

Application Note

TPS257xx/TPS267xx 自动协商受电方配置



Christodulos Tsongas

摘要

TPS257xx/TPS267xx 器件具有自动协商受电方寄存器，可以精细地控制如何向系统提供电力。随着 USB 电力传输 (USB-PD) 现在能够提供高达 240W (48V/5A)，更多的是要确保系统获得正确的功率。本文档介绍了这些器件通用的自动协商受电方寄存器中的字段、这些字段如何控制 USB-PD 合约，以及这些字段如何提供和限制系统功率。

内容

1 其他 TI USB-PD 控制器的适用性	2
1.1 USB-PD 受电方简介.....	2
1.2 自动协商受电方用途.....	2
1.3 定义.....	3
2 涉及的字段	4
3 自动协商受电方基础知识与示例	6
3.1 自动协商 RDO 优先级 (ANRDOPriority).....	6
3.2 自动计算受电方最小功率和自动协商受电方最小必需功率.....	8
3.3 “无能力不匹配”和“能力不匹配时自动禁用受电方”.....	8
3.4 自动计算受电方最小电压和自动协商最小电压.....	11
3.5 自动计算受电方最大电压和自动协商最大电压.....	12
4 自动协商受电方基础知识与 EPR 示例	14
4.1 需要 $\geq 140W$ 功率的系统.....	14
4.2 受电路径 SPR 到 EPR 转换.....	14
5 常见错误或特有系统限制	19
5.1 系统需要更高功率，但 PD 选择更低功率的 PDO.....	19
5.2 系统支持 EPR 电源，但 PD 继续选择 20V PDO.....	19
5.3 将“最小电压”和“最大电压”设置为相同的值.....	20
6 高级自动协商受电方示例	22
6.1 降级至 5V 固定 PDO.....	22
6.2 使用中断驱动 EC 自动协商受电方.....	26
6.3 ANeg : 自动协商受电方更新.....	26
6.4 AUTO_NEGOTIATE_SINK 寄存器.....	26
7 参考资料	31

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 其他 TI USB-PD 控制器的适用性

本应用手册中介绍的字段详细说明了 TPS257xx 和 TPS267xx 器件的行为。这些信息适用于包含自动协商受电方寄存器的任何器件；但是，完整的寄存器实现可能因不同的产品系列而异。

并非所有器件都使用相同的自动协商受电方寄存器字段。虽然此处记录的字段在包括这些字段的所有器件中的运行方式相同，但其他器件中存在的附加字段、保留位或替代字段配置可能会引入本应用手册中未描述的补充功能或限制。如果其他器件中存在这些附加或修改的字段，则可能会导致系统级行为，这与仅使用本数据表中记录的字段运行时观察到的行为不同。

有关适用于特定器件的完整寄存器定义，请参阅相应的器件特定技术参考手册 (TRM)。

1.1 USB-PD 受电方简介

USB 电力输送 (USB-PD) 是一种开放协议，支持通过 USB Type-C 连接器进行智能高功率传输。每个 USB-PD 连接中都定义了两个主要角色：

- 供电方：主动提供功率的器件。示例包括壁式充电器、笔记本电脑的 Type-C 端口或移动电源。供电方通过配置通道 (CC) 引脚广播可选的电压和电流组合（例如 3A 时为 5V、3A 时为 20V）。供电方还负责检测受电器件的连接或断开连接。
- 灌电流：消耗功率的器件。示例包括但不限于智能手机、平板电脑、耳机或无绳电动工具。受电方读取供电方的功率能力，并选择理想的运行选项。

建立连接后，供电方首先通过 VBUS 输出 vSafe5V（默认 5V）。然后，两个器件都通过 CC 引脚发送消息以进行 USB-PD 协商。供电方发送一条包含一个或多个电源数据对象 (PDO) 的 Source_Capabilities 消息。每个 PDO 都会描述一个特定的电压-电流对。第一个 PDO 始终是具有可变电流的 5V PDO，具体取决于 USB-PD 供电方；其他 PDO 可以是 5V 至 48V 的任何电压，电流范围为 0.1A 至 5A。

受电方从 Source_Capabilities 列表中选择最佳 PDO 并将请求数据对象 (RDO) 发送回供电方。供电方接受或拒绝请求。如果接受，供电方会将 VBUS 输出调整为协商的电压和电流，然后发送 PS 就绪信号，指示受电方可以安全地消耗商定的功率。对于系统设计人员而言，受电方依靠专用的 PD 端口控制器来执行此协商。控制器可预先配置为在不涉及主处理器的情况下自主请求功率。这正是自动协商受电方寄存器的价值所在，通过使设计人员能够预先设置电压限制、最小功率和其他参数，PD 控制器可以安全地自动保护电源合约，从而简化系统设计并提高可靠性。

1.2 自动协商受电方用途

对于系统设计人员而言，受电方依靠专用的 USB-PD 端口控制器来执行此协商。控制器可预先配置为在无系统干预的情况下自主请求功率。这正是自动协商受电方寄存器的价值所在，因为它让设计人员能够预先设置电压限制、最小功率和其他参数，PD 控制器可以安全地自动保护电源合约，从而简化系统设计并提高可靠性。

自动协商受电方寄存器是任何充当 USB-PD 受电方的系统的关键组件。主要目的是定义器件可以从所连接的 USB-PD 供电方发出请求的电源要求，前提是系统接收到安全且足够实现运行的电源。通过配置自动协商受电方寄存器字段，PD 器件可以在无需主机干预的情况下自主协商功率合约，这对于稳健的系统设计至关重要。

1.3 定义

本节回顾了本文档中的一些关键字和定义。基于 USB 电力输送规范修订版 3.1 的定义 www.usb.org/developers/docs。

PD 控制器/器件 电力输送控制器/器件	指发送/接收 USB-PD 协议通信的支持 USB-PD 的器件
PDO 电源数据对象	用于分别将供电方端口或受电端口的电源功能分别作为 Source_Capabilities/EPR_Source_Capabilities 或 Sink_Capabilities/EPR_Sink_Capabilities 消息的一部分公开的数据对象。
RDO 请求数据对象	PD 受电用于从 PD 供电方请求特定 PDO 的数据对象
SPR 标准功率范围	仅允许 Source_Capabilities 和请求消息协商 SPR 显式合约。在 SPR 模式下不允许使用 EPR 消息 (EPR_Source_Capabilities 消息和 EPR_Request 消息)。SPR 范围为 5V 至 20V，功率最高可达 100W (5A 时为 20V)
EPR 扩展功率范围	将功率范围从最大 100W (SPR) 扩展到最大 240W (EPR)。在 EPR 模式下运行时，只有 EPR 特定消息 (EPR_Source_Capabilities 消息和 EPR_Request 消息) 用于协商显式合约。EPR 范围为 5V 至 48V，功率最高可达 240W (5A 时为 48V)
PP_EXT/PPHV_EN/PP_EN 电源路径外部/电源路径高电压使能/电源路径使能	这些是 TI PD 控制器中使用的电源路径的通用名称，在 PD 控制器使用电源 (PD 是受电方) 时用于指定高压 (>5V)

2 涉及的字段

表 2-1 参考 [TPS25751 TRM](#) 并涵盖了大多数此类字段。

表 2-1. 自动协商受电方寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
191-116	RESERVED	R/W	0h	保留
115-105	PPS 输出电压	R/W	0h	这是以 20mV 为单位的所需输出电压。这会按原样插入到请求 USB PD 消息中。请注意，如果 VBUS 低于 3.8V，某些 PD 控制器将无法开启栅极驱动器，请检查数据表中的 VBUS UVLO 值。
104-103	RESERVED	R/W	0h	保留
102-96	PPS 工作电流	R/W	0h	受电方 PPS 模式下的工作电流。这是以 50mA 为单位的所需工作电流。这会按原样插入到请求 USB PD 消息中。
95-70	RESERVED	R/W	0h	保留
69	非 APDO 合约时 PPS 禁用受电方	R/W	0h	电源类型转换期间的受电路径处理。如果此位生效并且所选电源类型不是 PPS APDO，则会在发送请求消息之前禁用受电路径。主机应当仅在协商 PPS 合约后使此位生效。除非 PPSEnableSinkMode 生效，否则此位无效。
68	PPS 所需的全电压范围	R/W	0h	仅选择具有完整电压范围的供电方。如果此位生效，则不会选择 PPS 电源类型，除非 $APDO.MinVoltage \leq TX_SINK_CAPS.MinPpsVoltage$ 、 $APDO.MaxVoltage \geq TX_SINK_CAPS.MaxPpsVoltage$ 且 $APDO.MaxCurrent \geq TX_SINK_CAPS.MaxPpsCurrent$ 。除非 PPSEnableSinkMode 生效，否则此位无效。
67	PPS 供电方工作模式	R/W	0h	选择 CV 或 CC 模式。如果此位设置为 1，则 PD 控制器会认定系统处于恒压模式并相应地设置 VBUS 断开阈值。如果此位设置为 0，则 PD 控制器会认定系统处于电流限制模式，并相应地降低 VBUS 断开阈值。
66-65	PPS 请求间隔	R/W	0h	受电方 PPS 请求间隔。此字段设置 PD 控制器向供电方发送新请求（即使主机没有对请求进行任何更改）的频率。 0h = 8 秒 1h = 4 秒 2h = 2 秒 3h = 1 秒
64	PPS 使能受电方模式	R/W	0h	启用受电方 PPS 模式。如果此位生效，则 PD 控制器将尝试协商 PPS 受电方合约。PPS 合约优先于所有其他电源类型。
63-62	RESERVED	R/W	0h	保留
61-52	自动协商能力不匹配功率	R/W	2h	能力不匹配功率阈值。如果所选 PDO 提供的功率低于此寄存器中指定的功率，则 PD 控制器将在其请求消息中使“能力不匹配”位生效，除非将 NoCapabilityMismatch 设置为 1。(250mW/LSB)
51-42	自动协商最小电压	R/W	64h	请求的最小电压。在 PD 功率合约协商过程中，PD 控制器只会选择大于或等于此字段中指定值的电压。除非 AutoComputeSinkMinVoltage=0，否则不使用。(50mV/LSB)
41-32	自动协商最大电压	R/W	190h	请求的最大电压。在 PD 功率合约协商过程中，PD 控制器只会选择小于或等于此字段中指定值的电压。除非 AutoComputeSinkMinVoltage=0，否则不使用。(50mV/LSB) 请参阅 AutoComputeSinkMinPower 中的说明。
31-22	自动协商受电方最小必需功率	R/W	104h	受电方所需的最小工作功率。PD 控制器尝试从供电方接收此功率电平。(250mW/LSB)
21-12	自动协商最大电流	R/W	145h	请求的最大电流。PD 控制器不会请求大于此字段所示值的电流。主机应当确保 TX_SINK_CAPS 寄存器中所有 PDO 的最大电流不超过此值。(10mA/LSB)。
11-8	RESERVED	R/W	0h	保留
7	RESERVED	R/W	0h	保留

