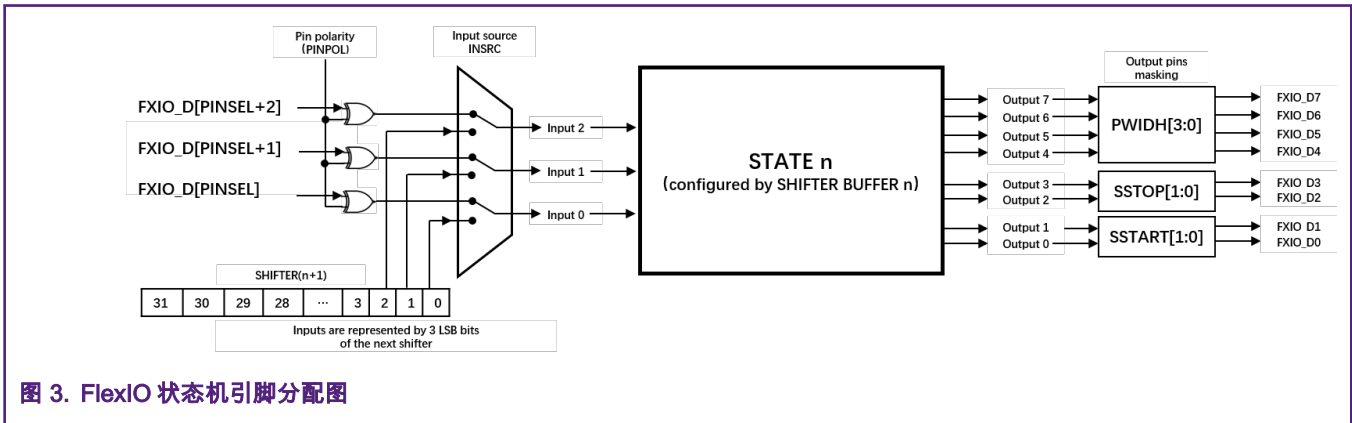


图 3. FlexIO 状态机引脚分配图

### 3.2 状态机模拟

图 4 是本应用笔记例程的一个状态机示意图。

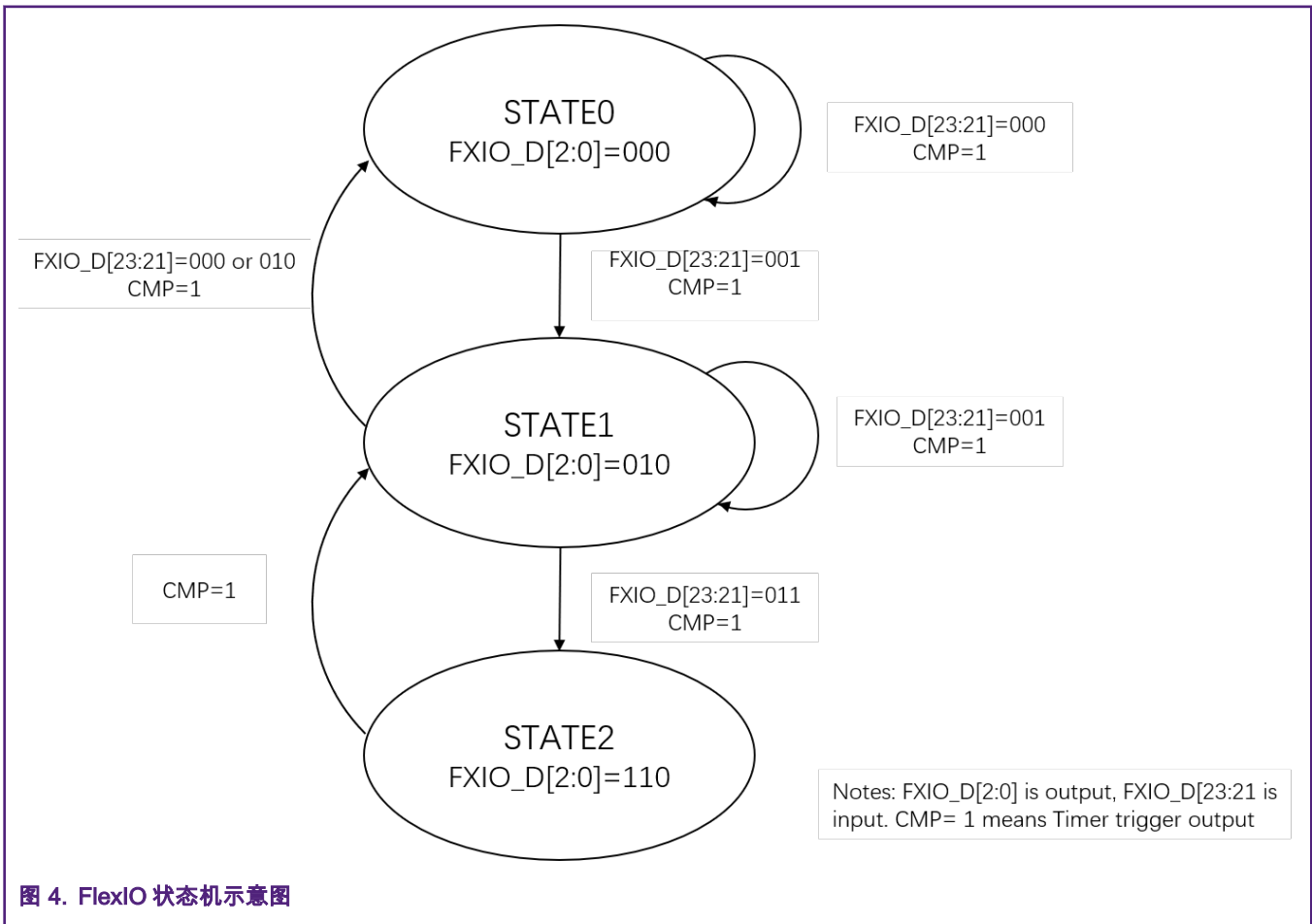


图 4. FlexIO 状态机示意图

为了实现 图 4 所示的状态机, 需要配置以下寄存器。

将 FLEXIO01.SHIFTCTL [2 : 0]的 PINCFG 设置为 0x03, 使能 Shifter 引脚 ( FXIO [0], FXIO [1], FXIO [2] )。将 FLEXIO01.SHIFTCTL [2 : 0]的 PINSEL 设置为 0x15, 选择 FXIO [21], FXIO [22], FXIO [23]作为状态输入控制引脚。将 FLEXIO01.SHIFTCTL [2 : 0]的 SMOD 设置为 0x06, 使 Shifter0, Shifter1 和 Shifter2 处于状态模式。

- FIEXIO01.SHIFTCTL[0] = 0x00831506
- FIEXIO01.SHIFTCTL[1] = 0x00831506
- FIEXIO01.SHIFTCTL[2] = 0x00831506

