
maxTouch® 640 节点触摸屏控制器

maXTouch® 自适应传感触摸屏技术

- 多达 32 根 X（发射）线和 20 根 Y（接收）线
- 最多可以给触摸屏分配 640 个节点
- 触摸屏尺寸为 8.17 英寸（16:10 长宽比），其中假定传感器电极间距为 5.5 mm。采用不同的电极间距和合适的传感器材料时，也可以实现其他尺寸
- 支持多点触控，能够对多达 16 个同时发生的触摸进行实时跟踪
- 支持 Microsoft® Windows® 和 Android 双引导操作系统

触摸传感器技术

- 支持分立式/外接式传感器，包括玻璃和PET薄膜传感器
- 支持内嵌式/触摸式显示屏，包括 TFT、IPS 和 OLED
- 通过显示屏刷新定时功能实现同步
- 支持标准（如菱形）和专有传感器模式（建议由 Microchip 进行设计审查）

前面板材料

- 支持 PET 或玻璃，包括曲线外形轮廓（配置和堆叠须获得 Microchip 批准）
- 玻璃为 0.4 mm 至 4.5 mm，具体取决于屏幕尺寸、触摸尺寸和堆叠
- 塑料为 0.2 mm 至 2.2 mm，具体取决于屏幕尺寸、触摸尺寸和堆叠

触摸性能

- 潮湿 / 水分补偿
 - 在冷凝水或水滴直径高达 22 mm 的条件下不会出现触控误报
 - 在冷凝水或水滴直径高达 22 mm 的条件下支持单指跟踪
- 支持手套触控
 - 可在佩戴厚度达到 1.5 mm 的手套情况下进行多指触控（受堆叠设计影响）
 - 可在佩戴厚度达到 5 mm 的手套情况下进行单指触控（受堆叠设计影响）
- 支持互电容和自电容测量，能够实现可靠的触摸检测

- 具有噪声抑制技术，能够消除环境噪声、充电器噪声和电源线噪声
 - 对于 1 Hz 和 1 kHz 之间的正弦波，最高达到 240 Vpp
 - 对于 1 Hz 和 1 kHz 之间的正弦波，最高达到 20 Vpp
- 手写笔支持
 - 支持 1 mm 接触直径的无源手写笔（受配置、堆叠和传感器设计影响）
- 扫描速度
 - 高达 250 Hz 的单指报告速率（受配置影响）
 - 10 个触摸的典型报告速率为 ≥ 100 Hz（受配置影响）
 - 在空闲状态下进行首次触摸时，初始触摸延迟时间 < 20 ms（受配置影响）
 - 可进行配置来实现功率和速度优化

片内手势

- 支持唤醒 / 解锁手势，包括符号识别

按键

- 最多 32 个节点可分配为互电容传感器按键（受其他配置影响）
- 除触摸屏阵列之外，还支持 3 个通用按键（受其他配置影响）
- 支持相邻按键抑制（AKS）技术，以防止错误按键触摸

增强算法

- 玻璃弯曲算法用于消除显示屏噪声
- 触摸抑制算法用于消除手掌等大面积无意触摸
- 手掌恢复算法用于快速恢复到正常状态

产品数据存储区

- 可在生产期间储存多达 32 字节的用户定义数据

MXT640U 1.1

节能

- 提供可编程超时设置，能够自动从活动状态转换到空闲状态
- 具有流水线模拟感应检测和数字处理功能，能够优化系统能效

应用接口

- I²C 从模式：标准 / 快速模式 400 kHz、增强快速模式 1 MHz、高速模式最高 3.4 MHz
- HID-I²C 接口用于 Microsoft® Windows® 8.x 及后续版本
- 中断用于指示何时出现报文
- SPI 调试接口用于读取实时原始数据来进行调节和调试

电源

- 数字 (Vdd) 标称值为 3.3V
- 数字 I/O (VddIO) 标称值为 3.3V
- 模拟 (AVdd) 标称值为 3.3V
- 高压内部 X 线驱动 (XVdd) 6.6V，内置电压泵
- 高压内部 X 线驱动 (XVdd) 9.9V，内置电压泵

封装

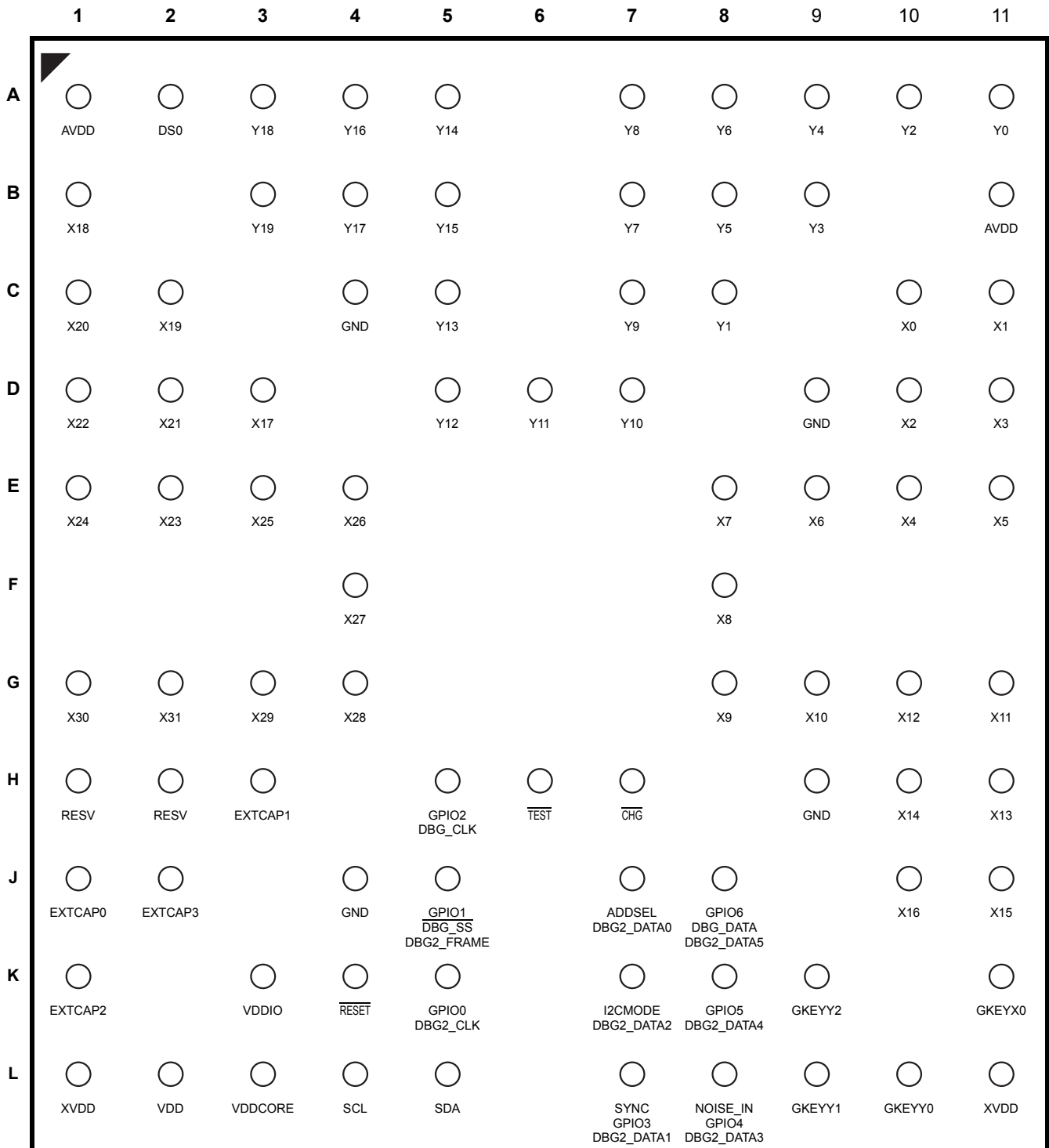
- 88 球 UFBGA 6 × 6 × 0.6 mm，引脚间距 0.5 mm
- 88 球 X1FBGA 6 × 6 × 0.45 mm，引脚间距 0.5 mm

工作温度

- -40°C 至 +85°C

引脚配置

88 球 UFBGA/X1FBGA



俯视图

MXT640U 1.1

表 0-1: 引脚列表 – 88 球 UFBGA/X1FBGA

引脚	名称	类型	电源	说明	如果未使用 ...
A1	AVDD	P	-	模拟电源	-
A2	DS0	S	AVdd	驱动屏蔽信号; 用作 X/Y 信号和地之间的保护走线	保持开路
A3	Y18	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
A4	Y16	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
A5	Y14	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
-					
A7	Y8	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
A8	Y6	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
A9	Y4	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
A10	Y2	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
A11	Y0	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
B1	X18	S	XVdd	X 线连接	保持开路
-					
B3	Y19	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
B4	Y17	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
B5	Y15	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
-					
B7	Y7	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
B8	Y5	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
B9	Y3	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
-					
B11	AVDD	P	-	模拟电源	-
C1	X20	S	XVdd	X 线连接	保持开路
C2	X19	S	XVdd	X 线连接	保持开路
-					
C4	GND	P	-	地	-
C5	Y13	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
-					
C7	Y9	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
C8	Y1	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
-					
C10	X0	S	XVdd	X 线连接	保持开路
C11	X1	S	XVdd	X 线连接	保持开路
D1	X22	S	XVdd	X 线连接	保持开路
D2	X21	S	XVdd	X 线连接	保持开路
D3	X17	S	XVdd	X 线连接	保持开路
-					
D5	Y12	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
D6	Y11	S	AVdd	Y 线连接	保持开路
-					
D7	Y10	S	AVdd	Y 线连接	保持开路

表 0-1: 引脚列表 – 88 球 UFBGA/X1FBGA (续)

引脚	名称	类型	电源	说明	如果未使用 ...
-					
D9	GND	P	-	地	-
D10	X2	S	XVdd	X 线连接	保持开路
D11	X3	S	XVdd	X 线连接	保持开路
E1	X24	S	XVdd	X 线连接	保持开路
E2	X23	S	XVdd	X 线连接	保持开路
E3	X25	S	XVdd	X 线连接	保持开路
E4	X26	S	XVdd	X 线连接	保持开路
-					
E8	X7	S	XVdd	X 线连接	保持开路
E9	X6	S	XVdd	X 线连接	保持开路
E10	X4	S	XVdd	X 线连接	保持开路
E11	X5	S	XVdd	X 线连接	保持开路
-					
F4	X27	S	XVdd	X 线连接	保持开路
F8	X8	S	XVdd	X 线连接	保持开路
G1	X30	S	XVdd	X 线连接	保持开路
G2	X31	S	XVdd	X 线连接	保持开路
G3	X29	S	XVdd	X 线连接	保持开路
G4	X28	S	XVdd	X 线连接	保持开路
-					
G8	X9	S	XVdd	X 线连接	保持开路
G9	X10	S	XVdd	X 线连接	保持开路
G10	X12	S	XVdd	X 线连接	保持开路
G11	X11	S	XVdd	X 线连接	保持开路
H1	RESV	S	-	保留以供今后使用	保持开路
H2	RESV	S	-	保留以供今后使用	保持开路
H3	EXTCAP1	P	-	通过电容连接到 EXTCAP2；请参见第 2.2 节“原理图说明”	保持开路
-					
H5	GPIO2	I/O	VddIO	通用 I/O	输入: GND 输出: 保持开路
	DBG_CLK	O		主调试时钟；请参见第 2.2.9 节“SPI 调试接口”	
H6	$\overline{\text{TEST}}$	-	VddIO	保留以供工厂使用。上拉到 VDDIO	-
-					
H7	$\overline{\text{CHG}}$	OD	VddIO	状态变化中断。上拉到 VddIO	上拉到 VddIO
-					
H9	GND	P	-	地	-
H10	X14	S	XVdd	X 线连接	保持开路
H11	X13	S	XVdd	X 线连接	保持开路
J1	EXTCAP0	P	-	通过电容连接到 EXTCAP3；请参见第 2.2 节“原理图说明”	保持开路

MXT640U 1.1

表 0-1: 引脚列表 – 88 球 UFBGA/X1FBGA (续)