表 2-1. 自动协商受电方寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
6	“能力不匹配”时自动禁用受电方	R/W	1h	受电路径和能力不匹配设置。如果此位生效，则只要隐式或显式功率合约可使“能力不匹配”位被置位，PD 控制器将会禁用受电路径。应当仅在将 NoCapabilityMismatch 位设置为 0 时才使此位生效。
5	自动计算受电方最大电压	R/W	1h	最大电压配置。PD 控制器可以自动计算 ANMaxVoltage，或允许主机指定该值。 0h = 由主机提供 1h = 由 PD 控制器计算
4	自动计算受电方最小电压	R/W	1h	最小电压配置。PD 控制器可以自动计算 ANMinVoltage，或允许主机指定该值。 0h = 由主机提供 1h = 由 PD 控制器计算
3	无能力不匹配	R/W	0h	RDO 中的“能力不匹配”配置。有两种情况会触发能力不匹配： <ul style="list-style-type: none"> 如果连接的供电方不提供功率大于或等于此寄存器中 ANSinkCapMismatchPower 字段的 PDO。 在此寄存器中已启用 PPS，并且连接的供电方未提供与 TX_SINK_CAPS 中的要求相匹配的 PPS PDO。 如果任一条件成立，则 PD 控制器将在其请求中使“能力不匹配”位生效，除非此位已经生效。 0h = 启用“能力不匹配” 1h = 禁用“能力不匹配”。
2	自动计算受电方最小功率	R/W	1h	受电方所需的最小功率。最小受电功率是 TX_SINK_CAPS (0x33) 中任何有效 PDO 报告的最大功率。对于每种电源类型，TX_SINK_CAPS 中特定 PDO 的功率如下： <ul style="list-style-type: none"> 电池电源：OperatingPower 可变电源：MaxVoltage*OperatingCurrent 固定电源：Voltage*OperatingCurrent 但是，如果 TX_SINK_CAPS 寄存器包括电池电源类型 PDO，则 ANSinkMinRequiredPower = 电池电源类型 PDO 中的最大 OperatingPower。 0h = 由主机提供 1h = 由 PD 控制器计算
1	无 USB 挂起	R/W	1h	用于 RDO 中 NoUSBSusp 标志的值。由 USB PD 进行定义。
0	自动协商 RDO 优先级	R/W	0h	选择 PDO 时的决定因素配置。PD 控制器将找到一组满足电压要求的 PDO。它将从这组 PDO 中选出具有更高功率的 PDO。如果两个可接受的 PDO 具有相同的功率，则首选固定电源类型，次选可变电源。如果两个 PDO 具有相同的功率和相同的类型，则此位可决定要选择的 PDO。 0h = 较高电压 1h = 较低电压

3 自动协商受电方基础知识与示例

默认值

PD 控制器默认可以使用这些设置，下面的每个部分都介绍了字段更改后会发生的情况。有关每个字段的详细信息，请参阅自动协商受电方寄存器字段说明。

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 2d (0.5W)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMinVoltage = 由 PD 设置`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 由 PD 设置`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkMinRequiredPower = 由 PD 设置`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 1`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 1`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinVoltage = 1`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower = 1`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoUSBSuspend = 1`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = 0`

3.1 自动协商 RDO 优先级 (ANRDOPriority)

更改了此示例中的字段的默认值：

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = Varied`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower = 0` 允许 `ANSinkMinRequiredPower` 为静态值 (由配置默认值设置或根据需要由 EC 设置)
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkMinRequiredPower = 120d (30W)` 系统通过 EC 修改的配置设置的最小必需功率大小 (如果需要)。当 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower` 设置为 1 时，将覆盖此值。

一些供电方器件可以提供电压/电流不同但功率相同的 PDO。例如，使用 30W 供电方，它可提供：

- **PDO1 : 3A 时为 5V (15W)**
- **PDO2 : 3A 时为 9V (27W)**
- **PDO3 : 2A 时为 15V (30W)**
- **PDO4 : 1.5A 时为 20V (30W)**

当系统在特定电压下需要更大电流时 (或相反)，该字段很有用。当 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = 0` 时，选择更高的电压 (PDO4)。

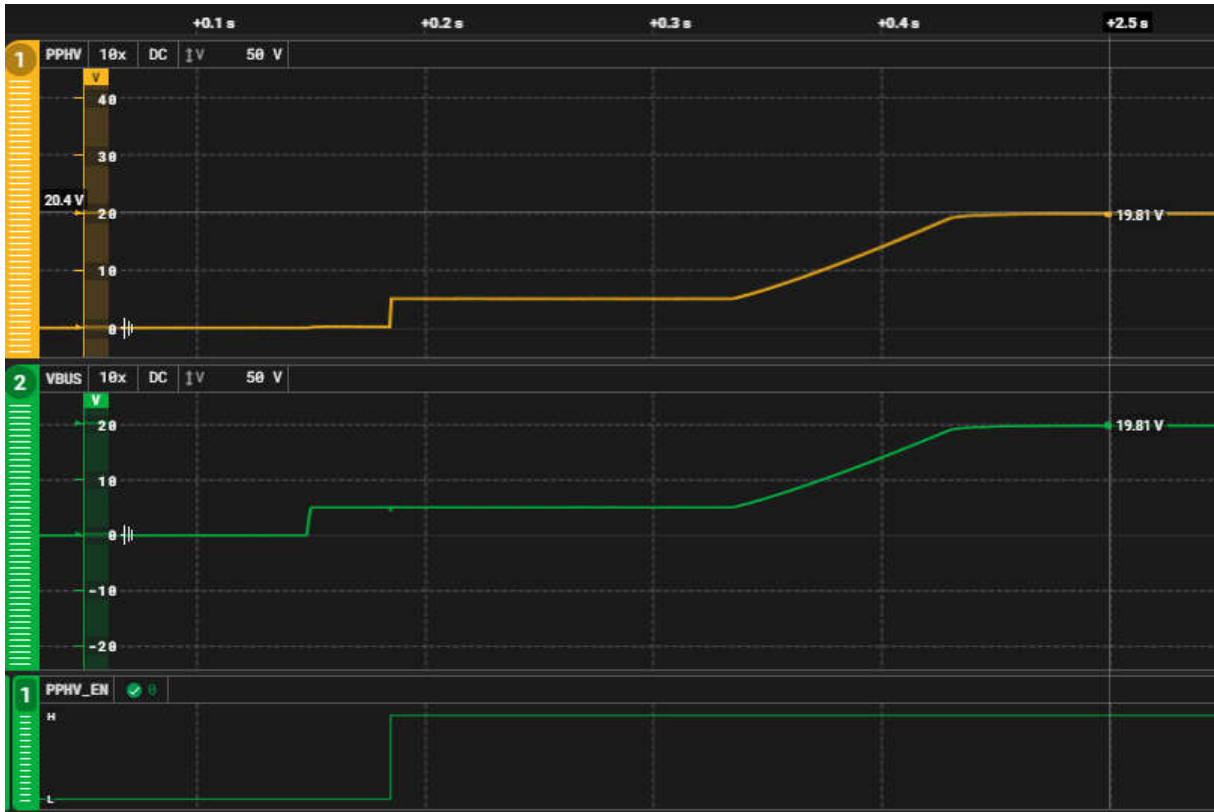


图 3-1. 当 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = 0` 时选择 20V PDO

当 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = 1` 时，选择较低的电压 (PDO3)。

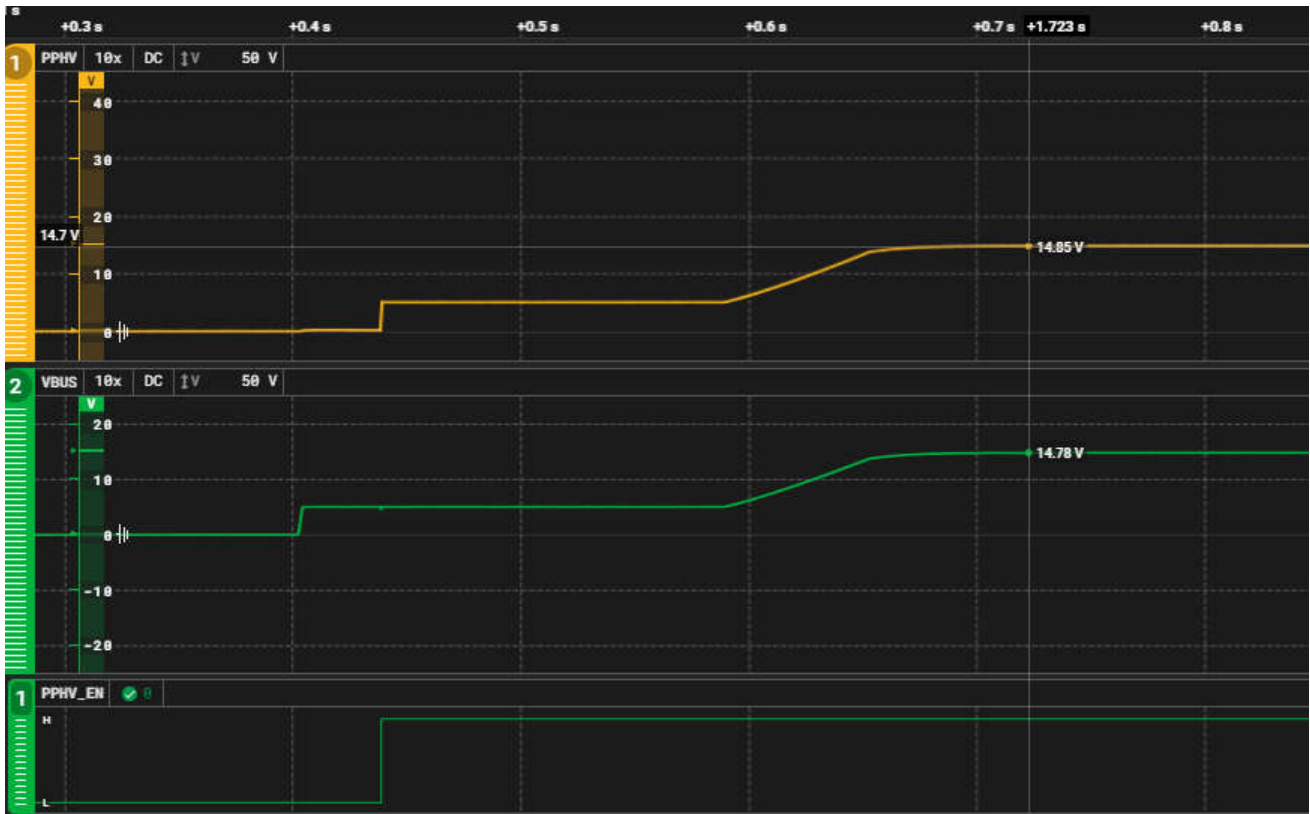


图 3-2. 当 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = 1` 时选择 15V PDO

3.2 自动计算受电方最小功率和自动协商受电方最小必需功率

自动计算受电方最小功率和自动协商受电方最小必需功率

更改了此示例中的字段的默认值：

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower = Varied`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkMinRequiredPower = Varied`

当 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower = 1` 时，PD 会根据 `TX_Sink_Caps` 寄存器自动设置此值。

- 最高功率 PDO：3A 时为 20V，`AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkMinRequiredPower = 60W`
- 最高功率 PDO：2.25A 时为 20V，`AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkMinRequiredPower = 45W`
- 最高功率 PDO：2.4A 时为 15V，`AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkMinRequiredPower = 36W`

当 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower = 0` 时，由配置或由 EC 设置的 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkMinRequiredPower` 中的值将确定系统的最小功率，而与支持的 `TX_Power Sink_Caps` 寄存器无关。

