

在RF通信期间，能量采集传输对ST25DVxxx行为的影响

引言

本ST25DVxxx 为双EEPROM设备，可通过两个不同的接口访问：有线I²C接口和符合ISO 15693协议的标准非接触式RFID接口。

ST25DVxxx 的一个特征是能量捕获传输，在于将RF接收到能量的一部分传输到V_EH输出引脚。

V_EH上的电平是通过RF信号整流、以非稳压直流电压的形式产生的，该电压在RF输入钳位电路的限制下，仅为5.5 V以下。

能量采集主要用于通过平滑V_EH电平的滤波电路向传感器或极低功率应用供电，以便限制快速消耗切换的影响。

本文件旨在介绍激活ST25DVxxx 能量采集的方法，以及与RF通信可能产生的影响。

本应用笔记适用于表1中所列产品。

表1. 适用产品

参考	产品编号
ST25DVxxx	ST25DV04K ST25DV16K ST25DV64K

目录

1	缩略语及符号约定	5
1.1	二进制数表示	5
1.2	十六进制数表示	5
1.3	十进制数表示	5
2	能量采集传输设置和复位	6
3	能量采集对ST25DVxxx行为的影响	8
3.1	能量采集电流传输测量	8
3.2	能量采集电流传输测量	10
3.2.1	EH传输工作范围受限于I_EH电流	11
3.2.2	EH传输工作范围受限于P_EH电流	12
4	RF控制恢复	13
5	表征结果	14
5.1	通过能量采集传输功率	14
5.2	具有能量采集的RF功能域	16
6	应用原理图	18
7	附录	19
7.1	相对于EH的静态寄存器	19
7.2	相对于EH的动态寄存器	19
8	版本历史	22

表格索引

表1.	适用产品	1
表2.	缩略语列表	5
表3.	EH电流传输值	9
表4.	能量采集测量, 其中AM = 100 %	10
表5.	能量采集测量, 其中AM = 10 %	10
表6.	EH_MODE 寄存器	19
表7.	GPO_CTRL_Dyn	19
表8.	EH_CTRL_Dyn	21
表9.	文档版本历史	22
表10.	中文文档版本历史	22

图片索引

图1.	能量采集设置	7
图2.	EH电流传输	9
图3.	EH传输工作范围, 其中AM = 100 % (电流限定)	11
图4.	EH传输工作范围, 其中AM = 10 % (电流限定)	11
图5.	EH传输工作范围, 其中AM = 100 % (功率限定)	12
图6.	EH传输工作范围, 其中AM = 10 % (功率限定)	12
图7.	能量采集电压传输	15
图8.	具有能量采集的功能域	17
图9.	应用原理图	18

1 缩略语及符号约定

表2. 缩略语列表

缩略语	定义
AM	幅度调制
DSC	双副载波
EH	能量捕获
I ² C	内置集成电路
ISO/IEC	国际标准化组织 / 国际电子技术委员会
HDR	高数据率
RF	射频

如未特别说明，下面的约定和符号适用于整个文档。

1.1 二进制数表示

二进制数由数字0和1组成的字符串表示，左侧为最高有效位，右侧为最低有效位，末尾添加后缀“b”。

示例：11110101b

1.2 十六进制数表示

十六进制数字由0到9之间组成的数字字符串和从A到F的字母表示，末尾添加后缀“h”。左侧为最高有效位，右侧为最低有效位。

示例：F5h

1.3 十进制数表示

十进制数直接使用数字表示，不加任何尾随字符。

示例：245

2 能量采集传输设置和复位

当ST25DVxxx进入RF场时，ST25DVxxx能够在启动之后自动激活能量采集。当EH_MODE位的值为0b时，该模式使能。EH_MODE位是位于系统区域的EH_MODE寄存器的最低有效位。

对EH_MODE位的编程可以通过RF接口或I²C接口完成。

注：访问EH_MODE位要求先通过RF或I²C出示系统密码。

默认出厂设置下，禁用ST25DVxxx的能量采集功能（寄存器EH_MODE的EH_MODE位设置为1b）。因此，在RF启动之后，EH_CTRL_Dyn寄存器的EH_EN位复位，V_EH输出保持高阻态。

