



Wang, Hao

摘要

TPS65987D 器件隶属于德州仪器 (TI) USB Type-C® 和 USB PD 控制器系列，可提供一组 GPIO 事件，用于实现所需的系统行为。开发人员可对由 GPIO 触发的自定义行为进行编程，从而实现新的功能，并且还能使用 GPIO 事件功能加载修改后的器件配置。

这些基于固件的 GPIO 事件可通过提供的 GUI 软件工具轻松配置。使用 GPIO 事件时，核心 TI PD 控制器固件保持不变，这样既确保了可靠性和 USB PD 的合规性，还可以简化和加速开发。此应用报告介绍了在 TPS65987D 上配置 GPIO 事件的过程，并提供了一些具体示例。

内容

1 引言.....	3
2 TPS65987D GPIO 事件列表.....	3
3 GPIO 事件寄存器与示例设置.....	6
3.1 GPIO 事件示例设置.....	6
3.2 应用配置 GPIO 事件设置.....	8
4 GPIO 事件自定义 PD 控制器.....	14
4.1 桶形插孔连接事件 PD 流程.....	14
4.2 桶形插孔移除事件 PD 流程.....	16
5 状态寄存器和 4CC 命令.....	16
5.1 GPIO 状态监控.....	17
5.2 使用 4CC GPIO 命令.....	19
6 修订历史记录.....	21

插图清单

图 3-1. 使用 TPS6598x 应用自定义工具映射 GPIO 事件.....	7
图 3-2. TPS65987D EVM 映射 GPIO 事件的模板.....	8
图 3-3. 配置集数量.....	9
图 3-4. 应用配置组 1 设置.....	10
图 3-5. 调整 AC GPIO Low (0x1) 中的寄存器.....	11
图 3-6. 应用配置 GPIO 设置事件，GPIO 低电平设置示例.....	12
图 3-7. 应用配置 GPIO 设置事件，GPIO 高电平设置示例.....	13
图 3-8. 将 Load App Config Set 1 映射到 GPIO 4.....	14
图 4-1. GPIO 21 设置.....	15
图 4-2. 桶形插孔连接事件的 PD 跟踪.....	15
图 4-3. 桶形插孔移除事件的 PD 跟踪.....	16
图 5-1. 5V 电源的可变直流/直流 GPIO 状态.....	17
图 5-2. 20V 电源的可变直流/直流 GPIO 状态.....	18
图 5-3. TPS6598x 应用自定义工具中的 4CC 命令.....	19
图 5-4. 使用 ‘GPoe’ 4CC 命令.....	20
图 5-5. 使用 ‘GPsh’ 4CC 命令.....	21

表格清单

表 2-1. TPS65987D GPIO 事件列表.....	3
---------------------------------	---

商标

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementer's Forum.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

借助 TPS65987D 的 GPIO 事件功能，用户可以将特定事件绑定到 PD 控制器中，从而实现在系统中触发信号，并由外部信号控制 PD 控制器的行为。这些 GPIO 通过切换来响应已定义的 PD 或 USB 事件，可用于自定义系统行为。TPS65987D 配置工具用于向特定 GPIO 分配事件。TPS65987D 器件具有多个可配置的 GPIO，可用于实现上述功能。每个 GPIO 的行为均可根据系统需求通过此类事件进行独立配置。

PD 系统设计人员可通过配置独立的 GPIO 事件，实现各种系统行为。这有助于 TPS65987D 用户实现独特应用，并通过创新型系统实施方案让最终产品脱颖而出。还有一些 GPIO 事件可根据的应用需求，触发实时加载修改后的器件配置设置，来动态更改配置。

与市面上一些需要进行固件自定义的其他 PD 控制器不同，TI PD 控制器可在保持核心固件不变的情况下，使用 GPIO 事件功能实现相同的自定义行为。这样可确保所有最终用户使用的 PD 控制器的内部固件均经过全面测试和验证，无需修改。此外，这也有助于缩短最终产品的开发周期，并确保整体系统行为稳健可靠。

本章将介绍以下主题：

1. TPS65987D 中可用的 GPIO 事件。
2. GPIO 事件功能的设置和修改示例。
3. 验证所配置事件的正确行为。
4. 分析 PD 跟踪数据的结果。
5. 使用 [TPS6598x 应用自定义工具](#) 修改 GPIO 事件。

2 TPS65987D GPIO 事件列表

TPS65987D 固件实施的具体事件可与 GPIO 绑定。这些分配的事件可以响应定义的硬件或 USB 事件，从而支配系统的行为。TPS6598x 应用自定义工具可用于为特定 GPIO 分配事件。[表 2-1](#) 列出了 TPS65987D 中所有可用的 GPIO 事件及其行为。

表 2-1. TPS65987D GPIO 事件列表

事件名称	I/O	活动状态	行为
Port 0 Plug Event	输出	高	<ul style="list-style-type: none"> 出现插入事件（已连接状态）时置位高电平。 断开连接时置位低电平。
Port 0 Cable Orientation Event	输出	高	<ul style="list-style-type: none"> 插头上下颠倒时置位高电平。 插头正面朝上或断开连接时置位低电平。
Port 0 AMSEL Event	输出	不适用（三态）	<ul style="list-style-type: none"> 进入 DisplayPort 交替模式且引脚分配为 A/C/E 时置位高电平。 进入 DisplayPort 交替模式且引脚分配为 B/D/F 时置位低电平。 未进入 DisplayPort 交替模式时为高阻抗。
Port 0 Source PDO 0 Negotiated Port 0 Source PDO 1 Negotiated Port 0 Source PDO 2 Negotiated Port 0 Source PDO 3 Negotiated	输出	高	如果源 PDO x 已协商则置位高电平，否则为低电平。
Port 0 Source PDO Negotiated TT 1 Port 0 Source PDO Negotiated TT 2 Port 0 Source PDO Negotiated TT 3	输入	高	将这 3 个事件相结合，形成了一个 3 位真值表，这样一来数字输出就可指示多达 7 个 PDO 的活动状态。TT 3 是最高有效位 (MSB)，TT 1 是最低有效位 (LSB)。
Output Enabled Without Event	输出	不适用	无事件时作为输出。
Port 0 PDIO In 0 Event Port 0 PDIO In 1 Event Port 0 PDIO In 2 Event Port 0 PDIO In 3 Event	输入	不适用	<p>PDIO 交替模式的输入 GPIO 事件（两个端口合作伙伴均支持，并进入此模式）。PDIO In x 的状态改变将使一条 PDIO 交替模式消息被发送给端口合作伙伴。</p> <p>端口合作伙伴接收到 PDIO 交替模式消息后，PDIO Out x 将反映此信号的值。这些事件没有预先确定的活动状态。</p>

表 2-1. TPS65987D GPIO 事件列表 (continued)

事件名称	I/O	活动状态	行为
Port 0 PDIO Out 0 Event Port 0 PDIO Out 1 Event Port 0 PDIO Out 2 Event Port 0 PDIO Out 3 Event	输出	不适用	PDIO 交替模式的输出 GPIO 事件。 如果两个端口合作伙伴均支持 PDIO 交替模式，并进入此模式，输出遵循端口合作伙伴映射 PDIO In x 事件的 GPIO 引脚。
Port 0 USB3 Event	输出	高阻抗	端口 0 通过 USB3 进行数据连接则为高阻抗，所有其他情况下均为低阻抗。
Port 0 DP Mode Select Event	输出	高	<ul style="list-style-type: none"> 通过 DisplayPort 进行数据连接 (4 通道模式或 2 通道+USB3 模式) 则置位高电平。 Type-C 端口断开连接或 DisplayPort 模式未激活则置位低电平。
Port 0 User SVID Active Event	输出	高	端口处于用户 SVID 交替模式时置位高电平，否则为低电平。
Port 0 Source Sink Event	输出	不适用 (三态)	<ul style="list-style-type: none"> 端口作为 Source 运行则置位高电平。 端口作为 Sink 运行则置位低电平。
Port 0 DP or USB3 Event	输出	高	<ul style="list-style-type: none"> 通过 DisplayPort 或 USB3 进行数据连接则置位高电平。 如果两种数据模式均未激活或端口断开连接则置位低电平。
Port 0 UFP DFP Event	输出	高	<ul style="list-style-type: none"> 端口作为 UFP 运行则置位高电平。 端口作为 DFP 运行则置位低电平。
Port 0 TBT Event	输出	高	通过 thunderbolt 进行数据连接则置位高电平，否则为低电平。
Port 0 Billboard Event	输出	高	如果出现告示板则置位高电平，否则为低电平。
Port 0 Fault Input Event	输入	低	使外部器件能够对给定端口进行错误恢复。每个端口都有一个故障情况输入。如果设为低电平，则进入错误恢复状态。如果设为高电平则无操作。
Port 0 FRSSwap Input Event	输入	不适用	在输入事件的下降沿，配置为 Source 的器件将在 CC 引脚上执行 FRS 下拉，开始 FRS 流程。在输入事件的上升沿无操作。
Port 0 Fault_Condition_Active_Low_Event	输出	低	将过流事件置位低电平。
Port 0 Load App Config 1 Event Port 0 Load App Config 2 Event Port 0 Load App Config 3 Event	输入	不适用	<p>对于上升沿：</p> <ul style="list-style-type: none"> 将加载 GPIO = 高电平时的应用配置集，作为有效配置。 第 1 个 4CC 数据和命令将写入所选的 CMDX 寄存器 (可选)。 第 2 个 4CC 数据和命令 (或 PD 任务) 将写入所选的 CMDX 寄存器 (可选)。 <p>对于下降沿：</p> <ul style="list-style-type: none"> 将加载 GPIO = 低电平时的应用配置集，作为有效配置。 第 1 个 4CC 数据和命令将写入所选的 CMDX 寄存器 (可选)。 第 2 个 4CC 数据和命令 (或 PD 任务) 将写入所选的 CMDX 寄存器 (可选)。
Port 0 Sink Greater Than Threshold Event	输出	高	<ul style="list-style-type: none"> 如果处于有效 PD 协议且灌电流小于设置的阈值，则置位高电平。 如果任何其他灌电流或拉电流 PD 协议有效、没有有效的 PD 协议，或端口断开连接，则置位低电平。
Port 0 Retimer_PWR_EN_Event	输出	高	如果存在 USB Type-C 连接，或 “Retimer_SoC_Force_PWR_Event” 置位高电平，则置位高电平。否则将此事件置位低电平。

