

前言

近场通信（NFC）技术可以提供短距离无线连接，实现电子设备间的双向交互通信。

NFC 由 NFC 论坛™ 推广和维护，该论坛属于非营利性行业协会，致力于促进 NFC 技术在消费类电子产品、移动设备和 PC 中的应用。NFC 论坛促进了 NFC 技术的应用及标准化，确保设备和服务之间的互操作性。

NFC 有些类似于 RFID（射频识别）技术，但 NFC 还包括特定的标准集，确保具有 NFC 功能的设备的互操作性。NFC 标准确定了运行环境、数据格式、传输速率、调制等方面的问题。

NFC 在两个 NFC 设备间采用了感应耦合技术，电磁场频率为 13.56 MHz，该频率是射频频谱高频部分中无需执照的波段。NFC 设备可以从其他 NFC 设备产生的电磁场中汲取功率。这使某些 NFC 设备无需配备电源，外形上也可以做到很小，比如标签、贴纸、密钥卡或卡片等。

因为传输距离很短，采用 NFC 技术的事务处理比采用其他无线技术在本质上更加安全。射频电磁场形成交互区所需要的能量很小，因此 NFC 技术功耗很低，非常适用于智能手机等使用电池供电的设备。

本技术笔记提供了关于近场通信技术的基本信息。它解释了不同的 NFC 工作和通信模式，分析了调制、数据信号、位编程、协议和标准。还介绍了一些意法半导体公司用于具有 NFC 功能的设备的元器件。

目录

1	概述	6
2	词汇表	7
3	技术	9
3.1	工作模式	9
3.1.1	被动模式	9
3.1.2	主动模式	9
3.2	通信模式	10
3.2.1	读 / 写模式	10
3.2.2	卡仿真模式	10
3.2.3	点对点模式	11
3.3	标签类型	11
3.3.1	1 类标签	11
3.3.2	2 类标签	11
3.3.3	3 类标签	12
3.3.4	4 类标签	12
3.3.5	5 类标签	12
3.4	射频场和无线接口	12
3.4.1	感应耦合	12
3.4.2	直接和间接调制	12
	调制指数	13
	负载调制原理	14
3.4.3	天线	14
3.4.4	能量捕获	16
3.5	数据传输	17
3.5.1	NFC-A 数据传输	17
	NFC-A PCD 到 PICC 数据传输	17
	NFC-A PICC 到 PCD 数据传输	18
3.5.2	NFC-B 数据传输	18
	NFC-B PCD 到 PICC 数据传输	18
	NFC-B PICC 到 PCD 数据传输	19
3.5.3	NFC-V 数据传输	19
	NFC-V VCD 到 VICC 数据传输	19
	NFC-V VCD 到 VICC 数据传输	20

3.5.4	数据传输总结	21
3.6	NFC 系统架构	23
3.7	NDEF 结构	23
3.7.1	载荷长度	24
3.7.2	载荷类型	24
3.7.3	载荷标识符	24
4	标准	26
4.1	传统 ISO/IEC 标准	28
4.1.1	ISO/IEC 14443 - 近耦合卡	28
	ISO/IEC 14443-1:2008 - 物理特性	28
	ISO/IEC 14443-2:2015 - 射频功率和信号平衡	28
	ISO/IEC 14443-3:2014 - 初始化和防冲突	28
	ISO/IEC 14443-4:2015 - 传输协议	28
4.1.2	ISO/IEC 15693 - 疏耦合卡	28
	ISO/IEC 15693-1:2010(E)	28
	ISO/IEC 15693-2:2009	29
	ISO/IEC 15693-3:2010	29
4.2	NFC 特有标准	29
4.2.1	ISO/IEC 18092 - NFC 接口和协议 1 (NFCIP-1)	29
4.2.2	ECMA-340: 2013 - NFC 接口和协议 1 (NFCIP-1)	29
4.2.3	ECMA-352: 2013 - NFC 接口和协议 2 (NFCIP-2)	29
5	NFC 接口 IC	30
5.1	静态标签 IC	30
5.2	动态标签 IC	30
5.3	P2P 接口 IC	31
6	结论	33
7	修订历史	34

表格索引

表 1.	NFC 术语	7
表 2.	NFC 标签类型	11
表 3.	调制指数 vs 调制深度	13
表 4.	NFC 数据传输位信号化、编码和速率	21
表 5.	文档修订历史	34
表 6.	中文文档修订历史	34



图片索引

图 1.	具有 NFC 功能的应用的示例.....	6
图 2.	被动工作模式	9
图 3.	NFC 工作和通信模式	10
图 4.	调制指数 vs 调制深度	13
图 5.	NFC 设备中的射频电路示例	14
图 6.	PICC 天线类别如 ISO/IEC 14443 所定义.....	15
图 7.	NFC 论坛参考 PCD 设计.....	16
图 8.	NFC 论坛参考 PICC 设计	16
图 9.	从射频场捕获能量	17
图 10.	NFC-A PCD 到 PICC 数据传输	18
图 11.	NFC-A PICC 到 PCD 数据传输	18
图 12.	NFC-B PCD 到 PICC 数据传输	19
图 13.	NFC-B PICC 到 PCD 数据传输	19
图 14.	NFC-V VCD 到 VICC 数据传输	20
图 15.	NFC-V VCD 到 VICC 数据传输	20
图 16.	NFC 数据传输总结图	22
图 17.	NFC 系统功能栈	23
图 18.	NDEF 消息结构	25
图 19.	NFC 级层简化栈图	26
图 20.	NFC 相关的标准和规范示意图	27
图 21.	静态标签 IC	30
图 22.	动态标签 IC	31
图 23.	P2P 接口 IC	32

1 概述

近场通信 (NFC) 定义了两类类型的 NFC 设备, 即发起者 (initiator) 和目标 (target)。顾名思义, 发起者是发起通信的设备。它同时也控制数据交换。目标是响应来自发起者的请求并接受即将与之发生通信的设备。

例如, NFC 发起者可以是 RFID 读取器或智能手机。在另一个 NFC 设备附近时, 它会发起通信, 然后收集来自它的信息, 或者根据收到的信息执行相关操作。识别带有 NFC 标签的商品就清楚地说明了信息收集过程。将蓝牙® 音乐播放器 (NFC 发起者) 与有源蓝牙扬声器 (NFC 目标) 配对就是执行 NFC 操作的好例子。

为确保 NFC 技术的互操作性并获得广泛应用, 系统在设计上符合众多公认标准化组织提出的国际标准。NFC 论坛成立的初衷本来是完善传统 ISO/IEC 射频识别相关标准的点对点非接触式通信模式。今天, 关于 NFC 的国际标准 (比如 ISO/IEC 18092 和 NFC 论坛规范) 早已超越其最初目标。关于构成 NFC 技术的标准和规范集的更多信息, 请参见第 4 节。

图 1 给出了各种应用中的一些案例。

NFC 认可被动和主动两种工作模式 (详见第 3.1 节) 以及读 / 写、卡仿真和点对点三种通信模式 (详见第 3.2 节)。NFC 还定义了标签类型, 见第 3.3 节。

图 1. 具有 NFC 功能的应用的示例



2 词汇表

表 1 列出了本文档中关于 NFC 技术的术语。

表 1. NFC 术语

术语	定义
NFC	近场通信。
NFC 论坛	工业主体协会，推广 NFC 技术。
NFC 论坛设备	符合 NFC 论坛规范的设备。
活动	具有明确前提条件和后续条件的 NFC 论坛设备中的进程。活动仅在其前提条件满足时才能够启动。活动结束时，也要满足其后续条件。
发起者	当工作于轮询模式的 NFC 论坛设备经历多项活动后的状态；其中 NFC 论坛设备使用 NDEP 协议进行通信。
目标	当工作于轮询模式的 NFC 论坛设备经历多项活动后的状态；其中 NFC 论坛设备使用 NDEP 协议进行通信。
轮询模式	当产生载波和针对其他设备的探针（轮询）时，NFC 论坛设备的初始模式。
轮询设备，轮询器	工作于轮询模式的 NFC 论坛设备，也用作 ISO/IEC 定义的 PCD 的替代品。
侦听模式	当 NFC 论坛设备不产生载波时的初始模式；该模式下，NFC 论坛设备会侦听其他设备的射频场。
侦听设备，侦听器	工作于侦听模式的 NFC 论坛设备，也用作 ISO/IEC 定义的 PICC 的替代品。
PCD (VCD)	近（疏）耦合设备的缩写，是 ISO/IEC 标准中针对读取器 / 写入器定义的技术子集，具有定义明确的指令集。
PICC (VICC)	近（疏）IC 卡的缩写，是 ISO/IEC 标准中针对卡片定义的技术子集，具有定义明确的指令集。
卡	以信用卡形式展现的 PICC，自身不带电源，不产生射频电磁场，能够与读取器 / 写入器通信。
标签	以贴片、密钥卡等形式展现的 PICC，自身不带电源，不产生射频电磁场，能够与读取器 / 写入器通信。
点	点对点模式中 NFC 通信的其中一方。
读取器 / 写入器	当 NFC 论坛设备经历多项活动后的状态。该模式下，NFC 论坛设备的工作类似于 PCD。
卡仿真器	当工作于侦听模式的 NFC 论坛设备经历多项活动后的状态。该模式下，NFC 论坛设备的工作类似于 PICC。
点对点，P2P	NFC 论坛定义的通信模式，用于建立两个 NFC 设备间连接并允许快速数据传输的连接。
主动设备	本文档中定义的术语。与其他 NFC 设备交互且会暂时性产生射频电磁场的设备。
被动设备	本文档中定义的术语。与其他 NFC 设备交互且不会暂时性产生射频电磁场的设备。
主动模式	NFC 论坛定义的一种工作模式之一，此时两个主动设备之间进行通信。

表 1. NFC 术语 (续)