引脚	名称	类型	电源	说明	如果未使用 ...
J2	EXTCAP3	P	-	通过电容连接到 EXTCAP0；请参见第 2.2 节“原理图说明”	保持开路
-					
J4	GND	P	-	地	-
J5	GPIO1	I/O	VddIO	通用 I/O	输入: GND 输出: 保持开路
	DBG_SS	O		主调试 SS 线。上拉到 VddIO；请参见第 2.2.9 节“SPI 调试接口”	
	DBG2_FRAME	O		辅助调试框架；请参见第 12.0 节“调试和调节”	
-					
J7	ADDSEL	I	VddIO	I2C 地址选择；请参见第 7.2 节“I2C 地址选择 – ADDSEL 引脚”	-
	DBG2_DATA0	O		辅助调试数据 0；请参见第 12.0 节“调试和调节”	
J8	GPIO6	I/O	VddIO	通用 I/O	输入: GND 输出: 保持开路
	DBG_DATA	O		主调试数据；请参见第 2.2.9 节“SPI 调试接口”	
	DBG2_DATA5	O		辅助调试数据 5；请参见第 12.0 节“调试和调节”	
-					
J10	X16	S	XVdd	X 线连接	保持开路
J11	X15	S	XVdd	X 线连接	保持开路
K1	EXTCAP2	P	VddIO	通过电容连接到 EXTCAP1；请参见第 2.2 节“原理图说明”	保持开路
-					
K3	VDDIO	P	-	数字 IO 接口电源	-
K4	RESET	I	VddIO	建议连接到主机系统	上拉到 VDDIO
K5	GPIO0	I/O	VddIO	通用 I/O	输入: GND 输出: 保持开路
	DBG2_CLK	O		辅助调试时钟；请参见第 12.0 节“调试和调节”	
-					
K7	I2CMODE	I	VddIO	选择 I ² C 模式；请参见第 7.0 节“主机通信”	-
	DBG2_DATA2	O		辅助调试数据 2；请参见第 12.0 节“调试和调节”	
K8	GPIO5	I/O	VddIO	通用 I/O	输入: GND 输出: 保持开路
	DBG2_DATA4	O		辅助调试数据 4；请参见第 12.0 节“调试和调节”	
K9	GKEYY2	S	AVdd	GKey Y 线连接	保持开路
-					
K11	GKEYX0	S	XVdd	X 线连接	保持开路
L1	XVDD	P	-	X 线驱动电源	-
L2	VDD	P	-	数字电源	-
L3	VDDCORE	P	-	数字内核电源	-
L4	SCL	OD	VddIO	串行接口时钟	-
L5	SDA	OD	VddIO	串行接口数据	-

表 0-1: 引脚列表 – 88 球 UFBGA/X1FBGA (续)

引脚	名称	类型	电源	说明	如果未使用 ...
-					
L7	SYNC	I	VddIO	测量同步输入	输入: GND 输出: 保持开路
	GPIO3	I/O		通用 I/O	
	DBG2_DATA1	O		辅助调试数据 4; 请参见第 12.0 节 “调试和调节”	
L8	NOISE_IN	I	VddIO	噪声存在输入	输入: GND 输出: 保持开路
	GPIO4	I/O		通用 I/O	
	DBG2_DATA3	O		辅助调试数据 4; 请参见第 12.0 节 “调试和调节”	
L9	GKEYY1	S	AVdd	GKey Y 线连接	保持开路
L10	GKEYY0	S	AVdd	GKey Y 线连接	保持开路
L11	XVDD	P	-	X 线驱动电源	-

符号表:

I	仅输入	O	仅输出	I/O	输入或输出
OD	漏极开路输出	P	接地或电源	S	传感引脚

MXT640U 1.1

目录

目录	8
致客户	9
1.0 mXT640U 概述	10
2.0 原理图	11
3.0 触摸屏基础知识	14
4.0 传感器布局	15
5.0 上电 / 复位要求	18
6.0 详细工作方式	21
7.0 主机通信	24
8.0 I ² C 通信	26
9.0 HID-I ² C 通信	32
10.0 PCB 设计考虑因素	41
11.0 mXT640U 入门	44
12.0 调试和调节	48
13.0 技术规范	49
14.0 封装信息	59
附录 A. 相关文档	62
附录 B. 版本历史	63
产品标识体系	67
MICROCHIP 网站	68
变更通知客户服务器件	68
客户支持	68

致客户

我们旨在提供最佳文档供客户正确使用 Microchip 产品。为此，我们将不断改进出版物的内容和质量，使之更好地满足您的需求。出版物的质量将随新文档及更新版本的推出而得到提升。

如果您对本出版物有任何问题和建议，请通过电子邮件联系我公司 TRC 经理，电子邮件地址为 CTRC@microchip.com。我们期待您的反馈。

最新文档

客户通知系统

<http://www.microchip.com>

查看数据手册中任意一页下边角处的文献编号即可确定其版本。文献编号中紧跟数字串后的字母是版本号，例如：DS30000000A_CN 是文档的 A 版本。

勘误表

现有器件可能带有一份勘误表，描述了实际运行与数据手册中记载内容之间存在的细微差异以及建议的变通方法。一旦我们了解到器件 / 文档存在某些差异时，就会发布勘误表。勘误表上将注明其所适用的硅片版本和文件版本。

欲了解某一器件是否存在勘误表，请通过以下方式之一查询：

- Microchip 网站； <http://www.microchip.com>
- 当地 Microchip 销售办事处（见最后一页）

在联络销售办事处时，请说明您所使用的器件型号、硅片版本和数据手册版本（包括文献编号）。

客户通知系统

欲及时获知 Microchip 产品的最新信息，请到我公司网站 www.microchip.com 上注册。

1.0 MXT640U 概述

Microchip maXTouch 系列触摸控制器为客户应用带来了业界领先的电容式触摸性能。mXT640U 采用最新一代的 Microchip 自适应感应技术，通过结合利用互电容和自电容传感系统，提供了卓越的触摸功能和稳定的用户体验。

- **享有专利的电容传感方法** – mXT640U 采用独有的电荷转移采集引擎，用于实现 Microchip 享有专利的电容传感方法。由于搭配先进的 CPU，整个触摸屏传感解决方案能够测量、分类和跟踪多个手指触摸，具有很高的精度，而且响应时间最短。
- **电容式触摸引擎（CTE）** – mXT640U 配备一个采集引擎，该引擎会使用最佳测试方法，确保在接收器输入线上几乎完全抑制寄生电容。该引擎具有足够的动态范围，能够应对预期的触摸屏自电容和互电容，这与 Microchip 专有传感器模式设计搭配使用提供了非常高的灵活性。使用玻璃或 PET 基板时，可布置一或两层 ITO 传感器。
- **触摸检测** – mXT640U 支持互电容和自电容测量，其中自电容测量用于增强互电容测量，从而生成可靠的触摸信息。当自电容测量使能时，触摸分类使用互电容和自电容触摸数据来实现。这样的好处是两种类型的测量系统能够配合使用，从而可在多种不同环境下检测触摸。

系统可以进行配置，以便在空闲和活动模式下进行不同类型的默认测量。例如，该器件可以配置为将互电容触摸作为空闲模式下的默认测量方式，并将自电容触摸作为活动模式下的默认测量方式。请注意，也可进行其他类型的扫描（例如其他类型的自电容扫描），具体取决于配置。

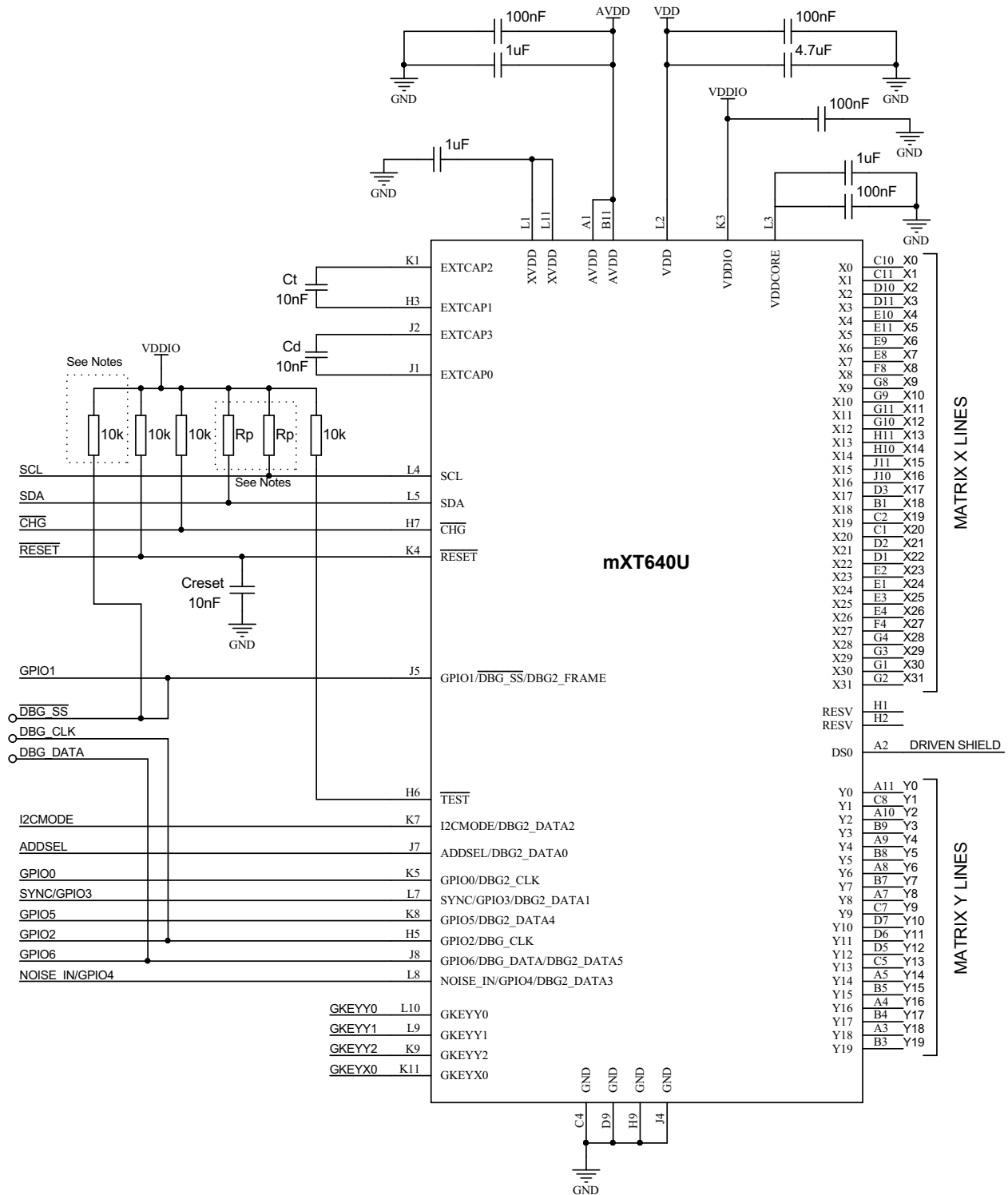
只要有可能，都会使用互电容触摸数据对触摸进行分类，因为该数据的粒度高于自电容测量，并且提供触摸的位置信息。出于这个原因，只能通过互电容触摸数据来确定多点触控。在自电容触摸默认模式下，如果自电容触摸处理检测到多点触控，则会跳过触摸屏处理，直至互电容触摸数据可用。

自电容测量使得能够在极端情况下进行单点触摸检测，例如单点厚手套触摸，这时如果只使用互电容触摸检测，则会漏过触摸。

- **消除显示屏噪声** – 模拟电路、硬件噪声处理和固件相结合，可以消除显示屏噪声，而无需额外监听通道，也无需与显示屏定时同步。这使得可以使用无屏蔽触摸传感器堆叠，包括玻璃触控。
- **噪声滤波** – 电容式触摸引擎中的硬件噪声处理提供增强型自主滤波，能够处理各种不同的噪声。因此，存在充电器和 LCD 噪声的情况下，也能够提供出色的性能。
- **处理能力** – 主 CPU 控制着两个功能强大的微序列器协处理器，功耗较低。这个系统让信号采集、预处理、后处理和后台处理能够通过高效灵活的方式进行分区。
- **解析用户意图** – Microchip 互电容和自电容混合方法提供了明确的多点触摸检测性能。mXT640U 中的算法提供了优化的触摸屏位置过滤，能够顺畅对触摸进行跟踪，对用户的有意触摸做出响应，同时防止由于环境噪声、传感器表面上的导电物质（例如水分）、用户随意放置的手掌或手指无意触摸等原因触发的触摸误报。

2.0 原理图

2.1 88 球 UFBGA/X1FBGA



请参见第 2.2 节 “原理图说明”

MXT640U 1.1

2.2 原理图说明

2.2.1 电源

传感和 I/O 引脚由器件上的供电轨供电，如表 2-1 所示。此信息也在“引脚配置”中进行了说明。

表 2-1: 传感和 I/O 引脚的电源

电源	引脚数
XVdd	X 传感引脚, GKEYX0
AVdd	Y 传感引脚, DS0
VddIO	RESET, GPION, SDA, SCL, CHG, ADDSEL, NOISE_IN, SYNC, GKEYYn, DBG_CLK, DBG_DATA, DBG_SS