表 2-1. TPS65987D GPIO 事件列表 (continued)

事件名称	I/O	活动状态	行为
Port 0 Retimer_Reset_N_Event	输出	高	如果有 USB Type-C 连接则置位高电平, 如果没有 USB Type-C 连接则置位低电平。连接 USB Type-C 时, 首先将出现 “Retimer_PWR_EN_Event_Portx” 事件, 稍后将出现 tRetimerForcePowerDelay 事件。移除 USB Type-C 时, 首先此事件将变为低电平, 然后将出现 “Retimer_PWR_EN_Event_Portx” 事件, 稍后是 tRetimerForcePowerDelay。 tRetimerForcePowerDelay 在 0x43 延迟配置寄存器中设置。
Port 0 Prochot N Event	输出	高	向主要 SOC 发送的信号, 通知它电源功能发生的任何变化。将此事件置位后, 通常主要 SOC 将减少功耗, 直到它重新评估了系统新的电源功能。发送请求消息、发送 PR_SWAP 请求的接受消息, 或发生 PD3.0 快速角色交换时, 当器件进入 Unattached.SRC、Unattached.SNK 状态, 此事件将置位高电平。清除 IntEventX 寄存器 (端口 1 为 0x14、端口 2 为 0x15) 中的 ProcHot 中断时, 此事件将置位低电平。
Retimer SOC OVR Force Power Event	输入	高	将此输入置位 (高电平) 时, PD 控制器 (通过 Retimer_PWR_EN_Event_Portx GPIO 事件) 将指示外部重定时器一直供电, 即使没有 USB Type-C 连接。将此输入取消置位 (低电平) 时, PD 控制器将指示外部重定时器只有在 USB Type-C 连接时才供电。
Barrel Jack Detect Event	输入	高	对于上升沿 (检测到桶形插孔) : <ul style="list-style-type: none"> 清除电池电量耗尽标志 将外部供电设为 = 1 切换为拉电流
			对于下降沿 (移除桶形插孔) : <ul style="list-style-type: none"> 将外部供电设为 = 0 切换为灌电流
UFP Indicator Event	输出	高	至少一个端口的数据角色为 UFP 则置位高电平, 否则为低电平。
Prevent DR Swap to UFP_Event	输入	高	置位高电平时, 将导致目标端口变为 UFP 角色的 DR_Swap 请求被拒绝。
High Current Contract Active Event	输出	高	如果至少一个端口协商的拉电流协议在 0.9A 时超出 5V, 则置位高电平, 否则为低电平。
Prevent High Current Contract Active Event	输入	高	置位高电平时, 拉电流功能在 0.9A 时降至只有 5V。
Port 0 Audio Mode Event	输出	高	连接音频附件 (Ra/Ra) 时, 此事件将置位。
Port 0 Source Power Greater Than Threshold	输出	高	<ul style="list-style-type: none"> 如果目前协商的显性 USB PD 协议的 USB Type-C 隐性协议允许供电大于端口配置寄存器 (0x28) 中 PowerThresAsSourceContract 字节 7 中编程的阈值, 则将此事件置位高电平。 如果当前协商的协议小于编程阈值, 则置位低电平。
Port 0 Debug Accessory Event	输出	高	检测到调试附件模式则置位高电平, 否则为低电平。
Port 0 Sink PDO 0 Negotiated Port 0 Sink PDO 1 Negotiated Port 0 Sink PDO 2 Negotiated Port 0 Sink PDO 3 Negotiated	输出	高	如果从 TX 灌电流功能寄存器 (0x33) 协商了 TXSinkPDO1, 此事件将置位。否则此事件将取消置位。
Port 0 Sink PDO Negotiated TT 1 Port 0 Sink PDO Negotiated TT 2 Port 0 Sink PDO Negotiated TT 3	输入	高	将这 3 个事件相结合, 形成了一个 3 位真值表, 这样一来数字输出就可指示多达 7 个 PDO 的活动状态。TT 3 是最高有效位 (MSB), TT 1 是最低有效位 (LSB)。
Port 0 Vconn On	输出	高	如果启用 PP_CABLE1 为 VCONN 供电, 则置位高电平。
禁用	不适用	不适用	禁用 GPIO。
Port 0 PR_Swap_Ext_Vbus_Dsch	输出	低	此事件使映射的 GPIO 在 PR_Swap 之后拉低, 在端口 0 的电源角色交换期间启用外部 VBUS 放电电路。

表 2-1. TPS65987D GPIO 事件列表 (continued)

事件名称	I/O	活动状态	行为
PP1 Switch Event	输出	高	<ul style="list-style-type: none"> PP1 开关闭合时置位高电平。 PP1 开关打开时置位低电平。
Port 0 I2C1 Master IRQ Event	输入	高	将此输入置位后, 会生成 I2C1 主器件的中断, 从而对外部重定时器做出适当响应。
Port 0 I2C3 Master IRQ Event	输入	高	将此输入置位后, 会生成 I2C3 主器件的中断, 从而对外部重定时器做出适当响应。
Port 0 USB2 on HS MUX Event	输出	高	<ul style="list-style-type: none"> USB2 激活时置位高电平, 否则为低电平。
Port 0 BC1.2_Host_Pull_Down_Enable_Event	输出	低	如果 USB 主机需要外部信号来禁用其下拉功能, 以使 BC1.2 DCP 模式能够正常发挥作用, 当 BC1.2 ChargerAdvertiseEnable 位设为端口控制寄存器 (0x29) 中的某种 DCP 模式, 以禁用 USB2.0 主机下拉 (为高阻态) 时, 此事件将设为低电平。如果没有 USB Type-C 连接, 也会将此事件置位低电平。否则将其置位高电平。
Sink Arbitration GPIO Output	输出	高	与 Sink_Arbitration_Input 搭配使用, 确保系统中只会打开一个灌电流路径。
Sink Arbitration GPIO Input	输入	高	在此 GPIO 的下降沿, PD 控制器会评估每个端口的策略引擎状态和上下文。PD 控制器会根据需要启用一个或多个端口的灌电流路径。在启用灌电流路径之前, Sink_Arbitration_Output 将会被推高, PD 控制器会等待在全局系统配置寄存器 (0x27) 中设置的 MultiPortSinkNonOverlapTime。在此 GPIO 的上升沿, PD 控制器会禁用连接到 USB PD 拉电流的端口的灌电流路径。PD 控制器也会将 Sink_Arbitration_Output 推为低电平。

3 GPIO 事件寄存器与示例设置

可配置寄存器

- 0x5C, GPIO 配置

TPS65987D 的 GPIO 配置寄存器可将事件映射至可用的 GPIO。每个 GPIO 输出可配置为开漏或推挽式, 并使用 LDO_3V3 或 VDDIO 作为电源。每个 GPIO 的内部上拉和下拉电阻也可通过配置寄存器进行配置。请注意, 部分 GPIO 在固件中针对特定事件进行了预配置, 无法使用应用自定义工具进行修改。