在启动之后，V_EH的行为如下：

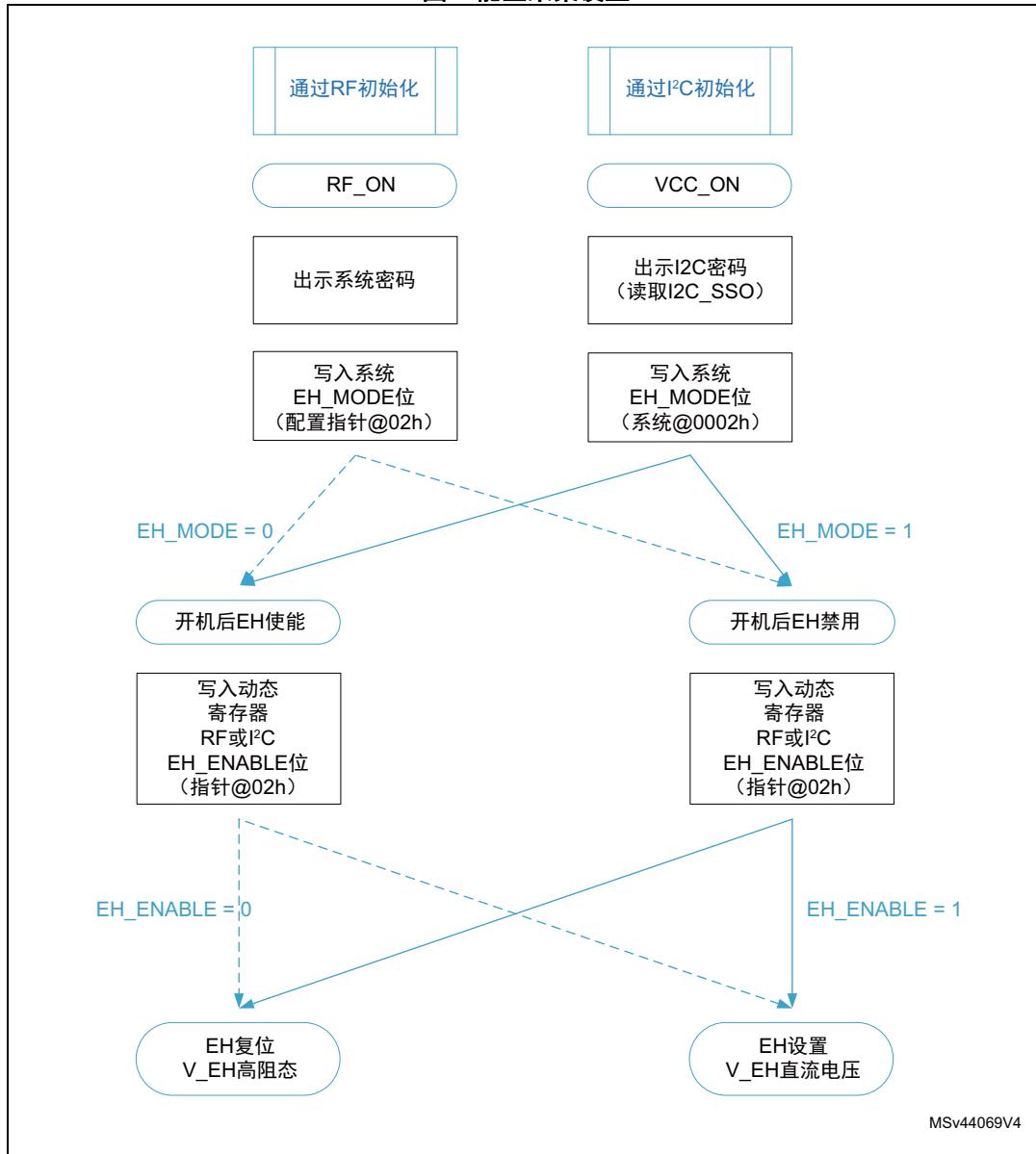
- 当EH_MODE设置为0b时，V_EH在设备启动后由捕获的场自动供电。
- 当EH_MODE设置为1b时，V_EH在设备启动后保持高阻态。

无论EH_MODE位的值如何，均可以借助EH_EN动态位，通过RF或I²C进一步激活或禁用V_EH传输。该指令不受密码保护。

注：通过RF或I²C将EH_MODE位的配置设置为0b后，EH_EN位自动设置为1b，如果存在RF场，则传输能量采集。相反，当EH_MODE复位为1b时，动态位EH_EN保持置位，直到存在RF场或直到复位为止。

能量采集设置见[图1第7页](#)描述。

图1. 能量采集设置



3 能量采集对ST25DVxxx行为的影响

ST25DVxxx的行为取决于使用情形，特别是预期进行能量采集传输时。

接收功率的一部分用于提供ST25DVxxx活动，而剩余的功率流向V_EH输出。

捕获的能量与RF场强度、耦合和所涉及的天线尺寸存在函数关系。

在RF通信期间，HF场由读卡器或ST25DVxxx调制。这可以导致输入功率暂时降低。在EH激活时，如果无法保证整个功能域的无缝衔接而关闭EH，内部槽路电容器可以防止ST25DVxxx复位。

当V_EH吸收的功率很高时，会出现工作性能的限制。因此，当激活能量采集时，功能域限制在缩小的工作范围。

提供的测量图进一步显示了工作范围，该工作范围受到最大可用电流（[图 3](#)和[图 4第 11 页](#)）或最大传输功率（[图 5](#)和[图 6第 12 页](#)）的限制。超出这些限制时，ST25DVxxx停止与RF读卡器通信。

注：当读卡器使用100%幅度调制而不是10%幅度调制时，工作范围变窄，导致RF指令期间的能量损失更高。

当RF通信因能量采集传输而丢失时，可以通过增加捕获能量条件或通过关闭RF场以禁用能量采集传输，从而恢复RF通信。

仅当EH_Mode复位为1b时，后者才可以实现。在所有其他情况下，在RF启动后，ST25DVxxx立即重新激活能量采集传输。

以下部分介绍：

- 在ISO 1类天线上设置ST25DVxxx且RF功能的固有值和有限值均得到保持时的电流传输能力。
- 相应的电压、电流和功率，表征V_EH引脚与RF场的函数关系。