术语	定义
被动模式	NFC 论坛定义的一种工作模式之一，此时主动设备与被动设备之间进行通信。
RF	射频的缩写。
RFID	射频识别的缩写；一种标准化技术，是 NFC 技术的基础。
NDEP	NFC 数据交换协议的缩写；ISO/IEC 18092 中定义的一种半双工块传输协议。
NFCIP	NFC 接口和协议的缩写。
NDEF	NFC 数据交换格式的缩写。
DEP	数据交换协议的缩写。
SNEP	简单 NDEF 交换协议的缩写。
HF	高频的缩写。
MCU	微控制器单元的缩写。
ISO	国际化标准组织的缩写。
IEC	国际电工技术委员会的缩写。
ASK	幅移键控的缩写。
FSK	频移键控的缩写。
PSK	相移键控的缩写。
OOK	开关键控的缩写。
VHBR	甚高比特率的缩写。
ECMA	欧洲电脑制造商协会的缩写。
URI	统一资源标识符的缩写；它可以是统一资源定位符 URL，或者是统一资源名称 URN。
MIME	多用途互联网邮件扩展的缩写，是一项扩展电子邮件格式的互联网标准。
FELICA [®] , net FeliCa [®]	幸福卡片的缩写；索尼公司开发的 RFID 智能卡系统。

3 技术

3.1 工作模式

3.1.1 被动模式

在被动工作模式中，仅有一个 NFC 设备产生射频场。这意味着它是主动的，并一直扮演 NFC 发起者的角色。其他设备是被动的，并一直扮演 NFC 目标的角色。

主动设备通过调制它产生的电磁场的载波来传输数据。被动设备检测到调制信息，并将其解析为数据。被动设备通过对场强进行负载调制，实现将数据传输到主动设备。主动设备检测到这种调制，并将其解析为数据。

根据天线尺寸和场调制幅度的不同，其工作距离可以达到 10 cm，离散数据速率从 106 kbit/s 到 848 kbit/s。

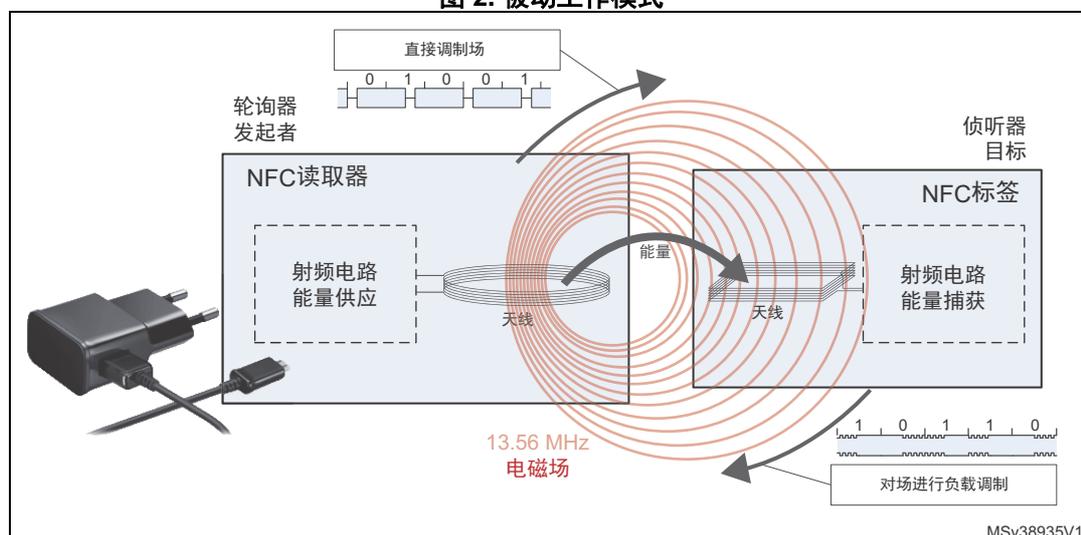
不论是哪个方向的数据传输，都采用了 ISO/IEC RFID 和 NFC 特定标准中定义的编码方式。该模式通常用于读取非接触式标签或智能卡。

3.1.2 主动模式

在主动工作模式中，两个 NFC 设备都会产生射频场。每个设备都使用 ASK（幅移键控）调制方式进行数据传输。与被动模式相比，工作距离可以达到 20 cm（取决于具体协议）。如果使用 PSK（相移键控）调制方式，数据传输速率可达 6.78Mbit/s 的 VHBR（甚高比特率）。

射频传输是半双工工作，因为射频通道同时用于发送和接收。为防止冲突，设备工作时遵守“说前先听（listen-before-talk）”协议。

图 2. 被动工作模式



3.2 通信模式

图 3 显示了中间的智能手机采用了 NFC 论坛认可的三种通信模式之一：读 / 写模式、卡仿真模式和点对点模式。



3.2.1 读 / 写模式

工作于读 / 写模式的 NFC 设备从 NFC 部件读取数据或向其写入数据。随后它可能根据读取来自部件的信息执行操作。

例如，靠近 NFC 标签的 NFC 手机会检索到一个 URL，并链接到相应的网站。它可以在无需打字的情况下发送 SMS（短消息服务）文本、获得优惠券、启动配对动作、获得电子名片（Vcard）等。

该模式使用 NFC 论坛定义的消息格式。这种数据传输不安全。

3.2.2 卡仿真模式

该模式下，NFC 设备的工作类似于标准的非接触式智能卡。这让它可以用于已有的非接触式智能卡基础设施，实现访问控制、非接触式支付、固件更换或数据传输等操作。仿真智能卡的 NFC 设备通常工作在被动 NFC 模式，此时的数据传输是安全的。

3.2.3 点对点模式

在点对点（P2P）中，具有 NFC 功能的设备工作在主动模式。其中的一个设备会发起通信链接。一旦链接建立，设备就会交替地与其他设备通信，并遵守“说前先听（listen-before-talk）”规则。该通信模式下的数据交换相比其他模式更快，因此可以交换更多的数据。

3.3 标签类型

NFC 论坛定义了四种类型的 NFC 标签。第五种标签与 NFC-V 技术相关，目前它还不是 NFC 论坛规范中的一部分。

表 2 概述了 NFC 标签类型。与通篇文档一样，表中高于 100 kbit/s 的数据速率都四舍五入到最接近的整数比特率。

表 2. NFC 标签类型

属性	类型 1	类型 2	类型 3	类型 4	类型 5
标准	ISO/IEC 14443A	ISO/IEC 14443A	ISO/IEC 18092 JIS X 6319-4 FELICA	ISO/IEC 14443A ISO/IEC 14443B	ISO/IEC 15693
存储器	96 字节到 2 KB	48 字节到 2 KB	2 KB	32 KB	高达 8 KB
数据速率	106 kbit/s	106 kbit/s	212 kbit/s, 424 kbit/s	106 kbit/s, 212 kbit/s, 424 kbit/s	26.48 kbit/s
能力	读 重写 只读	读 重写 只读	读 重写 只读	读 重写 只读 工厂配置	读 重写 只读
防冲突	无	有	有	有	有
注释	简单，性价比高	-	成本更高，适合 于复杂应用	-	疏耦合区域

3.3.1 1 类标签

1 类标签符合 ISO/IEC 14443A 规范。它能够读写，并可由用户配置为只读模式。存储容量从 93 字节到 2 KB 不等，通信速度或数据速率为 106 kbit/s。1 类标签不支持防冲突机制。

3.3.2 2 类标签

2 类标签符合 ISO/IEC 14443A 规范。它能够读写，并可由用户配置为只读模式。存储容量从 48 字节到 2 KB 不等，通信速度或数据速率为 106 kbit/s。2 类标签支持防冲突机制。

3.3.3 3 类标签

3 类标签除不支持加密和认证外，均符合 ISO/IEC 18092 和 JIS X 6319-4 标准。尽管能够读/写，3 类标签还是可设置为只读模式。可使用特定的服务设备重写场中的 3 类标签数据。3 类标签包含 2k 的存储容量。数据速率为 212 kbit/s 或 424 kbit/s。3 类标签支持防冲突机制。

3.3.4 4 类标签

4 类标签符合 A 版和 B 版 ISO/IEC 14443 标准。4 类标签出厂设置为只读模式，需要使用特定的服务设备更新其数据。4 类标签的存储容量高达 32KB，支持 106 kbit/s、212 kbit/s 和 424 kbit/s 的数据速率以及防冲突机制。

3.3.5 5 类标签

5 类标签（NFC-V）最近刚被 NFC 论坛规范所采纳。它基于 ISO/IEC 15693 标准，存储容量高达 8 KB，支持 26.48 kbit/s 数据速率和防冲突机制。

3.4 射频场和无线接口

3.4.1 感应耦合

NFC 应用了两个互相位于对方近场中的环形天线之间的电磁感应，有效地形成了一个空心变压器。其工作射频为 13.56 MHz，全球都可以使用，并且无需执照。大部分射频能量集中在所允许的 ± 7 kHz 频宽范围内，但当使用 ASK 调制时，频宽可达 1.8 MHz。

感应耦合不但允许近耦合设备（PCD，PICC）或疏耦合设备（VCD，VICC）交换信息，还可以将功率从耦合设备（PCD，VCD）传递给卡片（PICC，VICC）。

当耦合设备通过直接调制射频场将数据发送到卡片时，数据传输中的射频场平均能量会下降。不同的调制和数据编码方式会使射频场平均能量不同程度地下降。应用于 VCD 和 VICC 的技术（见第 3.5 节）致力于将 VCD 至 VICC 数据传输过程中的射频能量损失最小化。相比于近耦合设备，这对于疏耦合设备更加重要，因为疏耦合设备的工作距离更大。更大的耦合距离无法通过所产生射频场的更多功率来补偿；耦合设备必须一直处于国际射频规约所规定的功率范围内。

3.4.2 直接和间接调制

耦合设备通过直接调制射频场强将数据发送到侦听设备。侦听设备通过对射频场强进行负载调制，将不同的负载加载到天线即变压器的二次绕组，将数据传输到耦合设备。耦合设备检测到这种间接调制带来的变化，并将其解析为数据。

调制指数

ISO/IEC 14443-2 规定了调制指数。NFC-B 10% 调制表示调制指数为 10%，而规范允许的调制指数范围为 8% 到 14%。计算调制指数和通常所用的调制深度的方法见 [图 4](#)。两者之间有确定的关系，见 [表 3](#)。