3.1 GPIO 事件示例设置

TPS6598x 应用自定义工具可用于设置不同的 GPIO 事件功能。使用工具的 I/O 配置页面, 可将任何事件分配给 GPIO, 如图 3-1 中所示。

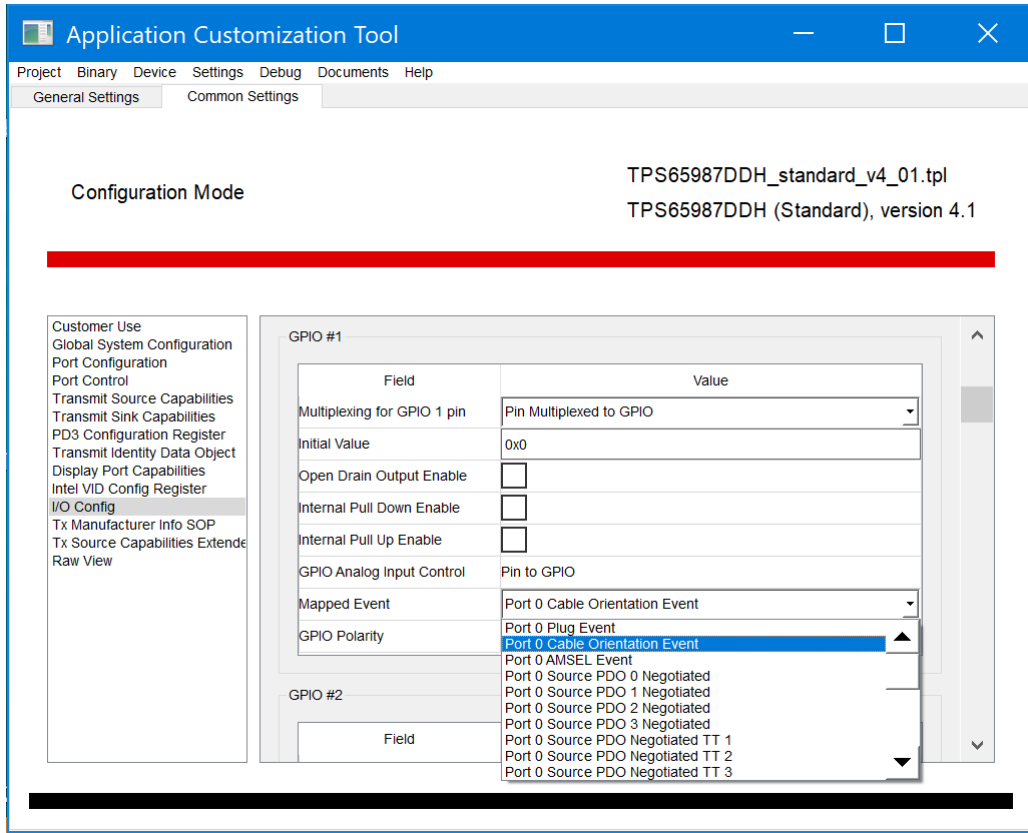


图 3-1. 使用 TPS6598x 应用自定义工具映射 GPIO 事件

TPS6598x 应用自定义工具还包含示例项目，已根据系统需求映射了不同的 GPIO 事件功能。名为“TPS65987DDH_standard_v4_01.tpl”的项目模板展示了如何为 TPS65987D EVM 映射 GPIO 事件。加载项目模板后，即可从工具的“*I/O Configuration*”页面上看到已配置的所有相关 GPIO 事件，如图 3-2 中所示。

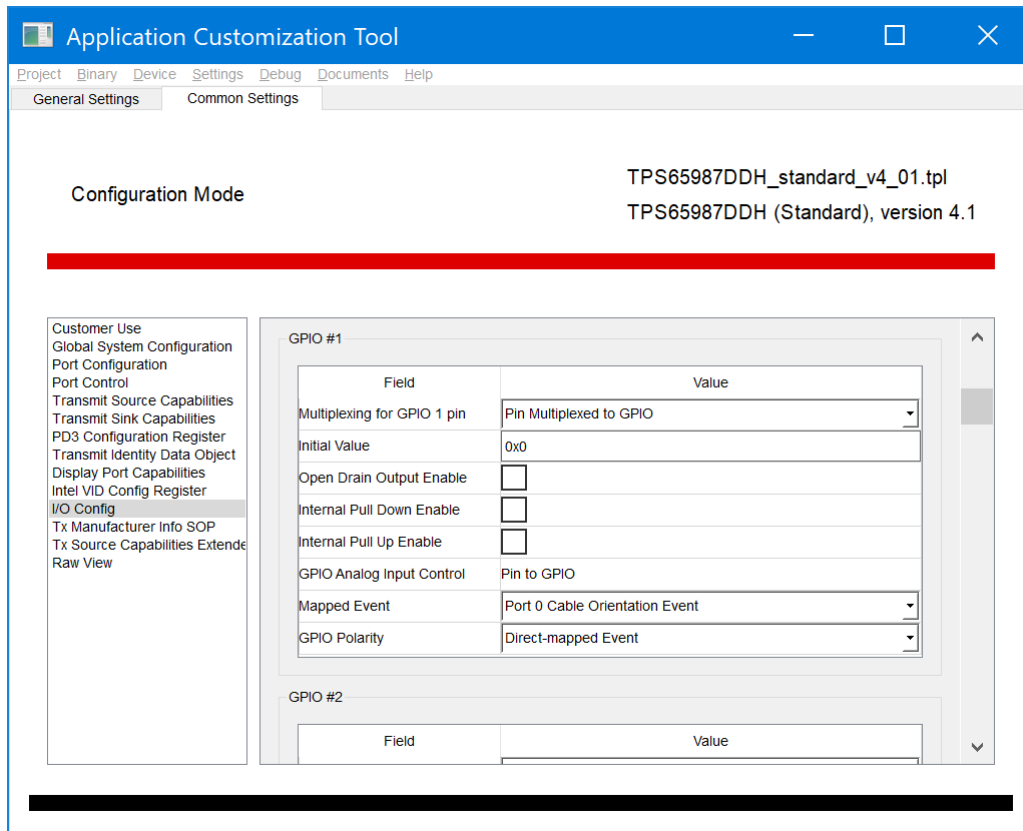


图 3-2. TPS65987D EVM 映射 GPIO 事件的模板

3.2 应用配置 GPIO 事件设置

高级 GPIO 事件可用于在运行时将修改后的配置加载到器件。本示例展示：如果 GPIO4 从高电平变为低电平，TPS65987D 传输新的拉电流功能 5V、3A，如果 GPIO4 从低电平变为高电平，则最低 9V、最高 20V，3A。以下是设置 I/O 配置 的步骤：

1. 加载一个模板。单击 *Project* → *TPS65987DDH* → *Advanced* → *Dual Role Port (DRP), prefers power source → None (DisplayPort Only)* 可加载新的项目模板 *TPS65987DDH_advanced_v4_01.tpl*。
2. 将 *General Settings* 中的 *Number of Configuration Sets* 改为 2，然后将 *Virtual Device 1* 改为 *AC GPIO Low*，将 *Virtual Device 2* 改为 *AC GPIO High*，如图 3-3 中所示。