2.2.2 去耦电容

所有去耦电容都必须是 X7R 或 X5R，并且与要为其充当旁路电容的引脚相距不到 5 mm。相同类型的引脚可以共享电容，不过前提是各引脚与该电容相距都不到 10 mm。

前几页上的原理图显示了所需的最佳电容。建议使用电容并联组合，以提供高频和低频滤波，如果稳压器可与该器件保持一定距离（例如，如果使用活动出线端设计），这一点非常有利。请注意，这要求 AVdd、Vdd 和 VddIO 的稳压器电源无干扰、无噪声。它还假定电容和片上电源之间的走线长度小于 50 mm。

如果引脚排列配置意味着可以共享旁路电容（满足上述条件且没有布线困难时，受引脚间距离的影响），则可以减少基础电容的数量。

2.2.3 上拉电阻

原理图中所示的上拉电阻是建议的典型值，可能需要进行修改，才能满足各个客户设计的要求。这一点尤其适用于 I²C 上拉电阻（见第 2.2.6 节“I²C 接口”）。

2.2.4 内置电压泵

电压泵作为倍压器或三倍倍压器工作。

要在三倍倍压器模式下工作，电压泵需要两个外部电容：

- EXTCAP0 必须通过电容（Cd）连接到 EXTCAP3
- EXTCAP1 必须通过电容（Ct）连接到 EXTCAP2

要在倍压器模式下工作，电压泵需要一个外部电容：

- EXTCAP0 必须通过电容（Cd）连接到 EXTCAP3
- EXTCAP1 和 EXTCAP2 应保留为不连接

电容 Cd 和 Ct 应该分别提供 10 nF 的电容。

2.2.5 VDDCORE

VddCore 由 Vdd 电源在内部生成。为了保证内置稳压器的稳定性，需要一个外部电容。

2.2.6 I²C 接口

原理图显示了 SDA 和 SCL 线上的上拉电阻。这些电阻的值取决于 I²C 接口的速度。有关详细信息，请参见第 13.9 节“I²C 规格”。

2.2.7 多功能引脚

有些引脚可能具有多种功能。在这种情况下，只能选择一种功能，并应对电路进行相应设计。

2.2.8 GPIO 引脚

mXT640U 有 7 个 GPIO 引脚。这些引脚可根据需要使用 GPIO 配置 T19 对象设置为输入或输出。

对于未使用的 GPIO 引脚，只要使用 GPIO 配置 T19 对象为它们指定已定义状态，即可将这些引脚在外部保留为不连接。默认情况下，GPIO 引脚设置为输入，如果它们未被使用，应连接到 GND。或者，也可以使用 GPIO 配置 T19 对象将它们设置为输出并保持开路。

如果 GPIO 配置 T19 对象未使能，则所有 GPIO 引脚均未用。

有些 GPIO 引脚具有其他功能。如果使用其他功能，该功能将优先于 GPIO 功能，并且该引脚不能用作 GPIO 引脚。具体来说：

- 如果正在使用 NOISE_IN 功能，则不能使用 GPIO4
- 如果正在使用 SYNC 功能，则不能使用 GPIO3
- SPI 调试接口功能是一些 GPIO 引脚共享的。有关 SPI 调试接口以及这些引脚完全未使用时该如何处理这些引脚的更多详细信息，请参见第 2.2.9 节“SPI 调试接口”。

2.2.9 SPI 调试接口

DBG_CLK、DBG_DATA 和 $\overline{\text{DBG_SS}}$ 线构成 SPI 调试接口。这些引脚应连接到所有设计上的测试点，这样它们能够在系统开发期间连接到外部硬件。另请参见第 12.1 节“SPI 调试接口”。

调试线可与其他功能共享引脚。只能为每个引脚选择一种功能，并应对电路进行相应设计。请注意，原理图中 $\overline{\text{DBG_SS}}$ 的上拉电阻是可选的，只有当该线用作 $\overline{\text{DBG_SS}}$ 时才应存在。DBG_CLK、DBG_DATA 和 $\overline{\text{DBG_SS}}$ 线不应连接到电源或 GND。出于这个原因，如果这些引脚与 GPIO 引脚共享，而且完全未被使用（即它们未被用作调试或 GPIO 引脚），则应将它们设置为输出。

3.0 触摸屏基础知识

3.1 传感器构造

触摸屏通常由多个透明电极构成。这些电极通常位于玻璃或塑料基板上。它们也可能使用非透明电极制成，例如铜或碳。电极由铟锡氧化物（ITO）或金属网构成。较厚的电极产生较低的电阻（也许为每平方米面积数十至数百 Ω ），但其弱点是光学清晰度较低。较低的电阻通常与电容传感更加兼容。较薄的电极产生较高的电阻（也许为每平方米面积数百至数千 Ω ），而且提供一些最佳光学特性。

互连的走线可能会导致问题。走线电阻与电极对地电容之间形成的过大 RC 时间常数，可能会抑制电容传感功能。在此类情况下，应使用触摸屏可视区外的丝网印刷导电油墨（非透明）来代替走线。

3.2 电极配置

Microchip 触摸屏中使用的特定电极设计是各种已申请或正在申请的专利技术。欲了解更多信息，请联系我们。

该器件支持多种电极配置，第 4.0 节“传感器布局”对这些配置进行了总结。

3.3 扫描序列

该器件会依次对所有节点进行扫描。扫描序列完全并行，以缩短整体响应时间。节点的扫描方法是首先测量第一条 X 线和所有 Y 线之间交叉处的电容变化。然后，再扫描下一条 X 线和所有 Y 线的交叉处，依此类推，直至所有 X 和 Y 组合测量完毕。

该器件可通过多种不同方式进行配置。可以禁用其中一些节点，使得根本不对它们进行扫描。这种方法可用于缩短整体扫描时间。

3.4 触摸屏灵敏度

3.4.1 调节

在不同的电极模式中，由于互连的寄生电容、控制芯片等的自然差异，触摸屏的灵敏度可能各不相同。要保持灵敏度的一致性，一个重要因素是电极设计本身。边缘会造成不连续，因此通常具有不同的灵敏度，这是触摸屏模式的自然结果。远端边缘的电极没有相邻电极，这会影晌该区域的电场分布。

灵敏度调节适用于整个触摸屏。这种调节是一个基本算法阈值，当达到该阈值时，则认为某个节点发生了足够的变化，应该被检测到。

3.4.2 机械堆叠

机械堆叠是指触摸屏上方和下方的材料层排列。触摸屏相对于机械堆叠其他部分的排列会影响屏幕的整体灵敏度。QMatrix 技术能够在传感器靠近地平面的情况下很好地工作。QMatrix 的灵敏度更多取决于发射（X）电极和接收（Y）电极之间的电场相互作用，而不是这些电极的表面积。出于这个原因，X 或 Y 电极上的杂散电容不会大幅降低灵敏度。

前面板介电材料对灵敏度有直接影响。塑料前面板通常支持检查距离最大 2.2 mm，玻璃前面板最大支持约 4.5 mm（取决于屏幕尺寸和布局）。前面板越厚，测量的电容变化的信噪比越低，因此触摸屏的分辨率也越低。一般来说，玻璃前面板几乎是最佳的选择，因为它们的电场传导能力几乎是塑料面板的二倍。

注 在使用超薄玻璃面板时，应该多加注意，因为可能出现重发效应，从而严重降低性能。

4.0 传感器布局

物理矩阵可配置为具有一个或多个触摸对象。这些是使用相应的触摸对象（多点触控触摸屏和按键阵列）来配置的。不一定所有允许的触摸对象都要存在。默认情况下，这些对象会被禁止，因此只需使能那些您希望使用的对象。

4.1 电极

该器件支持多种电极配置，总结如下：

- 触摸屏：32X × 20 Y（受其他配置影响）
- 标准按键：X/Y 栅格中最多 32 个按键（按键阵列），使用标准传感线实现
- 通用按键：X/Y 栅格中最多 3 个按键（按键阵列），使用通用按键线实现

请注意，通用按键线提供的 3 个节点不包括在该器件上允许的最多 640 个节点之内。另请注意，按键阵列必须包含通用按键线或标准传感线，但不能同时包含两者。

注 Microchip 触摸屏中使用的特定电极设计基于各种已有或正在申请的专利。欲了解更多信息，请联系我们。

4.2 触摸面板布局

在设计触摸面板的物理布局时，必须遵守以下规则：

- 通用布局规则：
 - 每个触摸对象应该是规则的矩形形状（针对它使用的线而言）。
- 多点触控触摸屏 T100 的其他布局规则：
 - 触摸屏对象**必须**从 X0、Y0 开始。
 - 多点触控触摸屏 T100 对象不能与其他触摸对象（例如按键阵列 T15）共享 X 或 Y 线。
 - 如果使用低频补偿，则自电容触摸屏必须具有偶数的 Y 线。
- 按键阵列 T15 的其他布局规则：
 - 标准按键阵列占用的 X 和 Y 线应该多于多点触控触摸屏 T100 对象使用的 X 和 Y 线
 - 按键阵列 T15 对象不能与多点触控触摸屏 T100 对象共享 X 或 Y 线。

4.3 屏幕尺寸

表 4-1 列出了实现各种不同宽高比的一些典型屏幕尺寸和电极间距组合。

表 4-1： 典型屏幕尺寸

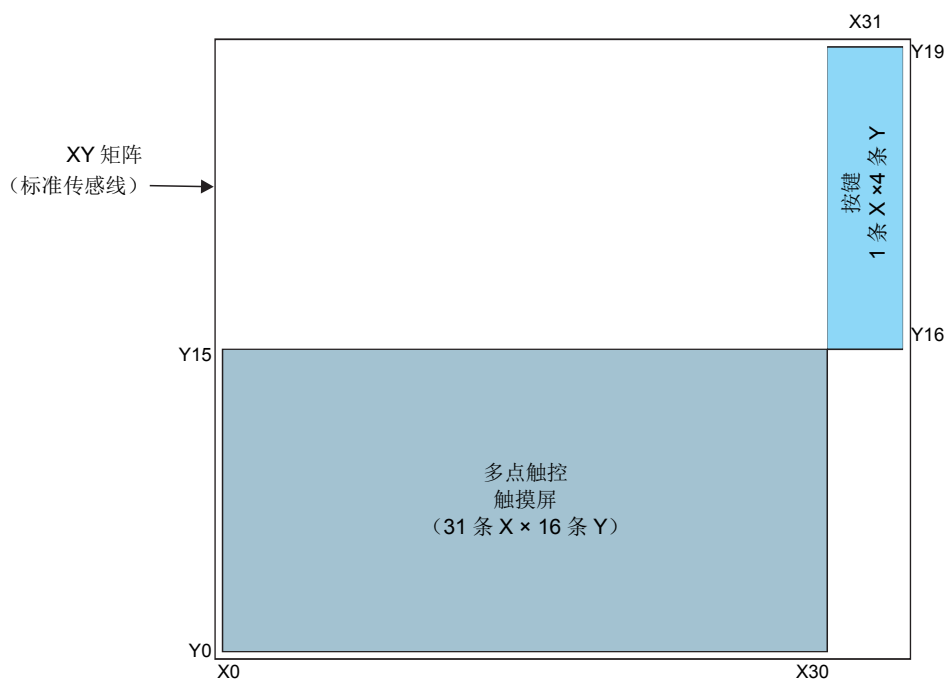
宽高比	矩阵尺寸	节点计数	屏幕对角线（英寸）			
			4.5 mm 间距	5 mm 间距	5.5 mm 间距	6 mm 间距
16:10	X = 32, Y = 20	640	6.69	7.43	8.17	8.91
16:9	X = 32, Y = 18	576	6.5	7.23	7.95	8.67
8:3	X = 26, Y = 20	520	5.81	6.46	7.1	7.75