3.3 “无能力不匹配”和“能力不匹配时自动禁用受电方”

更改了此示例中的字段的默认值：

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 240d (60W)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = Varied`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = Varied`

表 3-1. “能力不匹配”字段对受电路径的影响

NoCapabilityMismatch	AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch	受电路径影响
0	0	请求 PDO 会将“能力不匹配”置为有效，但受电路径仍处于启用状态，与 <code>ANSinkCapMismatchPower</code> 无关。
0	0	当 PDO 功率 < <code>ANSinkCapMismatchPower</code> 时，请求 PDO 会将“能力不匹配”置为有效并将受电路径禁用
1	0	请求 PDO 不会将“能力不匹配”置为有效。 <code>AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch</code> 已忽略
1	1	请求 PDO 不会将“能力不匹配”置为有效。 <code>AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch</code> 已忽略

如果系统需要 USB-PD 提供最小功率，则确保将 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower` 设置为系统的最小值。确保 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch` is = 0 以保持“能力不匹配”生效行为。最后，设置 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 1` 以允许 PD 在不满足系统要求时自动禁用受电路径。

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 240d (60W)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 1`

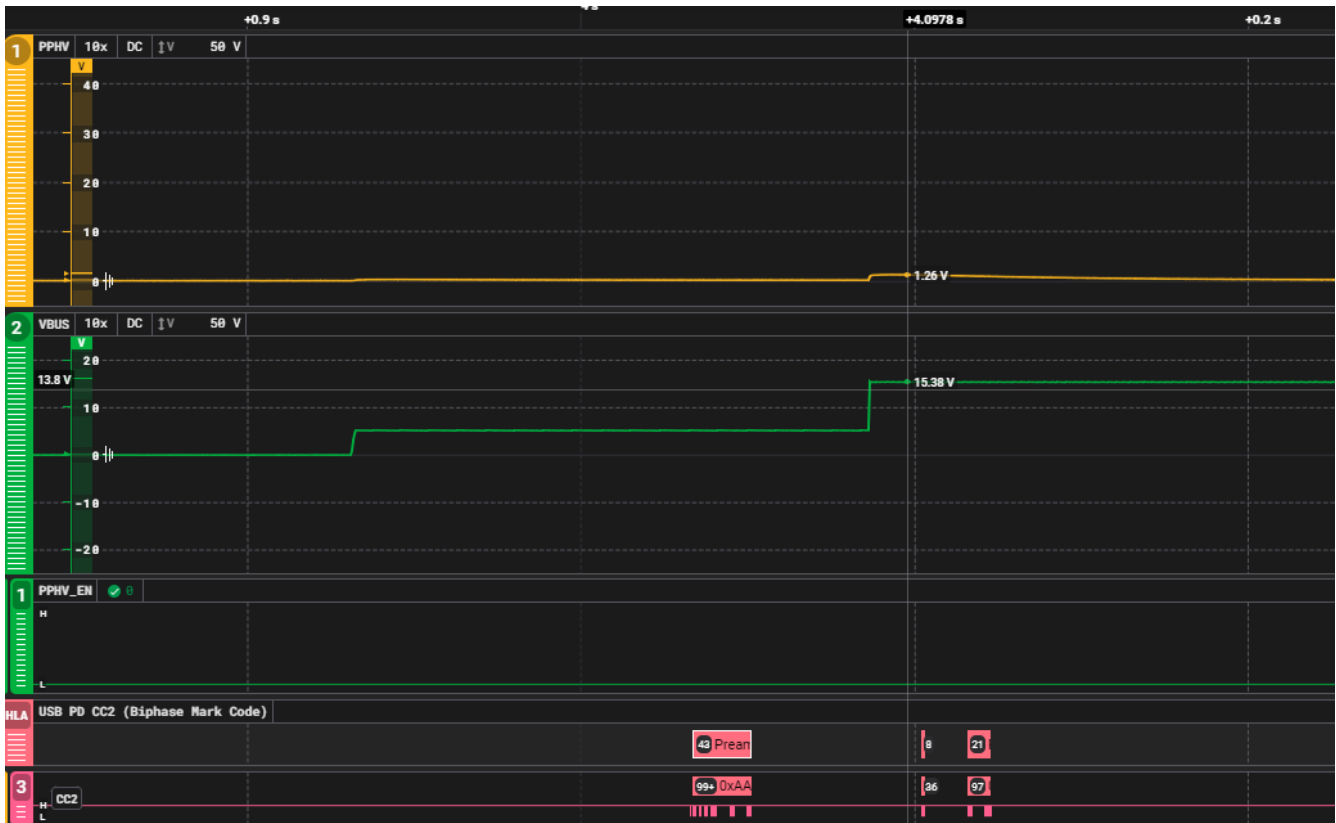


图 3-3. “能力不匹配” 在请求消息中置为有效，导致 PD 器件未启用 PPHV_EN

此处设置了“能力不匹配”标志，这会导致 PD 器件不启用上面的 PPHV_EN。



图 3-4. 从 PD 器件向 PD 供电方请求数据对象

如果仍可按小于 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower` 值的水平向系统供电，则将 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch` 设置为 0 或 1，具体取决于系统是否需要在请求 PDO 中将“能力不匹配”置为有效。并且 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch` 设置为 0。

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 240d (60W)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 0`

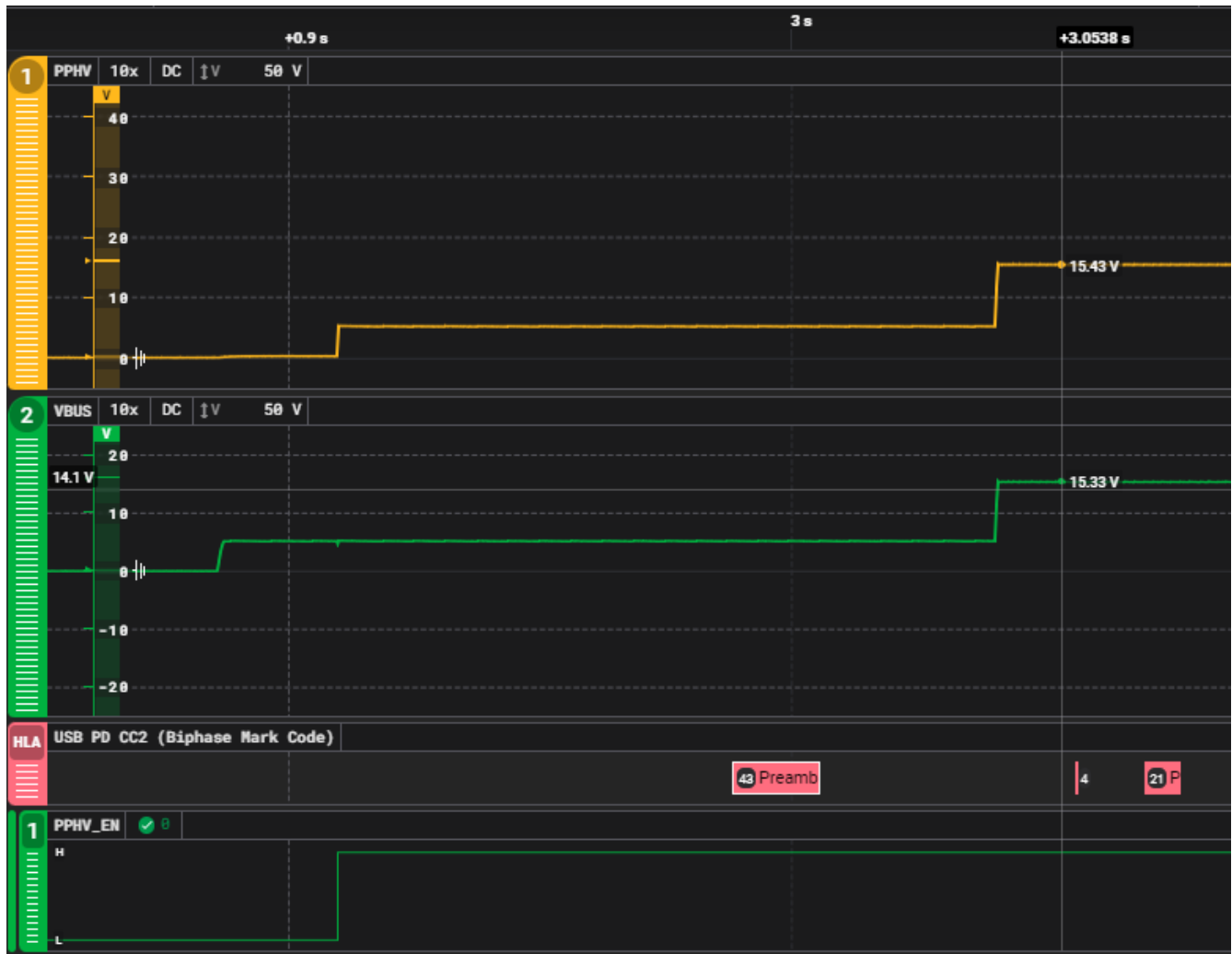


图 3-5. “能力不匹配”在请求消息中置为有效，但 PD 器件仍启用 PPHV_EN

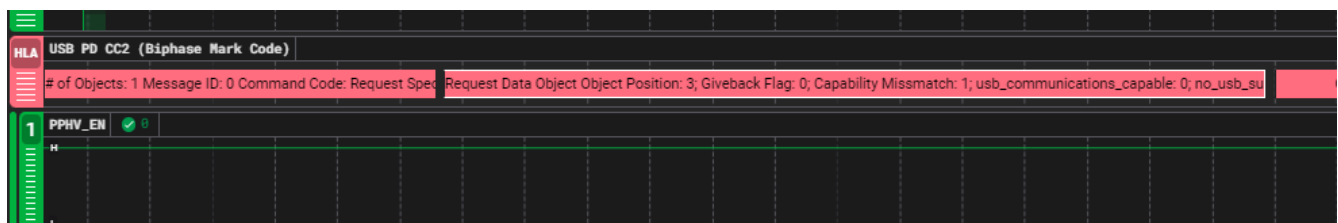


图 3-6. 从 PD 器件向 PD 供电方请求数据对象

- $AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 240d (60W)$
- $AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 1$
- $AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 0$