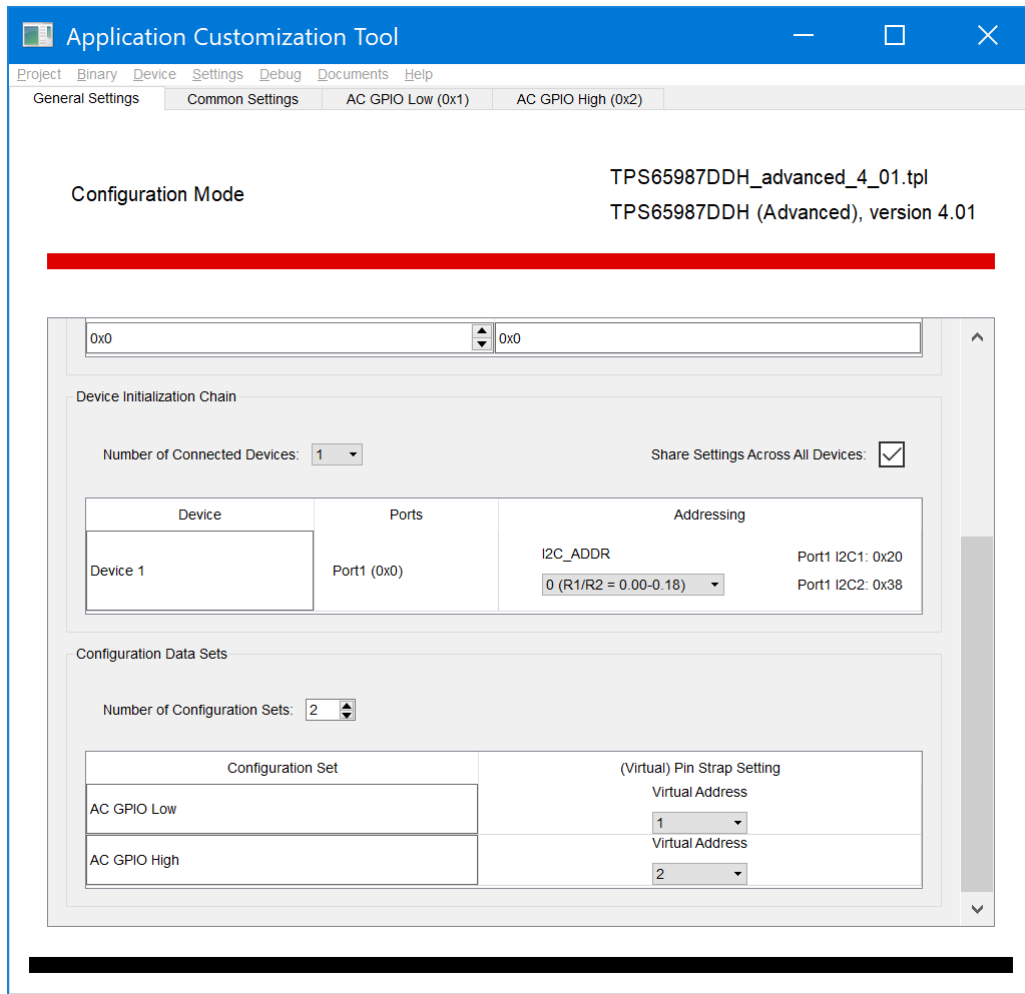


图 3-3. 配置集数量

3. 在 *Common Settings* 中设置应用配置组 1。

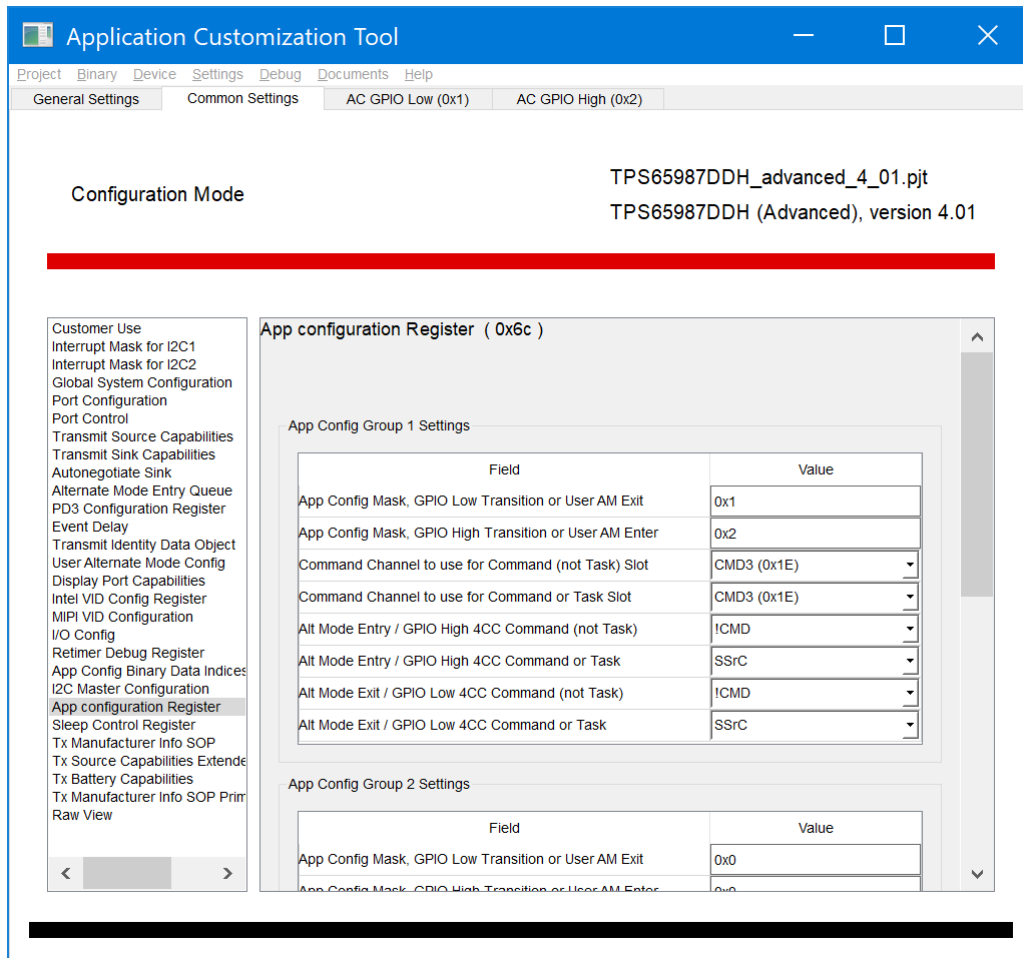


图 3-4. 应用配置组 1 设置

- 调整 AC GPIO Low (0x1) 中的寄存器，设置 GPIO4 从高电平变为低电平时的行为。外部硬件事件可触发 PD 控制器改变配置。在此示例中，对于 GPIO4 从高到低的转换，将用一个 PDO 来配置 Transmit Source Capabilities 寄存器 (0x32)，如 图 3-5 和 图 3-6 中所示。

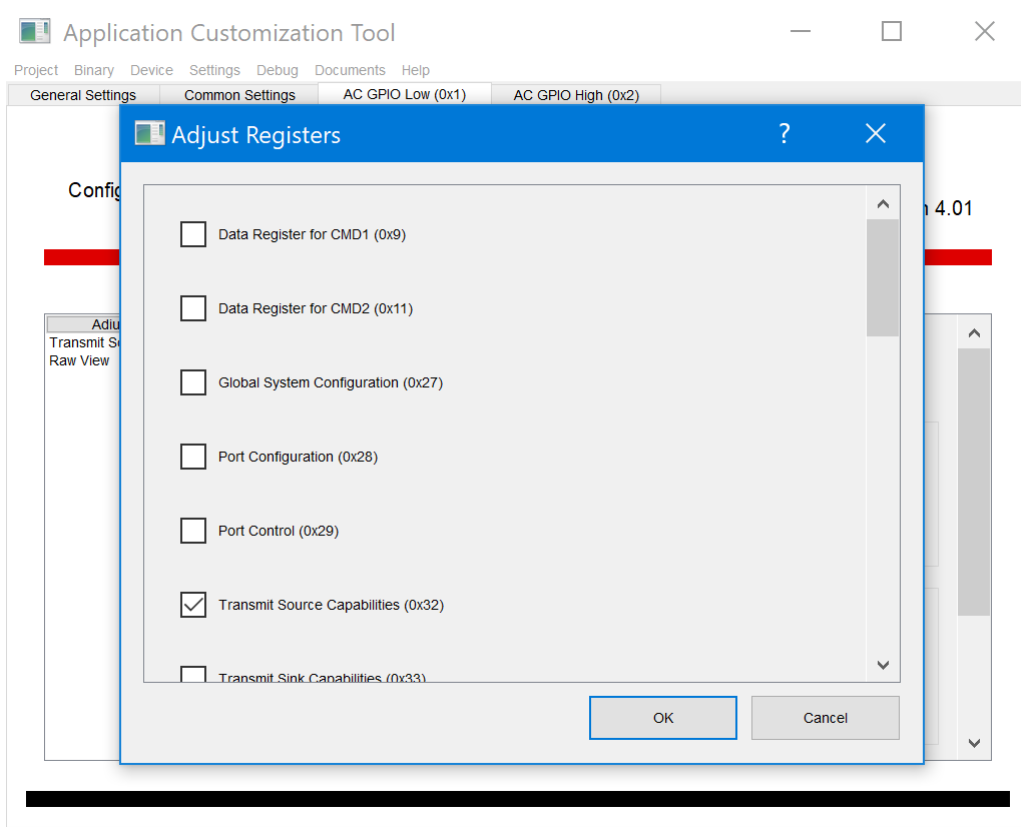


图 3-5. 调整 AC GPIO Low (0x1) 中的寄存器

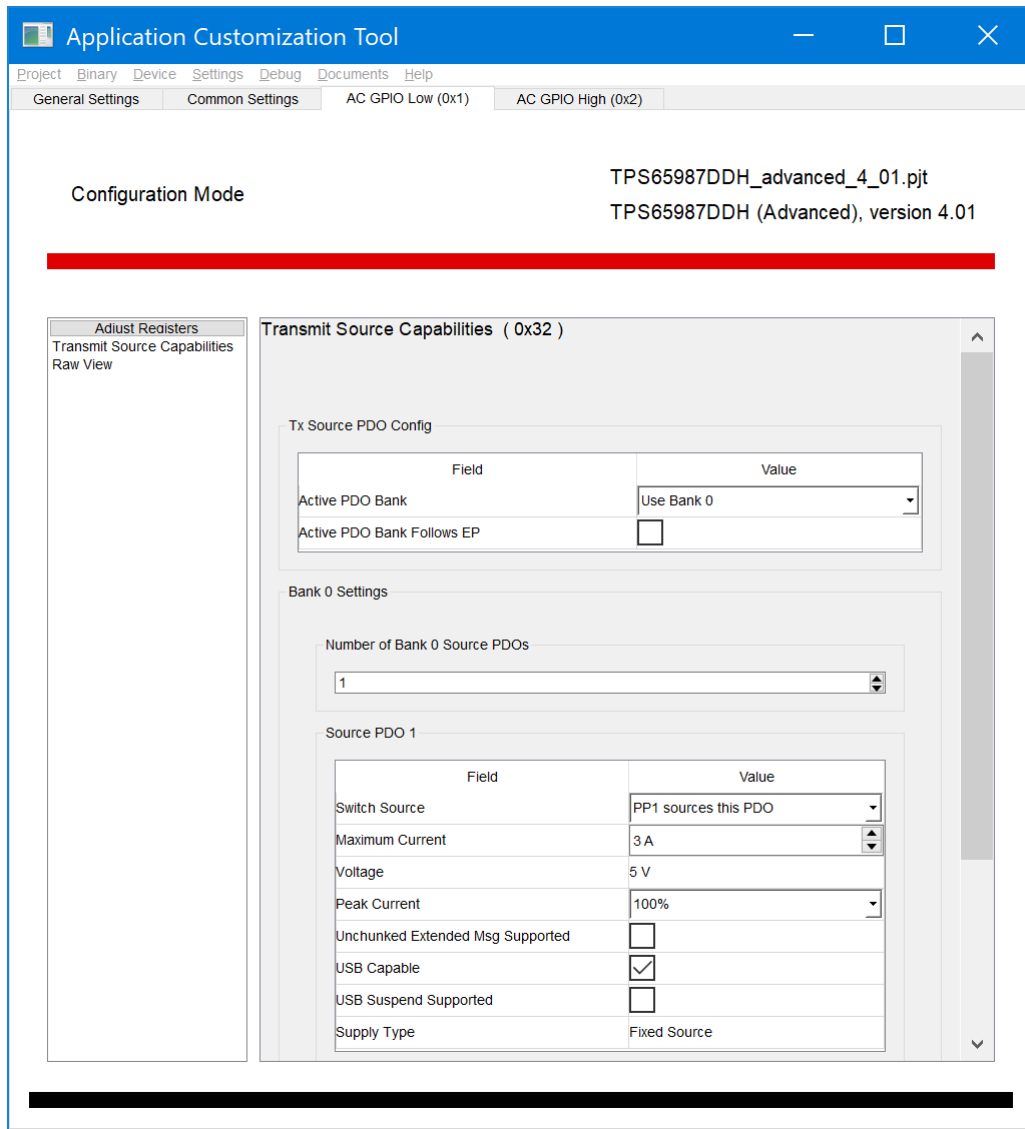


图 3-6. 应用配置 GPIO 设置事件，GPIO 低电平设置示例

- 调整 *AC GPIO High (0x2)* 中的寄存器，设置 GPIO4 从低电平变为高电平时的行为。在此示例中，对于 GPIO4 从低到高的转换，将用两个 PDO 来配置 Transmit Source Capabilities 寄存器 (0x32)，如 图 3-7 中所示。