将 FLEXIO01.SHIFTCTL [2 : 0]的 PWIDTH [3 : 0]设置为 0xF，禁用 FXIO [7 : 4] )。将 FLEXIO01.SHIFTCTL [2 : 0]的 SSTOP [1 : 0]设置为 0x2，禁用 FXIO [3]输出并启用 FXIO [2]输出。将 FLEXIO01.SHIFTCTL [2 : 0]的 SSTART [1 : 0]设置为 0x0，启用 FXIO [1 : 0]作为输出。

- FIEXIO01.SHIFTCFG[0] = 0x000F0020
- FIEXIO01.SHIFTCFG[1] = 0x000F0020
- FIEXIO01.SHIFTCFG[2] = 0x000F0020

在状态模式下，寄存器 FLEXIOx.SHIFTSTATE 包含了状态机当前的状态值，默认情况下（重置后）为 0x0。当状态机正确启动后，FLEXIOx.SHIFTSTATE 指向当前状态，该状态由寄存器 FLEXIOx.SHIFTERBUFn 的值定义的。它的 32 位值包含当前状态输出 ( FLEXIOx.SHIFTBUFF [31:24] ) 和下一个状态 ( FLEXIOx.SHIFTBUF [23 : 0] ) 的值。FLEXIOx.SHIFTBUF 的低 24 位包含 8 个组，每个组包括 3 位，这 3 位定义了根据输入组合选择的下一个状态的值。例如，如果输入组合为 000，则 FLEXIOx.SHIFTBUF [2 : 0]位定义的值表示要跳转的下一个状态。