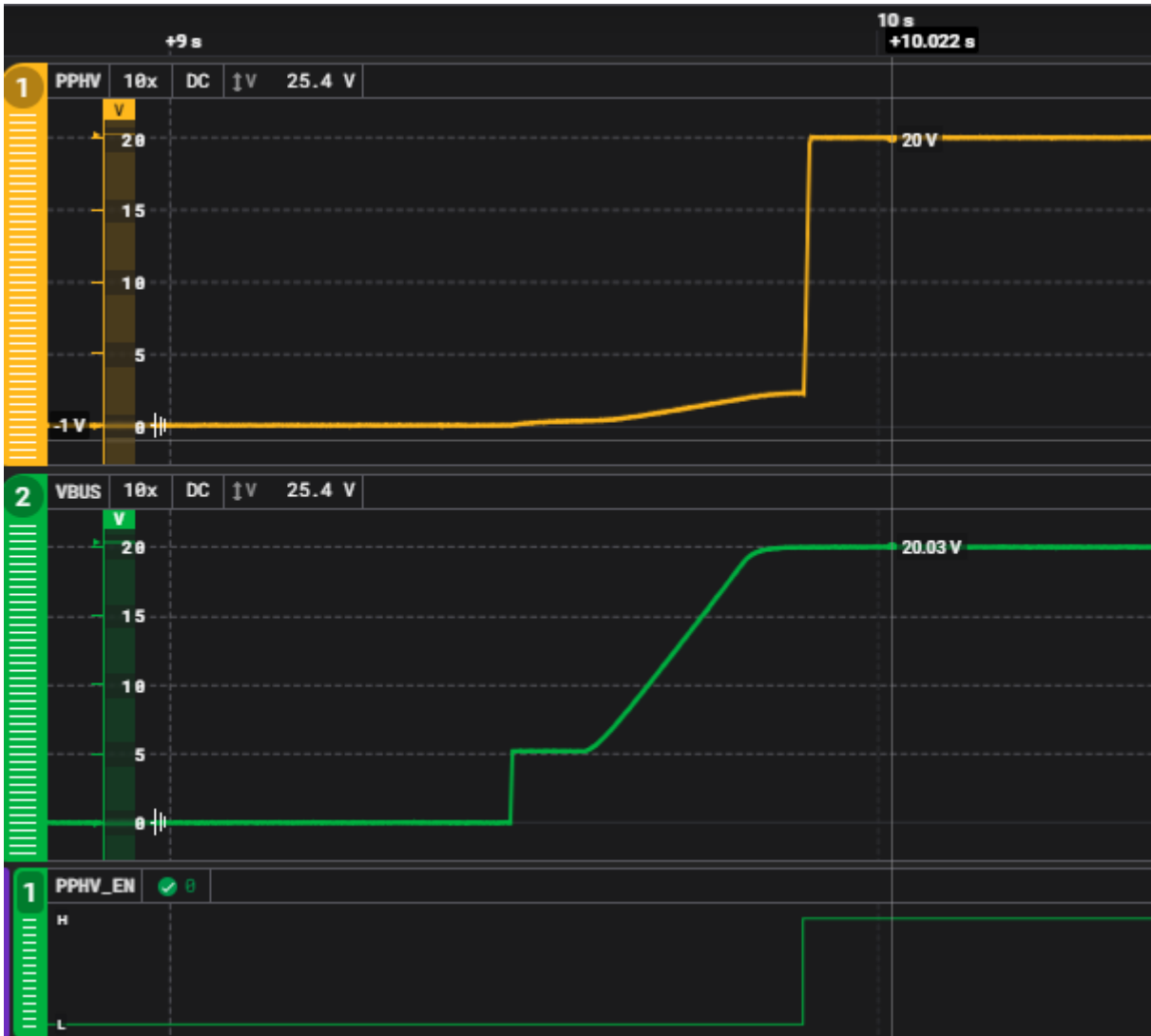


图 3-7. “能力不匹配”在请求消息中未置为有效

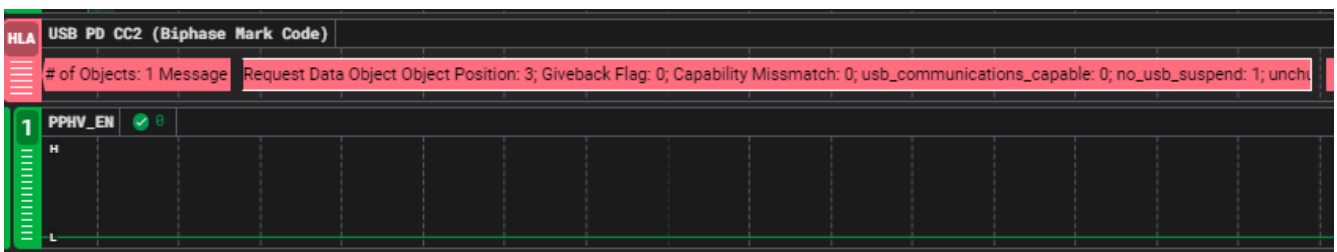


图 3-8. 从 PD 器件向 PD 供电方请求数据对象

3.4 自动计算受电方最小电压和自动协商最小电压

更改了此示例中的字段的默认值：

- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMinVoltage = Varied
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinVoltage = Varied

典型应用将此值设置为 AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinVoltage = 1，以允许 PD 计算该值。PD 始终将该值设置为 4.75V。这意味着，如果其他 PDO 不适用于 PD 控制器，则 PD 始终可以回退到 5V PDO。

3.5 自动计算受电方最大电压和自动协商最大电压

更改了此示例中的字段的默认值：

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 300d (15V)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = Varied`

如果系统始终可以处理 SPR (高达 20V) 或 EPR (高达 48V) 中的最大电压，则保留 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 1` 可以接受。这意味着 PD 会查看提供的供电方 PDO，并将此值设置为最大电压值。

如果系统需要特定的最大值并且不能超过电压，则设置 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 0` 意味着 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage` 由配置或 EC 进行设置，而与供电方 PDO 电压无关。

(展示使用 PD 设置 MaxVoltage 的测试 4

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 300d (15V)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 1`

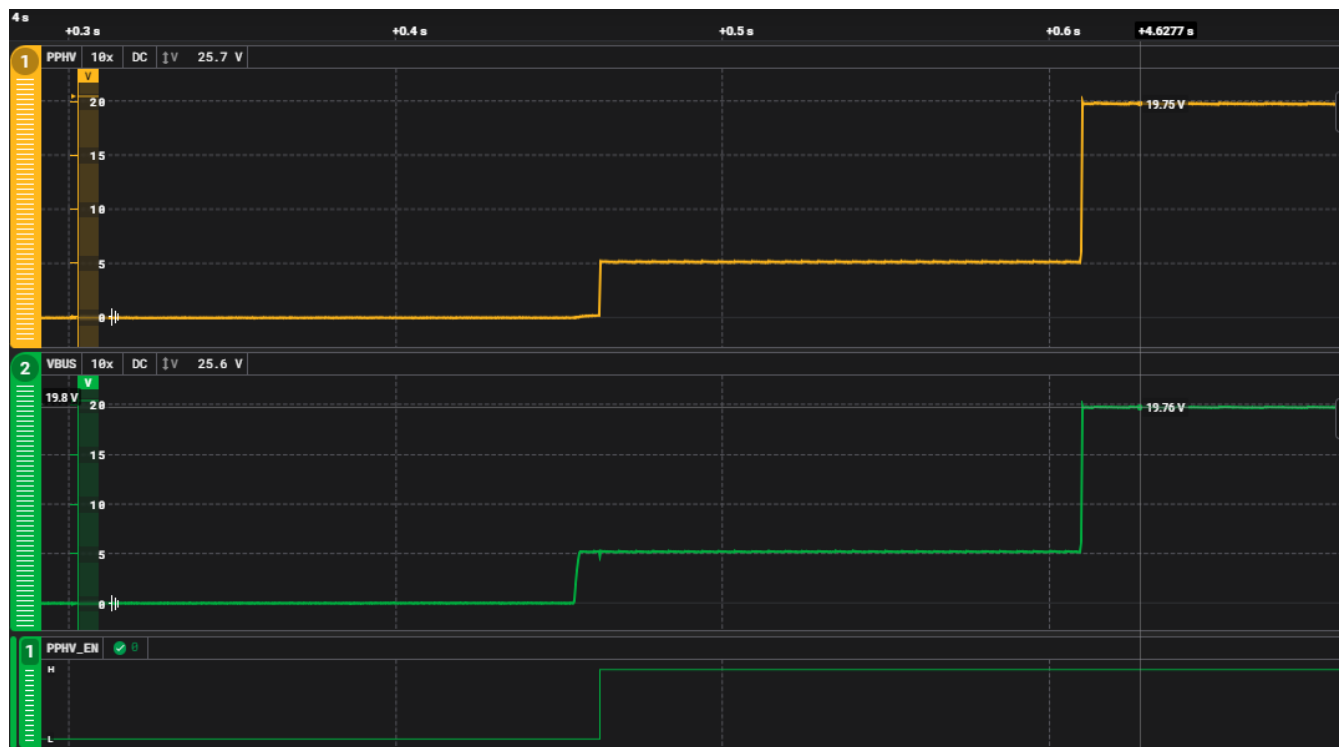


图 3-9. PD 器件自动计算 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage`

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 300d (15V)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 0`

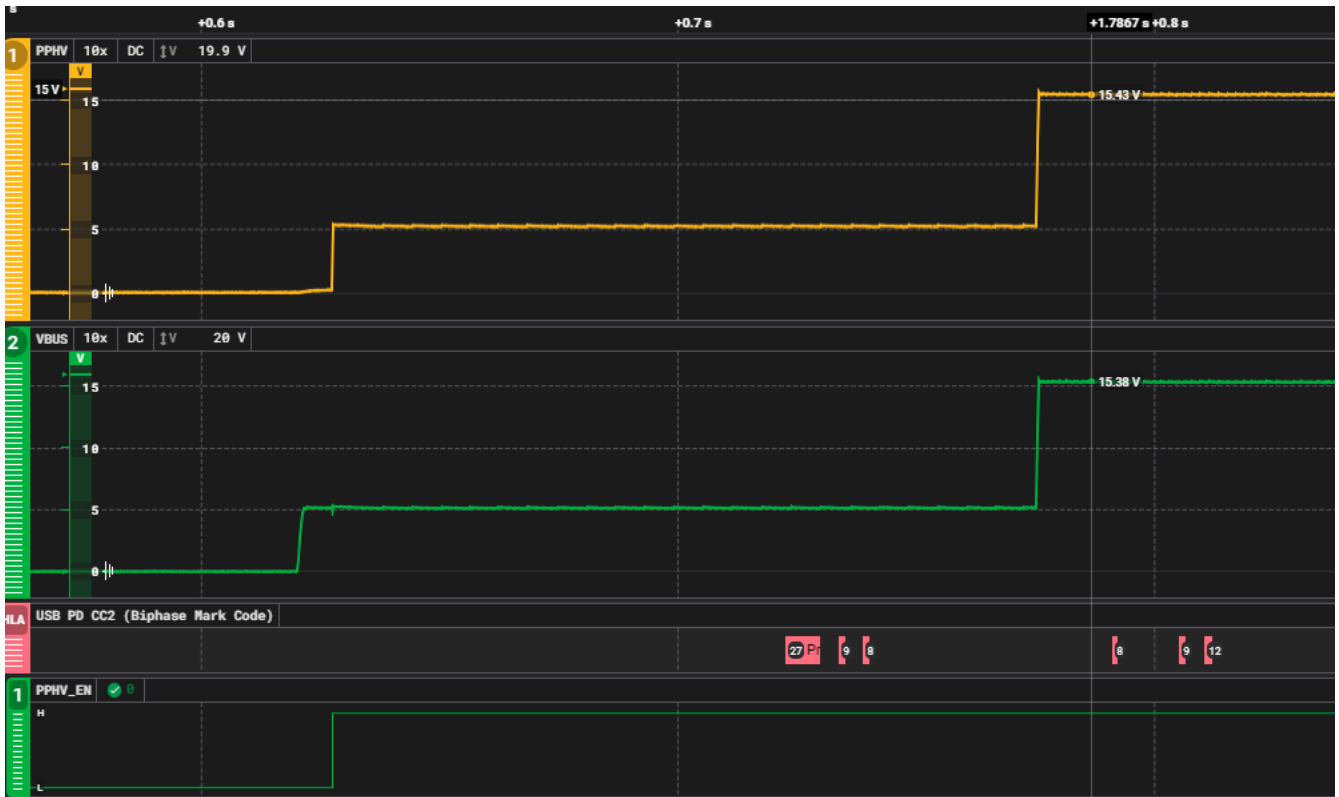


图 3-10. PD 器件始终请求 15V PDO

#	MessageType	SOP*	DataRole	PowerRole	MsgID	Sender
0	CONNECT SINK NO VBUS (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = RA)					
1	CONNECT CC1 (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = RA)					
2	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	0	Port
3	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	0	Port
4	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	0	Port
5	Source_Capabilities (Max: 60W, Fixed 5V-3A, Fixed 9V-3A, Fixed 15V-3A, Fixed 20V-3A)	SOP	DFP	SOURCE	0	Port
7	Request (RDO: Pos=3, Pow=45W, loc=3A; Src PDO: Fixed 15V-3A)	SOP	UFP	SINK	0	Port
9	Accept	SOP	DFP	SOURCE	1	Port
11	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	2	Port