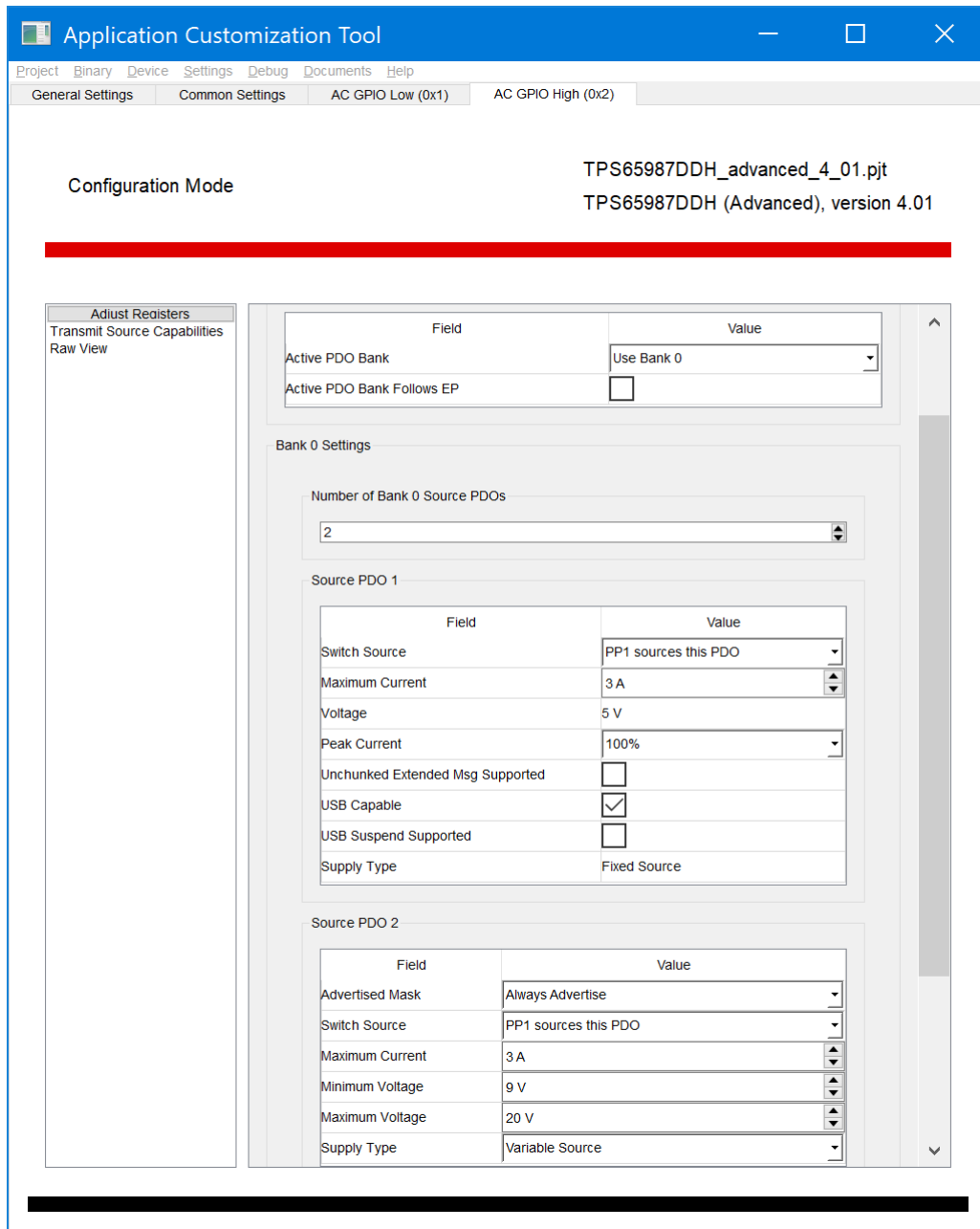


图 3-7. 应用配置 GPIO 设置事件，GPIO 高电平设置示例

6. 将 Load App Config Set 1 映射到 GPIO4，如图 3-8 中所示。

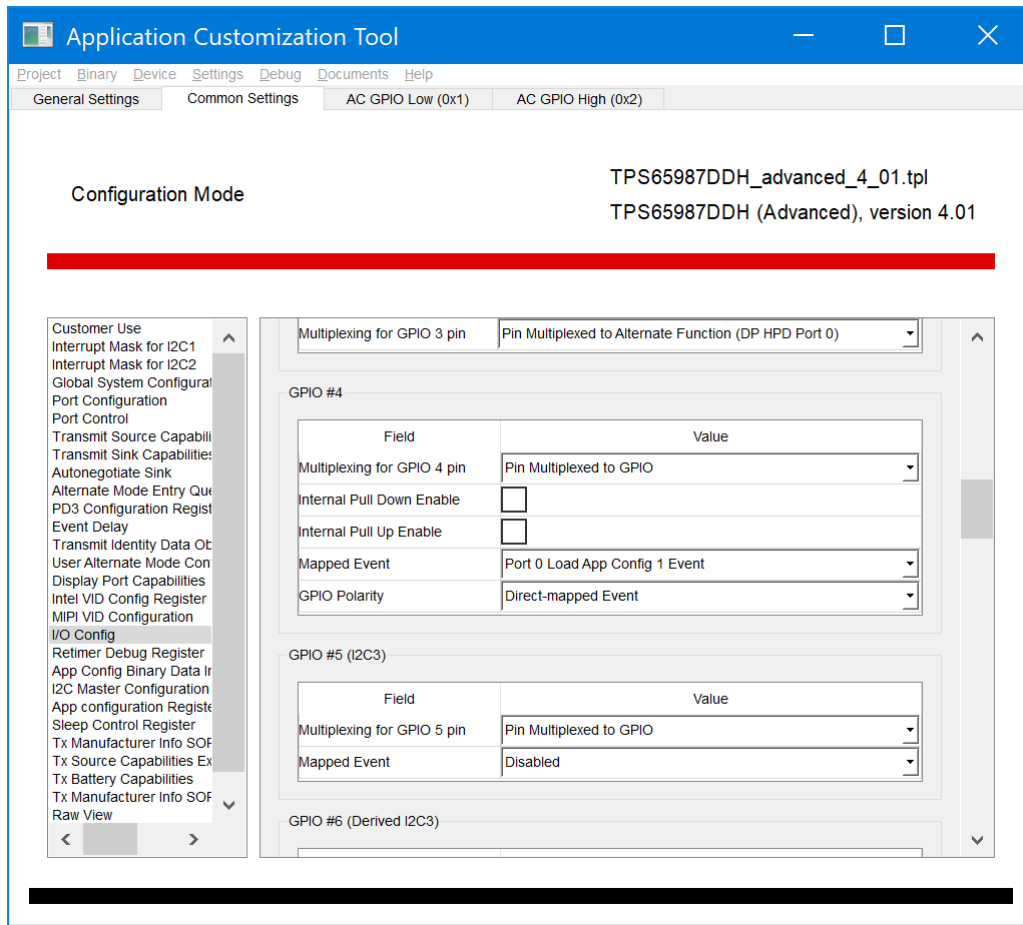


图 3-8. 将 Load App Config Set 1 映射到 GPIO 4

4 GPIO 事件自定义 PD 控制器

本节展示了如何在系统中使用 TI PD 控制器 GPIO 事件以改变系统行为，同时保持核心固件不变。以桶形插孔事件为例展示了将系统连接外部电源后，集线站应用如何发起电源角色交换。移除外部电源生成的 PD 流量会反向交换电源角色，并使系统恢复为原始状态。

4.1 桶形插孔连接事件 PD 流程

本节的示例展示了系统中桶形插孔事件实施的实际 PD 跟踪。此事件可在集线站有外部电源时用于集线站应用。已分配给桶形插孔事件的 GPIO 上升沿启动电源角色交换所需的 PD 消息流。

单击 *Project* → *TPS65987DDH* → *Advanced* → *Dual Role Port (DRP), prefers data host* → *None (DisplayPort Only)*，加载两个 TPS65987D EVM，其二进制文件根据示例模板创建，GPIO21 设为 Barrel Jack Detect Event，如图 4-1 中所示。