图 4. 调制指数 vs 调制深度

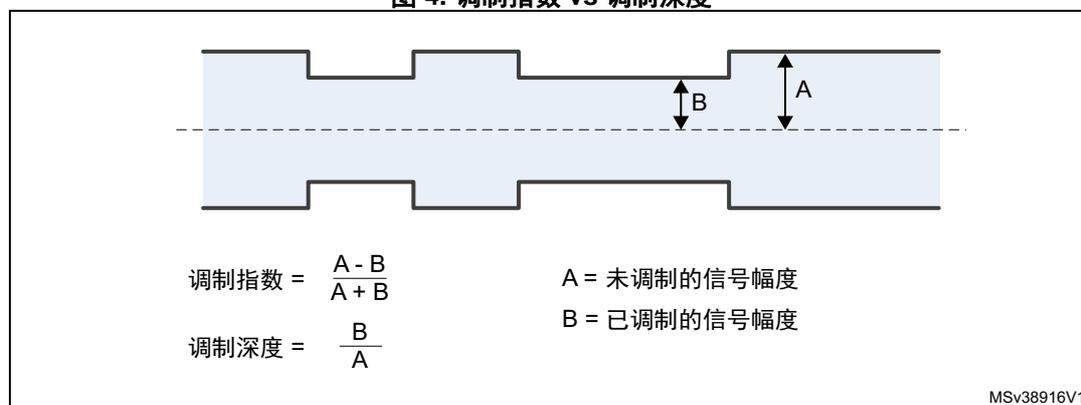


表 3. 调制指数 vs 调制深度

调制指数	调制深度
8%	85.2%
9%	83.5%
10%	81.8%
11%	80.2%
12%	78.6%
13%	77.0%
14%	75.4%

调制指数大约是相应图表中数值差的一半。比如 [图 4](#) 中 A 值和 B 值的差为 30%，那么所显示波形真正的调制指数仅为 15%。第一次设计 NFC-B 读取器的用户经常会误解 10% 调制指数要求的意思，并将调制深度设置为 90%，相对于调制指数约为 5%，并使设计超出规范要求。

如 ISO/IEC 14443-2 中的 9.1.2 章节所述，调制包络的上升和下降时间必须不多于 2 微秒。超调和负超调幅度才可能不超过 10% (A - B)。[图 4](#) 显示了 A 和 B 的定义。

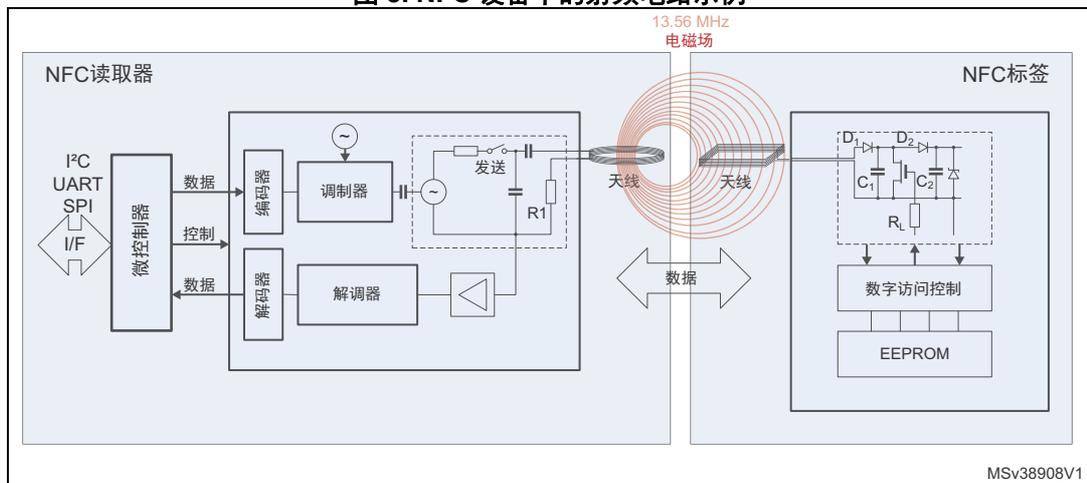
负载调制原理

NFC 侦听器通过反射调制射频场发送数据，意即让其强度发生变化。这可以采用“负载调制”技术从电磁场中吸收更多或更少的能量来实现，也就是对侦听器施加到读取器产生的射频场上的负载进行调制。

实践中，侦听器可以通过两种方式实现。为增强负载天线，可在天线终端上连接一个电阻或一个电容。连接电阻可以达到在任何频率下从天线汲取电流的目的。正常状况下，由天线和输出端总电容组成的 L-C 电路的谐振频率与 13.56 MHz 的 NFC 载波频率相匹配，这样可以使从场中吸收的能量最低。天线终端额外连接一个电容会使谐振频率改变，从而增大从 13.56 MHz 场中吸收的能量。

图 5 给出了 NFC 主动设备（比如智能手机、读卡器）和 NFC 被动设备（比如标签、智能卡）中与 NFC 功能相关的天线电路的示例。

图 5. NFC 设备中的射频电路示例

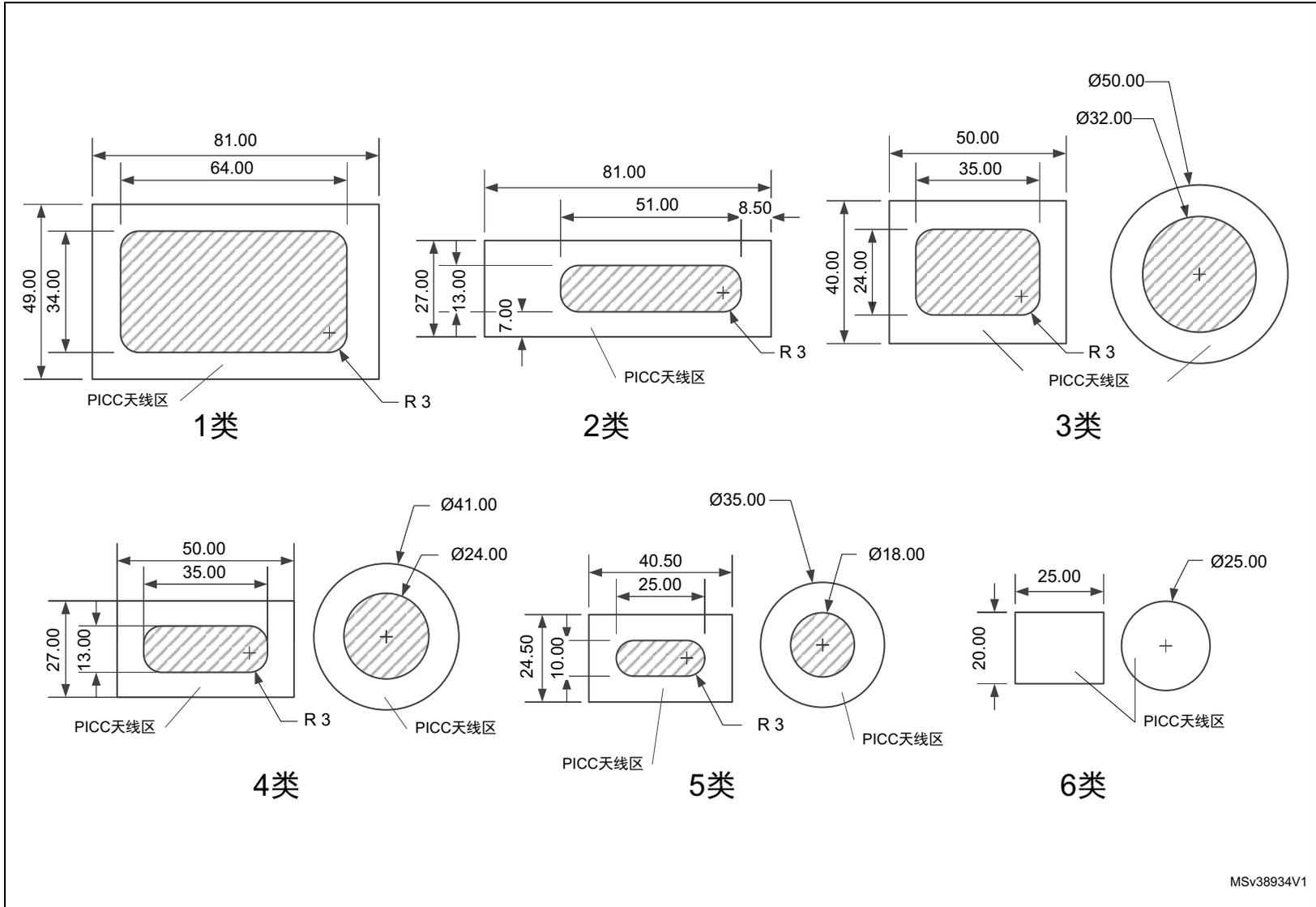


3.4.3 天线

ISO/IEC 14443 定义了六类天线，这在 ISO/IEC 15693 也有体现，如图 6 所示。对每个 NFC 设备而言，必须认真研究天线设计问题，以确保在目标环境中获得最佳性能。

大 1 类天线有着智能卡的形状特点。它可以提供针对射频电磁场的最佳性能。在标准天线类别的另一个极端，6 类天线的尺寸最小，它牺牲了性能，但获得最佳的集成特性。

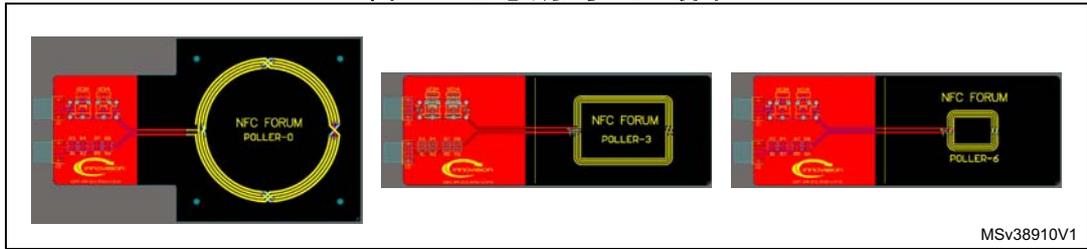
图 6. PICC 天线类别如 ISO/IEC 14443 所定义。



NFC 论坛可提供他们自己的 PCD（称为轮询器）和 PICC（称为侦听器）参考设计，详见 NFC Forum-TS-Analog-1.0 Folder 2.2.1 sheet 16。