4.4 标准按键阵列

为了在周期时间开销方面达到最佳性能，建议用于标准按键阵列的 X（驱动）线数保持为最小值，并且设计应尽可能优先使用 Y 线。

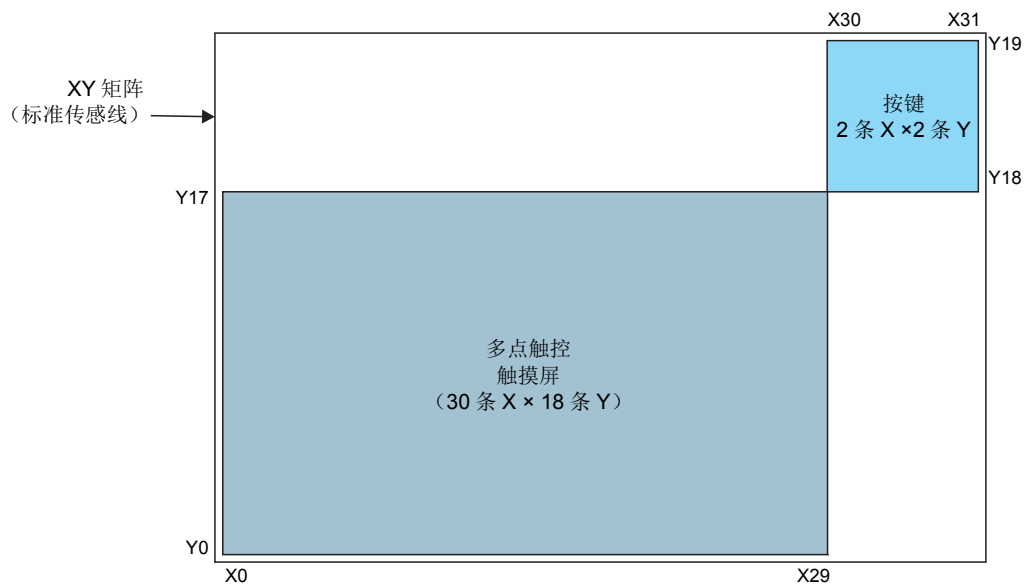
图 4-1 显示了触摸屏的布局示例，其中一个按键阵列包含 1 条 X 线 × 4 条 Y 线。请注意，在本例中，使用 1 条 X 线 × 4 条 Y 线的按键阵列性能要优于使用 4 条 X 线 × 1 条 Y 线。

图 4-1: 布局示例 – 最佳周期时间



但是, 如果想要保留更大的触摸屏尺寸并维持最佳宽高比, 则可以考虑使用X和Y线数量相等的按键阵列, 如图4-2所示。

图 4-2: 布局示例 – 最佳宽高比

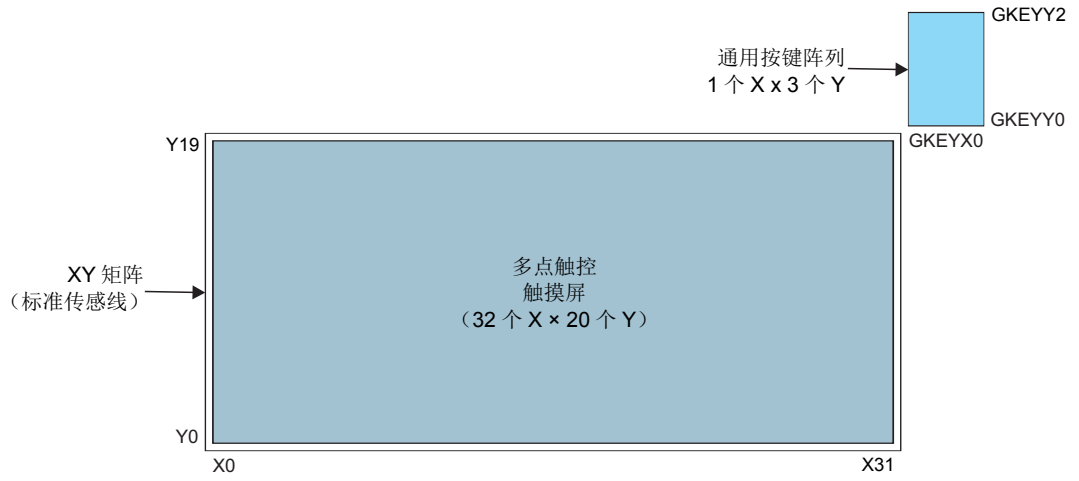


4.5 通用按键阵列

通用按键线可用于构成 3 个互电容节点, 这些节点只能用于构成按键阵列。

使用通用按键可能增加额外的噪声线测量, 进而可能影响功耗和时序。因此, 建议在有空闲互电容传感线的情况下, 使用传感线来构成标准按键阵列, 而不使用通用按键线。

图 4-3: 布局示例 – 带有通用按键的触摸屏



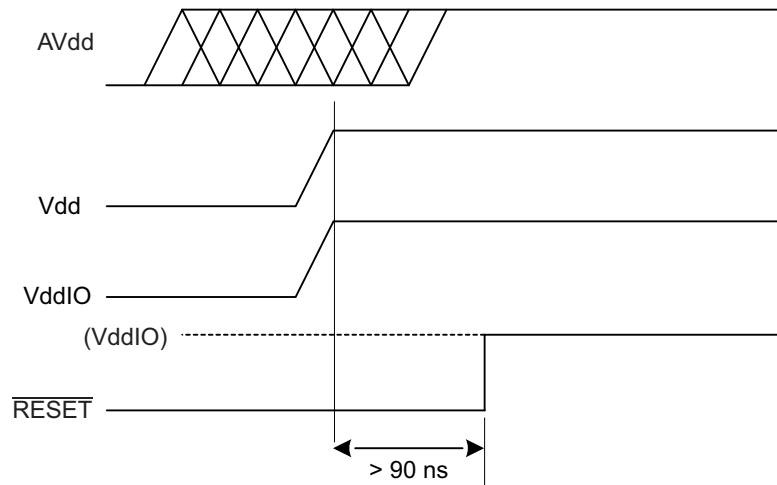
5.0 上电 / 复位要求

5.1 上电复位

该器件包含内部上电复位（POR）。

如果要使用外部复位，则在数字（Vdd）、模拟（AVdd）和数字 I/O（VddIO）电源上电期间，该器件必须处于 $\overline{\text{RESET}}$ （低电平有效）状态。在 $\overline{\text{RESET}}$ 信号无效（即变为高电平）之前，这些电源必须已经达到标称值。图 5-1 显示了这一过程。有关器件各电源的标称值，请参见第 13.2 节“建议工作条件”。

图 5-1: MXT640U 上的上电顺序控制



注意：如果在上电时使用外部 $\overline{\text{RESET}}$ ，则 VddIO 不得在 Vdd 之后使能

建议客户设计中包括让主机控制所有 maXTouch 电源并将 $\overline{\text{RESET}}$ 线拉低的功能。

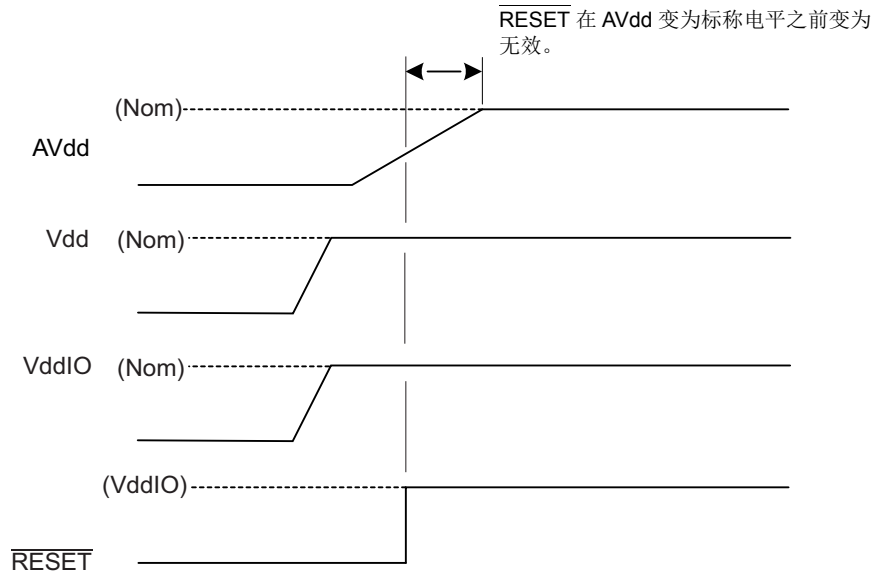
上电后，该器件通常在 38 ms 后才能准备好开始通信。

注 在所有电源都启动之后，器件初始化才会完成。如果有任何电源未启动，内部初始化将会停止，该器件将不与主机进行通信。

如果 $\overline{\text{RESET}}$ 线在 AVdd 电源达到其标称电压之前释放（见图 5-2），则主机还需要执行其他一些操作。主机控制器有两个选项：

- 在深度休眠模式下启动器件，然后发送命令序列来设置周期时间，以便唤醒器件并允许它正常运行。请注意，在这种情况下，还需要校准命令。
- 发送 RESET 命令。

图 5-2: MXT640U 上的上电顺序控制 – AVDD 上的上升延迟



必要时， $\overline{\text{RESET}}$ 引脚可用于复位器件。 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚必须置为低电平并保持至少 90 ns，才能导致复位。释放 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚之后，该器件通常在 38 ms 后才能准备好开始通信。建议将 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚连接到主机控制器，以允许它启动完全硬件复位，而无需掉电。

警告 该器件应该仅通过使用 $\overline{\text{RESET}}$ 线来进行复位。如果试图通过移除器件的电源来进行复位，而不将信号线置为低电平，则将会从接口线获取电源，该器件将不会正确复位。

确保连接到器件的所有线在上电期间都低于或等于 Vdd。例如，如果 $\overline{\text{RESET}}$ 的电源来自于 VDDIO 引脚的不同电源域，请确保它在 Vdd 关闭时保持低电平。如果做不到这一点， $\overline{\text{RESET}}$ 信号可能会通过 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚以寄生方式耦合到 Vdd 电源。

注 该器件 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚处的电压大小不得超过 VddIO（数字电源电压）。

可使用软件复位命令（使用命令处理器 T6 对象）来复位芯片。软件复位通常需要 57 ms。芯片完成复位之后，它将使 CHG 线置位，以向主机发出信号，指示有可用的报文。复位标志在报文处理器对象中置 1，用于向主机指示它刚刚完成了复位周期。主机可以使用这个位来检测任何意外欠压事件。这使主机能够采取任何必要的校正措施，例如重新配置。

注 在上电或复位过程中， $\overline{\text{CHG}}$ 线会暂时设置为输入。因此，在这个期间，应该允许该线通过 $\overline{\text{CHG}}$ 线上拉电阻置为高电平，这一点非常重要。它不应由主机驱动（见第 13.6.3 节“复位时序”）。

上电时，该器件会执行自检例程（使用自测试 T25 对象），以检查是否存在可能导致器件损坏的短路。

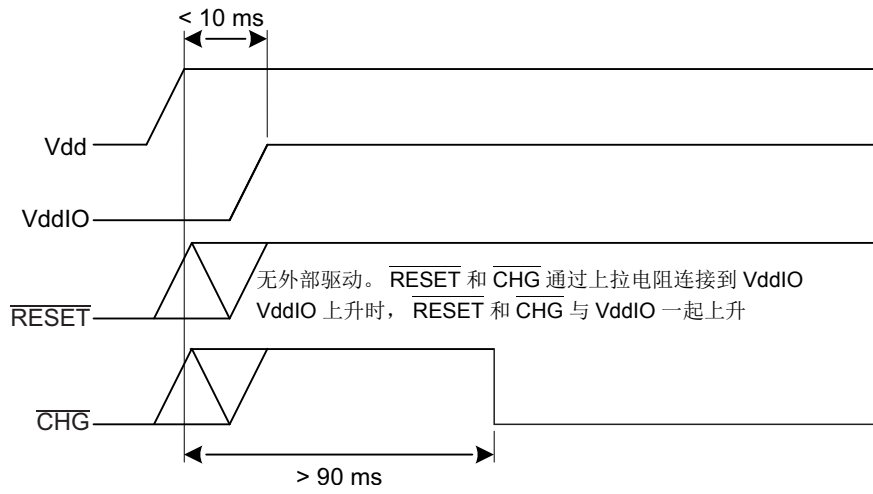
5.2 上电和复位序列 – VddIO 在 Vdd 后使能

在 VddIO 必须在 Vdd 后上电的应用中，可以使用图 5-3 所示的上电序列。

在这种情况下，与 maXTouch 器件的通信接口不由主机系统驱动。 $\overline{\text{RESET}}$ 和 $\overline{\text{CHG}}$ 引脚通过合适的上拉电阻连接到 VddIO。Vdd 先上电，在 Vdd 上电后 10 ms 内 VddIO 接着上电。由于上拉电阻， $\overline{\text{RESET}}$ 和 $\overline{\text{CHG}}$ 将与 VddIO 一起上升。内部 POR 系统确保器件能够可靠引导， $\overline{\text{CHG}}$ 线将在 Vdd 上电后大约 38 ms 变为低电平，以通知主机器件已经准备好开始通信。

