

## AM335x 电源问题汇总----板卡稳定性问题的杀手

在最近支持 AM335x 的过程中，不时发现有些朋友的 AM335x 系统板出现各种类似于“稳定性的”问题：系统在一般状况下可以正常的运转，但是一旦遇到重负载、运行至高主频的情况，板卡就会发生死机。这种稳定性问题也算是比较常见，诱因也比较多，Debug 思路如下：

Debug 这种问题时，首先一定要确保原理图的设计合理，驱动移植正确。特别要注意 DDR 这块的设计，DDR3 的话一定要做 software leveling，此外可通过软件进行 DDR 的读写压力测试等，来验证是否是 DDR 的问题。对于这些调试手段，论坛上已有不少文章进行详细的描述。这里，我主要想描述的，是在通过各种手段排除了上述因素后，还需要额外注意的一个因素----**电源质量**。这种因素往往比较隐蔽，不太容易被发现，发生概率也不是很高。下面通过一些实际的案例，让大家了解一下这类问题的现象、起因和解决方案，也方便大家在以后的 Debug 过程中多一些手段。

**案例 1：**系统可正常上电运转，一旦开启 3D 加速器，跑些 3D demo，系统就出现宕机的情况。

**案例 2：**比如系统板可以正常上电运行启动，运行 Linux 也是正常的，但系统轻载跑的时候没问题，但是一旦负载加重（运行比较复杂的大型程序时）便会宕机。

**案例 3：**系统跑在频率 800MHz 时一切正常，设置电源跑在 1GHz 的供电，让 AM335x 跑在 1GHz 时会出现死机的情况。

**PS：**以上案例都使用了的 TI PMU 方案，如果非 TI PMU 方案，更需要注意这方面的影响。

从**现象**上面来说，这三个案例都有个共同点，就是板子一般都是可以正常的启动使用的，仅在某些特定的应用场景中出现了问题，而且不是必发的，有些板子一直正常。并且，DDR3 都做过了 SL，且读写压力测试都是 OK 的，DDR 方面的因素基本可以排除。这时就需要注意查电源了。

对于**电源的排查**，这三个案例的测试过程也都相差无几，主要通过两个手段：

一，通过示波器抓取相应的供电波形，来辨识电源方面是否存在问题。需要特别注意的是，测试点的选取，一定要选在电源的受电端，即靠近 AM335x 侧，这样监测到的电压才会比较接近 AM335x 的实际接收电压（测出线损造成的影响），另外在抓取波形时，一定要用边沿触发的方式，并使用 AM335x 允许的最低电压作为触发电平（如测试 1.1V 的 VDD\_CORE，即使用 1.056V 的作为触发电平，边沿触发。这样如果能触发成功，则能抓到 1.056V 以下的波形；如果不能成功，则说明电平值一直在 1.056V 以上，这种波形是在 spec 允许范围之内的，没有问题）。

二，亦可以尝试略微提高 VDD\_CORE 或者 VDD\_MPU 的供电电压，来反向验证这个问题。根据测试情况，一般提高 25~30mV 供电电压后，再次抓取波形时，抓不到 1.056V 以下波形即可。

**问题原因及解决方案：**一般这种问题在供电端的电压都是正常的，只是由于线损和负载导致 AM335x 的受电端电压超出了 spec 要求。案例 1 增加了 25mV 电压在 VDD\_CORE 的供电上（因为 3D 加速模块是通过 VDD\_CORE 来进行供电的）。案例 2, 3 把电压余量加在 VDD\_MPU 这一路供电上（因为调整至 1G 主频时，主要的变化在 VDD\_MPU 电压）。

接下来，我们以案例 1 为范例进行重点分析，分析的过程和结果可以参考下列的分析报告。

## 某客户 AM3354 启动 3D 死机调试分析报告

### 1. 现象概述：

某客户目前在使用 AM3354 过程中发现有部分板子在启动 3D 时会发生死机情况（测试数据：前批测试 300 块中出现了 10 块问题板，目前又测试了 600 块，出现了 8 块问题板）。