- FIEXIO01.SHIFTBUF[0] = 0x00208208
- FIEXIO01.SHIFTBUF[1] = 0x02408408
- FIEXIO01.SHIFTBUF[2] = 0x06249249

图 5 显示了 SHIFTBUF [2 : 0]的值和状态跳转的关系。

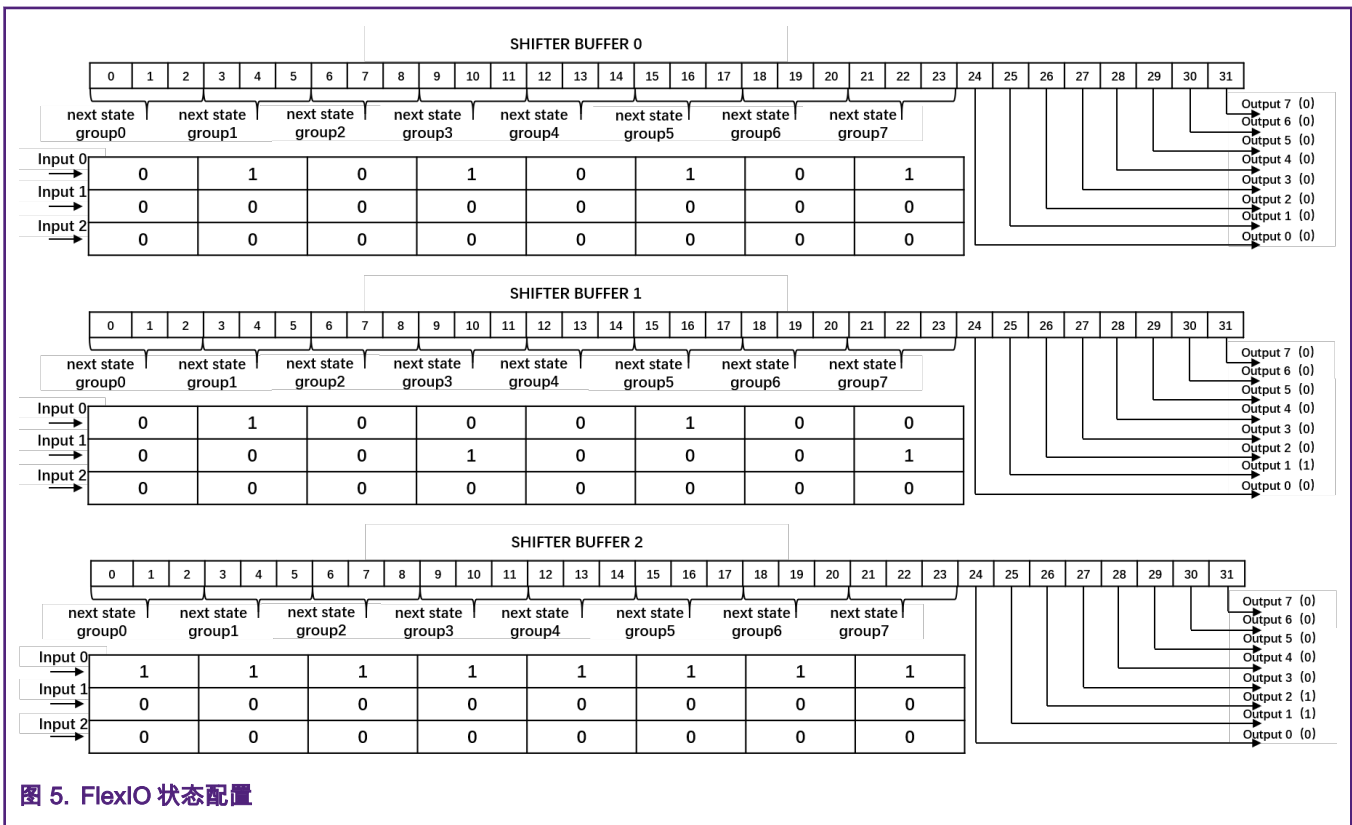


图 5. FlexIO 状态配置

Shifter0, Shifter1, Shifter2 使用 Timer0 作为触发源。Timer0 被配置为 16 位计数器模式，一直使能且永不复位。Timer0 的递减源为 FlexIO 时钟。