MXT640U 1.1

图 5-3: 上电序列



6.0 详细工作方式

6.1 触摸检测

mXT640U 支持互电容和自电容测量，其中自电容测量用于增强互电容测量，从而生成可靠的触摸信息。

当自电容测量使能时，触摸分类使用互电容和自电容触摸数据来实现。这样的好处是两种类型的测量系统能够配合使用，从而可在多种不同环境下检测触摸。

只要有可能，都会使用互电容触摸数据对触摸进行分类，因为该数据的粒度高于自电容测量，并且提供触摸的位置信息。

另一方面，自电容测量支持在极端情况下进行单点触摸检测，例如单点厚手套触摸。这类触摸只能通过自电容数据检测到，而如果使用互电容触摸检测，则可能会被漏掉。

6.2 工作模式

该器件提供两种工作模式：**活动**（检测到触摸）和**空闲**（未检测到触摸）。这两种模式都有一系列的突发周期。每个周期包括一个短突发（在此期间进行测量），后跟一个非活动休眠期。这两种模式之间的差异是周期的长度。空闲模式下的周期通常具有更长的休眠期。周期长度使用电源配置 T7 中的 IDLEACQINT 和 ACTVACQINT 设置来配置。另外还提供 *活动到空闲超时* 设置。

6.3 检测积分器

该器件具有触摸检测积分机制。这种机制通过可靠的方式来确认检测。每当触摸超过对应阈值且在当前采集过程中保持在阈值以上时，计数器就会递增。当这个计数器达到预设的限制时，即会最终声明传感器被触摸。在任何采集过程中，如果信号没有超过阈值水平，该计数器会被清零，这一过程必须从头开始。

检测积分器使用相应的触摸对象（多点触摸触摸屏 T100、按键阵列 T15）来配置。

6.4 传感器采集

采集时间使用采集配置 T8 对象来设置。

多个因素都会影响单个驱动线的采集时间，而传感器的总采集时间不得超过 250 ms。如果不满足这个条件，将会报告 SIGERR。

在配置可能影响测量定时的所有对象时，例如采集配置 T8、CTE 配置 T46 和自电容配置 T111，应该多加注意，确保没有超过这些限制。

6.5 校准

在校准过程中，传感器芯片会评估每个节点上的背景电容。节点仅在复位时和以下情况下进行校准：

- 节点使能（即被激活）

或

- 节点已经使能，并且发生以下情况之一：
 - 节点保持在检测状态下的时间超过“触摸自动校准”设置（采集配置 T8 对象中的 TCHAUTOCAL）
 - 在触摸的相反方向上，某个节点上的信号增量至少达到触摸阈值（TCHTHR - TCHHYST），同时符合“触摸恢复过程”中导致重新校准的条件
 - 主机发出重新校准命令
 - 某些配置设置被更改

MXT640U 1.1

在校准开始和完成时会生成状态报文。

请注意，该器件执行全局校准；也就是说，所有节点会一起校准。

6.6 数字滤波和噪声抑制

mXT640U 支持对从传感器收到的采集数据进行片上滤波。具体来说，噪声抑制 T72 对象提供了一种算法，可用于抑制噪声的影响（例如，用户产品上所插接的有噪声充电器发出噪声）。这种算法能够在运行时自动调整一些采集参数，以便对从传感器收到的模数转换（ADC）进行滤波。

自电容噪声抑制 T108 对象提供了更多噪声抑制。自电容噪声抑制 T108 对象在设计和配置上与噪声抑制 T72 对象相似，是自电容触摸测量的噪声抑制接口。

当检测到噪声源时，则会触发噪声抑制。

- 硬件触发可以使用 NOISE_IN 引脚来实现。
- 主机驱动代码可以指示何时存在噪声源。
- 噪声抑制也会使用内部线路测量来根据检测到的噪声级别触发。噪声抑制 T72 和自电容噪声抑制 T108 对象选择适当的控制来抑制系统中存在的噪声。

6.7 无屏蔽支持和显示屏噪声抑制

即便使用有噪声的 LCD，mXT640U 也能够支持无屏蔽传感器设计。

最佳积分功能本身并不能进行滤波，但它让用户能够使用较短的积分窗口。这个积分窗口可优化针对所收集噪声量而收集到的电荷量，从而确保达到最佳信噪比。此功能还能让存在外部噪声源的系统受益。此功能使用 Shieldless T56 对象来配置。

借助显示屏噪声抑制，该器件能够同时克服显示屏噪声和外部噪声。此功能基于玻璃弯曲 T65 对象提供的滤波（请参见第 6.10 节“玻璃弯曲”）。

6.8 重新传输补偿

该器件可以限制由于接地耦合不良而对互电容触摸信号产生的负面影响，例如灵敏度不佳和触摸中断。这个使用重发补偿 T80 对象来实现。此对象可配置为允许触摸屏对由这些负面影响导致的信号恶化进行补偿。如果还计划进行自电容测量，重发补偿 T80 对象将使用得到的数据来增强补偿过程。

如果计划进行自电容测量，重发补偿 T80 对象还能对传感器上存在水的情况进行补偿。这种情况下，会同时使用互电容和自电容测量来检测湿度，并在检测到湿度后，使用自电容测量来检测单点触摸。

6.9 握持抑制

该器件具有握持抑制功能，用于抑制用户握持导致的错误检测。

互电容握持抑制的工作方式是在触摸屏周围指定一个边界，这个边界范围内的触摸可能被抑制，而触摸屏的中心仍然允许触摸。这样确保屏幕边缘的无意手部触摸被抑制，同时仍然允许屏幕中心的真正手指触摸。互电容握持抑制使用握持抑制 T40 对象来配置。

自电容握持抑制的工作方式是沿着触摸屏边界寻找自电容测量中的特征形状，从而让传感器进一步区分握持和触摸。自电容握持抑制使用自电容握持抑制 T112 对象来配置。

6.10 玻璃弯曲

该器件支持利用算法来消除测量信号中的干扰。

当传感器遇到屏幕变形（玻璃弯曲）时，正常程序采集的信号值会被干扰分量（弯曲）破坏。弯曲量取决于：

- 传感器的机械和电气特性
- 用户触摸对传感器施加的力大小和位置

玻璃弯曲 T65 对象测量弯曲分量，并补偿弯曲导致的任何失真。由于弯曲分量主要受用户触摸力度的影响，因此它可作为确定是否存在触摸的第二来源。玻璃弯曲 T65 对象的另一个优点是它还可以消除 LCD 噪声。

6.11 手套检测

该器件具有手套检测算法，用于处理从触摸屏接收到的测量数据，能够将触摸归类为可能的手套触摸。

手套检测 T78 对象用于检测手套触摸。在正常模式下，手套检测 T78 对象会将健全的手套分类功能应用于小信号触摸，以最大程度地减少手指无意悬停报告的影响。发现手套触摸后，手套检测 T78 对象会进入手套信任模式。在这种模式下，该器件认为用户佩戴了手套，因此分类过程不太严格。

6.12 手写笔支持

mXT640U 接受无源手写笔触摸的特定特性，同时仍然能够检测到传统的手指触摸。手写笔的触摸灵敏度和阈值控制与传统手指触摸是分开配置的，因此这两种类型的触摸都能够检测到。

手写笔支持确保手写笔的小面积触摸会被触摸屏注册为触摸，否则会被认为触摸面积太小。此外，一些控件能够将手写笔触摸与无意的手指触碰（例如握住手写笔的手指）区分开来。

无源手写笔触摸由无源手写笔 T47 对象来配置。该器件上的每个多点触摸触摸屏 T100 对象都有一个无源手写笔 T47 对象实例。

6.13 无意触摸抑制

触摸抑制 T42 对象提供了一种机制，可以抑制身体部位（例如脸部、耳朵或手掌）大面积无意触摸而导致的错误检测。触摸抑制 T42 对象还提供了最大触摸抑制功能，即如果检测到超过指定数量的触摸，则抑制所有触摸。该器件上的每个多点触摸触摸屏 T100 对象都有一个触摸抑制 T42 对象实例。

6.14 相邻按键抑制技术

相邻按键抑制（AKS）技术是一项专利检测方法，用于在多个触摸对象彼此靠近时，检测哪一个触摸对象（多点触摸触摸屏 T100 或按键阵列 T15）被触摸，并抑制其他触摸对象上的触摸。

该器件提供两个级别的 AKS：

- 第一个级别在触摸对象（多点触摸触摸屏 T100 和按键阵列 T15）之间工作。各触摸对象被分配到多个 AKS 组。如果某个组中的某个触摸对象内发生触摸，则该组内其他对象的触摸将被抑制。例如，如果触摸屏和按键阵列被分配到同一个 AKS 组，则触摸屏的触摸将会抑制按键阵列的触摸，反之亦然。同一对象可以位于多个 AKS 组中。
- 第二个级别的 AKS 是各个按钮阵列对象的内部 AKS。如果内部 AKS 已使能，则当用户触摸某个按键时，按键阵列内所有其他按键上的触摸将被抑制。请注意，其他类型的触摸对象上不存在内部 AKS。

7.0 主机通信

mXT640U 与主机之间的通信使用以下接口之一来实现：

- I²C（见第 8.0 节“I²C 通信”）
- HID-I²C（见第 9.0 节“HID-I²C 通信”）

这两种主机接口都可以使用，具体取决于用户项目的需求，但任何设计中都只能使用其中一种接口。

7.1 I²C 模式选择 – I2CMODE 引脚

对 I²C 或 HID-I²C 模式的选择是通过连接 I2CMODE 引脚来决定的，具体如表 7-1 中所述。

表 7-1: I²C 模式选择

I2CMODE	选定接口
连接至 GND	HID-I ² C
上拉到 VddIO ⁽¹⁾	I ² C
悬空	根据 I ² C 地址选择模式（由 ADDSEL 引脚确定）。有关更多信息，请参见第 7.1.1 节“I ² C 和 HID-I ² C 模式的自动选择”。

注 1: 需要上拉电阻；请参见第 2.0 节“原理图”

7.1.1 I²C 和 HID-I²C 模式的自动选择

如果 I2CMODE 引脚保持悬空（也就是自动模式选择），该器件将在这两个 I²C 地址上进行监听，并根据收到的第一个报文来自动选择要使用的协议。在这种情况下，ADDSEL 引脚决定主要和辅助 I²C 地址，进而决定要使用的通信模式。如果检测到主要 I²C 地址，则使用 I²C 进行通信；如果检测到 I²C 辅助地址，则使用 HID-I²C。

表 7-2 中总结了两种通信模式和 I²C 地址的选择情况。

表 7-2: 通信模式选择

I2CMODE	ADDSEL	模式
0 (选择 HID-I ² C)	0 (地址 = 0x4A)	检测到 0x4A 时进行 HID-I ² C 通信
	1 (地址 = 0x4B)	检测到 0x4B 时进行 HID-I ² C 通信
1 (选择 I ² C)	0 (地址 = 0x4A)	检测到 0x4A 时进行 I ² C 通信
	1 (地址 = 0x4B)	检测到 0x4B 时进行 I ² C 通信
没有输入或输入悬空 (自动选择)	0 (主要地址 = 0x4A, 辅助地址 = 0x4B)	检测到 0x4A (主要地址) 时进行 I ² C 通信 检测到 0x4B (辅助地址) 时进行 HID-I ² C 通信
	1 (主要地址 = 0x4B, 辅助地址 = 0x4A)	检测到 0x4B (主要地址) 时进行 I ² C 通信 检测到 0x4A (辅助地址) 时进行 HID-I ² C 通信

7.2 I²C 地址选择 – ADDSEL 引脚

如果 I2CMODE 引脚没有悬空（也就是说，选择了特定模式），则通过按照表 7-3 中所述连接 ADDSEL 引脚来选择 I²C 地址。

表 7-3: I²C 地址选择

ADDSEL	I ² C 地址
连接至 GND	0x4A
上拉到 VddIO ⁽¹⁾	0x4B

注 1: 需要上拉电阻；请参见第 2.0 节“原理图”

8.0 I²C 通信

器件可以使用 I²C 接口进行通信。

I²C 接口会与 $\overline{\text{CHG}}$ 线结合使用。 $\overline{\text{CHG}}$ 线变为活动状态表示有新数据包可用。这提供了中断样式接口，允许器件在发生内部变化时提供数据包。

有关选择 I²C 模式的信息，请参见第 7.0 节“主机通信”。

8.1 I²C 地址

该器件支持两个 I²C 器件地址，这些地址是在启动时使用 ADDSEL 线选择的。两个内部 I²C 器件地址是 0x4A 和 0x4B。地址（和通信模式）的选择如第 7.2 节“I²C 地址选择 – ADDSEL 引脚”中所述。