3.1 能量采集电流传输测量

[图 2](#)和[表 3](#)显示通过ST25DVxxx焊接在RF场内ISO 1类天线上时所传输的能量采集电流：

- 红色曲线不考虑RF通信功能。
- 绿色曲线显示当驱动器电流受限时，RF通信的边界。

图2. EH电流传输

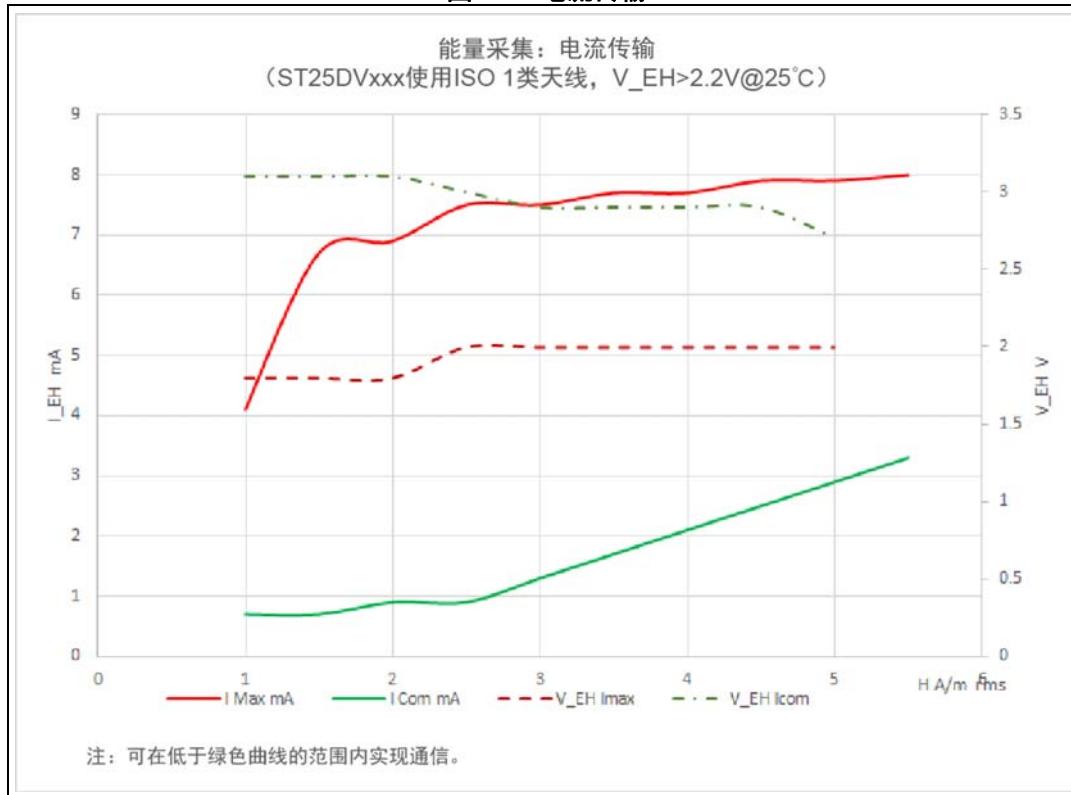


表3. EH电流传输值

H (A/m rms)	I_{Max} (mA)	I_{Com} (mA)	$V_{EH\ lmax}$ (V)	$V_{EH\ lcom}$ (V)
1	4.1	0.7	1.8	3.1
1.5	6.7	0.7	1.8	3.1
2	6.9	0.9	1.8	3.1
2.5	7.5	0.9	2	3
3	7.5	1.3	2	2.9
3.5	7.7	1.7	2	2.9
4	7.7	2.1	2	2.9
4.5	7.9	2.5	2	2.9
5	7.9	2.9	2	2.7
5.5	8	3.3	-	-

3.2 能量采集电流传输测量

本节介绍了ST25DVxxx连接到ISO / IEC 1类天线（调谐13.6 MHz）时获得的最大电流传输结果，该天线位于由传输H_EH场的RF读卡器所驱动的ISO 15693塔上。

功能测试仅限于对于接收到的询卡命令的有效响应（AM然后是DSC HDR）。

使用以下符号：

- V_EH: 在 ST25DVxxx V_EH输出上传输的DC电压
- I_EH: 在 ST25DVxxx V_EH输出上吸收的DC电流
- P_EH: 在ST25DVxxx V_EH输出上传输的合成功率

[表 4](#) 显示在AM = 100 %和RF正常工作，情况下获得的表征测量结果。

表4. 能量采集测量，其中AM = 100 %

H_EH (A/m rms)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
V_EH (V)	3.3	3.35	3.29	3.29	3.23	3.23	3.13	3.05	3.03	3.08	3.2
I_EH (mA)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	1.3	1.7	1.9	2.3	2.7
P_EH (mW)	2.31	2.345	2.303	2.303	2.907	2.907	4.069	5.185	5.757	7.084	8.64

[表 5](#) 显示在AM = 10 %和RF正常工作，情况下获得的表征测量结果。

表5. 能量采集测量，其中AM = 10 %

H_EH (A/m rms)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
V_EH (V)	3.6	3.45	3.29	3.23	3.15	3.13	3.09	2.97	2.78	2.57	2.57
I_EH (mA)	0.1	0.3	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	2.1	3.3	4.5	4.9
P_EH (mW)	0.36	1.035	2.303	2.907	3.465	4.069	4.635	6.237	9.174	11.565	12.593