在某客户的应用案例中，由于死机情况仅在 AM3354 启动 3D demo 时出现，因此，今天我们对给 AM3354 3D 加速模块供电的电源轨 VDD\_CORE 做了深入的测试分析。在某客户的应用中，AM3354 跑在 600MHz，根据 AM335x 芯片 datasheet 要求，VDD\_CORE 电压应为 1.1V (+/- 4%)。

### 2. 测试过程及数据：

#### 2.1 测试思路：

在测试中，我们共使用了 3 块有问题的板子，2 块没问题的板子作为测试样本。对于每块板子，我们都会在跑 3D 应用时和不跑 3D 应用时，对 VDD\_CORE 进行电压检测，从而确定该 3D 死机问题，是否是电源的不稳定性而导致。

#### 2.2 测试点选取：

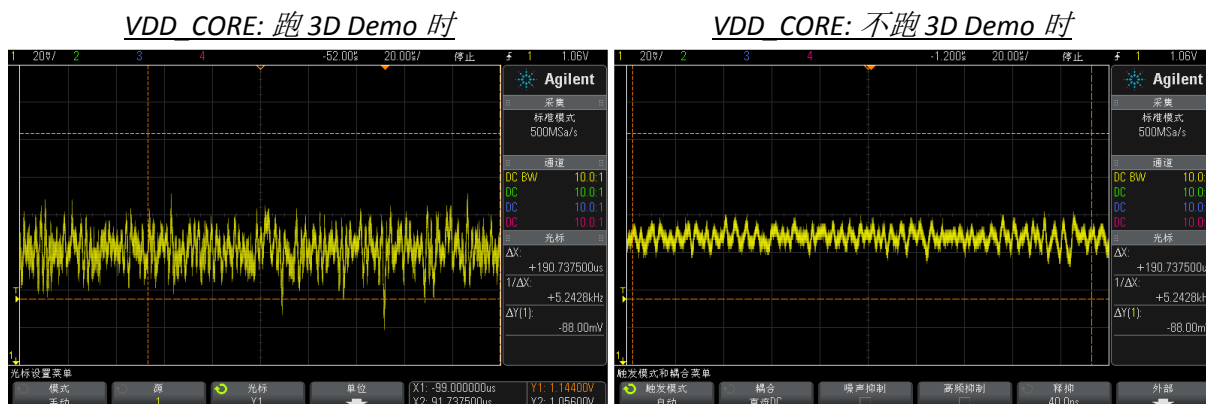
为了确认电源对该问题的影响，我们将测试点取在了近 AM3354 VDD\_CORE 引脚端（选取了一个去耦电容）进行电压波形的检测。

#### 2.3 波形检测办法：

我们在示波器中，首先按照 datasheet 中的要求，设置了 VDD\_CORE 的电压许可范围 1.144V ~ 1.056V，触发电平设置为 1.056V，触发方式为单步、边沿触发。在实验过程中，一旦 VDD\_CORE 的电压跌落在了手册要求的 1.056V 以下，示波器便会抓取到相应的波形；如果无法被触发则说明电压正常（此时，我们会使用强制触发方式，再次抓取波形，以确定当前的电压值在允许范围内）。