当连接到合适的信号发生器和功率放大器时，NFC 论坛参考 PCD 允许向 PICC 发送指令。然后就可以获得来自 PICC 的响应，并通过相关的测试设备进行分析。有三种不同天线线圈设计的 NFC 论坛参考 PCD 基于 0 类标准 PCD 以及两种 ISO/IEC 标准 PICC-3 和 PICC-6 天线线圈设计的扩展版本。它们的名称为 Poller-0、Poller-3 和 Poller-6，如图 7 所示，顺序自左至右。

图 7. NFC 论坛参考 PCD 设计



NFC 论坛参考 PICC 设计有三种形式的天线线圈设计几何结构。Listener-1、Listener-3 和 Listener-6 的线圈几何结构如图 8 所示自左至右，分别基于参考 ISO/IEC 的参考 PICC-1、PICC-3 和 PICC-6 天线指示的外包络线测量。PCB 线圈设计不必要一定相同。NFC 论坛参考 PICC 可以分析 PCD 送出的信号。为分析这些信号的频率和波形，NFC 论坛参考 PICC 配备了集成传感线圈。NFC 论坛参考 PICC 也可以使用由合适信号源驱动的不同水平的负载调制，向 PCD 返回信息。NFC 论坛参考 PICC 可以配置后使用多种固定的阻性负载。这些阻性负载设置可用以代表 PCD 会遇到的典型和最坏的情况。

图 8. NFC 论坛参考 PICC 设计



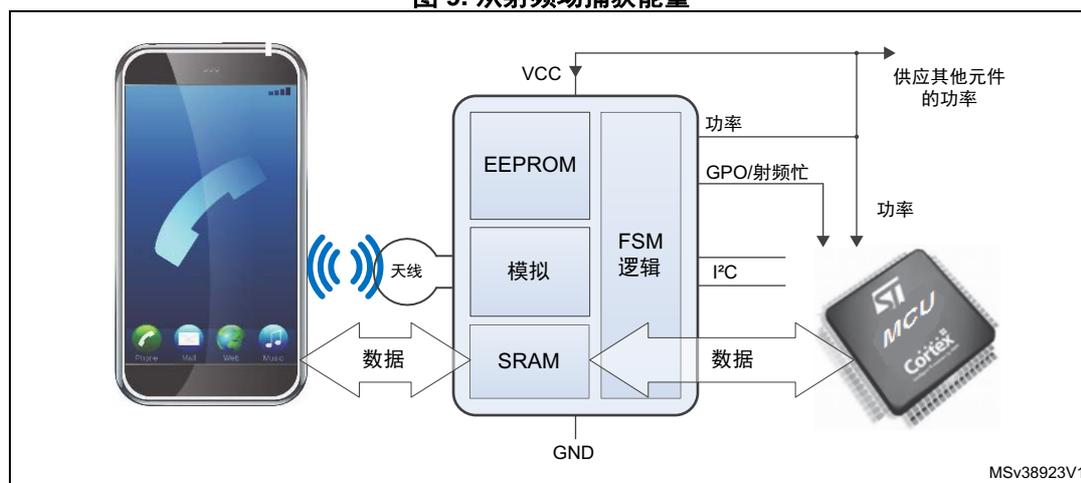
NFC 论坛参考设计应当用于 NFC 设备测试和校准程序。它们也可以作为参考或指南，帮助 NFC 设备设计者优化其天线设计。

3.4.4 能量捕获

如前所述，NFC 技术可实现小型纤薄的卡片、标签、贴片、密钥卡等产品，保持和无线传输数据。这主要得益于无需采用电池等自带电源。NFC 数据传输过程中，被动设备从主动设备产生的射频场中汲取能量。

图 9 显示了工作过程。射频场应用到天线中时，IC 将感应的能量转换为电流给标签 IC、微控制器以及传感器等其他元件（可能的话）供电。这样，只要射频场存在并且场强足够为它们供电，元件就会一直工作。当射频场强度足够时，标签 IC 可以使用其他 GPO 唤醒微控制器。

图 9. 从射频场捕获能量



能量捕获功能可带来诸多好处：

- 使标签或智能卡等 NFC 产品不再需要电池
- 防水：无需连接器或电池部件
- 使用电池的设备可节约电池寿命
- 当 NFC 设备进入近耦合区域时可自动唤醒
- 可为其他元件提供电流，范围可到 3 mA

3.5 数据传输

NFC 读取器（轮询设备）和侦听器（标签或智能卡）之间的数据传输通过数据信号化和编码来保证。数据信号化的目的是可靠地区分二进制状态。数据编码的目的是组织二进制状态形成包含逻辑 1 和 0 的二进制数据流，能够在数据接收侧可靠解析。数据信号化采用了直接射频场调制（读取器）和间接射频场调制（侦听器）技术。二进制数据流则使用现有的数据编码方式将比特位编码为 1 和 0。不同形式的 NFC（NFC-A、NFC-B、NFC-V）可以使用不同的技术或数值。

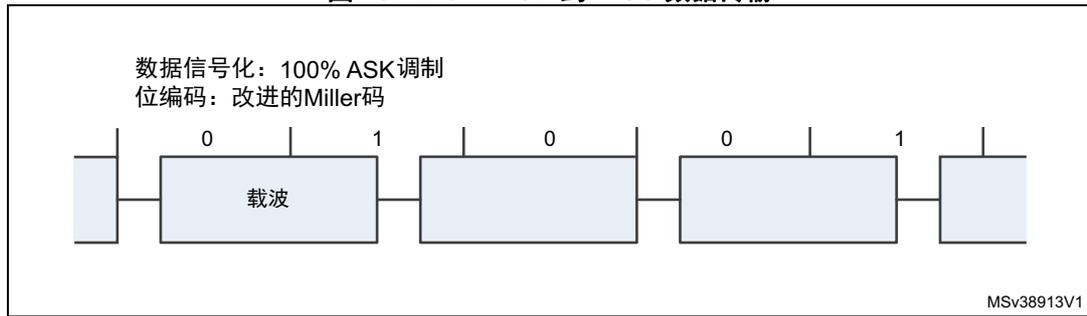
下文更详细地说明了 NFC 数据传输的不同方面信息。因为 NFC-F 是专有的，因此并未描述 NFC-F 变化。

3.5.1 NFC-A 数据传输

NFC-A PCD 到 PICC 数据传输

NFC-A PCD 到 PICC 数据信号化对射频场 13.56 MHz 载波进行 100% 幅度调制（调制指数 100%）。二进制数据流中的比特位使用改进的 Miller 码进行编码，如 [图 10](#) 所示。

图 10. NFC-A PCD 到 PICC 数据传输

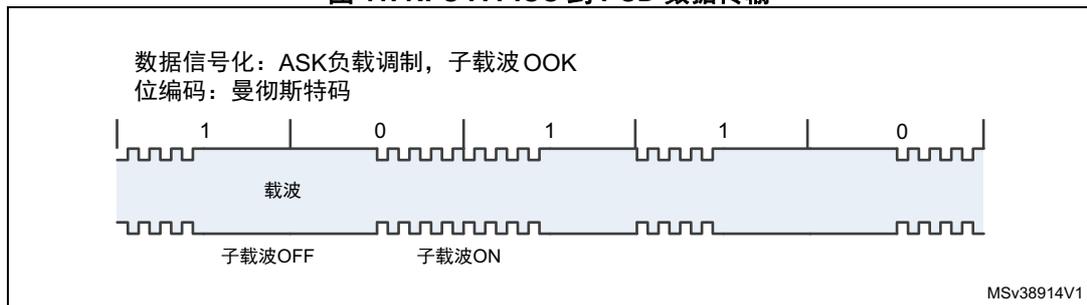


采用了 100% ASK 调制，射频场可在短时间内完全消失。在这些射频场空白期中，侦听设备（卡片）无法从场中汲取能量。在 100% ASK 调制的主动周期内，卡片上的 NFC 电路必须存储足够的能量，以在场空白期中连续为标签或卡片等侦听器供电。

NFC-A PICC 到 PCD 数据传输

NFC-A PICC 到 PCD 数据信号化通过改变侦听器天线电路加到射频场上的负载来实现，这会使射频场强度发生变化。变化率为 848 kHz，即数据速率的 8 倍，这可以产生在射频场强度中的子载波。然后 NFC-A 侦听器会使用开关键控（OOK）技术对子载波进行键控，将无子载波的周期变为有子载波（子载波频率处的附加负载）的周期。OOK 的特殊定时可确保比特流中的逻辑 0 和 1 编码；这里采用了曼彻斯特编码。图 11 显示了 NFC-A PICC 到 PCD 数据传输的所有方面。