3.2.1 EH传输工作范围受限于I_EH电流

图 3 显示当AM = 100 %时获得的结果。

图3. EH传输工作范围，其中AM = 100 %（电流限定）

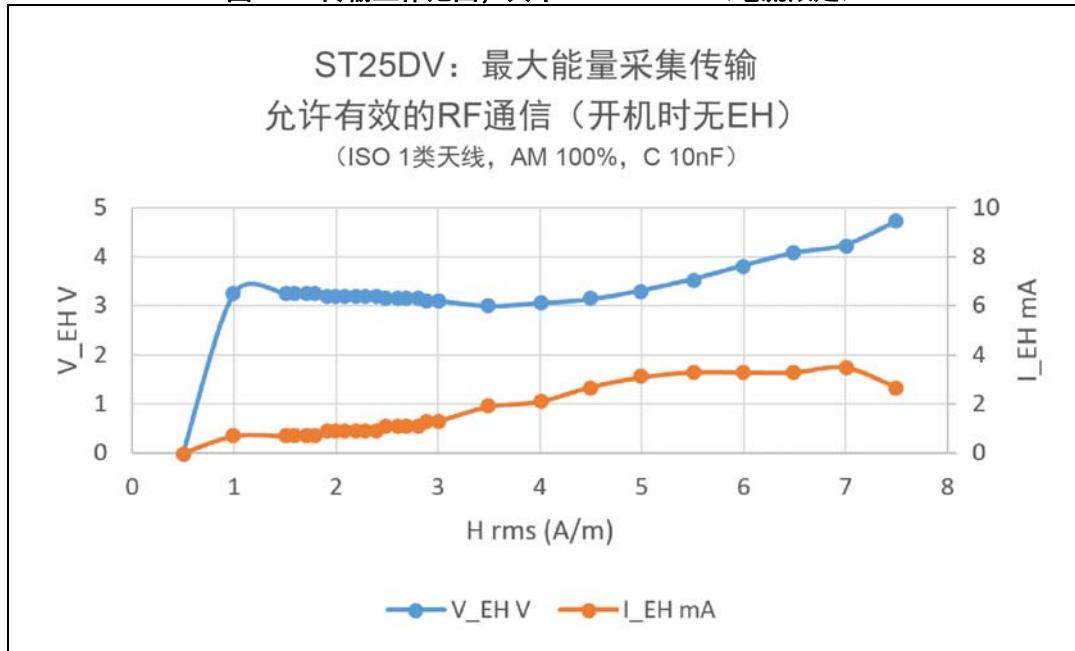
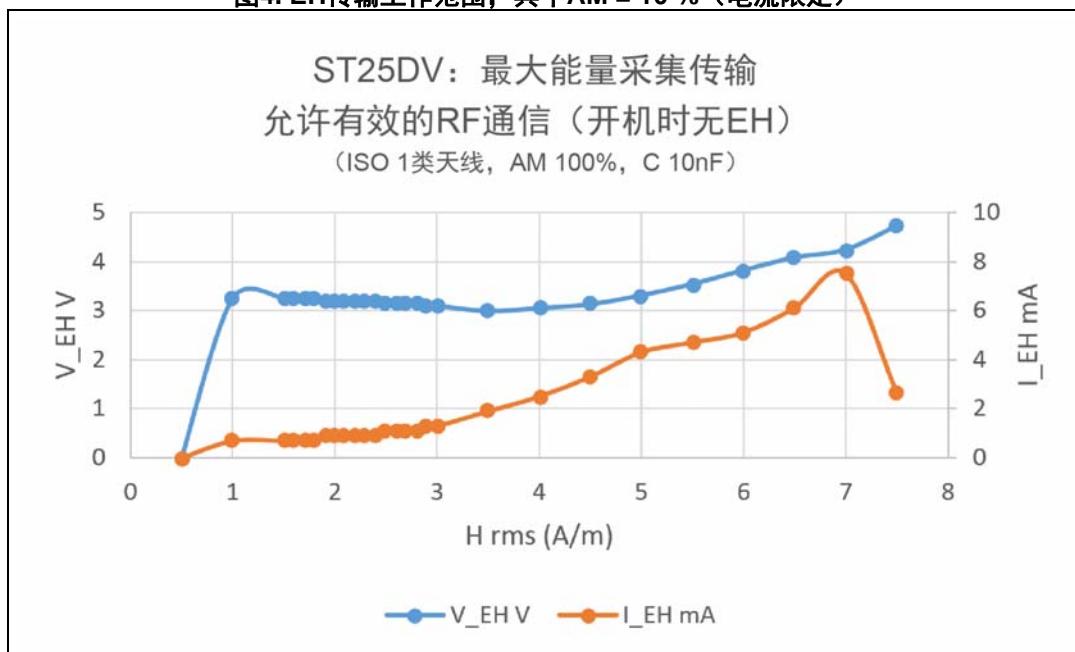