### 3. 测试结果分析：

#### 3.1. 实验一：确认 VDD\_CORE 的电压范围符合 SPEC -- Issued Board 1 测试&结果分析



#### ➤ 结果&分析：

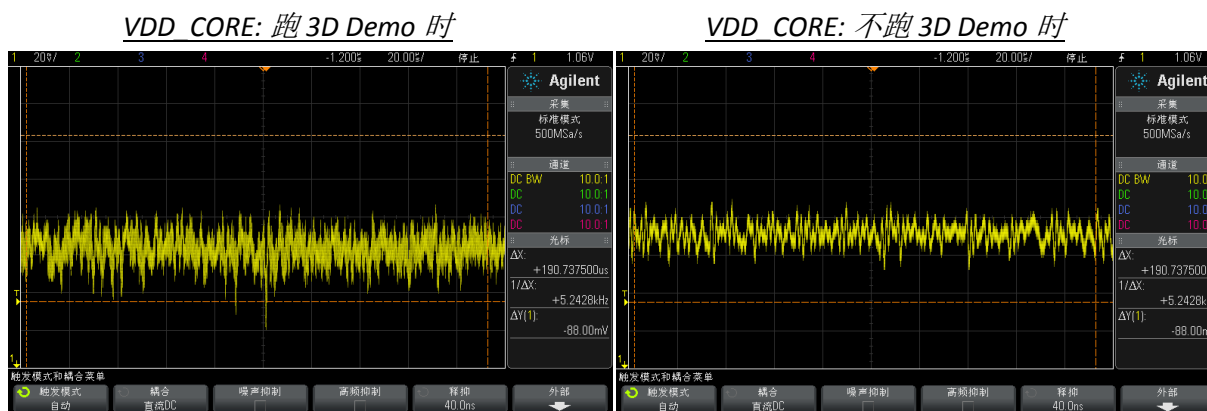
在跑 3D demo 时：板卡运行一段时间会出现 3D 报错信息。我们使用单步、边沿触发，可以频繁得到触发后的波形图。左图为其中一张，可以看到，目前 VDD\_CORE 的电压浮动范围已经向下超出 1.056V，约超出 10mV 左右，已经超出 datasheet 要求。

在不跑 3D demo 时：板卡运行一切正常。我们使用单步、边沿触发时，一直得不到触发结果，使用强制触发后，抓到的波形图参考右侧，可见此时电压是符合 datasheet 要求的。

➤ 测试前瞻：

为了排除该问题是个体影响，我们又拿出一块有问题的板子进行测试。

### 3.2.实验二：再次确定问题板的电压范围 -- Issued Board 2 测试&结果分析

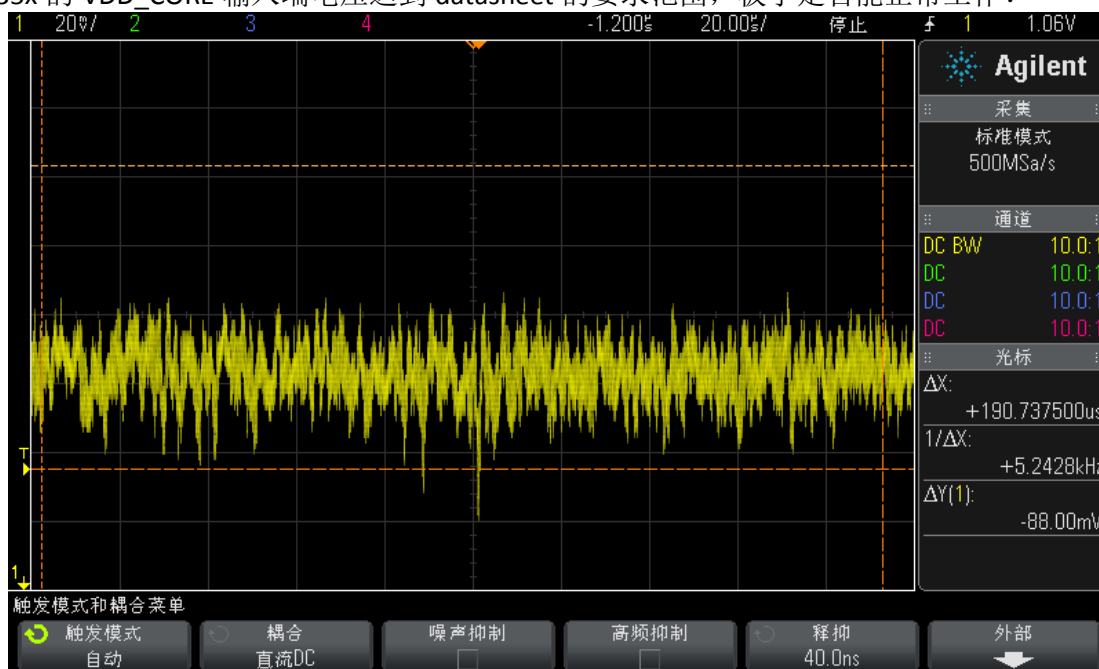


➤ 结果&分析：

和问题板 1 的测试结果一致：板卡在运行 3D Demo 时会出现报错信息；在不跑时一切正常。在跑 3D Demo 时，我们可以频繁得到单步触发的电压波形，这意味着 VDD\_CORE 的电压频繁超出了 datasheet 的要求，板卡在跑 3D Demo 数分钟后，便会出现死机情况。不跑 3D 时，VDD\_CORE 电压符合要求，没出现问题。此外，我们又测试了一个问题板，结果是一样的：三块问题板在运行 3D 程序时，VDD\_CORE 的电压都会频繁超出 datasheet 限定的范围。