图 11. NFC-A PICC 到 PCD 数据传输

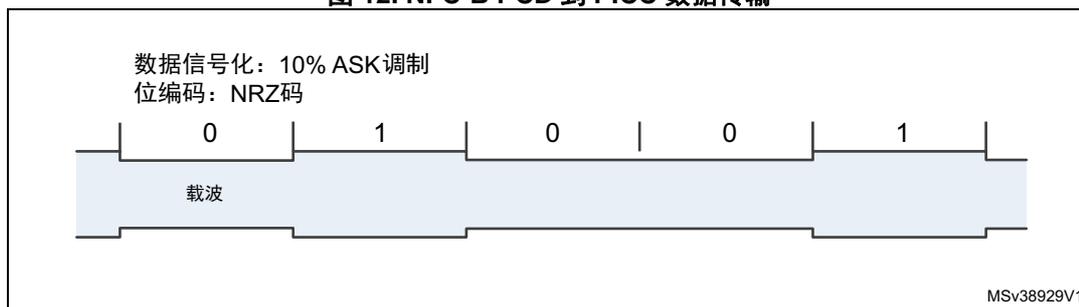


3.5.2 NFC-B 数据传输

NFC-B PCD 到 PICC 数据传输

NFC-B PCD 到 PICC 数据信号化基于 10% ASK 调制技术。射频场连续存在，可使用 NRZ（非归零）码对数据进行编码，如图 12 所示。

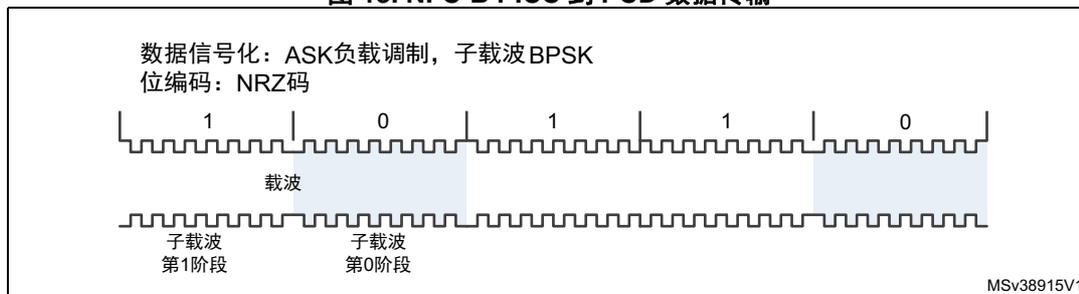
图 12. NFC-B PCD 到 PICC 数据传输



NFC-B PICC 到 PCD 数据传输

NFC-B PICC 到 PCD 数据信号化跟 NFC-A 一样，都对负载进行了 848 kHz ASK 调制，从而形成了子载波。但为代替子载波的开关键控，NFC-B 侦听器使用了 BPSK 技术，在由半周期决定的时间上对子载波进行移相。BPSK 相移的包络定时在 NRZ 编码之后，可确保二进制数据流中逻辑电平的准确定义。图 13 显示了 NFC-B PICC 到 PCD 数据传输的所有方面。

图 13. NFC-B PICC 到 PCD 数据传输



NFC-V 研究一直在持续。它还未被 NFC 论坛采纳。这也是下列关于 NFC-V 的描述要改变的原因。

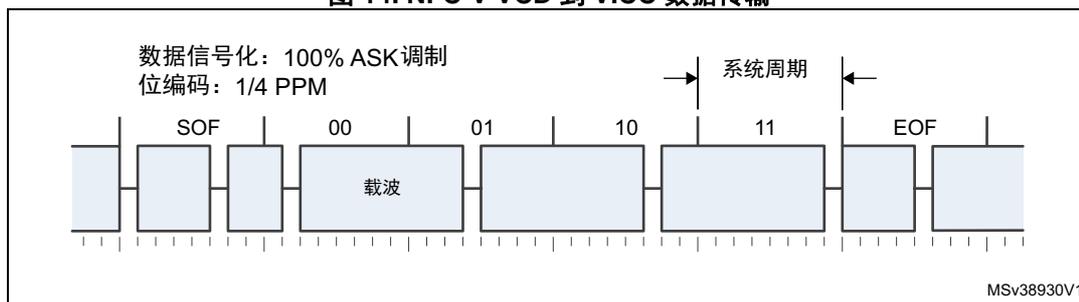
3.5.3 NFC-V 数据传输

NFC-V VCD 到 VICC 数据传输

NFC-V VCD 到 VICC 数据信号化基于 10% 或 100% ASK 调制技术。位编码采用了 1/4 或 1/256 脉冲位置调制 (PPM) 技术。图 14 显示了 VCD 使用 1/4 PPM 编码向 VICC 传输数据的方式。脉冲实际上是 1/8 符号周期中的空白期。一个符号编码一个比特对。每个四比特对值的脉冲都会占用符号周期中保留给它的一个时隙。帧起始 (SOF) 和帧结束 (EOF) 符号使用了比特对未使用的时隙。

使用 PPM 进行数据编码会导致射频场的高占空比，尤其是对于 1/256 系统。此时可采用高调制指数，达到类似于 NFC-A 中可靠的数据信号化效果，同时保证较低的射频平均能量，正如 NFC-B 一样。

图 14. NFC-V VCD 到 VICC 数据传输



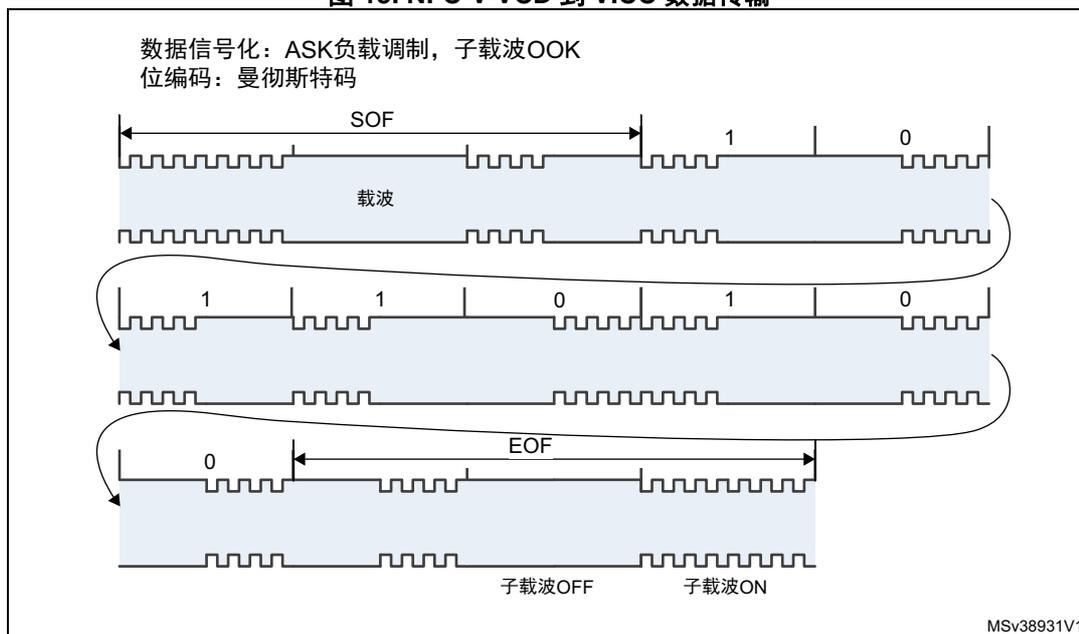
NFC-V VCD 到 VICC 数据传输

NFC-V VICC 到 VCD 数据信号化通过 10% ASK 调制实现，可产生 424 kHz 子载波以及对子载波进行 OOK 调制。使用曼彻斯特码对数据比特流进行编码。NFC-V 的另外一个变量是基于增加的相移键控 (FSK) 技术，改变 424 kHz 和 484 kHz 两个子载波。

使用曼彻斯特码对数据比特流进行编码。该模式下，数据比特率发生轻微变化。图 15 显示了 VICC 通过 OOK 向 VCD 传输数据的方式。当使用 FSK 而不是 OOK 时，关断期间的子载波变为 484 kHz 子载波。

标准允许 VCD 和 VICC 选择通信的最佳条件，以适应不同的工作要求，从短距离的高射频噪声应用到长距离的低射频噪声应用都有。该选择需要考虑调制指数。比特率、VICC 到 VCD 数据信号化 -OOK 或 FSK。