图 3-11. 所提供 20V PDO 的 USB-PD 捕获

4 自动协商受电方基础知识与 EPR 示例

默认值

大多数值与上一部分相同。但是，在这些演示中使用 TPS26750 器件，以展示自动协商受电方如何影响 EPR 范围 (21V - 48V) 的 USB-PD 合约。

4.1 需要 $\geq 140W$ 功率的系统

更改了此示例中的字段的默认值：

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 560d (140W)`

`AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0`，因此 PD 不会开启受电路径，除非 EPR 28V 或更高版本可用。由于 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 1`，PD 还会在 SPR 协商期间将最大电压设置为 20V，并且在 EPR 进入时设置最大 EPR 电压，以允许 PD 始终请求尽可能高的电压。

4.2 受电路径 SPR 到 EPR 转换

有些系统不希望处理从 0V 到 28V+ 的受电路径。本节回顾了如何从 SPR 平稳过渡到 EPR 或仅允许 EPR 的示例。

假设系统需要 EPR 电压 (5A 时为 36V)，但在受电路径上从 0V 转换到 36V 可能会产生不利影响。设置以下各项会将受电路径以 5V 开启，并使受电路径保持导通状态，直到达到 36V EPR 合约。这些设置还会使请求 PDO 中的“能力不匹配”位保持有效状态，直到进入 36V EPR。

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 720d (180W)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 0`

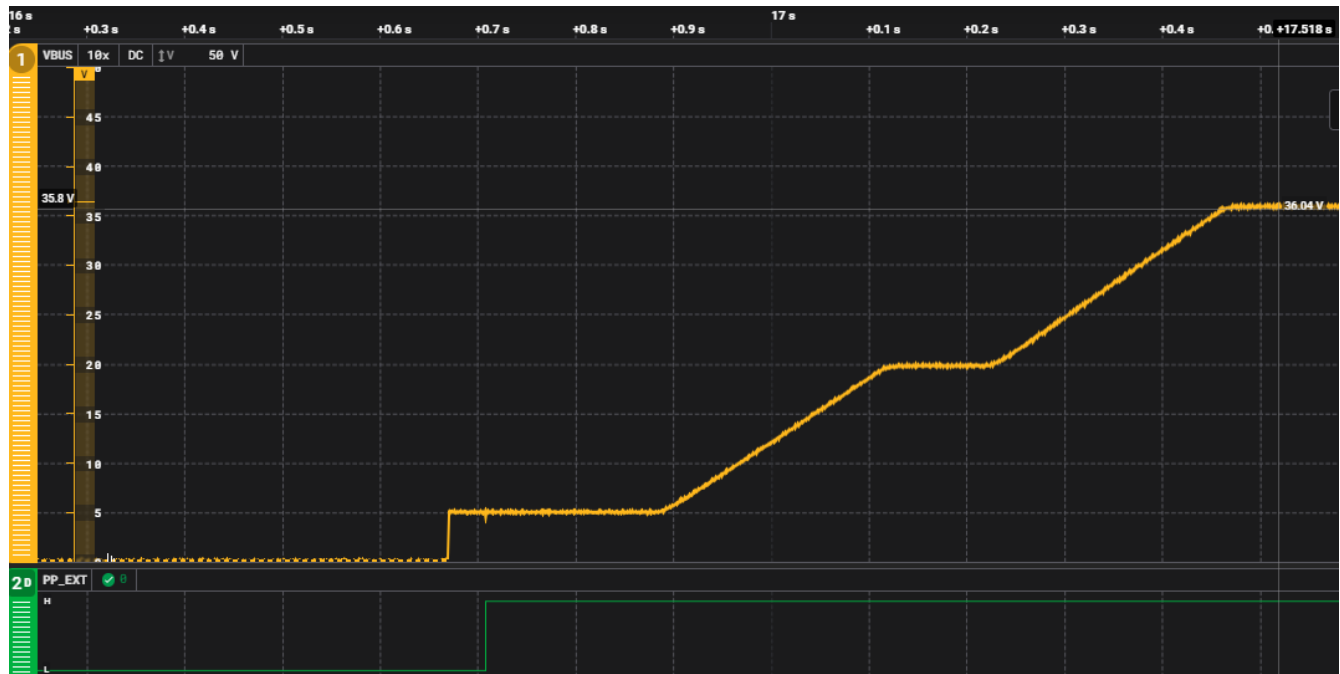


图 4-1. 为整个 PD 合约协商使能 PP_EXT

显示从初始连接到 EPR PDO 协商的 USB-PD 消息。

注意：为了便于阅读，在此日志中筛选出 EPR Keep-Alive 消息。

#	MessageType	SOP*	DataRole	PowerRole	MsgID	Sender	TimeStamp
0	CONNECT SINK NO VBUS (CC1-Pin = 1p5A, CC2-Pin = VCONN)						12:34:01.938.169
1	CONNECT CABLE RA OR SINK NO VBUS (CC1-Pin = STD, CC2-Pin = VCONN)						12:34:01.944.534
2	CONNECT CABLE RA OR SINK NO VBUS (CC1-Pin = STD, CC2-Pin = VCONN)						12:34:07.028.481
3	CONNECT DEBUG ACC (CC1-Pin = STD, CC2-Pin = 3p0A)						12:34:07.207.005
4	Source_Capabilities (Max: 100W, Fixed 5V-3A, Fixed 9V-3A, Fixed 15V-3A, Fixed 20V-5A)	SOP	DFP	SOURCE	0	Port	12:34:07.369.208
6	Request (RDO: Pos=4, Pow=100W,loc=5A; Src PDO: Fixed 20V-5A)	SOP	UFP	SINK	0	Port	12:34:07.374.905
8	Accept	SOP	DFP	SOURCE	1	Port	12:34:07.379.357
10	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	2	Port	12:34:07.675.821
12	EPR_Mode (Action=Enter)	SOP	UFP	SINK	1	Port	12:34:07.681.521
14	EPR_Mode (Action=Enter_Acknowledged)	SOP	DFP	SOURCE	3	Port	12:34:07.686.093
16	EPR_Mode (Action=Enter_Succeeded)	SOP	DFP	SOURCE	4	Port	12:34:07.691.446
18	EPR_Source_Capabilities (Chunk Response #0)	SOP	DFP	SOURCE	5	Port	12:34:07.697.236
20	EPR_Source_Capabilities (Chunk Request #1)	SOP	UFP	SINK	2	Port	12:34:07.703.379
22	EPR_Source_Capabilities (Max: 180W, Fixed 5V-3A, Fixed 9V-3A, Fixed 15V-3A, Fixed 20V-5...	SOP	DFP	SOURCE	6	Port	12:34:07.708.103
24	EPR_Request (RDO: Pos=9, Pow=180W,loc=5A; Src PDO: Fixed 36V-5A)	SOP	UFP	SINK	3	Port	12:34:07.713.854
26	Accept	SOP	DFP	SOURCE	7	Port	12:34:07.718.369
28	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	0	Port	12:34:07.996.869

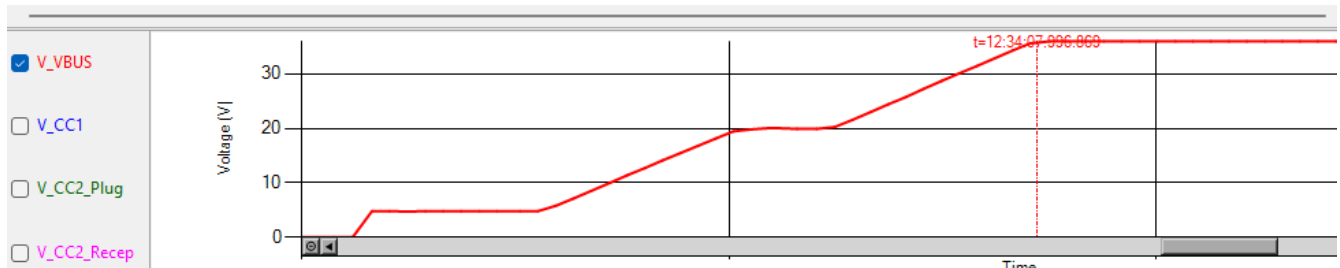


图 4-2. PD 合约协商的 USB-PD 捕获

假设系统需要至少 60W，但优先选择 EPR 电压。设置以下内容将在 3A 时以 20V 开启受电路径，并在 20V 后保持受电路径导通。设置以下各项会将受电路径以 20V 开启，并使受电路径保持导通状态，直到达到 36V EPR 合约。

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower= 240d (60W)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 1`

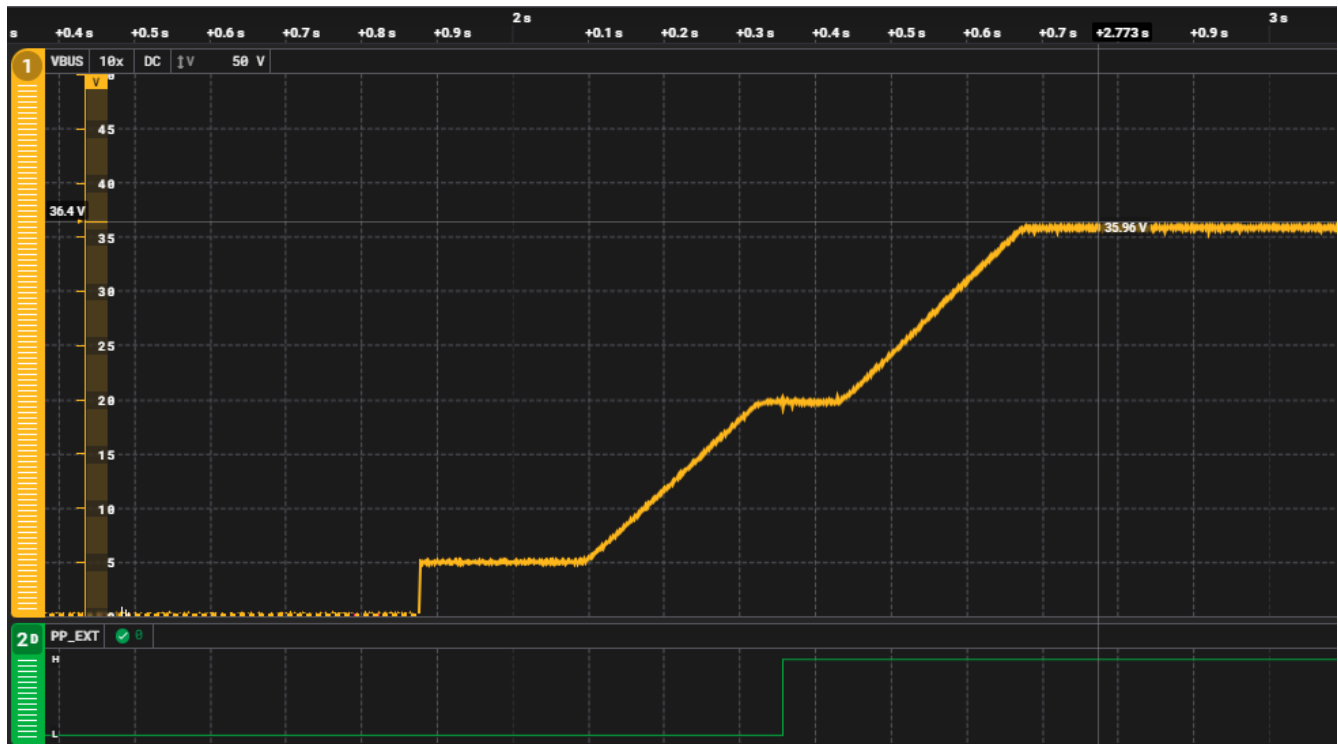


图 4-3. 在满足 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower` 要求后启用 `PP_EXT`