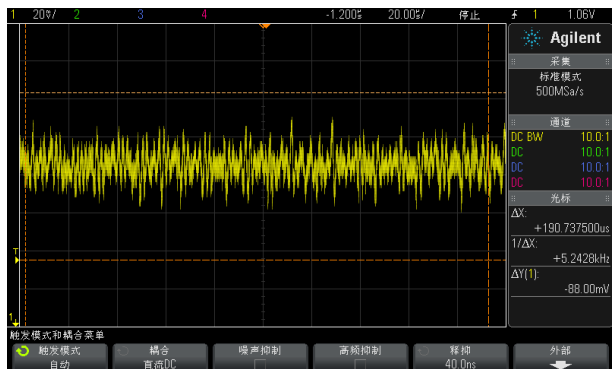
➤ 测试前瞻：

在多次的测量中，我们发现：在有问题的板子跑 3D 时，电压都会频繁出现向下超出 1.056 伏的情况，超出的幅值最大约为 10~15mV。（参考下图：issued board2 跑 3D 测试的放大图）。因此，在下一步的测量中，我们在有问题的板上，把初始的 TPS65217 输出电压设置提高，使得 AM335x 的 VDD\_CORE 输入端电压达到 datasheet 的要求范围，板子是否能正常工作？

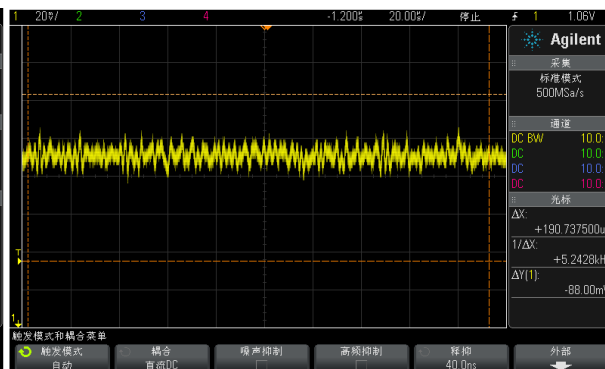


### 3.3.实验三：确认升压后 VDD\_CORE 的范围 -- Issued Board 2 升压为 1.125V 测试&结果分析

VDD\_CORE: 跑 3D Demo 时



VDD\_CORE: 不跑 3D Demo 时



#### ➤ 结果&分析:

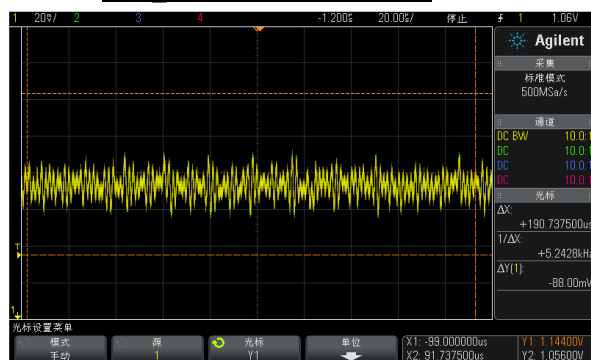
在升压 25mV 后 issued board2 的测试中，在跑 3D Demo 和不跑 3D Demo 时，板卡工作一切正常。使用示波器进行多次抓取 VDD\_CORE 的波形，我们都无法得到单步触发的结果。多次采用强制触发后，抓到的波形图，与上图类似，可以看出此时波形都在 datasheet 手册允许的范围之内，板卡运行一切正常。当通过升压的方式调整 AM335x 的 VDD\_CORE 电压，使其在 datasheet 的允许范围内后，板卡运行正常。