图 4 显示当AM = 10 %时获得的结果。

图4. EH传输工作范围，其中AM = 10 %（电流限定）



3.2.2 EH传输工作范围受限于P_EH电流

图 5 显示当AM = 100 %时获得的结果。

图5. EH传输工作范围，其中AM = 100 %（功率限定）

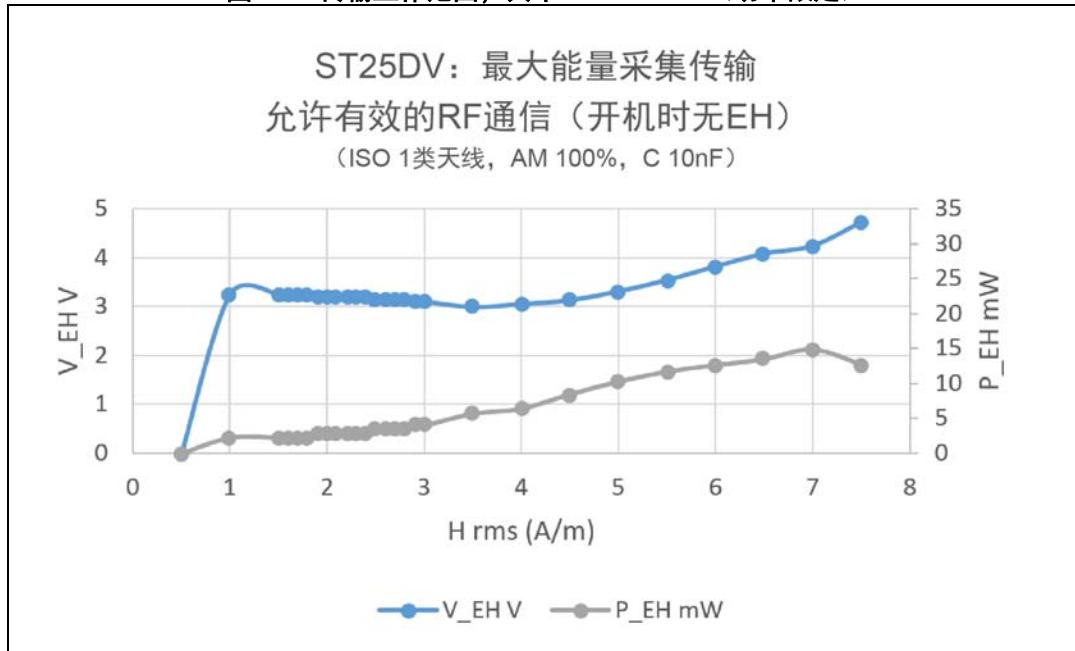
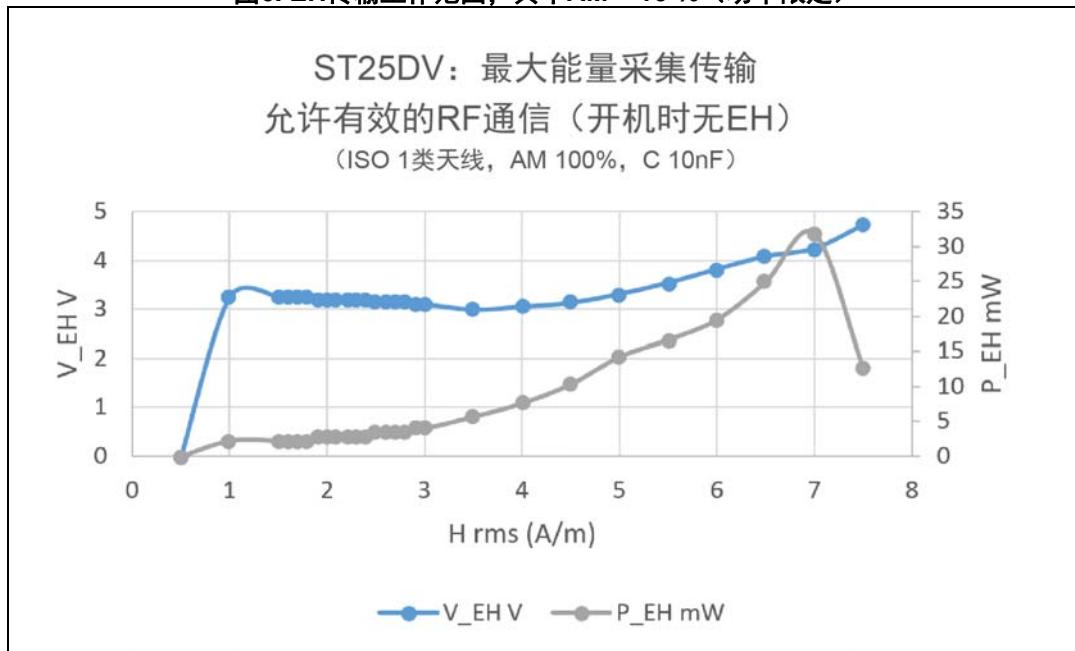


图 6 显示当AM = 10 %时获得的结果。

图6. EH传输工作范围，其中AM = 10 %（功率限定）



4 RF控制恢复

ST25DVxxx能够在RF上电后使能或禁用能量采集传输。通过将系统位EH_MODE分别设置为0b（启动后激活EH）或1b（启动后保持EH停用）来完成此配置选择。

当使用EH并且ST25DVxxx标签和读卡器之间的通信丢失时，通常由于ST25DVxxx无法正确解析输入的指令（当读卡器使用AM 100%而不是使用AM 10%时，这种情况更常发生）。

恢复RF控制的唯一可能性是返回至可以进行通信和EH传输的情况；可以通过减小工作距离以增加输入功率，减小作用在负载上的驱动器电流，或关闭RF场来复位能量采集传输，从而实现上述功能。

建议将EH_MODE位保持为1b，从而在启动后保持能量采集停用状态。在所有情况下，通过使用动态位EH_EN可以快速激活EH传输。

在此配置中，在RF场复位（RFOFF/RFON）之后，将复位动态位EH_EN，并再次建立RF通信。

相反，可能会发生这样的情况：当配置位EH_MODE设置为0b时，在每次RF加速之后，将传输能量采集，但无法进行通信。在此情况下，唯一的恢复是修改系统的物理参数，增加RF场或限制吸收的电流。