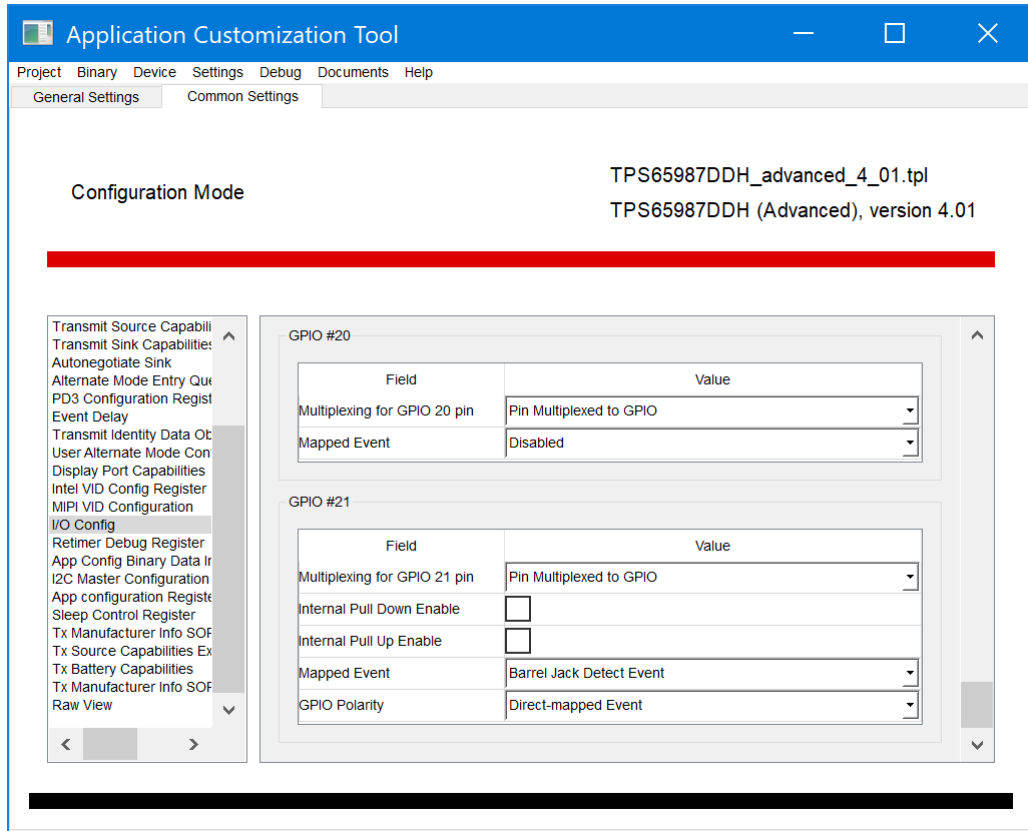


图 4-1. GPIO 21 设置

Teledyne LeCroy PD 分析程序在两个 TPS65987D EVM 之间进行了 PD 消息跟踪，如图 4-2 中所示。

Packet	Left	SOP	SNK	PD Msg	Msg Type	DR	PR	Msg ID	Obj Cnt	Duration	Idle	Time Stamp
1	"Left"	←	SNK	PD Msg	PR Swap	UFP	SNK	7	0	494.978 us	83.022 us	7 . 835 619 000
2	"Right"	→	SRC	PD Msg	GoodCRC	DFP	SRC	7	0	496.617 us	119.383 us	7 . 836 197 000
3	"Right"	→	SRC	PD Msg	Accept	DFP	SRC	1	0	496.617 us	80.383 us	7 . 836 813 000
4	"Left"	←	SNK	PD Msg	GoodCRC	UFP	SNK	1	0	496.617 us	30.274 ms	7 . 837 390 000
5	"Left"	←	SNK	PD Msg	PS Ready	DFP	SNK	2	0	489.951 us	87.049 us	7 . 868 160 328
6	"Left"	←	SNK	PD Msg	GoodCRC	UFP	SNK	2	0	489.951 us	1.561 ms	7 . 868 737 328
7	"Right"	→	SRC	PD Msg	PS Ready	UFP	SRC	0	0	496.617 us	81.383 us	7 . 870 788 000
8	"Left"	←	SNK	PD Msg	GoodCRC	DFP	SNK	0	0	494.978 us	4.238 ms	7 . 871 366 000

图 4-2. 桶形插孔连接事件的 PD 跟踪

图 4-2 中的消息展示了提供 20V 电源的桶形插孔适配器连接到 EVM-DCK (配置为坞站的相应设置) 后的 PD 流量。

数据包 1 → EVM-DCK 为 UFP/SNK，发送“PR Swap”消息到 EVM-LPT (DFP/SRC)。

数据包 2 → DFP/SRC 发送“GoodCRC”确认信息，回复“PR Swap”消息。

数据包 3 → DFP/SRC 发送“Accept”消息到信号，希望进行电源角色交换，并已开始电源角色交换序列。

数据包 4 → UFP/SNK 发送用于回复的“GoodCRC”确认信息。

数据包 5 → EVM-LPT 将角色改为 DFP/SNK，发送“PS Ready”消息。请务必注意，初始 Source 端口现已在“PS Ready”消息中将“Port Power Role”字段设为 Sink，指明初始源的电源已关闭。

数据包 6 → EVM-DCK 发送“GoodCRC”确认信息，回复“PS Ready”消息。请注意，初始 Sink 为回复来自初始 Source 的“PS Ready”消息而发送 GoodCRC 消息，其“Port Power Role”字段将设为 Sink，因为这是由协议层发起的。

数据包 7 → EVM-DCK 将角色改为 UFP/SRC，发送“PS Ready”消息。

数据包 8 → EVM-LPT 现在为 DFP/SNK 发送用于回复的“GoodCRC”确认信息。

4.2 桶形插孔移除事件 PD 流程

电源一旦从 EVM-DCK 移除，GPIO 生成的下降沿会启动反向流程，EVM-LPT 会再次成为电源。移除事件的实际 PD 跟踪如图 4-3 中所示。

Packet	Direction	Role	Msg Type	DR	PR	Msg ID	Obj Cnt	Duration	Idle	Time Stamp
1	Right	SRC	PR Swap	UFP	SRC	3	0	496.617 us	80.383 us	5 . 327 193 000
2	Left	SNK	GoodCRC	DFP	SNK	3	0	496.617 us	120.383 us	5 . 327 770 000
3	Left	SNK	Accept	DFP	SNK	1	0	496.617 us	81.383 us	5 . 328 387 000
4	Right	SRC	GoodCRC	UFP	SRC	1	0	496.617 us	30.258 ms	5 . 328 965 000
5	Left	SNK	PS Ready	UFP	SNK	4	0	489.951 us	88.033 us	5 . 359 719 328
6	Left	SNK	GoodCRC	DFP	SNK	4	0	488.334 us	1.587 ms	5 . 360 297 312
7	Right	SRC	PS Ready	DFP	SRC	2	0	496.617 us	80.383 us	5 . 362 373 000
8	Left	SNK	GoodCRC	UFP	SNK	2	0	496.617 us	24.676 ms	5 . 362 950 000

图 4-3. 桶形插孔移除事件的 PD 跟踪

5 状态寄存器和 4CC 命令

可通过读取寄存器来监控 GPIO 状态，系统控制器可据此采取适当的行动。系统控制器还可使用与 GPIO 相关的 4CC 命令来改变 GPIO 行为。

状态寄存器

- 0x72，GPIO 状态

4CC 命令

- ‘GPie’，GPIO 输入使能
- ‘GPoe’，GPIO 输出使能
- ‘GPsh’，GPIO 设置输出高电平
- ‘GPsl’，GPIO 设置输出低电平

TPS6598x 应用自定义工具的状态寄存器和 4CC 命令功能提供了在真实系统中测试和修改 GPIO 配置的方法。GPIO 配置可通过 I2C 总线动态更改，从而快速尝试新设置。确认期望的系统行为后，可通过系统控制器处理器实施适当的 GPIO 配置。

5.1 GPIO 状态监控

GPIO 状态寄存器可用于监控为实现所需的系统行为而配置的各种 GPIO。例如，为了支持 5V、9V、15V 和 20V 可变电源的 PD 电源规则，TPS65987D EVM 可使用 PDO GPIO 事件触发电源电路并生成所需的电压输出。在本例中，GPIO14、GPIO15、GPIO17 和 GPIO20 均分配了适当的 PDO 事件来实现可变直流/直流电源。图 5-1 展示了 GPIO14 被驱动为高电平，指明 PD 协议为 5V。如果显式 PD 协议协商为 20V 电源，GPIO20 会由 PD 控制器驱动为高电平，如图 5-2 中所示。