#### ➤ 测试前瞻:

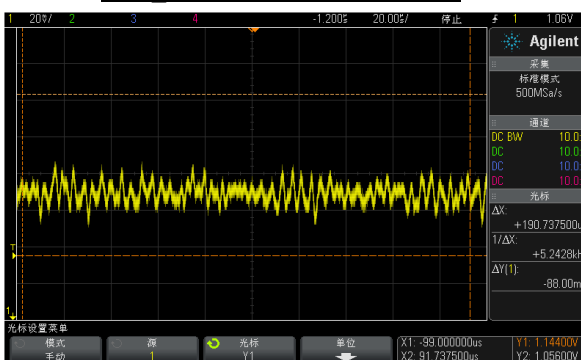
对比实验二和实验三：在有问题的板卡上，跑 3D demo 时，由于输入端电压不能满足 AM335x 的要求，导致了死机情况的发生，略微提高 PMIC 端电压后，使输入端电压在 1.056V 之上，便不在有死机问题。那么在默认输出 1.1V 时，VDD\_CORE 的电压输出在 PMIC 端是符合 datasheet 要求的吗？

### 3.4.实验四：确认默认配置时电源端输出是否正常-- 1.1V 电源端的测试&结果分析

VDD\_CORE: 跑 3D Demo 时



VDD\_CORE: 不跑 3D Demo 时



#### ➤ 结果&分析:

为了确认这个电压问题出在哪里，我们对 TPS65217 的 VDD\_CORE 电源输出端也进行了测量（就是板卡上的 test point），在默认设置为 1.1V 时，使用示波器进行波形的抓取，我们都无法得到单步触发的结果。多次采用强制触发后，抓到的波形图，如上图所示，可以看出此时波形都在 datasheet 手册允许的范围之内。也就是说，在跑 3D 会死机的板卡上，TPS5217 的电源输出端是满足 datasheet 要求的。但是在板卡的走线、材质和电路阻抗等多种因素的影响下，到达 AM335x 的电源输入端时，这个电压发生了变化，无法满足 AM335x 的需求，从而引起了问题。

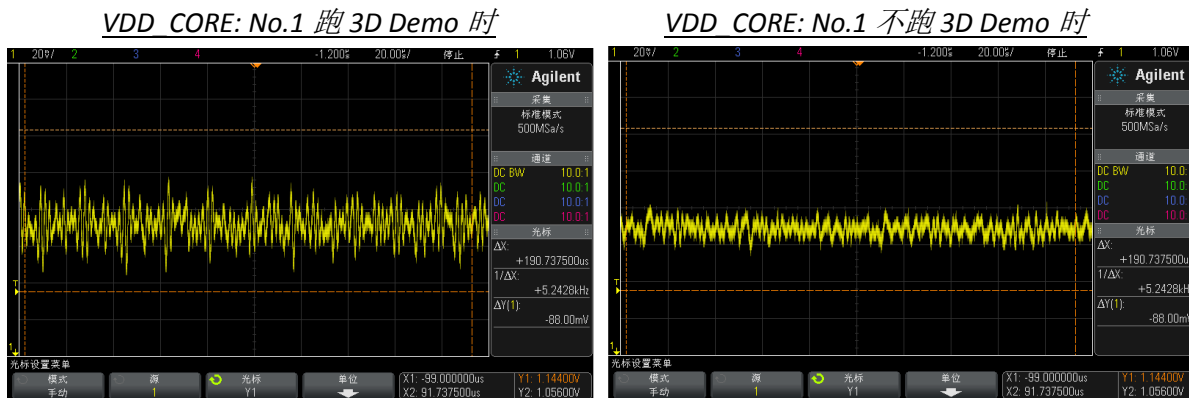
#### ➤ 测试前瞻:

通过以上 4 个测试，基本上可以定位出当前某客户运行 3D 死机问题的根源就在电源上，当 AM335x 的输入端电压不能满足 datasheet 要求时，会有死机情况的发生；PMIC 的输出提高 25mV，使得 AM335x 的输入端电压满足 datasheet 的要求后，便不再有死机的情况。