- FIEXIO01.TIMCTL[0] = 0x00000003
- FIEXIO01.TIMCMP[0] = 0x0000176F

### 3.3 低功耗和时钟

FlexIO 状态机可以保持在低功耗模式，本文以 wait mode 为例，有两个注意点：

1. 进入低功耗模式时，确保 FlexIO 时钟使能，FlexIO 的 DOZEN 清零，则 FlexIO 应该保持功能正常。
2. 将寄存器 CCM\_CCGR5 的 CG1 设置为 0x3，这就确保了在除了 STOP 模式之外，FlexIO 时钟都能被使能。

### 3.4 例程演示

在本文例程中，当 FXIO [23:21]的输入值为 011 时，FlexIO 模块驱动在 FXIO [2]引脚上驱动频率为 FLEXIO\_CLK/12000 方波输出，如 图 6 所示。

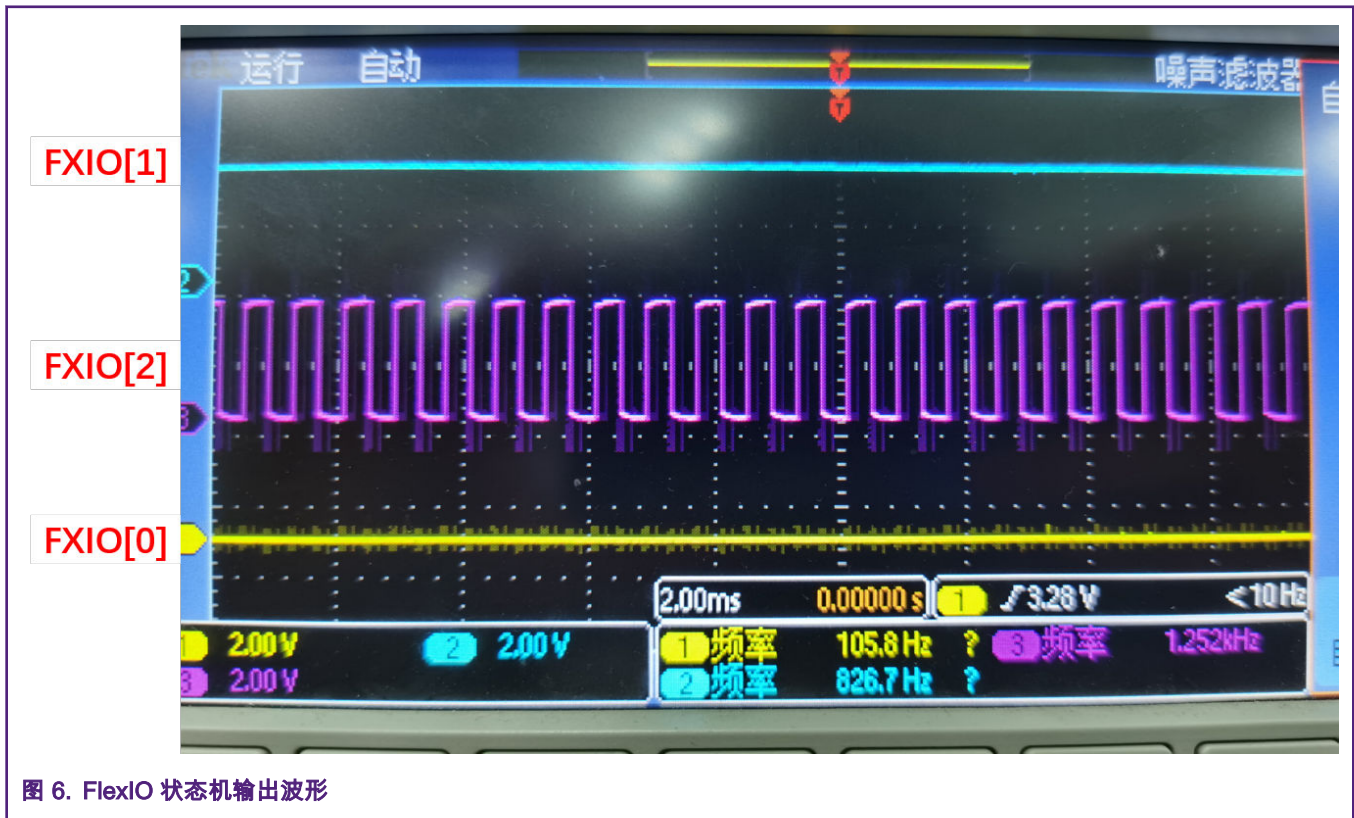


图 6. FlexIO 状态机输出波形

## 4 总结

本应用文档介绍了 FlexIO 模块的低功耗状态机功能，并描述了 FlexIO 状态模式的详细使用方法和注意事项。基于其低功耗特性和灵活性，用户可以脱离 CPU 的控制实现特定的功能，从而节省硬件资源。