假设系统至少需要 140W 的功率才能运行。设置以下各项会将受电路径以 140W (28V 时为 5A) 及更高的功率开启。设计人员必须确保系统可以处理浪涌电源，以避免在系统内造成损坏/欠压。设置以下项将仅将受电路径以 28V 开启。

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 560d (140W)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 1`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 560d (140W)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 1`

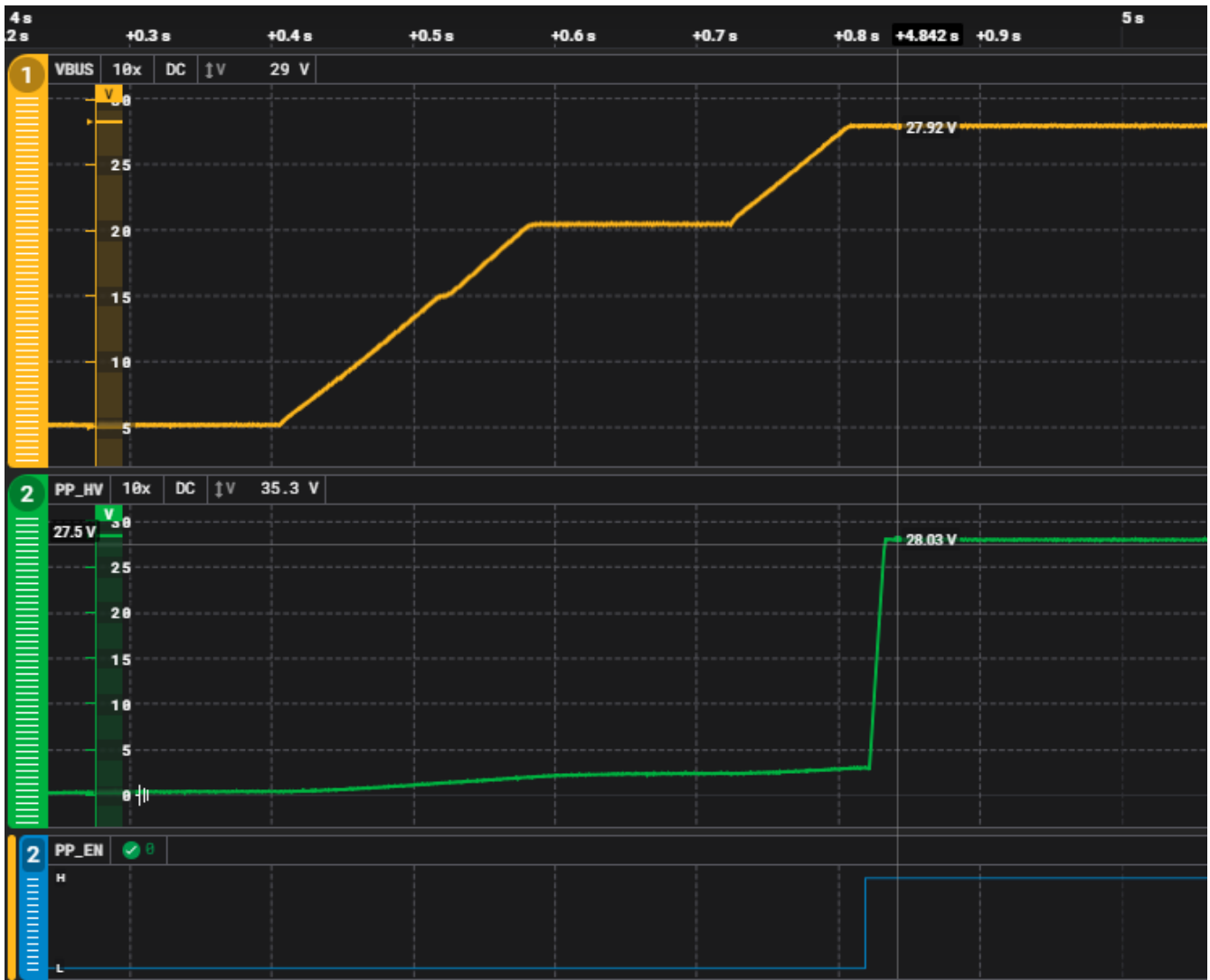


图 4-4. PP_EN 仅在 EPR 电压为 28V 时启用

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 560d (140W)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoDisableSinkUponCapabilityMismatch = 1`

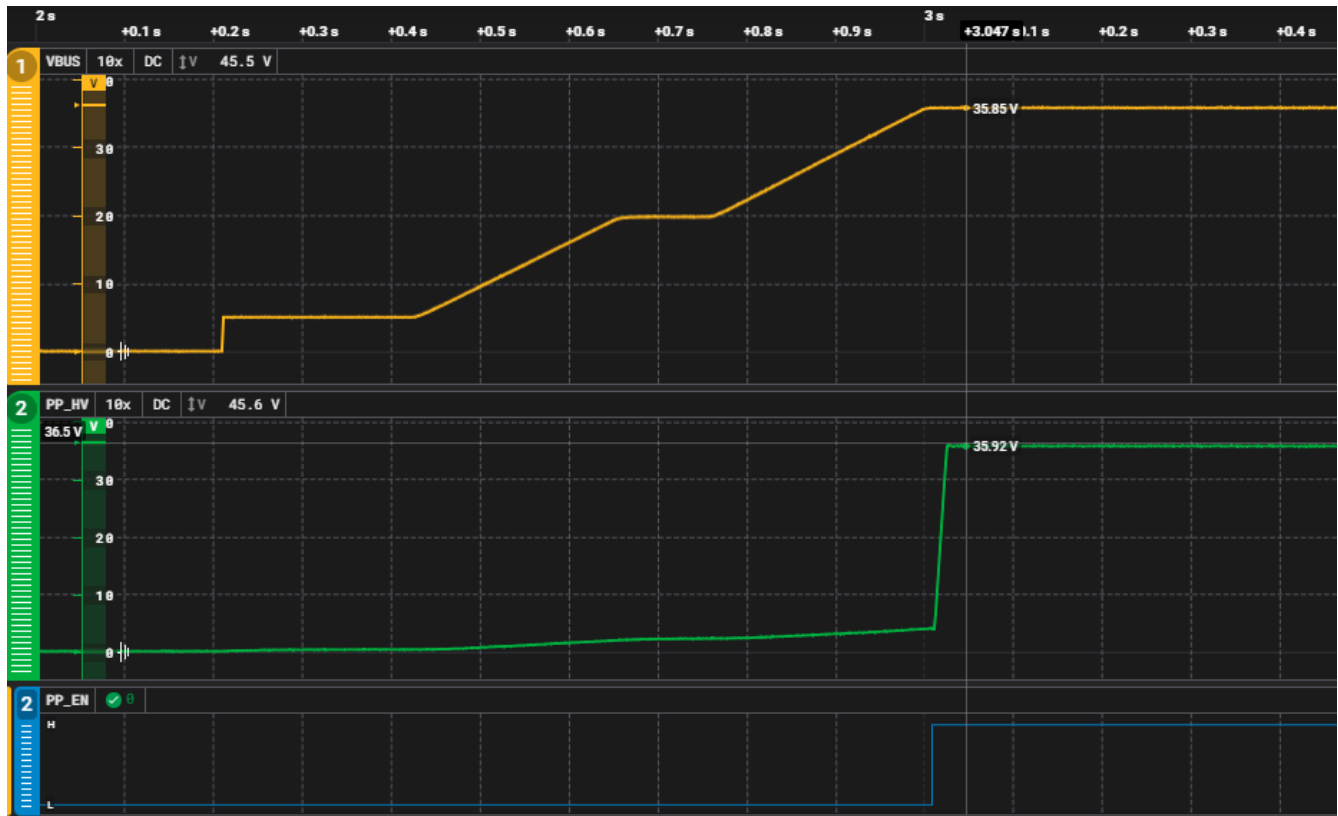


图 4-5. PP_EN 仅在 EPR 电压为 36V 时启用

5 常见错误或特有系统限制

自动协商受电方设置一起使用可作为一种非常强大的工具，自动为系统请求正确的电源，并避免使用有限的 USB-PD 电源上电。但是，当组合不正确时，其中一些设置可能会导致一些常见错误。本节将回顾一些常见问题以及缓解方法。

5.1 系统需要更高功率，但 PD 选择更低功率的 PDO

假设系统采用所讨论的默认设置，但选择了以下选项：

- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 300d (15V)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 0
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 240d (60W)

当连接可满足 60W 要求的 USB-PD 供电方时，PD 器件始终请求 15V PDO 合约，绝对不会更高。这是因为在配置（或由 EC 设置）时，PD 被限制为最大 15V。因此，无论 USB-PD 供电方产品如何，PD 器件都不会接受超过 15V 的 PDO。

#	MessageType	SOP*	DataRole	PowerRole	MsgID	Sender	TimeStamp	Message Details
0	CONNECT SINK NO VBUS (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = RA)						01:38:12.328.713	
1	CONNECT CCI (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = RA)						01:38:12.615.738	
2	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP	N/A	N/A	0	Port	01:38:12.713.484	
3	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP	N/A	N/A	0	Port	01:38:12.715.134	
4	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP	N/A	N/A	0	Port	01:38:12.716.776	
5	Source_Capabilities (Max: 60W, Fixed 5V-3A, Fixed 9V-3A, Fixed 15V-3A, Fixed 20V-3A)	SOP	DFP	SOURCE	0	Port	01:38:12.718.789	
7	Request (RDO: Pos=3, Pow=45W, loc=3A, Src PDO: Fixed 15V-3A)	SOP	UFP	SINK	0	Port	01:38:12.724.463	Decoded Payload
9	Accept	SOP	DFP	SOURCE	1	Port	01:38:12.729.740	RDO 0x3584B1F4
11	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	2	Port	01:38:12.782.021	ObjPos 3 0x3
13	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP	DFP	SOURCE	3	Port	01:38:12.795.940	GiveBack 0 0x0
15	Vendor_Defined (Disc ID ACK)	SOP	UFP	SINK	1	Port	01:38:12.801.211	Capability Mismatch Yes 0x1
								USB Communications Ca... No 0x0
								No USB Suspend Yes 0x1
								Unchunked Ext Supported Yes 0x1
								EPR Mode Capable No 0x0
								Reserved 0x0