5 表征结果

按如下方式执行表征：

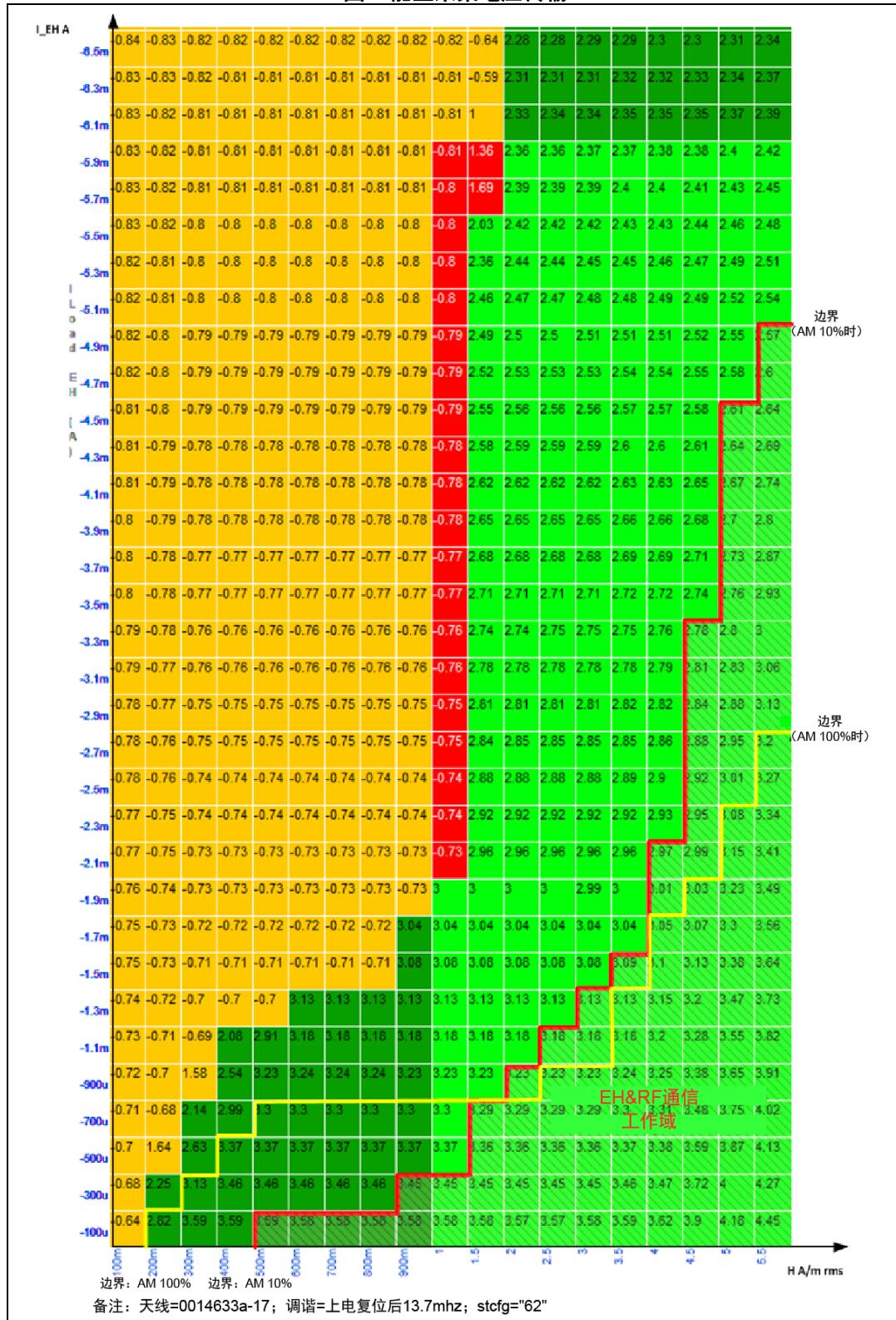
- 测试设置：ST25DVxxx 在ISO天线上，放置于ISO塔，其中配置位EH_MODE = 1b，
- H场由RF测试仪/读卡器驱动ISO塔发射。通过ISO校准线圈，借助电压测量来控制场值。
- 在H场设置和ST25DVxxx启动延迟之后，测试仪将应用V_EH输出上加载的电流。
- 在功能测试中，在受试的ST25DVxxx和测试仪之间交换写入动态配置和读取动态配置指令。
- 每次测试后，报告I_EH传输期间V_EH上的电压（框中的值）。当V_EH驱动器输出为高Z时，V_EH被当前负载驱动至?-0.7V。

5.1 通过能量采集传输功率

[图 7](#) 显示传输的电压与EH输出电平和负载电流的函数关系。

- 当不传输V_EH时，框为橙色或红色。
- 当传输V_EH时，框为绿色（深绿和浅绿色）。
- 红色曲线表示当EH和RF通信在AM = 10%下工作时，域的限制。
- 黄色曲线表示当EH和RF通信在AM = 100 %下工作时，域的限制。