## 5 参考资料

1. *i.MX RT1010 Processor Reference Manual (Rev. B, 07/2019)* (document [IMXRT1010RM](#))
2. *Emulating Hardware State Machine Using FlexIO Module* (document [AN5239](#)).

## How To Reach Us

### Home Page:

[nxp.com](http://nxp.com)

### Web Support:

[nxp.com/support](http://nxp.com/support)

Information in this document is provided solely to enable system and software implementers to use NXP products. There are no express or implied copyright licenses granted hereunder to design or fabricate any integrated circuits based on the information in this document. NXP reserves the right to make changes without further notice to any products herein.

NXP makes no warranty, representation, or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does NXP assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters that may be provided in NXP data sheets and/or specifications can and do vary in different applications, and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "typicals," must be validated for each customer application by customer's technical experts. NXP does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. NXP sells products pursuant to standard terms and conditions of sale, which can be found at the following address: [nxp.com/SalesTermsandConditions](http://nxp.com/SalesTermsandConditions).

While NXP has implemented advanced security features, all products may be subject to unidentified vulnerabilities. Customers are responsible for the design and operation of their applications and products to reduce the effect of these vulnerabilities on customer's applications and products, and NXP accepts no liability for any vulnerability that is discovered. Customers should implement appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

NXP, the NXP logo, NXP SECURE CONNECTIONS FOR A SMARTER WORLD, COOLFLUX, EMBRACE, GREENCHIP, HITAG, I2C BUS, ICODE, JCOP, LIFE VIBES, MIFARE, MIFARE CLASSIC, MIFARE DESFire, MIFARE PLUS, MIFARE FLEX, MANTIS, MIFARE ULTRALIGHT, MIFARE4MOBILE, MIGLO, NTAG, ROADLINK, SMARTLX, SMARTMX, STARPLUG, TOPFET, TRENCHMOS, UCODE, Freescale, the Freescale logo, Altivec, C-5, CodeTEST, CodeWarrior, ColdFire, ColdFire+, C-Ware, the Energy Efficient Solutions logo, Kinetis, Layerscape, MagniV, mobileGT, PEG, PowerQUICC, Processor Expert, QorIQ, QorIQ Qonverge, Ready Play, SafeAssure, the SafeAssure logo, StarCore, Symphony, VortiQa, Vybrid, Airfast, BeeKit, BeeStack, CoreNet, Flexis, MXC, Platform in a Package, QUICC Engine, SMARTMOS, Tower, TurboLink, UMEMS, EdgeScale, EdgeLock, eIQ, and Immersive3D are trademarks of NXP B.V. All other product or service names are the property of their respective owners. AMBA, Arm, Arm7, Arm7TDMI, Arm9, Arm11, Artisan, big.LITTLE, Cordio, CoreLink, CoreSight, Cortex, DesignStart, DynamIQ, Jazelle, Keil, Mali, Mbed, Mbed Enabled, NEON, POP, RealView, SecurCore, Socrates, Thumb, TrustZone, ULINK, ULINK2, ULINK-ME, ULINK-PLUS, ULINKpro, µVision, Versatile are trademarks or registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere. The related technology may be protected by any or all of patents, copyrights, designs and trade secrets. All rights reserved. Oracle and Java are registered trademarks of Oracle and/or its affiliates. The Power Architecture and Power.org word marks and the Power and Power.org logos and related marks are trademarks and service marks licensed by Power.org.

© NXP B.V. 2020.

All rights reserved.

For more information, please visit: <http://www.nxp.com>

For sales office addresses, please send an email to: [salesaddresses@nxp.com](mailto:salesaddresses@nxp.com)

Date of release: May 2020  
Document identifier: AN12845