图 5-1. 已请求 15V PDO 并忽略 20V PDO

5.2 系统支持 EPR 电源，但 PD 继续选择 20V PDO

假设系统采用所讨论的默认设置，但选择了以下选项：

- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 400d (20V)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 0

该 PD 器件支持 EPR，并可以通过支持 EPR 的 USB-PD 供电方成功进入 EPR 模式。但是，即使在 EPR 模式下，PD 器件也只请求 20V 电压。这是因为实际上 AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage 配置（或由 EC 设置）为 20V，这意味着 PD 器件绝不会接受任何高于 20V 的电压。

#	MessageType	SOP*	DataRole	PowerRole	Message Details
0	CONNECT CABLE RA OR SINK NO VBUS (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = STD)				
1	CONNECT DEBUG ACC (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = STD)				
2	Source_Capabilities (Max: 100W, Fixed 5V-3A, Fixed 9V-3A, Fixed 15V-3A, Fixed 20V-5A)	SOP	DFP	SOURCE	Capability Mismatch No 0x0
4	Request (RDO: Pos=4, Pow=100W, loc=5A, Src PDO: Fixed 20V-5A)	SOP	UFP	SINK	USB Communications Ca... No 0x0
6	Accept	SOP	DFP	SOURCE	No USB Suspend Yes 0x1
8	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	Unchunked Ext Supported Yes 0x1
10	EPR_Mode (Action=Enter)	SOP	UFP	SINK	EPR Mode Capable Yes 0x1
12	EPR_Mode (Action=Enter_Acknowledged)	SOP	DFP	SOURCE	Reserved 0x0
14	EPR_Mode (Action=Enter_Succeeded)	SOP	DFP	SOURCE	Operating Current 5.00A 0x1F4
16	EPR_Source_Capabilities (Chunk Response #0)	SOP	DFP	SOURCE	Maximum Operating Curr... 5.00A 0x1F4
18	EPR_Source_Capabilities (Chunk Response #1)	SOP	UFP	SINK	Source Contract PDO 0x00641F4
20	EPR_Source_Capabilities (Max: 180W, Fixed 5V-3A, Fixed 9V-3A, Fixed 15V-3A, Fixed 20V-5A, Fixed 28V-5A, Fixed 36V-5A, EPR AVS PDP:180...)	SOP	DFP	SOURCE	Supply Type Fixed 0x0
22	EPR_Request (RDO: Pos=4, Pow=100W, loc=5A, Src PDO: Fixed 20V-5A)	SOP	UFP	SINK	Reserved 0x0
24	Accept	SOP	DFP	SOURCE	Voltage 20.00V 0x190
26	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	Maximum Current 5.00A 0x1F4

图 5-2. 在 EPR 模式下请求 20V PDO

5.3 将“最小电压”和“最大电压”设置为相同的值

假设系统采用所讨论的默认设置，但选择了以下选项：

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 300d (15V)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 0`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMinVoltage = 300d (15V)`
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinVoltage = 0`

假设系统仅需要特定电压 (15V)，使用任何其他电压无法工作。然后，设置

`AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMinVoltage` 即可完成此操作。只要 PD 设置为不自动计算这些字段，那么在配置 (或由 EC 设置) 时，仅设置所选的 PDO。

每当未满足 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage` 或 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMinVoltage` 时，选择 5V PDO 作为默认值，因为 USB-PD 需要此电压。

#	MessageType	SOP*	DataRole	PowerRole	MsgID	Sender	TimeStamp
0	CONNECT SINK NO VBUS (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = RA)						01:52:50.053.589
1	CONNECT CC1 (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = RA)						01:52:50.339.549
2	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	0	Port	01:52:50.437.423
3	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	0	Port	01:52:50.439.091
4	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	0	Port	01:52:50.440.732
5	Source_Capabilities (Max: 15W, Fixed 5V-3A)	SOP	DFP	SOURCE	0	Port	01:52:50.442.693
7	Request (RDO: Pos=1, Pow=15W,loc=3A; Src PDO: Fixed 5V-3A)	SOP	UFP	SINK	0	Port	01:52:50.447.981
9	Accept	SOP	DFP	SOURCE	1	Port	01:52:50.453.274
11	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	2	Port	01:52:50.490.044
13	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP	DFP	SOURCE	3	Port	01:52:50.502.986
15	Vendor_Defined (Disc ID ACK)	SOP	UFP	SINK	1	Port	01:52:50.508.259
17	CONNECT CC CHANGE (CC1-Pin = 1p5A, CC2-Pin = RA)						01:52:54.828.061
18	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	1	Port	01:52:54.838.694
19	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	1	Port	01:52:54.840.369
20	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	1	Port	01:52:54.842.022
21	Source_Capabilities (Max: 27W, Fixed 5V-3A, Fixed 9V-3A)	SOP	DFP	SOURCE	4	Port	01:52:54.844.004
23	Request (RDO: Pos=1, Pow=15W,loc=3A; Src PDO: Fixed 5V-3A)	SOP	UFP	SINK	2	Port	01:52:54.849.423
25	Accept	SOP	DFP	SOURCE	5	Port	01:52:54.854.704
27	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	6	Port	01:52:54.891.461
29	CONNECT CC CHANGE (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = RA)						01:52:54.899.290
30	CONNECT CC CHANGE (CC1-Pin = 1p5A, CC2-Pin = RA)						01:53:00.280.697
31	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	2	Port	01:53:00.291.563
32	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	2	Port	01:53:00.293.223
33	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	2	Port	01:53:00.294.868
34	Source_Capabilities (Max: 45W, Fixed 5V-3A, Fixed 9V-3A, Fixed 15V-3A)	SOP	DFP	SOURCE	7	Port	01:53:00.296.866
36	Request (RDO: Pos=3, Pow=45W,loc=3A; Src PDO: Fixed 15V-3A)	SOP	UFP	SINK	3	Port	01:53:00.302.422
38	Accept	SOP	DFP	SOURCE	0	Port	01:53:00.307.702
40	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	1	Port	01:53:00.359.793
42	CONNECT CC CHANGE (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = RA)						01:53:00.368.005
43	CONNECT CC CHANGE (CC1-Pin = 1p5A, CC2-Pin = RA)						01:53:03.498.121
44	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	3	Port	01:53:03.508.581
45	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	3	Port	01:53:03.510.246
46	Vendor_Defined (Disc ID REQ)	SOP'	N/A	N/A	3	Port	01:53:03.511.891
47	Source_Capabilities (Max: 60W, Fixed 5V-3A, Fixed 9V-3A, Fixed 15V-3A, Fixed 20V-3A)	SOP	DFP	SOURCE	2	Port	01:53:03.514.243
49	Request (RDO: Pos=3, Pow=45W,loc=3A; Src PDO: Fixed 15V-3A)	SOP	UFP	SINK	4	Port	01:53:03.519.922
51	Accept	SOP	DFP	SOURCE	3	Port	01:53:03.525.498
53	PS_RDY	SOP	DFP	SOURCE	4	Port	01:53:03.562.625
55	CONNECT CC CHANGE (CC1-Pin = 3p0A, CC2-Pin = RA)						01:53:03.570.349

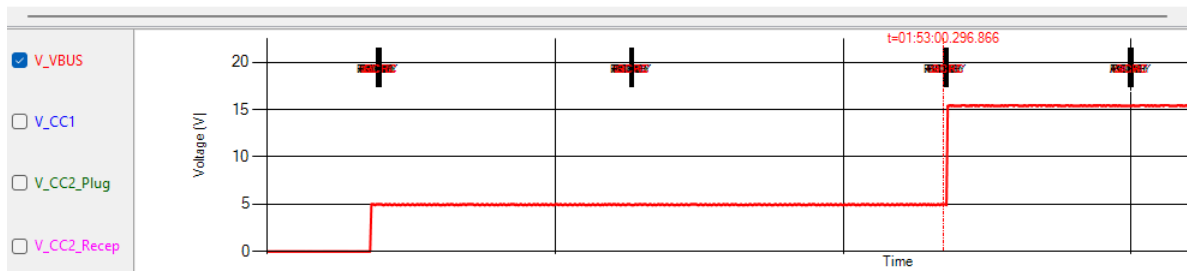


图 5-3. 各种 PD 供电方功能产品的 PD 器件行为

`AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMinVoltage` 和 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage` 不必采用相同的值，因此如果系统需要最小 9V 最大 20V 的电压，则以下内容始终将系统限制为 9V-20V 范围：

- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 400d (20V)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 0
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMinVoltage = 180d (9V)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinVoltage = 0

6 高级自动协商受电方示例

本节回顾了与某些嵌入式控制器 (EC) 配对使用时自动协商受电方寄存器的优势。GitHub 上有一些示例，包括供公众在各种器件上使用的自动协商受电方示例。

6.1 降级至 5V 固定 PDO

在某些情况下，一旦系统不再需要全功率，即可使用自动协商受电方寄存器来降低为系统提供的功率。这需要 EC 更改默认设置，因此无法自主完成。假设系统采用默认设置，那么 EC 会更新以下内容：

- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 100d (5V)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 0

在示例系统支持 EPR 电源，但 PD 继续选择 20V PDO 中，这会强制 USB-PD 始终协商 5V 固定 PDO。USB-PD 始终提供 5V 作为标配。因此在 EC 更新上述设置之前，PD 会自动协商到最高电压。



图 6-1. 插入 TPS25751 的 20V USB-PD 供电方



图 6-2. 插入 TPS26750 的 28V USB-PD EPR 供电方

最初，`AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage` 设置为 1，因此 PD 计算并将 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage` 填充到提供的最大电压。一段时间后，系统确定不再需要电源，并可以通过将 EC 控制值的 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage` 设置为 5V 并将 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage` 设置为 0 来降低 USB-PD 合约。

竞态条件警告：在协商新合约之前或 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage` 设置为 0 的情况下，PD 不会覆盖自动协商受电方设置 `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage`。因此，如果 USB-PD 供电方在 EC 修改自动协商受电方寄存器时发送新的供电方能力消息，这可能会导致 EC 更改被覆盖。

更改自动协商受电方寄存器后，EC 现在可以发送 4CC 命令 'ANeg'。有关如何发送 4CC 命令的详细信息，请参阅 USB-PD 控制器技术参考手册 ([TPS25751 TRM](#))。这可能会导致 PD 重新计算自动协商受电方寄存器并使 EC 所做的更改生效。

(20V 至 5V 和 28V 至 5V)

- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage` = 100d (5V)
- `AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage` = 0



图 6-3. 发送 4CC 'ANeg' 命令将 USB-PD 降至 5V

- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 100d (5V)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 0