图 15. NFC-V VCD 到 VICC 数据传输



3.5.4 数据传输总结

图 16 总结了不同的数据传输方式。表 4 概述了不同调制方式、位编码技术以及相关频率和数据速率。

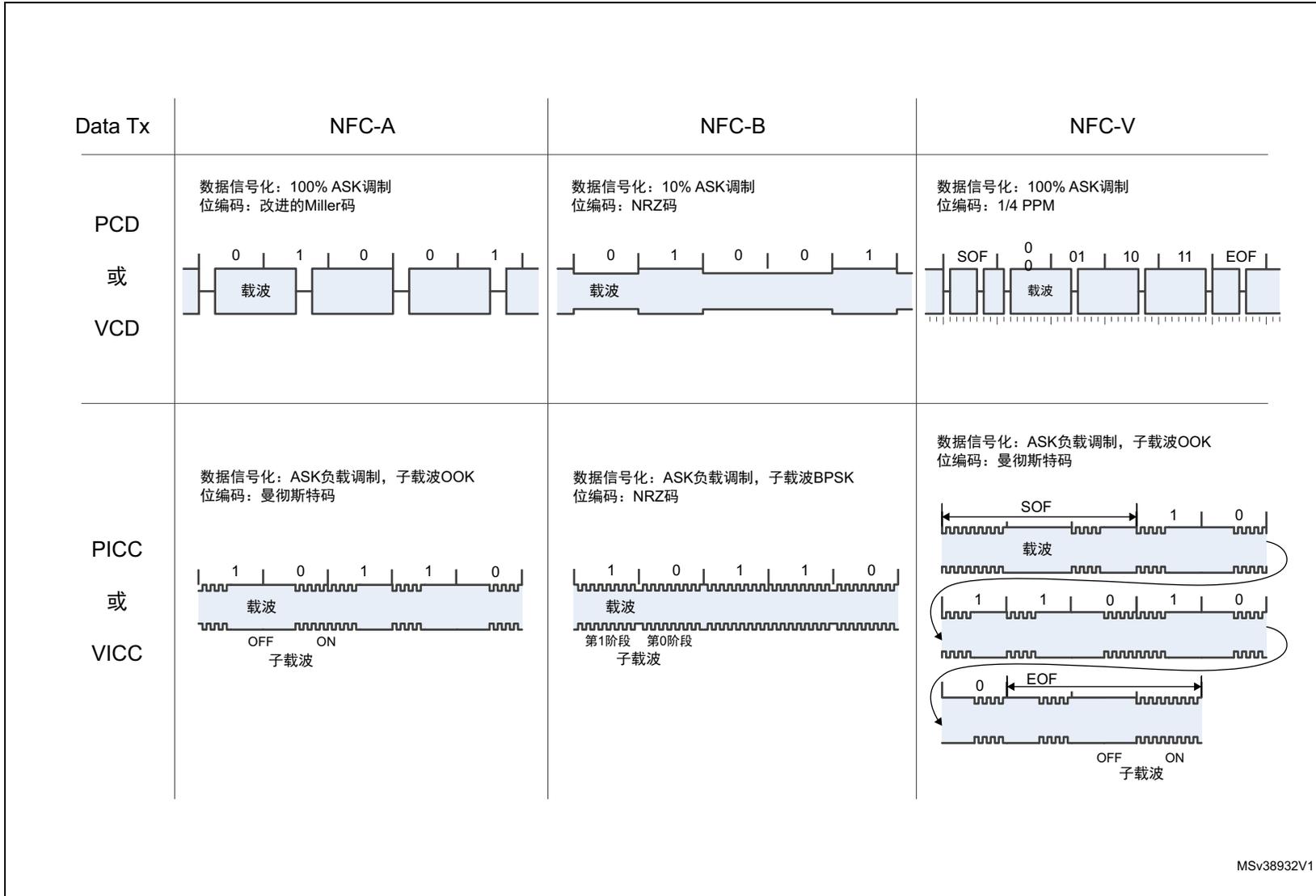
表 4. NFC 数据传输位信号化、编码和速率

数据发送器	属性	NFC-A	NFC-B	NFC-V
PCD 或 VCD	频率	13.56 MHz	13.56 MHz	13.56 MHz
	数据信号化	100% ASK 调制	10% ASK 调制	10% 或 100% ASK 调制
	位编码	改进的 Miller 码	NRZ 码	1/4 PPM 或 1/256 PPM
	数据速率	典型值 106 kbit/s 高达 424 kbit/s ⁽¹⁾	典型值 106 kbit/s 高达 424 kbit/s	26.48 kbit/s 或 或 1.65 kbit/s
PICC 或 VICC	数据信号化	ASK 负载调制, 子载波 OOK 调制	ASK 负载调制, 子载波 BPSK 调制	ASK 负载调制, 子载波 OOK/FSK 调制 (见上)
	子载波	848 kHz	848 kHz	424/484 kHz
	位编码	曼彻斯特码	NRZ 码	曼彻斯特码
	数据速率	典型值 106 kbit/s 高达 424 kbit/s ⁽¹⁾	典型值 106 kbit/s 高达 424 kbit/s ⁽¹⁾	OOK: 6.62 kbit/s 或 26.48 kbit/s FSK: 6.67 kbit/s 或 26.69 kbit/s

(1) 848 kbit/s 经 NFC 论坛认证



图 16. NFC 数据传输总结图



MSv38932V1

3.6 NFC 系统架构

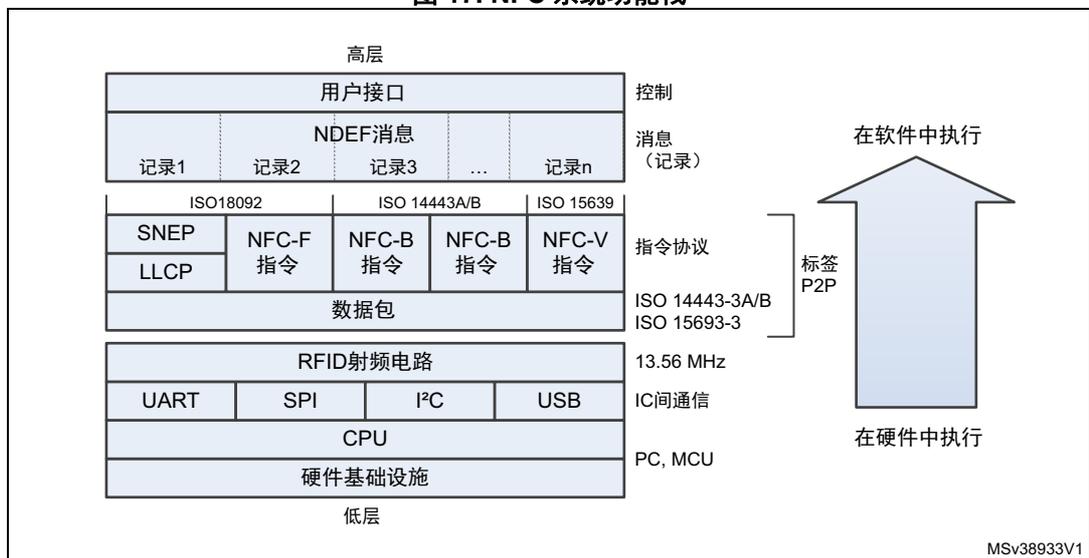
与其他许多系统类似，NFC 技术建立在功能层的结构化逻辑栈上，从物理结构到软件应用，如 [图 17](#) 所示。

最底层是物理层 - CPU、MCU 基础设施、通信接口和射频相关电路，如 ISO/IEC 14443-2 A 和 B 以及 ISO/IEC 15693-2 所定义。

中间层包括符合 ISO/IEC 14443-3 A 和 B 以及 ISO/IEC 15693-2 的数据包、符合 NFC-A、NFC-B、NFC-V 和 NFC-F 的指令生成。到此时为止，还没有体现与 NFC 相关的专一性，系统到此处会对 RFID 系统进行响应。首个与 NFC 相关的专一性来自于用于支持 P2P 通信模式的中间层。它们是逻辑链路控制协议（LLCP）和简单 NDEF 交换协议（SNEP），定义见 ISO/IEC 18092。由于 ISO/IEC 18092 也包含一项指令协议，因此 [图 17](#) 中的 NFC-F、LLCP 和 SNEP 都体现在同一层上。

接下来栈中的更高层（NDEF 消息和 NDEF 记录）也是 NFC 特有的。它们通常都用在软件中，通过用户接口进行访问，而用户接口是 NFC 逻辑功能栈中的最高层。[第 3.7 节](#) 给出了 NDEF 的更多信息。

图 17. NFC 系统功能栈



3.7 NDEF 结构

NFC 数据交换格式 NDEF 是加在通用 RFID 的 NFC 标准的主要条目之一。NDEF 在所有 NFC 设备中均有所应用，不论是基础标签类型还是 NFC 设备技术。

NDEF 记录是标准化的，因此 NFC 设备知道如何进行解析。下面是一些 NDEF 记录：

- 简单文本记录
- URI
- 智能标贴
- 签名
- vCard（标准的电子商务卡格式）
- 配对蓝牙 或 Wi-Fi

NDEF 是轻型二进制消息格式，主要设计用于将具有一个或多个 NDEF 记录的基于应用所定义的载荷封装到一条消息中。NDEF 记录的类型可以相同，也可以不同，每条记录的大小都限制在 $(2^{32}-1)$ 字节。

NDEF 消息是一串 NDEF 记录，因此能够以段落的方式查阅，段落以离散信息块和 NDEF 记录作为语句，每个都传递一条单独的信息。段落中语句的数量和大小都是可变的。

NDEF 记录由标题和载荷组成。标题使用三个元数据项描述载荷：载荷长度、载荷类型以及可选的载荷标识符。

3.7.1 载荷长度

载荷长度是一个四位无符号整数，表示载荷中的字节数。可为小型载荷提供紧凑的短记录布局（一个字节）。为有效地检测 NDEF 记录的边界，载荷长度位于 NDEF 记录的头八个字节中。

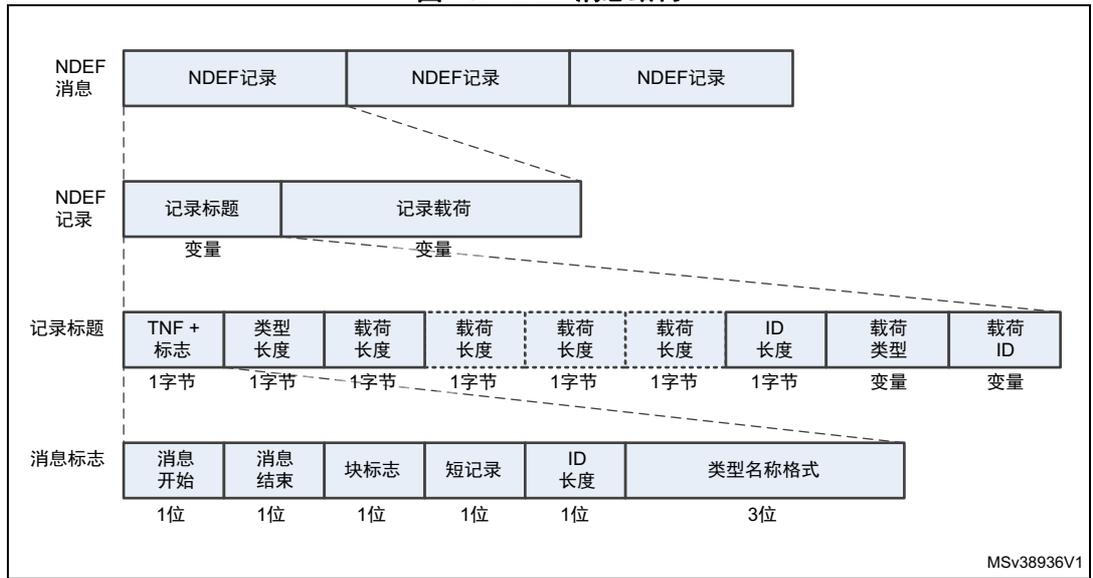
3.7.2 载荷类型

NDEF 载荷类型标识符表示了载荷的类型。NDEF 支持 URI、MIME 媒体类型构造和 NFC 特有的类型格式作为类型标识符。通过表示载荷类型，可以将载荷调度到合适的用户应用程序。