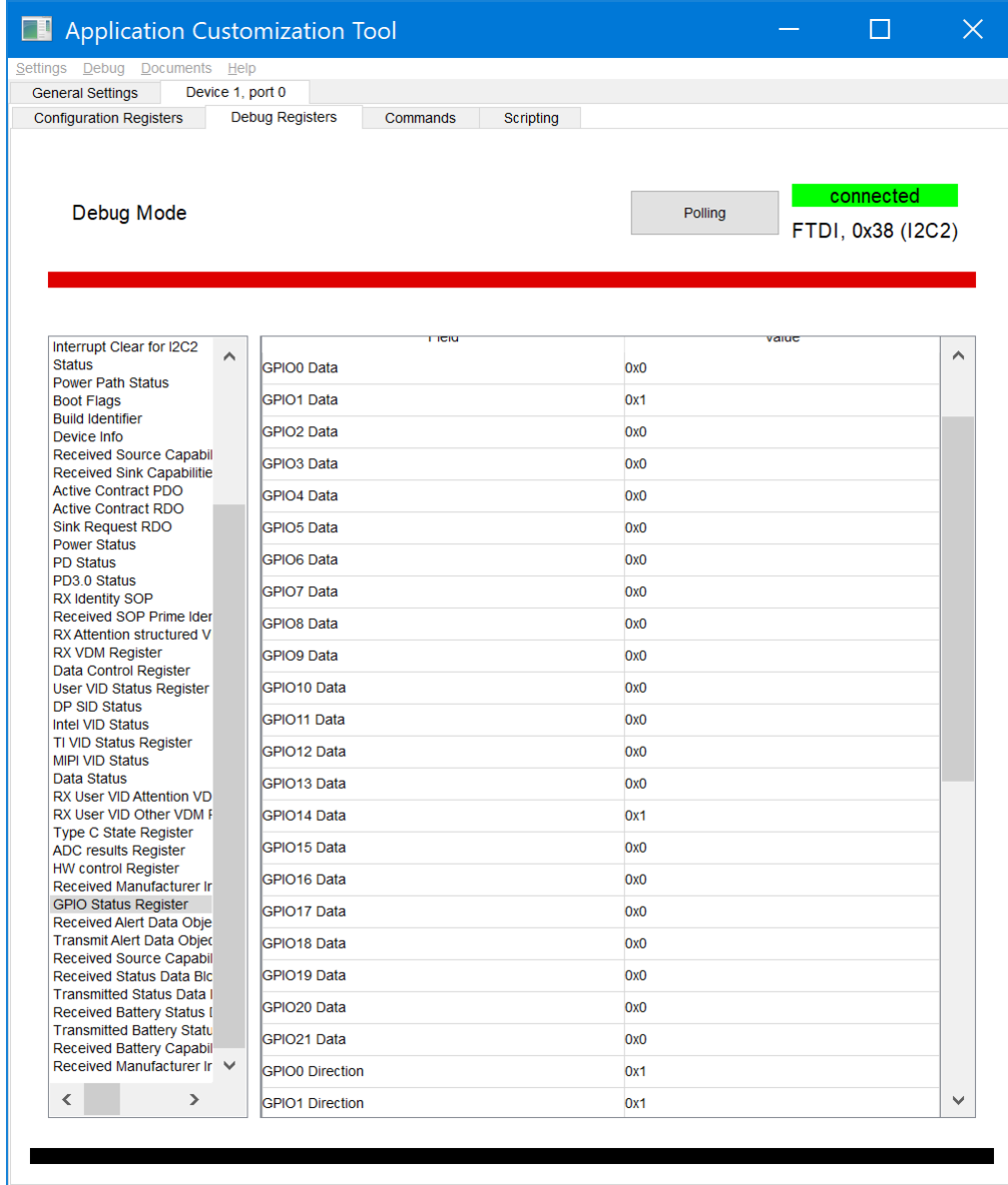


图 5-1. 5V 电源的可变直流/直流 GPIO 状态

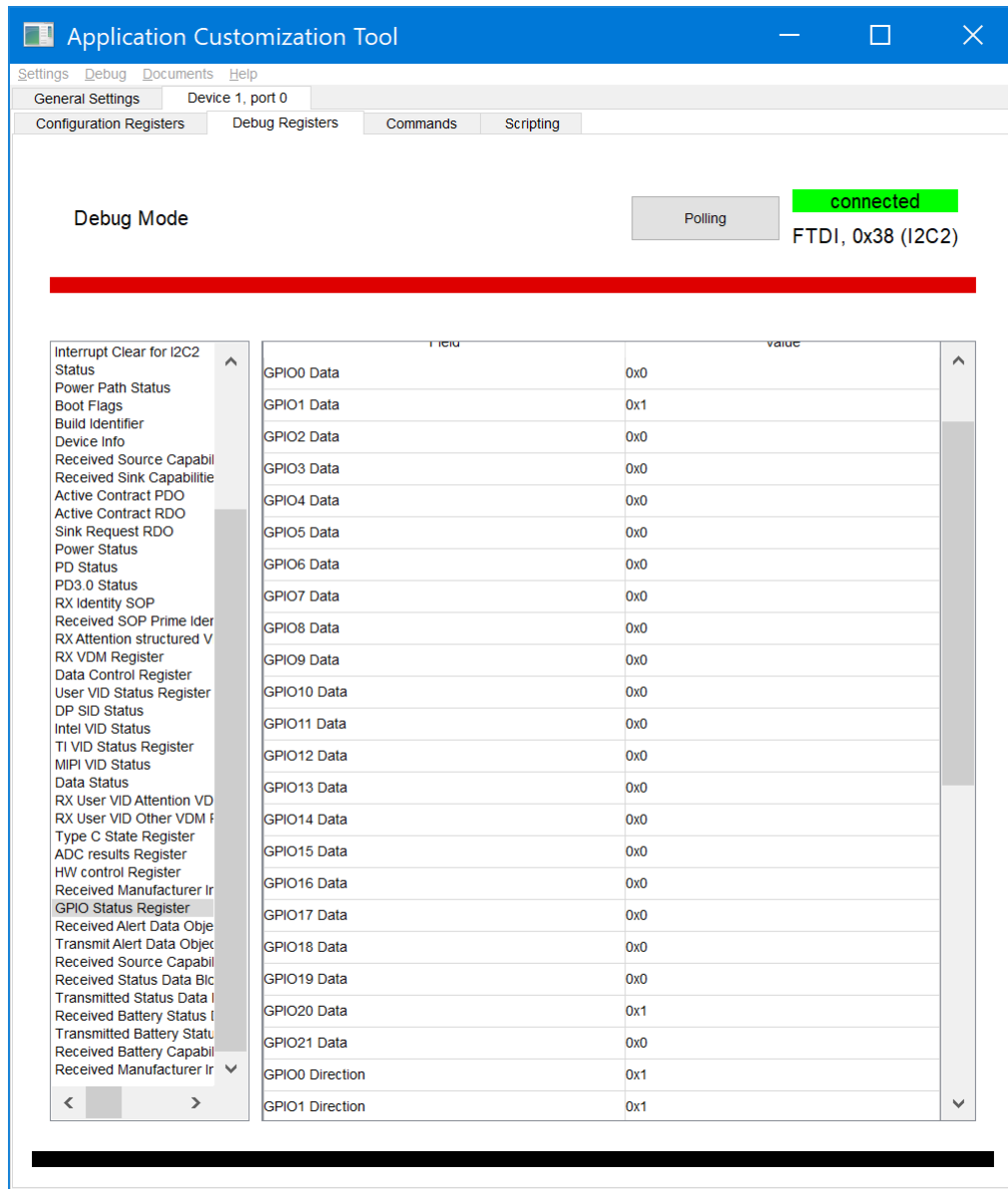


图 5-2. 20V 电源的可变直流/直流 GPIO 状态

5.2 使用 4CC GPIO 命令

TPS6598x 应用自定义工具可用于执行与 GPIO 相关的 4CC 命令，并在系统控制器使用所需的驱动程序软件之前观察、开发系统行为。图 5-3 展示了工具的命令列表页面，可用于执行 ‘GPxx’ 4CC 命令。

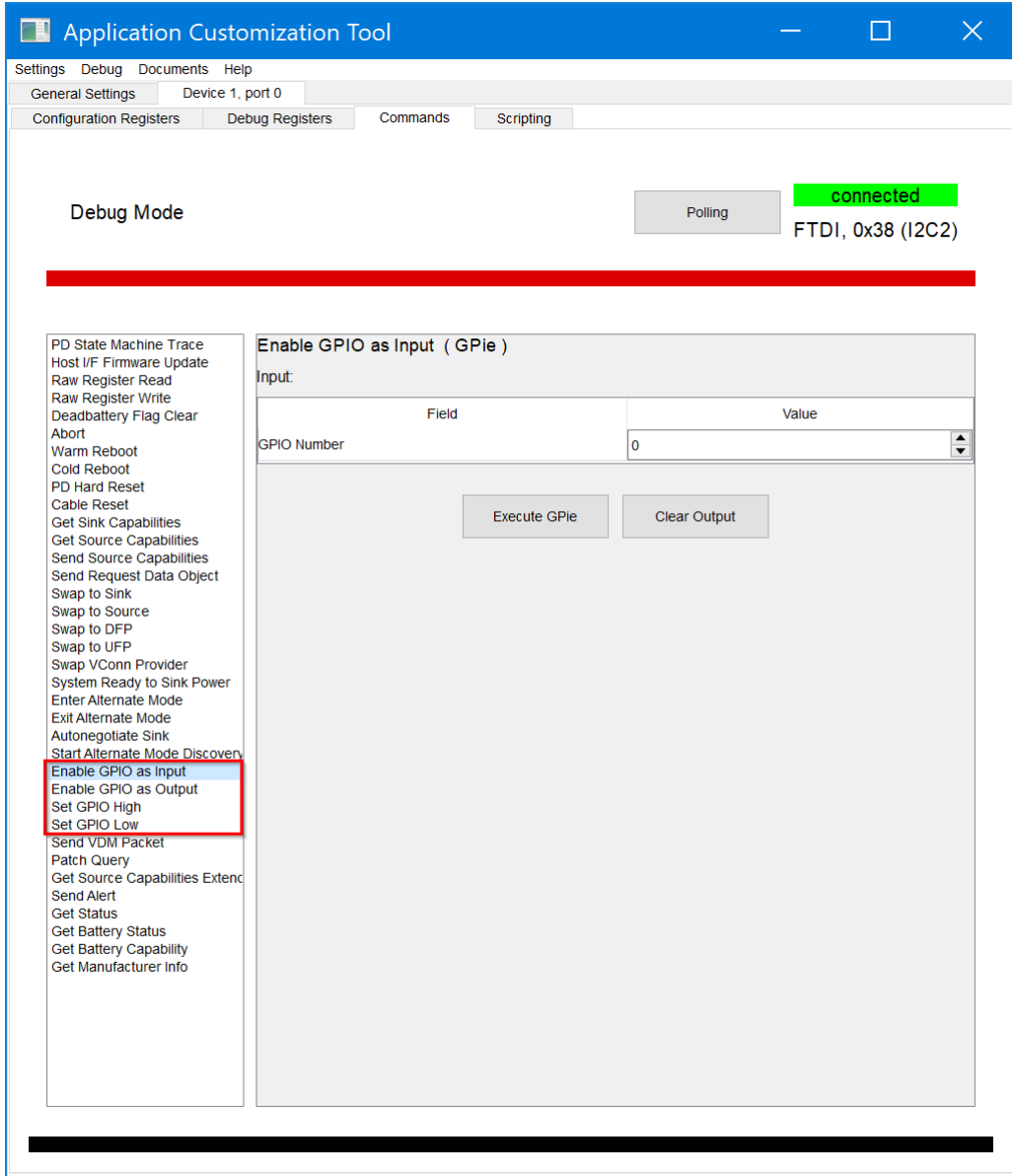


图 5-3. TPS6598x 应用自定义工具中的 4CC 命令

例如，要将 GPIO7 设为高电平：

- 首先发送 ‘GPoe’ 4CC 命令，如图 5-4 中所示。
- 然后发送 ‘GPsh’ 4CC 命令，如图 5-5 中所示。
- 在 GPIO 状态 (0x72) 中可以看到 GPIO7 已设为高电平。