图 6-4. 发送 4CC 'ANeg' 命令将 USB-PD 降至 5V

6.2 使用中断驱动 EC 自动协商受电方

大多数 EC 依靠中断来为许多器件提供服务。大多数 TI PD 控制器都提供有 I2Ct_IRQ (中断) 线路，通常当 PD 具有 EC 的信息时该线路会置为低电平有效。举例来说，[降级至 5V 固定 PDO](#) 可为中断驱动，在 [USB-PD GitHub](#) 上就有这样的示例。下面是有关该示例的 EC/PD 流程的伪代码和基本信息。

```
while(true){
    if (connection_present() )
        break
}
// begin example code
// connection of USB-PD capable charger causes
// Plug Insert or Removal
// New Contract as Consumer
// Source Capabilities Message Received
// to assert.
interrupt_events = read_i2c1_irq()
if ( interrupt_events.plug_insert_or_removal ){
    // do something
} else if ( .... ){
    ...
}
// clear the interrupts by writing back the same bits
write_i2c1_clear(interrupt_events)
// setup the autonegotiate sink register to 5V max
reduce_power_5v()
// sets AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 0
// sets AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoNegMaxVoltage = 100
write_4CC("ANeg")
```

6.3 ANeg : 自动协商受电方更新

表 6-1. ANeg : 重新计算自动协商受电方寄存器

说明	'ANeg' 任务指示 PD 控制器重新计算 <i>Auto Negotiate Sink</i> 寄存器 (0x37)。如果重新计算出的 RDO 与有效合约 RDO 不同，则会发送新的请求消息。
INPUT DATAx	无
OUTPUT DATAx	字节 1 : 标准任务返回代码。另请参阅“标准任务响应”。
任务完成	当计算出新的 RDO 并且 PD 控制器决定发送新的请求消息 (并且已发送该消息并收到 GoodCRC) 或确定不需要请求时，ANeg 任务完成。任务被拒绝的原因是 PD 控制器不处于受电方电源角色。
副作用	副作用包括新的 PD 合约协商和相关寄存器的更新。
其他信息	无

6.4 AUTO_NEGOTIATE_SINK 寄存器

通常，在受电合约生效时写入 AUTO_NEGOTIATE_SINK 寄存器不会导致自动重新协商，相关更改在下一次协商合约时生效。ANeg 命令会强制重新计算此寄存器的值，如果合适，将发出新的请求消息。

但是，如果已有生效的受电方 PPS 合约，则确实有一些字段会导致 PD 控制器自动重新计算寄存器的值，如果合适，将发送新的请求消息：

- PPSOutputVoltage
- PPSOperatingCurrent
- PPSEnableSinkMode
- PPSRequestInterval
- RequireFullVoltageRange
- PPSSourceMode

如果在还没有受电方 PPS 显式合约的情况下更改了 PPSEnableSinkMode，PD 控制器也会自动重新计算寄存器的值，如果合适，将发送新的请求消息。

如果此寄存器的前四个字节为零，则 PD 控制器将始终请求 5V/100mA 固定电源合约；除非 PPSEnableSinkMode 生效，在这种情况下可以选择 APDO。

为了在此寄存器中实现受电方 PPS 特性，主机应在 TX_SINK_CAPS 寄存器中提供 APDO。在 PD 控制器评估 PPS 电源类型时，其仅使用 TX_SINK_CAPS 寄存器中的第一个 APDO 来确定“能力不匹配”位的生效时间。因此，建议主机在 TX_SINK_CAPS 寄存器中只安排一个 APDO。为了使“能力不匹配”位不生效，供电方广播的供电方 APDO 必须满足以下条件：

- RX_SOURCE_CAPS.APDO.MinVoltage <= TX_SINK_CAPS.APDO.MinVoltage
- RX_SOURCE_CAPS.APDO.MaxVoltage >= TX_SINK_CAPS.APDO.MaxVoltage
- RX_SOURCE_CAPS.APDO.MaxCurrent >= TX_SINK_CAPS.APDO.MaxCurrent

如果供电方不符合上述任何条件，但其中一个供电方 APDO 满足以下条件，则仍会请求受电方 PPS 合约：

- RX_SOURCE_CAPS.APDO.MinVoltage <= AUTO_NEGOTIATE_SINK.PPSOutputVoltage
- RX_SOURCE_CAPS.APDO.MinVoltage >= AUTO_NEGOTIATE_SINK.PPSOutputVoltage
- RX_SOURCE_CAPS.APDO.MaxCurrent >= AUTO_NEGOTIATE_SINK.PPSOperatingCurrent

在 PPS 运行期间，如果主机将 PPSOutputVoltage 字段设置为 RX_SOURCE_CAPS 寄存器中报告的供电方 APDO 无法提供的值，则会选择固定电源 PDO，并且可能会自动禁用受电路径（请参阅 AUTO_NEGOTIATE_SINK.PPSDisableSinkUponNonAPDOContract）。

如果已启用 PPS，则满足要求的 APDO 将获得最高优先级。

下文简要概述了当 PPS 被禁用或未找到匹配的 APDO 时该寄存器如何决定 PDO 的选择。

- 解析寄存器 RX_SOURCE_CAPS 中接收到的 PDO。丢弃电压范围低于 ANMinVoltage 或高于 ANMaxVoltage 的任一 PDO。
- 计算每个接收到的 PDO (RX_SOURCE_CAPS.SourcePdoX) 的 PDO 功率。根据 PDO 功率对所有 PDO 进行排序。
 - PDO 功率 = 电压 × 最大电流 (固定电源)
 - PDO 功率 = 最小电压 * 最大电流 (可变电源)
 - PDO Power = MaximumPower (Battery Supply)
- 选择具有最大 PDO 功率并通过了电压检查的 PDO。如果有多个 PDO 通过了电压检查并具有相同的最大 PDO 功率，则会考虑如下所述的决定因素：
 - 首选固定电源类型，而可变电源类型又优先于电池电源类型。
 - 如果要比较的 PDO 具有相同的电源类型，则根据 ANRDOPriority 确定优先级。

6.4.1 AUTO_NEGOTIATE_SINK 使用示例 1

当连接到 36W 供电方时，PD 控制器具有 RX_SOURCE_CAPS：

- PDO1 : 5V (3A)
- PDO2 : 9V (3A)
- PDO3 : 15V (2.4A)
- PDO4 : 20V (1.8A)

PD 控制器的 TX_SINK_CAPS 设置为：

- PDO1 : 3A 时为 5V (固定)
- PDO2 : 3A 时为 20V (固定)

PD 控制器的 AUTO_NEGOTIATE_SINK 设置为：

- AUTO_NEGOTIATE_SINK = 0
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 240d (60W)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinVoltage = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 1

- AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = x (请参阅下表)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = y (请参阅下表)

这些设置将得到以下结果：

- ANSinkMinRequiredPower 的计算值为 60W
- ANMaxVoltage 的计算值为 20V
- ANMinVoltage 的计算值为 4.75V

表 6-2. AUTO_NEGOTIATE_SINK 使用示例 1

AUTO_NEGOTIATE_SINK		ACTIVE_CONTRACT_RDO			
NoCapabilityMismatch	ANRDOPriority	OperatingX	MinMaxOperatingX	ObjectPosition	能力不匹配
0	0	1.8A	3.0A	4	1
1	0	1.8A	1.8A	4	0
1	1	2.4A	2.4A	3	0

6.4.2 AUTO_NEGOTIATE_SINK 使用示例 2

当连接到 36W 供电方时，PD 控制器具有 RX_SOURCE_CAPS：

- PDO1：5V (3A)
- PDO2：9V (3A)
- PDO3：15V (2.4A)

PD 控制器的 TX_SINK_CAPS 设置为：

- PDO1：0.1A 时为 5V (固定)
- PDO2：3A 时为 20V (固定)

PD 控制器的 AUTO_NEGOTIATE_SINK 设置为：

- AUTO_NEGOTIATE_SINK = 0
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinVoltage = 0
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANMinVoltage = 20V
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = x (请参阅下表)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = 0

这些设置将得到下表中的结果。请注意，ANMaxVoltage 的计算值为 20V，但这不会影响结果。ANMinVoltage 设置为 20V，并且供电方不提供 20V 电压，因此没有任何供电方 PDO 满足受电方要求。即使本例中的 ANSinkCapMismatchPower=0，由于提供的电压不足，仍可能设置“能力不匹配”位。

表 6-3. AUTO_NEGOTIATE_SINK 使用示例 2

AUTO_NEGOTIATE_SINK		ACTIVE_CONTRACT_RDO		
NoCapabilityMismatch	OperatingX	MinMaxOperatingX	ObjectPosition	能力不匹配
0	3.0A	3.0A	1	1
1	3.0A	3.0A	1	0

6.4.3 AUTO_NEGOTIATE_SINK 使用示例 3

当连接到 45W 供电方时，PD 控制器具有 RX_SOURCE_CAPS：

- PDO1：5V (3A)
- PDO2：9V (3A)
- PDO3：15V (3A)
- PDO4：20V (2.25A)

PD 控制器的 TX_SINK_CAPS 设置为：

- PDO1 : 3A 时为 5V (固定)
- PDO2 : 2.25A 时为 20V (固定)

PD 控制器的 AUTO_NEGOTIATE_SINK 设置为 :

- AUTO_NEGOTIATE_SINK = 0
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 180d (45W)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinVoltage = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = y (请参阅下表)

这些设置将得到以下结果 :

- ANSinkMinRequiredPower 的计算值为 45W
- ANMaxVoltage 的计算值为 20V
- ANMinVoltage 的计算值为 4.75V

表 6-4. AUTO_NEGOTIATE_SINK 使用示例 3。

AUTO_NEGOTIATE_SINK	ACTIVE_CONTRACT_RDO			
ANRDOPriority	OperatingX	MinMaxOperatingX	ObjectPosition	能力不匹配
0	2.25A	2.25A	4	0
1	3.0A	3.0A	3	0

6.4.4 AUTO_NEGOTIATE_SINK 使用示例 4

当连接到 100W 供电方时, PD 控制器具有 RX_SOURCE_CAPS :

- PDO1 : 5V (3A)
- PDO2 : 9V (3A)
- PDO3 : 15V (3A)
- PDO4 : 20V (5A)

PD 控制器的 TX_SINK_CAPS 设置为 :

- PDO1 : 3A 时为 5V (固定)
- PDO2 : 5A 时为 20V (固定)

PD 控制器的 AUTO_NEGOTIATE_SINK 设置为 :

- AUTO_NEGOTIATE_SINK = 0
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANSinkCapMismatchPower = 240d (60W)
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinPower = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMinVoltage = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.AutoComputeSinkMaxVoltage = 1
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.NoCapabilityMismatch = 0
- AUTO_NEGOTIATE_SINK.ANRDOPriority = y (请参阅下表)

这些设置将得到以下结果 :

- ANSinkMinRequiredPower 的计算值为 100W
- ANMaxVoltage 的计算值为 20V
- ANMinVoltage 的计算值为 4.75V

表 6-5. AUTO_NEGOTIATE_SINK 使用示例 3。

AUTO_NEGOTIATE_SINK	ACTIVE_CONTRACT_RDO			
ANRDOPriority	OperatingX	MinMaxOperatingX	ObjectPosition	能力不匹配
0	5A	5A	4	0

表 6-5. AUTO_NEGOTIATE_SINK 使用示例 3。（续）

AUTO_NEGOTIATE_SINK	ACTIVE_CONTRACT_RDO			
ANRDOPriority	OperatingX	MinMaxOperatingX	ObjectPosition	能力不匹配
1	5A	5A	4	0

7 参考资料

- 德州仪器 (TI), [TPS25751](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [TPS26750](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [TI USB-PD Github](#), 网页。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月