3.7.3 载荷标识符

载荷能够以绝对或相对 URI 的形式被赋予一个可选的标识符。使用标识符可以使支持 URI 链路技术的载荷与其他载荷进行相互对照。

图 18. NDEF 消息结构



4 标准

NFC 技术基于一系列标准，比如 ISO/IEC 14443、ISO/IEC 15693、ISO/IEC 18092、ECMA-340、ECMA-352 等。

符合 ISO/IEC 14443A (A 类) 和 ISO/IEC 14443B (B 类) 变量在本文档中分别表示为 NFC-A 和 NFC-B。符合 JIS X 6319 4 和 FELICA 协议表示为 NFC-F。符合 ISO/IEC 15693 表示为 NFC-V，其中“V”表示疏 — 最大工作距离可扩展至约 1 米。ISO/IEC 18092 中特别描述的点对点 (P2P) 通信模式表示为 P2P。符合 ISO/IEC 18092、ECMA-340 和 ECMA-352 的 NFC 接口和协议表示为 NFCIP。

目的是通过规定协议、数据交换格式和比特率，以标准化三种 NFC 通信模式。当前定义的比特率为 106 kbit/s、212 kbit/s、424 kbit/s、848 kbit/s，对于 NFC-V 为 5 kbit/s、6.62 kbit/s (ASK 带 OOK)、6.67 kbit/s (ASK 带 FSK)、26.48 kbit/s (ASK 带 OOK) 和 26.69 kbit/s (ASK 带 FSK)。

在国际标准化组织的标准基础上，NFC 论坛提供了一系列技术规范，包括协议、数据交换格式、NFC 论坛标签类型、NFC 记录类型等。

NFC 使智能手机通过传统的 RFID 读取器在基础层工作。在通信的卡仿真模式下，NFC 设备必须最少向传统读取器发送一个特定的 ID 数。NFC 论坛定义了一种称为“NFC 数据交换格式 (NDEF)”的通用数据格式，它可以存储并传输不同的条目。NFC 论坛还给规范增加了简单 NDEF 交换协议 (SNEP)，允许在两个工作于点对点通信模式的具有 NFC 功能的设备之间发送和接收消息。

图 19 显示了构成 NFC 技术的级层的简化栈图。高层是 NFC 特有的，低层也适用于 RFID 等非 NFC 技术。

图 19. NFC 级层简化栈图

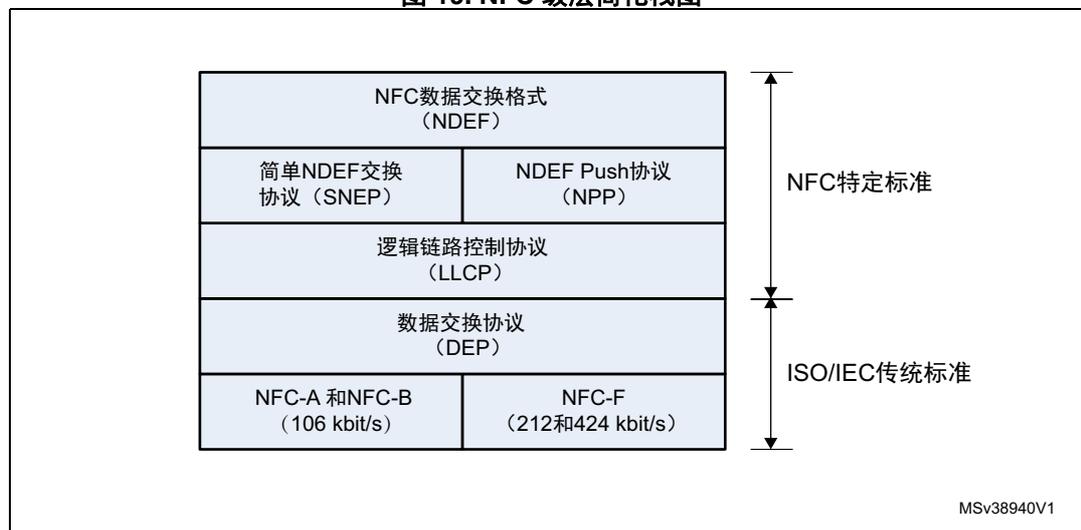
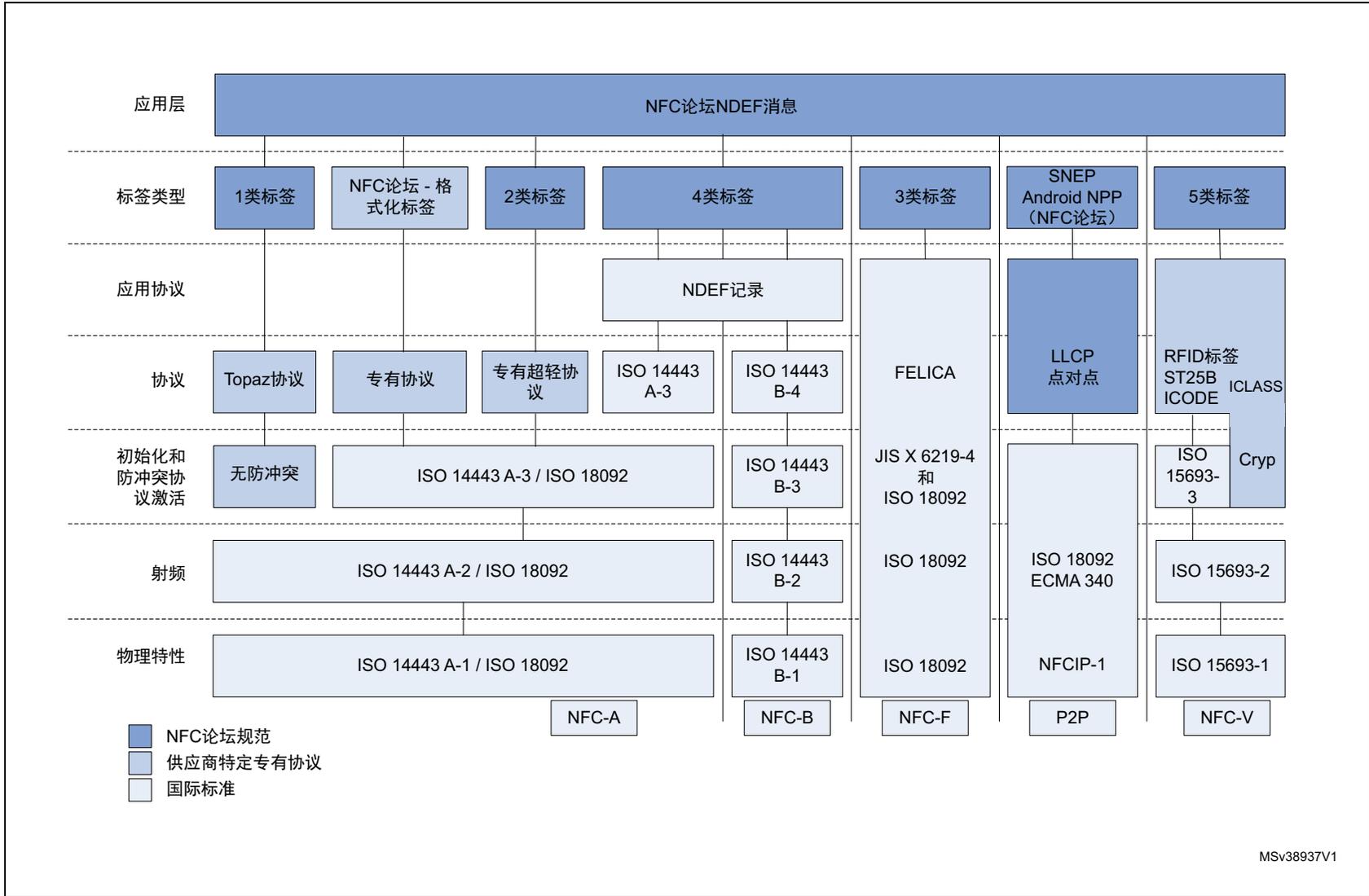


图 20 概述了 NFC 相关的标准和规范。

图 20. NFC 相关的标准和规范示意图



4.1 传统 ISO/IEC 标准

本章列出了 NFC 技术引入之前就存在以及被 NFC 技术所采纳的标准。其原始初衷在于标准化 RFID 技术。

4.1.1 ISO/IEC 14443 - 近耦合卡

标准包含四部分。

ISO/IEC 14443-1:2008 - 物理特性

ISO/IEC 14443 标准的本部分定义了卡片的尺寸和物理特性。它还列出了若干逆境条件，要求卡片能够承受这些条件，并且不对运行造成永久性损害。这些测试都应在卡片级进行，并依赖于卡片架构和天线设计。大部分要求不能直接适用于 IC 或焊盘级。

ISO/IEC 14443-2:2015 - 射频功率和信号平衡

本部分把射频功率和信号接口定义成两种信号化机制——A 类和 B 类。两种机制均为半双工工作，双向数据速率均为 106 kbit/s。卡片传输的数据由 848 kHz 子载波进行负载调制。卡片由射频场供电。无需电池。

ISO/IEC 14443-3:2014 - 初始化和防冲突

本部分描述了 A 类和 B 类 PICC 的初始化和防冲突协议，定义了防冲突指令、响应、数据帧和定时。之所以设计初始化和防冲突机制，是为了使多协议读取器设计都能够与 A 类和 B 类卡片通信。在射频场中，两种卡片类型都会静待轮询指令。一个多协议读取器一次轮询一种类型的卡片，通过卡片响应与之完成事务交互，然后再轮询其他类型的卡片。

ISO/IEC 14443-4:2015 - 传输协议

本部分定义了针对 A 类和 B 类 PICC 的高级数据传输协议。这些协议是可选的，这样在设计 PICC 时可以选择支持或不支持。PICC 在响应标准第三部分中定义的轮询指令时，向 PCD 报告其能力。这样，PCD 就可以知道 PICC 是否支持 ISO/IEC 14443 标准中本部分所定义的高级协议。

第四部分中定义的协议允许传输 ISO/IEC 7816-4 中定义的应用程序数据单元和 ISO/IEC 7816-5 中定义的应用程序选择。ISO/IEC 7816 是接触式 IC 卡标准。