图7. 能量采集电压传输



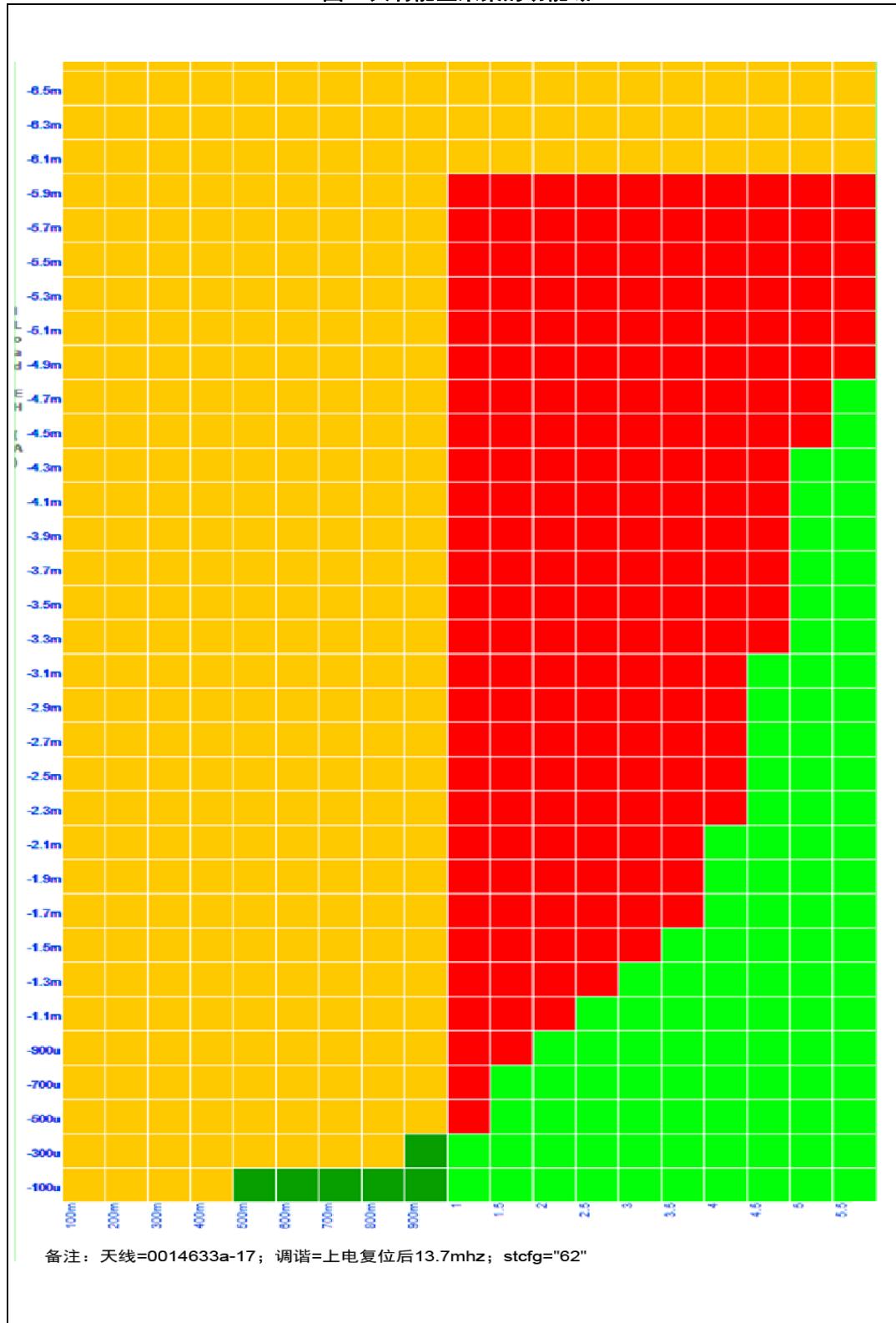
1. 垂直轴: I_{EH} 在 V_{EH} 上拉动电流, 单位为mA。
水平轴: ST25DVxxx天线的环境H场, 单位为A/m rms。

5.2 具有能量采集的RF功能域

[图 8](#) 显示各个域与场电平和负载电流的函数关系。

- 当无可用RF通信时，显示黄色或红色框。
- 绿色（深绿和浅绿色）框表示用于能量采集的 ST25DVxxx RF工作域：在此区域，RF通信在V_EH传输期间顺利运行。

图8. 具有能量采集的功能域



1. 垂直轴: I_{EH} 在 V_{EH} 上拉动电流, 单位为 mA。
水平轴: ST25DVxxx 天线的环境 H 场, 单位为 A/m rms。

6 应用原理图

由ST25DVxxx在V_EH输出上传输的信号来自于RF场的全波整流。信号电平仅受限于RF输入的钳位电路。其并非稳压。

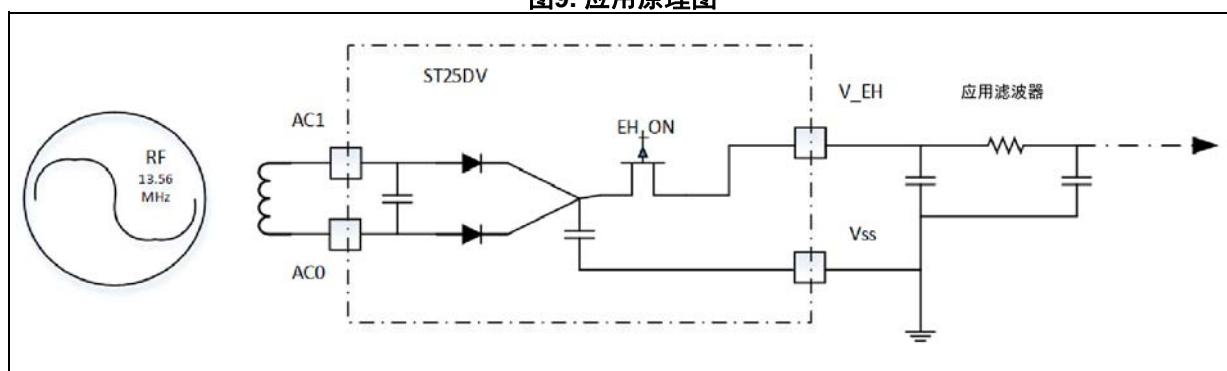
建议在接收电路之前使用输出滤波器，以使各项变化更加平滑。滤波器的尺寸与其驱动能力、负载电路上允许的纹波以及所需的初始设置时间有关。