通过 I²C 接口传输时，I²C 地址左移，形成 SLA+W 或 SLA+R 地址，如表 8-1 所示。

表 8-1: I²C 地址的格式

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
地址: 0x4A 或 0x4B							读取 / 写入

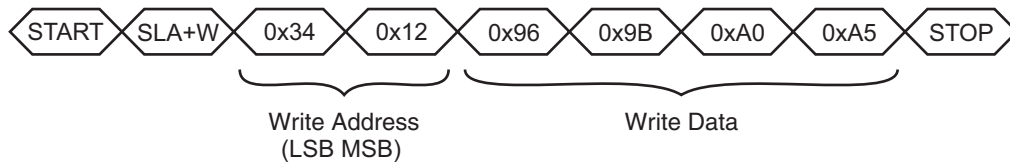
8.2 写入器件

器件的写入周期包括 START 条件，后跟器件的 I²C 地址（SLA+W）。接下来的两个字节是写入开始位置的地址。第一个字节是地址的最低有效字节（LSB），第二个字节是最高有效字节（MSB）。然后，这个地址存储作为地址指针。

多字节传输中的后续字节构成实际数据。这些字节会被写入地址指针对应的位置、地址指针 +1 对应的位置、地址指针 +2 对应的位置，依此类推。当检测到写入周期 STOP 条件时，地址指针返回到起始值。

图 8-1 显示了将四字节数据写入从 0x1234 开始的相邻地址的示例。

图 8-1: 从地址 0X1234 开始写入四字节数据的示例



8.3 校验和模式下的 I²C 写入

在 I²C 校验和模式下，所有 I²C 写入都会增加一个 8 位 CRC。CRC 在数据写入的末尾、STOP 条件之前作为最后一个字节发送。发送的所有字节都包含在 CRC 中，其中包括两个地址字节。即便 CRC 失败，发送到器件的任何命令或数据也会进行处理。

为了指示要在写入操作中发送校验和，地址 MSB 的最高有效位置 1。例如，图 8-2 中显示的 I²C 命令会将值 150 (0x96) 写入地址 0x1234，并包含校验和。地址会更改为 0x9234，以指示属于校验和模式。

图 8-2: 写入地址 0X1234（包含校验和）的示例



8.4 从器件读取

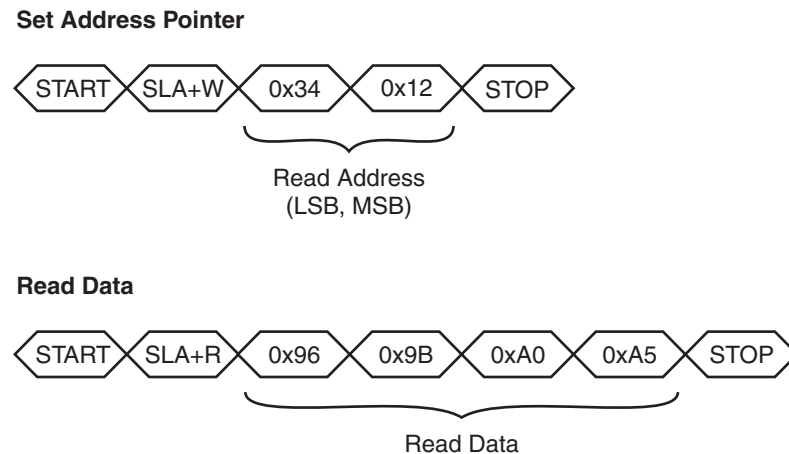
必须发生两个 I²C 总线活动，才能从器件读取。第一个活动是 I²C 写入，用于设置地址指针（先写入 LSB，然后写入 MSB）。第二个活动是实际的 I²C 读取，用于接收数据。当检测到读取周期 NACK 条件时，地址指针返回到起始值。

不需要在每次读取前都设置地址指针。在每次读取操作后，地址指针会自动更新。如果读取按顺序进行，那么地址指针将是正确的。要特别说明的是，从报文处理器 T5 对象读取多个报文时，地址指针会自动复位，以允许进行连续读取（见第 8.5 节“利用 DMA 读取状态报文”）。

写入和读取周期包括 START 条件，后跟器件的 I²C 地址（分别是 SLA+W 或 SLA+R）。请注意，在这种模式下，不支持计算数据包的校验和。

图 8-3 显示了从地址 0x1234 开始读取四个字节的 I²C 命令。

图 8-3: 从地址 0X1234 开始读取四字节数据的示例



8.5 利用 DMA 读取状态报文

该器件可以方便地使用单个连续读取操作来轻松读取多个报文。这使得主机硬件能够使用直接存储器访问（DMA）控制器来快速读取报文，如下所示：

1. 如有必要，主机使用写入操作，将地址指针设置为报文计数 T44 对象的开头。请注意，读取末尾的 STOP 条件会将地址指针复位到初始位置，因此在上次报文读取结束后，地址指针可能已经指向报文计数 T44 对象。如果每个报文均需要校验和，则读取地址 MSB 的最高有效位必须置 1。
2. 主机通过发送 START 条件，开始报文的读取操作。
3. 主机读取报文计数 T44 对象（一个字节），以检索待处理报文计数。
4. 主机将报文计数乘以报文处理器 T5 对象的大小，计算得出要读取的字节数量。请注意，主机应该已经在初始化代码中读取了报文处理器 T5 对象的大小。
5. 请注意，对象表中记录的报文处理器 T5 对象大小包括一个校验和字节。如果没有请求校验和，则应从该对象大小中减去一个字节。
也就是说：字节数 = 计数 × (大小 - 1)。
6. 主机读取计算得出的报文字节数。在报文读取过程中，主机务必“不”能发送 STOP 条件，因为这样将终止连续的读取操作并复位地址指针。在报文之间不得发送 START 和 STOP 条件。
7. 在最后一个报文读取完毕之后，主机在读取操作末尾发送 STOP 条件。STOP 条件之前的 NACK 条件会将地址指针复位到报文计数 T44 对象的开头。

图 8-4 显示了使用连续读取操作从器件读取三个报文（不包括校验和）的示例。图 8-5 显示了包括校验和的相同示例。

图 8-4: 连续报文读取示例 – 不含校验和

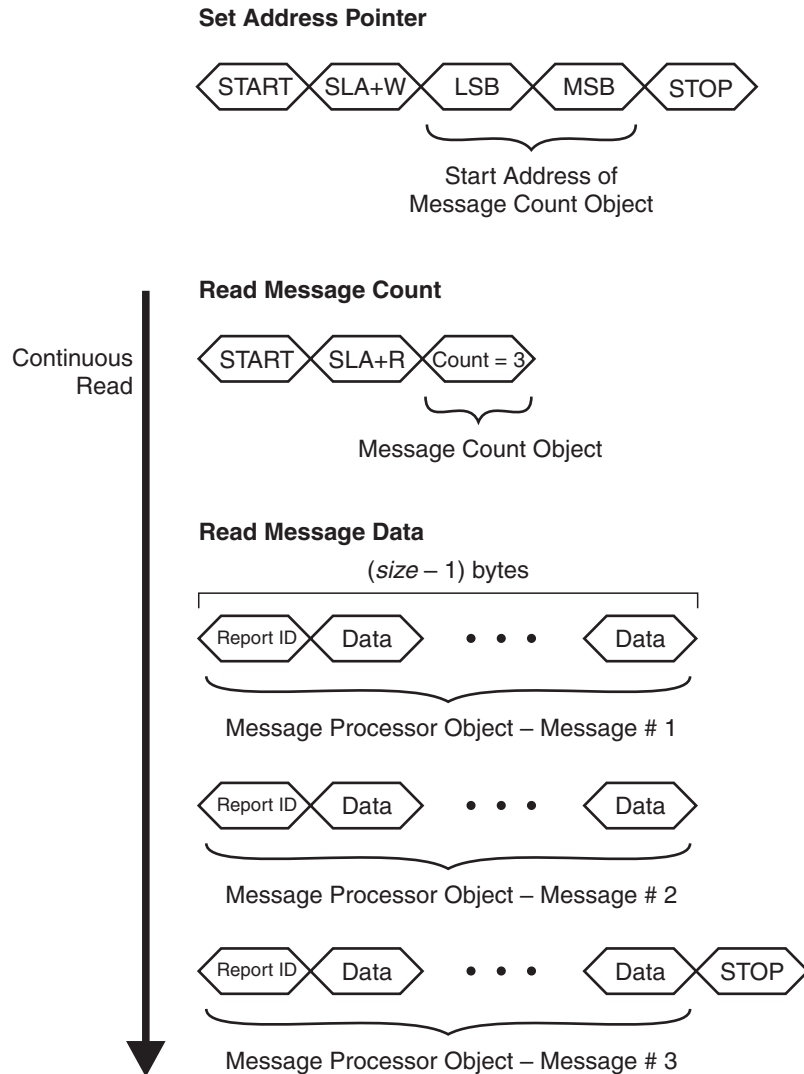
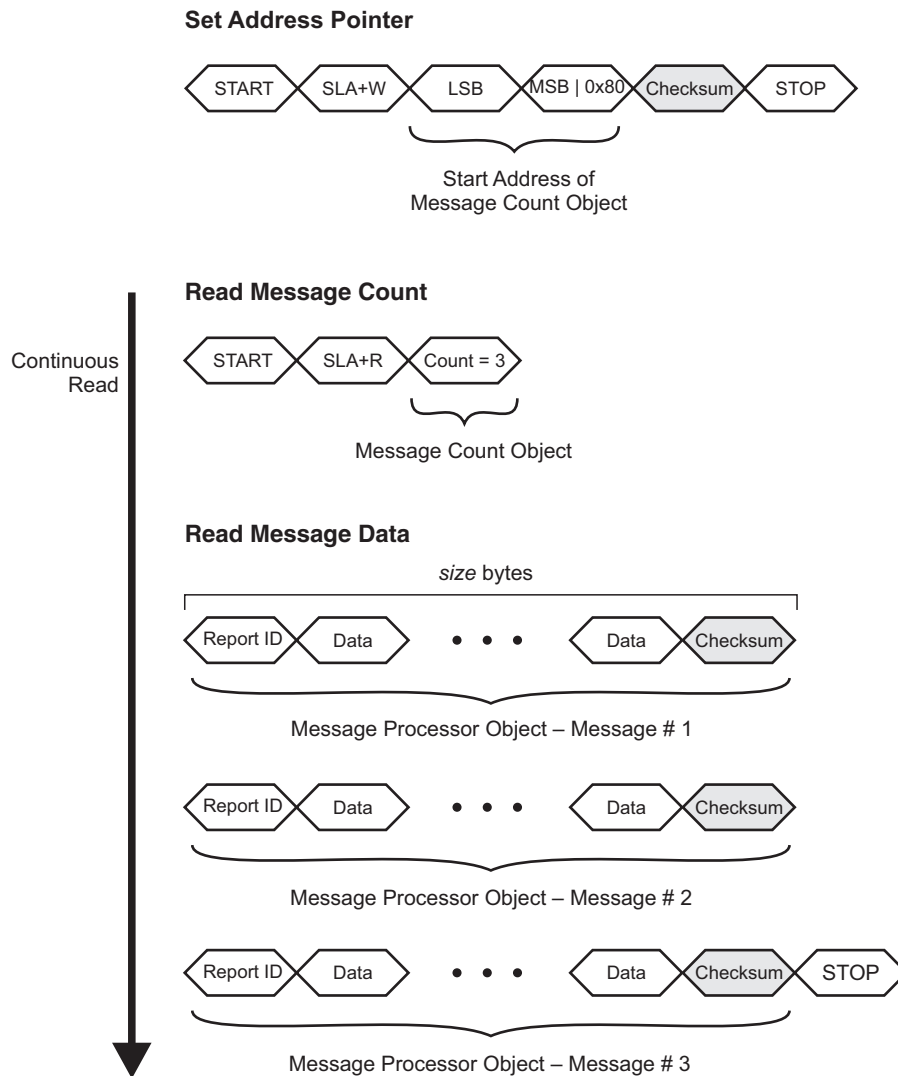