这里，我们更进一步，进行一个测试：在测试无问题的板卡上，情况是怎样的？会不会有风险呢？

### 3.5.实验五：对无问题的板卡 1 进行测试&结果分析

在实验五中，我们拿了一块无问题的板卡进行同样的测试。



#### ➤ 结果：

板卡运行一切正常。从示波器上观察，VDD\_CORE 电压波形也是符合 AM335x datasheet 要求的。

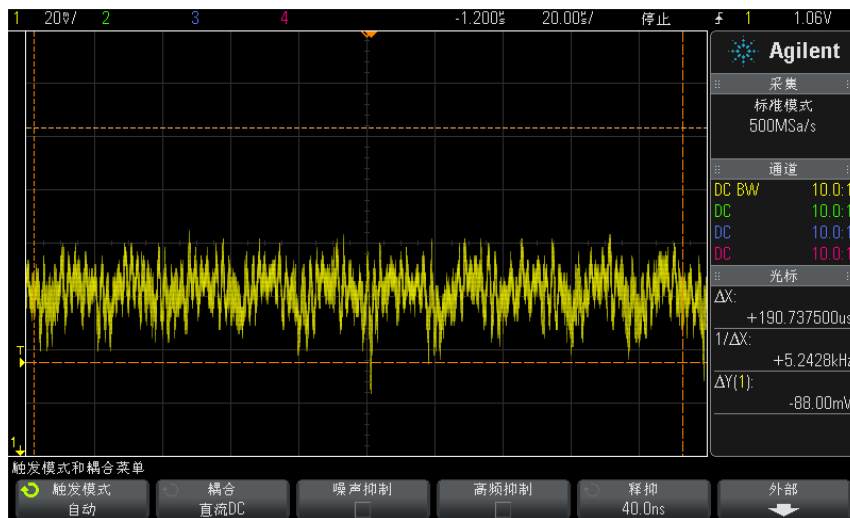
#### ➤ 测试前瞻：

再测一块测试无问题的板卡，排除个体的差异性。

### 3.6.实验六：对无问题的板卡 2 进行测试&结果分析

在实验六中，我们又拿了一块无问题的板卡进行同样的测试，结果略有不同。

#### VDD CORE: No.2 跑 3D Demo 时



#### ➤ 分析&结果：

板卡运行一切正常。但从示波器检测结果看，在跑 3D Demo 时，会出现 VDD\_CORE 电压波形超出 datasheet 的要求，但不同于之前有问题板卡的是，这种异常情况，需要触发一段时间得来，单步触发间有时会间隔几秒。所以，这个波形，从严格意义上来说不是完全满足 AM335x 的芯片手册需求，确实存在一定风险。但未暴露出问题也是与多种因素相关。芯片本身的是存在差异的，有些芯片比较 weak，有些芯片



比较 strong 点，因此对电压的 tolerance 会有所不同，这种 tolerance 的不同，在电压条件处于临界状态时，表现也不一样，正如这里测试出现的情况这样。所以建议，还是按照 AM335x 的 datasheet 要求，进行相关的电压设计。

#### 4. 测试结果总结：

综合上述的六个实验的波形图分析、结果比对，现得到如下结论：

1. 某客户运行 3D 死机的板卡，其根本原因在于 AM335x 的 VDD CORE 输入端电压，在运行 3D 时 无法满足 datasheet 的要求，导致死机情况的发生。
2. 死机板卡的 电源输出端(TPS65217 的测试点)，其电压输出是 满足 datasheet 的要求的。这意味着电压损耗在了从电源端到 AM335x 输入端的传输过程中（影响因素较为复杂：PCB 板的板材、layout，走线产生的阻抗，电路中的电感、电阻、电容等）。
3. 在死机板卡上，如果对 TPS65217 输出端进行电压的提升（如提升 25mV），可以提高 335 端 VDD CORE 的输入电压，从而使其 符合 datasheet 的要求，解决死机问题。

综上，VDD\_CORE 电源不满足 AM335x 的 datasheet 要求，是当前问题某客户 AM3354 启动 3D 死机的根本原因。

针对这个问题，目前解决方案大致有两个：

1. 从板卡的 layout 着手，设法减少电压从 TPS65217 端到 AM335x 端的损耗和畸变，使 AM335x 端的 VDD\_CORE 电压输入符合 datasheet 要求。
2. 略微提升 PMIC 的输出端电压（如测试中提升了 25mV），使 AM335x 端的 VDD\_CORE 电压输入符合 datasheet 的要求。

目前通过和某客户工程师的沟通，使用方案 2 升压的方式，能够更为快捷的解决该问题。