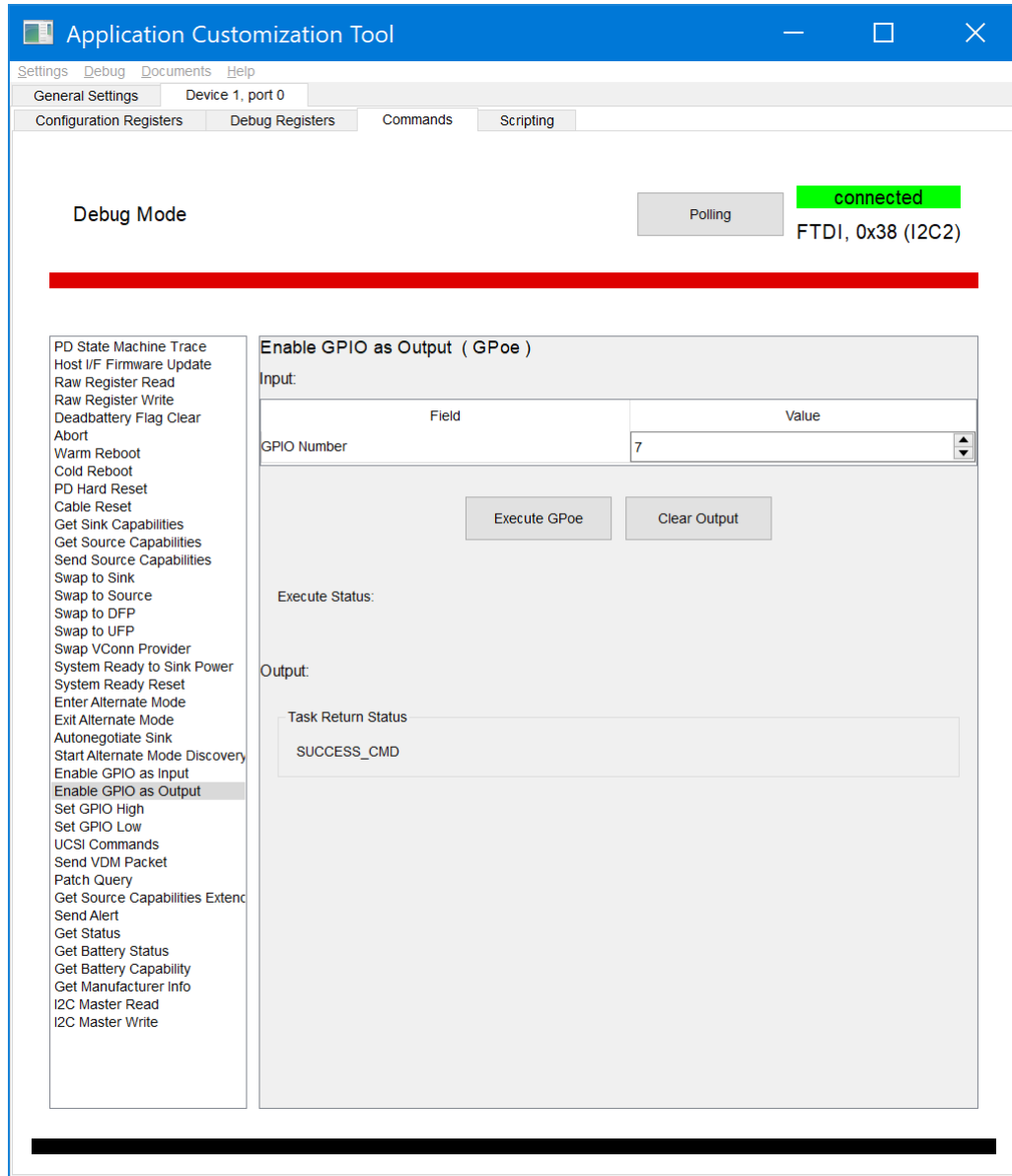


图 5-4. 使用 ‘GPoe’ 4CC 命令

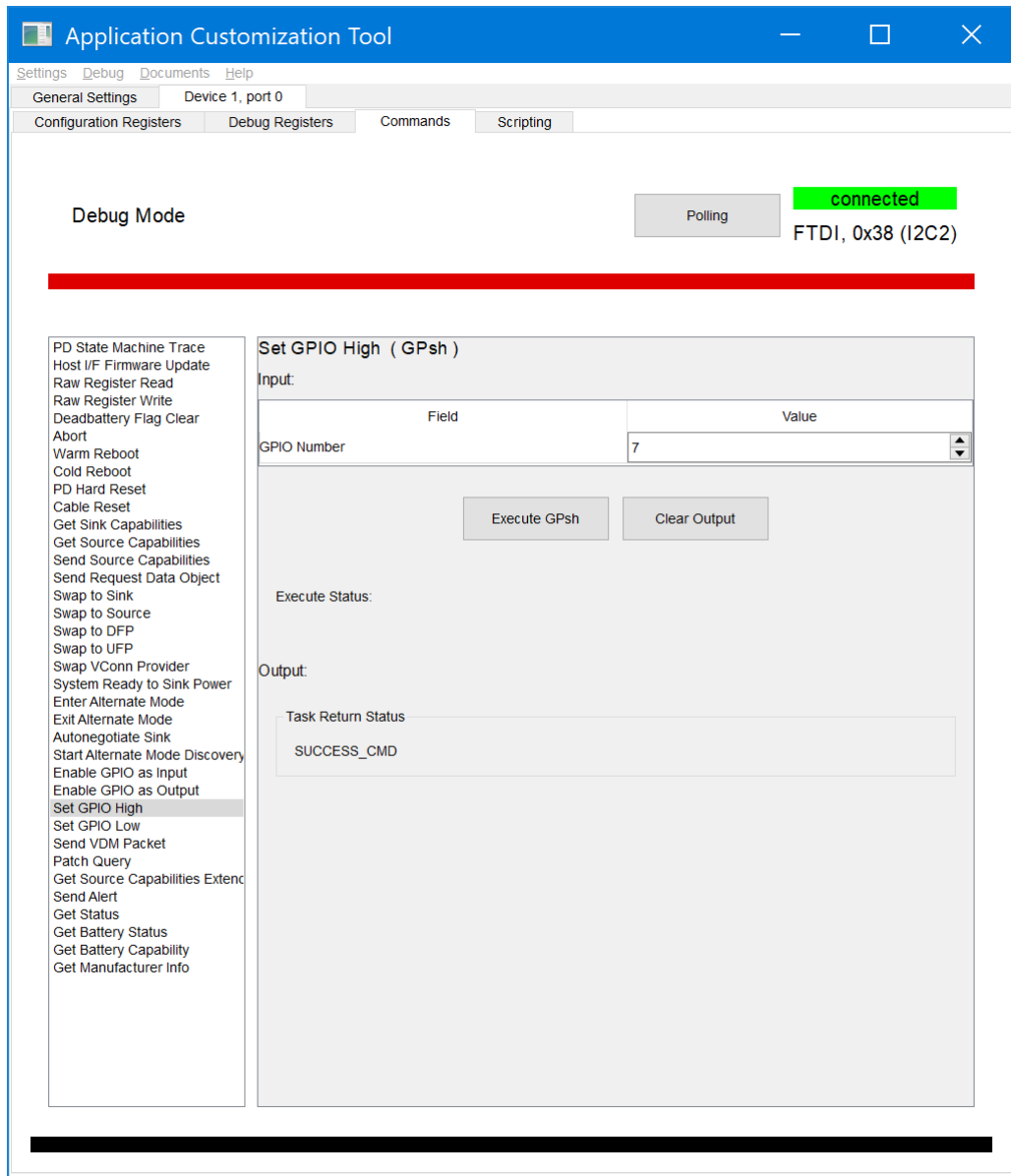


图 5-5. 使用 ‘GPsh’ 4CC 命令

6 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (August 2018) to Revision A (January 2021)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图表和交叉引用的编号格式。.....	1
• 更新了 TPS65987D GPIO 事件列表 的内容。.....	3
• 将“大约 20V 时为 9V”更改为“最低 9V、最高 20V”。.....	8

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司