4.1.2 ISO/IEC 15693 - 疏耦合卡

ISO/IEC 15693 标准是描述疏耦合区域中非接触式智能卡的系列国际标准之一。它包括三部分。

ISO/IEC 15693-1:2010(E)

ISO/IEC 15693 标准的本部分详细说明了疏耦合卡（VICC）的物理特性。它适用于 ID-1 类（规定见 ISO/IEC 7810）识别卡，工作在耦合设备的疏耦合区域。

ISO/IEC 15693-2:2009

本部分详细说明了用于实现下述功能的射频场的本质和特性：疏耦合设备（VCD）和 VICC 之间的双向通信，通过从场中采集能量给 VICC 供电。

ISO/IEC 15693-3:2010

本部分定义了 VICC 和 VCD 解析的初始化和防冲突指令。

4.2 NFC 特有标准

NFC 接口和协议（NFCIP）定义见 ISO/IEC 18092，但在 ECMA-340 和 ECMA-352 也有定义，其中 ECMA 是指欧洲电脑制造商协会。它们规定了射频接口的调制机制、编码、数据速率和帧格式，初始化机制以及初始化中数据防冲突控制所需的条件，这对于被动和主动 NFC 工作模式都适用。还定义了传输协议，包括协议激活和数据交换方式。

4.2.1 ISO/IEC 18092 - NFC 接口和协议 1 (NFCIP-1)

本标准定义了 NFC 接口和协议（NFCIP-1）的通信模式，使用感应耦合设备在 13.56MHz 的中心频率下工作来与计算机外设进行交互。

ISO/IEC 18092 还定义了 NFCIP-1 的主动和被动工作模式，使用 NFC 设备为网络产品和消费类设备建立通信网络。

特别是它规定了射频接口的调制机制、编码、传输速度和帧格式。还描述了初始化机制和初始化中数据防冲突控制所需的条件，以及包含协议激活和数据交换方式的传输协议。

ISO/IEC 18092 与 **ISO/IEC 13157-1:2010**（NFCIP-1 安全服务和协议）保持一致，符合 ISO/IEC 14443-2、ISO/IEC 14443-3、ISO/IEC 14443-4 以及 ISO/IEC 15693-1、ISO/IEC 15693-2 和 ISO/IEC 15693-3。

4.2.2 ECMA-340: 2013 - NFC 接口和协议 1（NFCIP-1）

本标准描述了 NFC 接口和协议 1（NFCIP-1），并且符合 ISO/IEC 18092。

4.2.3 ECMA-352: 2013 - NFC 接口和协议 2（NFCIP-2）

本标准描述了 NFC 接口和协议 2（NFCIP-2），并且符合 ISO/IEC 21481。

5 NFC 接口 IC

三种 NFC 专用外设 IC 类别可以提供众多具有 NFC 功能的电子设备，从使用智能卡的简单标签到智能手机等复杂产品。它们分别称为静态标签 IC、动态标签 IC 和 P2P 接口 IC。

意法半导体开发和制造所有三个类别的半导体产品。

5.1 静态标签 IC

该 IC 类型可确保静态 NFC 标签正常工作。从静态 NFC 标签不能产生射频场这一点来说，它属于被动 NFC 设备。存储在静态标签中的数据可以由 NFC 读取器、智能手机等主动 NFC 设备读取或修改。标签使用负载调制技术，将数据信号化后发送至读取器。静态标签可以以贴片、密钥卡等形式独立存在，或者集成到更大的电子或非电子设备中。它可以从射频场中汲取功率，因此工作时无需自带电源。存储器为非易失性，比如 EEPROM。

图 21. 静态标签 IC



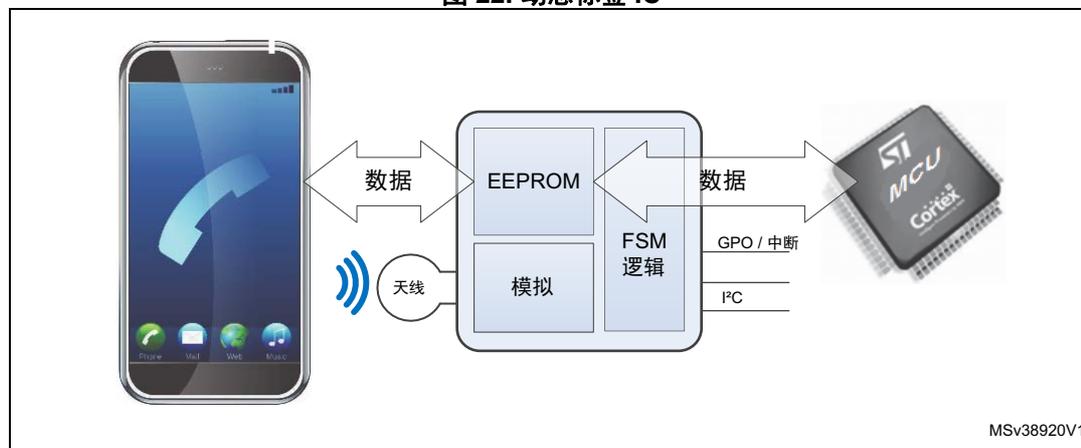
图 21 给出了静态标签 IC 示例。在意法半导体的产品手册中，ST25TA 是专为被动式标签而设计和优化的产品。

5.2 动态标签 IC

该 IC 类型可确保动态 NFC 标签正常工作。动态标签通常集成到电子设备中。当与 NFC 设备（读取器）交互时，它的特性和工作方式与静态标签都相同。除完全支持静态标签的功能以外，集成动态标签的设备还可以读写标签存储器中的内容。为实现这一功能，动态标签 IC 有可与主电子设备上的 MCU 进行通讯的接口，比方说，串行通信总线接口。其他 NFC 设备和自身设备 MCU 的读写操作不一定在时间上及时发生。例如，标签主设备掉电时动态标签内容可能会修改，标签主设备上电若干小时或若干天后本地 MCU 会进行读取操作。这类似于外部 NFC 设备和标签主 NFC 设备的 MCU 之间的电子邮件通信，其中标签 IC 的 EEPROM 扮演了邮箱的角色。

图 22 给出了动态标签 IC 的示例。M24LR 和 M24SR 是意法半导体专为动态标签而设计和优化的硅集成电路。作为可选项，可使用 GPO/ 中断信号唤醒微控制器，从而优化标签功耗。

图 22. 动态标签 IC



5.3 P2P 接口 IC

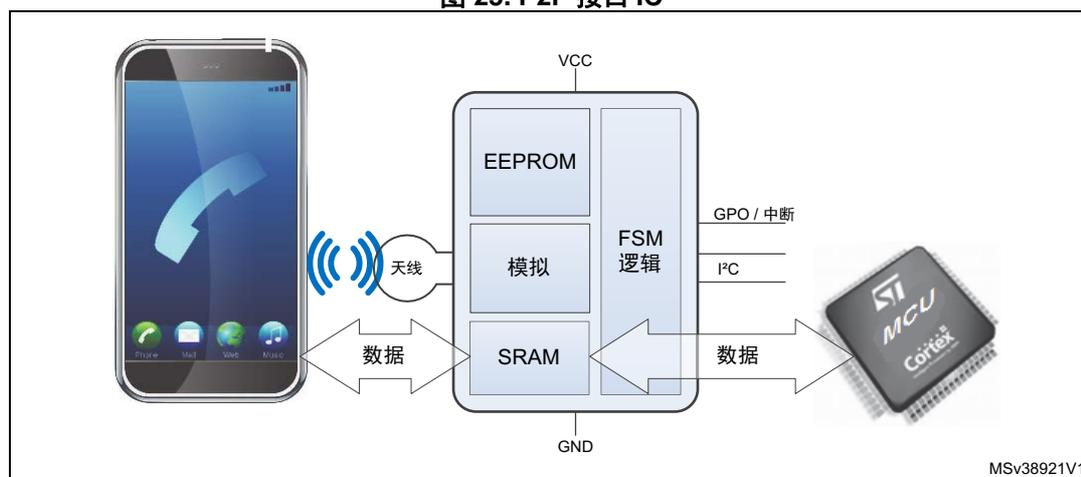
点对点（P2P）通信模式是一种主动 NFC 工作模式，需要两个主动 NFC 设备参与。两个设备也需支持负载调制，因为需要用其来进行点对点链路的初始相位设置。首先成功完成轮询过程的设备就成为发起者，并直到 P2P 交互过程结束。其他设备扮演目标的角色。

一旦建立通信链路，双方都会最大化地利用直接调制，并交替产生射频场和发送数据，然后关闭射频场，从另外一方接收数据。这类似于人们现场讨论，因为它必须在时间上及时发生。使用直接场调制可以获得更高的通信速度和效率。除动态标签 IC 功能外，支持 P2P 通信模式的接口 IC 还需要支持自身产生射频场，并提供 RAM 缓存等物理设备。

智能手机等需要支持 P2P 模式的设备利用这种 NFC 接口 IC，能够同时满足动态和静态标签接口 IC 的要求。

图 23 显示 NFC P2P 接口 IC 的典型架构框图。在意法半导体的硅集成电路产品中，ST95HF 可满足 NFC P2P 接口的要求。作为可选项，可使用 GPO/ 中断信号唤醒微控制器，从而优化系统功耗。

图 23. P2P 接口 IC



6 结论

本文档的目的在于向读者提供关于 NFC 技术的基本信息，强调其作为物联网和设备系统和系统网络组分的潜力。通过互连为用户提供价值。

文档还可以进一步引导读者研究 NFC 技术管理的标准。阅读之后，读者可以做出正确决定，购买适用于自己 NFC 相关工程的标准文本。

文档还着重介绍了意法半导体公司一些支持 NFC 功能的电子设备产品。若需更多信息，请访问 www.st.com 或者联系当地的 ST 销售办事处。

7 修订历史

表 5. 文档修订历史

日期	版本	变更
2015 年 6 月 22 日	1	初始版本。

表 6. 中文文档修订历史

日期	版本	变更
2015 年 9 月 11 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。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。

© 2015 STMicroelectronics - 保留所有权利 2015