图 8-5: 连续报文读取示例 – I²C 检验和模式

其他任何 I²C 读取都没有添加校验和。不过，可为所有 I²C 写入添加一个 8 位 CRC，如第 8.3 节“校验和模式下的 I²C 写入”所述。

第 8.6 节“CHG 线”中介绍了使用 CHG 线读取报文的另一种方法。

8.6 CHG 线

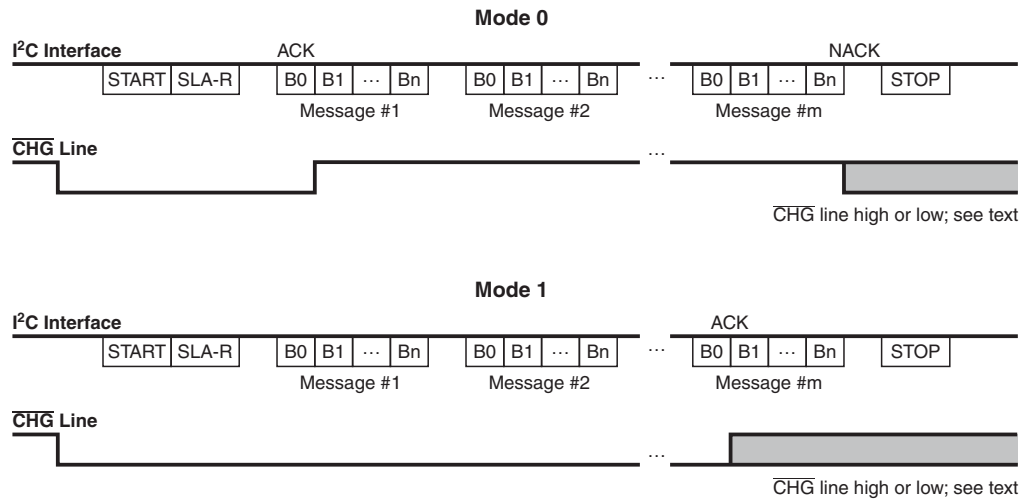
CHG 线是低电平有效的漏极开路输出，用于向主机发出提醒，指出报文处理器 T5 对象中有可用的新报文。这为主机提供了一个中断样式接口，使主机有可能快速做出响应。它减少了对无用 I²C 通信的需求。

在正常使用期间，CHG 线应该始终配置为主机上的输入。在上电或复位后，这一点尤其重新（见第 5.0 节“上电 / 复位要求”）。

需要为 VddIO 提供上拉电阻（见第 2.0 节“原理图”）。

用于 I²C 通信时，CHG 线支持两种工作模式，具体由通信配置 T18 对象定义。

图 8-6: $\overline{\text{CHG}}$ 线模式 (用于 I²C 传输)



在模式 0 中 (边缘触发操作):

1. $\overline{\text{CHG}}$ 线变为低电平, 以指示存在报文。
2. 当第一个报文的第一个字节 (即它的报告 ID) 已发送和确认 (ACK 已发送), 且下一个字节已在缓冲器中准备就绪时, $\overline{\text{CHG}}$ 线变为高电平。
3. 如果没有其他报文, I²C 传输末尾的 STOP 条件会使 $\overline{\text{CHG}}$ 线保持高电平。否则, $\overline{\text{CHG}}$ 线会变为低电平, 以指示还有其他报文。

请注意, 模式 0 也允许主机仅通过继续读取字节而不发出 STOP 条件, 来连续读取报文。当收到报告 ID 255 (“无效报文”) 时, 报文读取应该结束。或者, 主机通过在收到报文的最后一个字节后发送 NACK 并后跟 STOP 条件, 来结束传输。如果还有其他报文, $\overline{\text{CHG}}$ 线会再次变为低电平, 与步骤 1 中相同。在这种模式下, I²C 读取期间无需检查 $\overline{\text{CHG}}$ 线的状态。

在模式 1 中 (电平触发操作):

1. $\overline{\text{CHG}}$ 线变为低电平, 以指示存在报文。
2. 如果在当前报文之后还有更多报文要发送, $\overline{\text{CHG}}$ 线会保持低电平。
3. 只有当最后一个报文的第一个字节 (即它的报告 ID) 已发送和确认 (ACK 已发送), 且下一个字节已在输出缓冲器中准备就绪时, $\overline{\text{CHG}}$ 线才会再次变为高电平。

模式 1 允许主机连续读取报文, 直至 $\overline{\text{CHG}}$ 线变为高电平, 而 $\overline{\text{CHG}}$ 线的状态决定主机是否应该继续从器件接收报文。

注 只有在报文之间才应检查 $\overline{\text{CHG}}$ 线的状态, 而不是在报文的字节之间检查。由于无法预测 $\overline{\text{CHG}}$ 线状态发生改变的精确时刻, 因此无法在字节之间保证 $\overline{\text{CHG}}$ 线的状态。

通信配置 T18 对象可用于配置 $\overline{\text{CHG}}$ 线的行为。除上述 $\overline{\text{CHG}}$ 线工作模式之外, 此对象还允许直接控制 $\overline{\text{CHG}}$ 线的状态。

8.7 SDA 和 SCL

I²C 分别使用 SDA 和 SCL 来传输数据和时钟。它们是漏极开路。该器件只能将这些线驱动至低电平, 或者让它们保持开路。如果没有 I²C 器件将该线拉低, 则端接电阻 (R_p) 会将该线上拉到 V_{ddIO}。

考虑到总线上还有其他负载, 因此应该选择端接电阻, 使得 SDA 和 SCL 上的上升时间符合 I²C 规范中规定的接口速度。为了达到最佳延迟性能, 建议不要让其他器件与 maXTouch 共享 I²C 总线。

8.8 时钟拉伸

该器件支持根据 I²C 规范进行时钟拉伸。当该器件内部处于繁忙状态时，如果期间发生通信事件，也可能激发时钟拉伸。最大时钟拉伸为大约 10 – 15 ms。

MXT640U 1.1

9.0 HID-I²C 通信

该器件为 HID-I²C 器件，提供两个顶层集合（TLC）：

- **通用 HID-I²C** – 提供通用 HID-I²C 接口，让主机能够使用基于对象的协议（OBP）与器件进行通信。
- **数字转换器 HID-I²C** – 为主机提供触摸信息。Microsoft Windows 无需额外软件，即可支持此接口。

有关选择 HID-I²C 模式的信息，请参见第 7.0 节“主机通信”。

其他功能与第 8.0 节“I²C 通信”中所述的标准 I²C 通信相同。

有关 HID-I²C 规范的信息，请参见 Microsoft HID-I²C 文档“HID Over I²C Protocol Specification – Device Side”。

9.1 I²C 地址

请参见第 8.1 节“I²C 地址”。

9.2 器件规范

该器件符合 HID-I²C 规范 V1.0。它的规范如表 9-1 所示。

表 9-1: 器件规范

参数	值
供应商 ID	0x03EB (Microchip)
产品 ID	0x2163 (mXT640U)
版本 ID	16 位版本和内部版本标识符，格式为 0xVVBB，其中： VV = 主版本（前 4 位）/ 次版本（后 4 位） BB = BCD 格式的内部版本号
HID 描述符地址	0x0000

9.3 HID 描述符

主机应该在初始化时读取 HID 描述符，以确定 HID 器件的关键属性。这包括用于与 HID 器件通信的报告描述和报告 ID。HID 描述符地址为 0x0000。

请注意，主机驱动程序不得对报告数据包格式、数据位置或报告 ID 做出任何假设。这些信息必须从 HID 描述符读取，因为它们在固件的未来版本中可能会更改。

有关如何读取 HID 描述符的更多信息，请参见 Microsoft HID-I²C 文档。

9.4 HID-I²C 报告 ID

表 9-2 描述了发送到主机的报告中使用的 HID-I²C 报告 ID。

注 “HID-I²C 报告 ID”一词不应与对象协议中使用的“报告 ID”相混淆；两者是完全不同的概念。有关“对象协议报告 ID”使用的更多信息，请参见 *mXT640U 1.1 Protocol Guide*。

表 9-2: HID-I²C 报告 ID

报告 ID	说明	顶层集合
0x06	对象协议（OBP）命令和响应 (见第 9.5 节“通用 HID-I ² C TLC”)	通用 HID-I ² C

表 9-2: HID-I²C 报告 ID (续)

报告 ID	说明	顶层集合
0x01	触点报告 (见第 9.6.1 节“触点报告”)	数字转换器 HID-I ² C
0x02	最大触点数 (表面触点) 报告 (见第 9.6.3 节“最大触点数报告”)	数字转换器 HID-I ² C
0x05	触控硬件质量保证 (THQA) 报告 (见第 9.6.4 节“触控硬件质量保证 (THQA) 报告”)	数字转换器 HID-I ² C

9.5 通用 HID-I²C TLC

通用 HID-I²C TLC 支持从器件接收数据的输入报告，以及将数据发送到器件的输出报告。

命令由主机使用输出报告发送。来自器件的响应使用输入报告发送。

支持的命令包括：

- 读取 / 写入存储器映射
- 发送自动返回报文

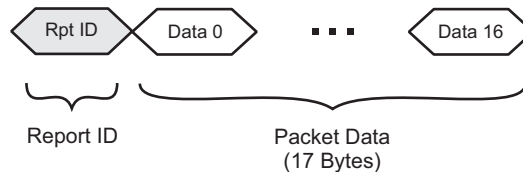
使用的 HID-I²C 报告 ID 是用于对象协议命令和响应的报告 ID；对应的值详见表 9-2。

9.5.1 读取 / 写入存储器映射命令

此命令用于执行对器件存储器映射的读取 / 写入操作。

读取 / 写入命令的数据包由 18 个字节组成，首先是 1 个字节的 HID-I²C 报告 ID，后面是 17 个字节的数据 (见图 9-1)。

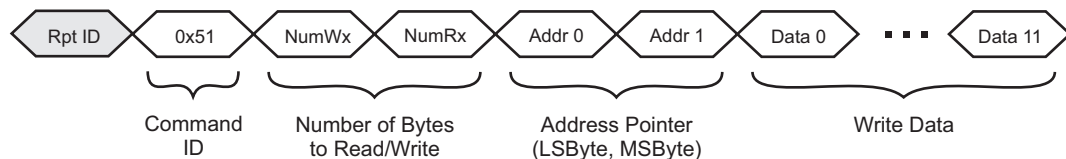
图 9-1: 读取 / 写入存储器映射 – 通用数据包格式



9.5.1.1 命令和响应数据包

命令数据包采用图 9-2 所示的通用格式。以下部分提供了使用命令写入存储器映射和从存储器映射读取数据的示例。

图 9-2: 读取 / 写入存储器映射 – 命令数据包格式



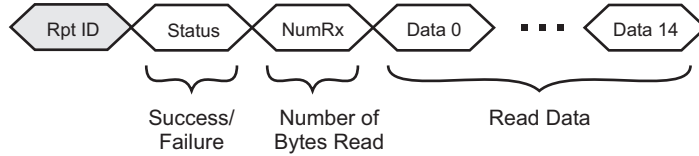
在图 9-2 中：

- **Rpt ID** 是用于对象协议命令和响应的 HID-I²C 报告 ID (见表 9-2)。
- **Command ID** 是用于读取 / 写入操作的命令 ID (0x51)
- **NumWx** 是写入存储器映射的数据字节数 (可以为零)。如果发送的是地址指针，则必须包括地址指针的大小。
- **NumRx** 是从存储器映射读取的数据字节数 (可以为零)。
- **Addr 0** 和 **Addr 1** 构成存储器映射的地址指针 (必要时；如果不需要，可以为零)。这个通常是器件内某个对象的地址。

- **Data 0 至 Data 11** 是要写入的数据字节（如果是写入操作）。请注意，超出 **NumWx** 所指定数量的数据位置将被忽略。

响应数据包采用图 9-3 所示的通用格式。

图 9-3: 读取 / 写入存储器映射 – 响应数据包格式



在图 9-3 中：

- **Rpt ID** 是用于对象协议命令和响应的 HID-I²C 报告 ID（见表 9-2）。
- **Status** 指示命令的结果：
 - 0x00 = 读取和写入已完成；读取数据已返回
 - 0x04 = 写入已完成；未请求读取数据
- **NumRx** 是已从存储器映射读取的数据字节数（如果是读取操作）。这个值与命令数据包中的 **NumRx** 值相同。
- **Data 0 至 Data 14** 是从存储器映射读取的数据字节。