在本文档中提供的测试中，在V_EH和接地之间使用10 nF电容。

我们开发了若干应用程序来演示EH的使用，并可用于ST25DVxxx探索套件：

1. 使用不同的电阻负载来量化V_EH输出电平。
2. 通过能量采集向低功耗微控制器供电

图9. 应用原理图



7 附录

7.1 相对于EH的静态寄存器

[表 6](#)介绍EH_MODE寄存器的结构和编程。

表6. EH_MODE 寄存器

RF	指令	读取配置 (cmd 代码 A0h) @02h 写入配置 (cmd 代码 A1h) @02h	
	类型	始终为R, 如果RF配置安全会话打开且配置未锁定, 则W	
I ² C	地址	E2 = 1, 0002h	
	类型	始终为R, 如果I ² C安全会话打开, 则W	
位	名称	功能	出厂值
b0	EH_MODE	0: 开机后强制执行EH 1: 仅在需要时使用EH	1b
b7-b1	RFU	-	0000000b

7.2 相对于EH的动态寄存器

[表 7](#)介绍GPO_CTRL_Dyn寄存器的结构和编程。

表7. GPO_CTRL_Dyn

RF	指令	读取动态配置 (cmd 代码 ADh) @00h 写入动态配置 (cmd 代码 AEh) @00h 快速读取动态配置 (cmd 代码 CDh) @00h 快速写入动态配置 (cmd 代码 CEh) @00h	
	类型	RO	
I ² C	地址	E2 = 0, 2000h	
	类型	b0-b6: RO - b7: 始终为R, 始终为W	
位	名称	功能	出厂值
b0	RF_USER_EN	0: 禁止 1: GPO输出电平由Manage GPO指令 (设置/复位) 控制。	0b
b1	RF_ACTIVITY_EN	0: 禁止 1: GPO输出电平从RF指令SOF变为响应EOF。	0b
b2	RF_INTERRUPT_EN	0: 禁止 1: GPO输出电平由Manage GPO指令 (脉冲) 控制。	0b
b3	FIELD_CHANGE_EN	0: 禁止 1: 当RF场出现或消失时, 在GPO上发射脉冲。	1b

表7. GPO_CTRL_Dyn (续)

RF	指令	读取动态配置 (cmd 代码 ADh) @00h 写入动态配置 (cmd 代码 AEh) @00h 快速读取动态配置 (cmd 代码 CDh) @00h 快速写入动态配置 (cmd 代码 CEh) @00h	
	类型	RO	
I ² C	地址	E2 = 0, 2000h	
	类型	b0-b6: RO - b7: 始终为R, 始终为W	
位	名称	功能	出厂值
b4	RF_PUT_MSG_EN	0: 禁止 1: 在完成有效的RF写入邮件指令后, 在GPO上发出脉冲。	0b
b5	RF_GET_MSG_EN	0: 禁止 1: 如果已达到邮件末尾, 则在完成有效的RF读取邮件指令后, 在GPO上发射脉冲。	0b
b6	RF_WRITE_EN	0: 禁止 1: 在EEPROM上完成有效的RF写入后, 在GPO上发射脉冲。	0b
b7	GPO_EN	0: 禁用GPO输出。GPO为高Z (漏极开路) 或0 (CMOS) 1: 使能 GPO 输出。GPO输出使能中断。	1b

表 8介绍EH_CTRL_Dyn寄存器的结构和编程。

表8. EH_CTRL_Dyn

RF	指令	读取动态配置 (cmd 代码 ADh) @02h 快速读取动态配置 (cmd 代码 CDh) @02h 写入动态配置 (cmd 代码 AEh) @02h 快速写入动态配置 (cmd 代码 CEh) @02h	
	类型	b0: 始终为R, W – b1 - b7: RO	
I ² C	地址	E2 = 0, 2002h	
	类型	b0: 始终为R, 始终为W b1-b7: RO	
位	名称	功能	出厂值
b0	EH_EN	0: 禁用EH特性 1: 使能EH特性	0b
b1	EN_ON	0: 禁用EH特性 1: 启用EH特性	0b
b2	FIELD_ON	0: 未检测到RF场 1: 存在RF场, 且ST25DVxxx可在RF中通信	取决于电源
b3	VCC_ON	0: VCC引脚未检测到直流电源或强制执行低功耗模式 (LPD为高) 1: 存在VCC电源且未强制执行低功耗模式 (LPD为低)	取决于电源
b7-b4	RFU	-	0000b

8 版本历史

表9. 文档版本历史

日期	版本	变更
2017年3月2日	1	初始版本。

表10. 中文文档版本历史

日期	版本	变更
2019年8月28日	1	中文初始版本。

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和 / 或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用， ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标是 ST 的商标。若需 ST 商标的更多信息，请参考 www.st.com/trademarks。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2019 STMicroelectronics - 保留所有权利