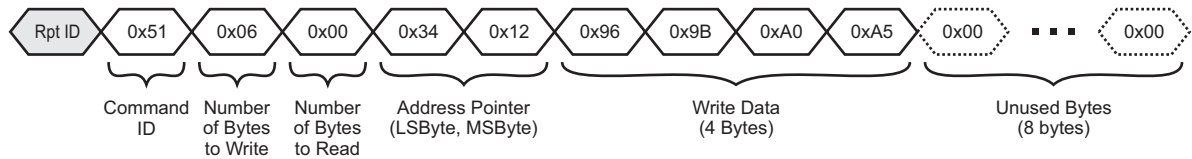
9.5.1.2 写入器件

该器件的写入操作周期包括发送包含六个报头字节的数据包。这些字节指定 HID-I²C 报告 ID、命令 ID、要读取的字节数、要写入的字节数和 16 位地址指针。

多字节传输中的后续字节构成实际数据。这些字节会被写入地址指针对应的位置、地址指针 +1 对应的位置、地址指针 +2 对应的位置，依此类推。

图 9-4 显示了将四个字节的数据写入从 0x1234 开始的相邻地址的命令数据包示例。

图 9-4: 从地址 0X1234 开始写入四个字节的命令示例

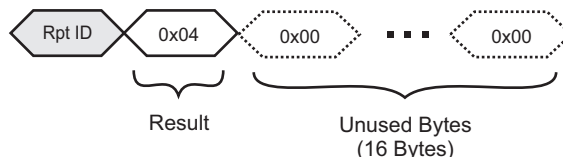


在图 9-4 中：

- **Rpt ID** 是用于对象协议命令和响应的 HID-I²C 报告 ID（见表 9-2）。
- **要读取的字节数**置零，因为这是只写操作。
- **要写入的字节数**为六（即四个数据字节加上两个地址指针字节）。

图 9-5 显示了对此命令的响应。在本例中，返回的结果状态为 0x04（即写入操作已完成，但未请求读取数据）。请注意，报告 ID 将与命令数据包中使用的 ID 相同。

图 9-5: 对四字节写入示例的响应

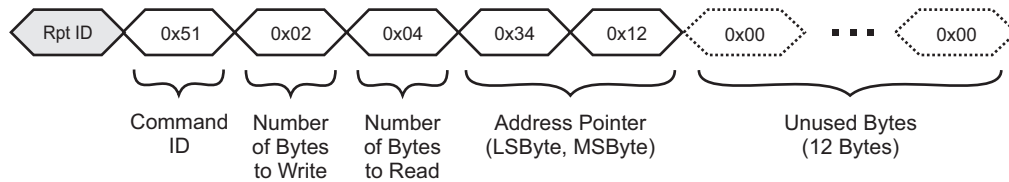


9.5.1.3 从器件读取

读取操作包括发送仅包含六个报头字节而没有写入数据的数据包。

图 9-6 显示了从地址 0x1234 开始读取四个字节的示例命令数据包。请注意，地址指针包括在要写入的字节数中，而由于没有要写入的其他数据字节，因此要写入的字节数设为 2。

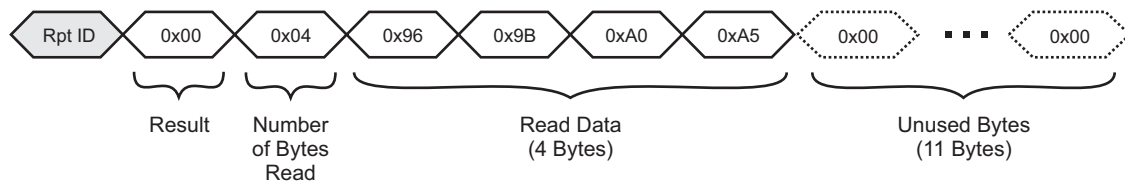
图 9-6: 从地址 0X1234 开始读取四个字节的命令示例



不需要在每次读取前都设置地址指针。在每次读取操作后，地址指针会自动更新，因此如果按顺序进行读取，地址指针将是正确的。

图 9-7 显示了对此命令的响应。返回的结果状态为 0x00（即写入操作已完成，并已返回数据）。返回的字节数将与请求的字节数相同（在本例中为 4）。

图 9-7: 对四字节读取示例的响应

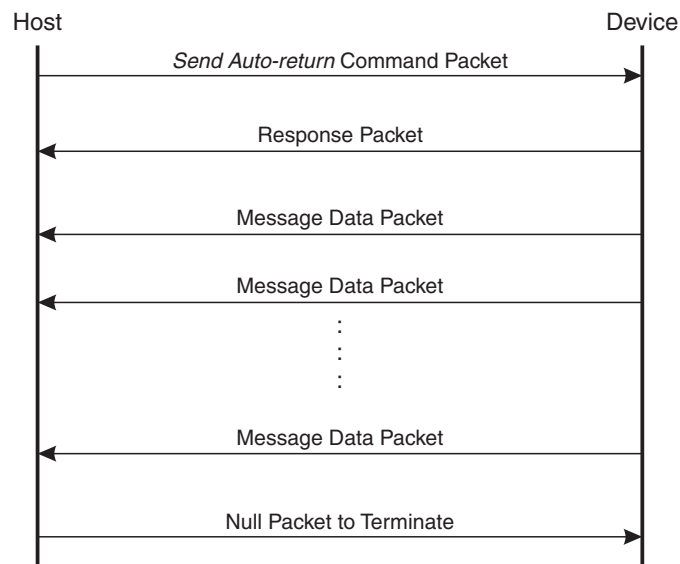


9.5.2 发送自动返回命令

使用此命令可将该器件配置为自主返回来自报文处理器 T5 对象的新报文。

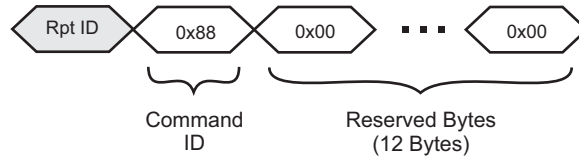
此操作的数据包序列如图 9-8 所示。

图 9-8: 发送自动返回 – 数据包序列



发送自动返回命令的数据包由 14 个字节组成，首先是 1 个字节的 HID-I²C 报告 ID，后面是 13 个字节的数据。请注意，这与第 9.5.1 节“读取 / 写入存储器映射命令”中所述的标准读取 / 写入操作的数据包不同。命令数据包的格式如图 9-9 所示。

图 9-9: 发送自动返回 – 命令数据包格式



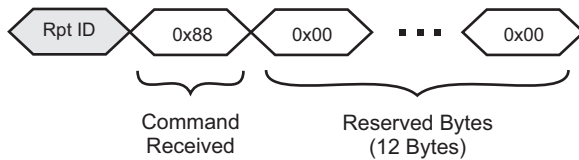
在图 9-9 中：

- **Rpt ID** 是用于对象协议命令和响应的 HID-I²C 报告 ID（见表 9-2）。
- **命令 ID** 是用于发送自动返回命令的命令 ID（0x88）
- **保留字节** 是值为 0x00 的保留字节。

请注意，在此命令中，命令数据包不包括地址指针，因为器件已经知道报文处理器 T5 对象的地址。

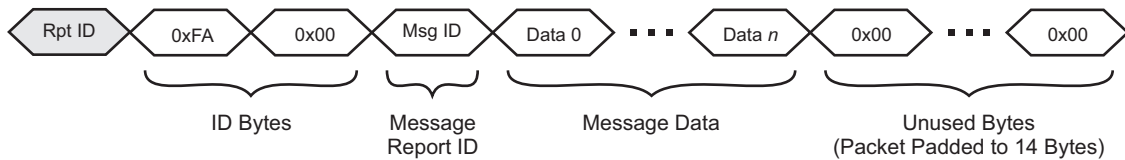
响应数据包的格式如图 9-10 所示。

图 9-10: 发送自动返回 – 响应数据包格式



在响应该命令后，该器件即开始发送报文数据。每次报文处理器 T5 对象中生成报文时，该器件会自动将报文数据包与数据一起发送到主机。报文数据包的格式如图 9-11 所示。

图 9-11: 发送自动返回 – 报文数据包格式

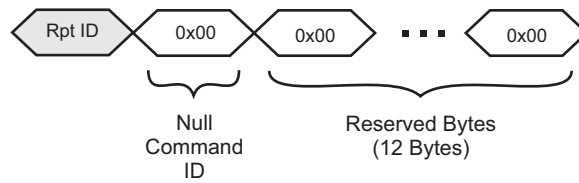


在图 9-11 中：

- **Rpt ID** 是用于对象协议命令和响应的 HID-I²C 报告 ID（见表 9-2）。
- **ID 字节** 将数据包标识为自动返回报文数据包。
- **报文报告 ID** 是由报文处理器 T5 对象返回的报告 ID。请注意，这是对象协议中使用的报告 ID，不应与 HID-I²C 报告 ID 相混淆。有关“对象协议报告 ID”使用的更多信息，请参见 *mXT640U 1.1 Protocol Guide*。
- **报文数据** 字节是由报文处理器 T5 对象返回的数据字节。数据的大小取决于报文数据的源对象。任何未使用的字节都填充为零。有关来自不同对象的报文的更多信息，请参见 *mXT640U 1.1 Protocol Guide*。

要停止发送报文，主机可以发送空命令数据包。这个数据包包括两个字节：对象协议命令和响应的 HID-I²C 报告 ID（见表 9-2）与 0x00 空命令字节（见图 9-12）。

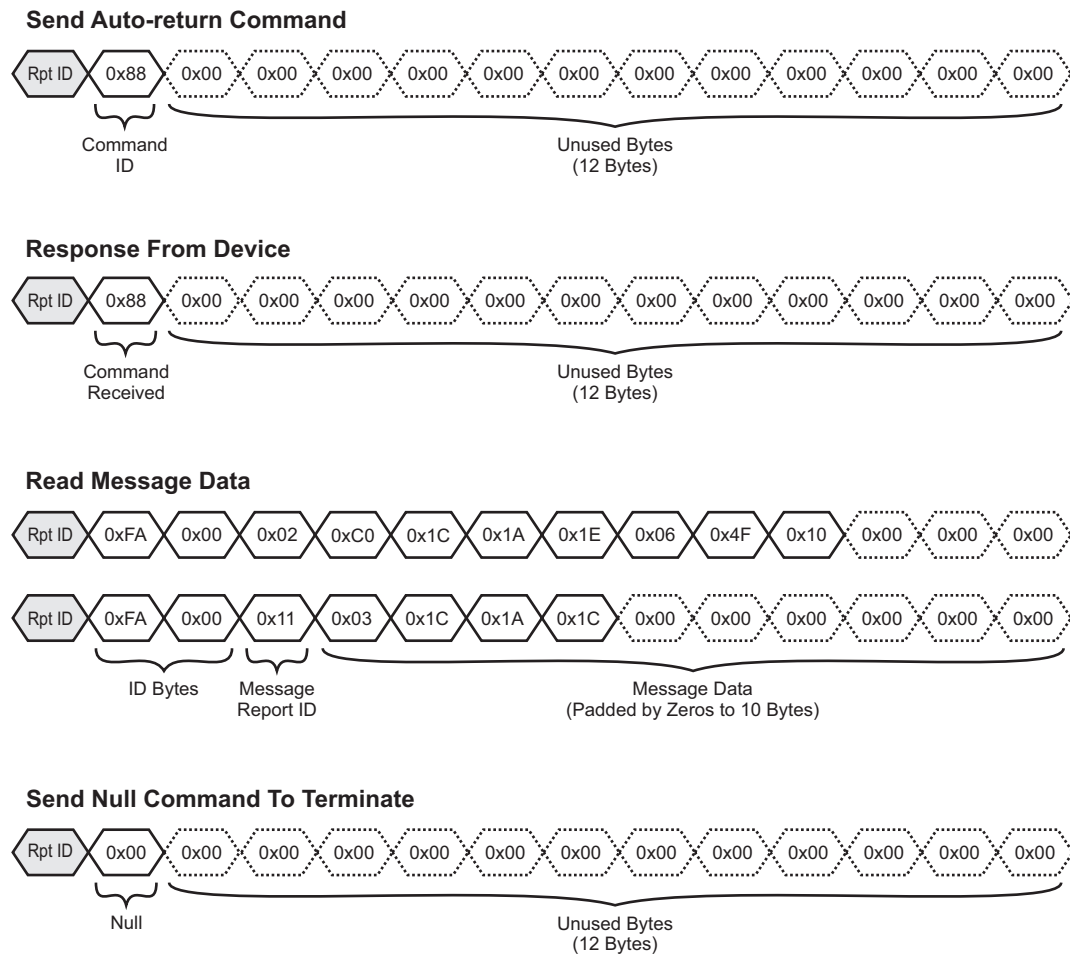
图 9-12: 发送自动返回 – 空命令数据包格式



请注意，任何标准的读取或写入操作也将终止任何当前使能的自动返回模式（见第 9.5.1 节“读取 / 写入存储器映射命令”）。

图 9-13 显示了使用发送自动返回命令从报文处理器 T5 对象接收报文的数据包序列示例。

图 9-13: 发送自动返回 – 序列示例



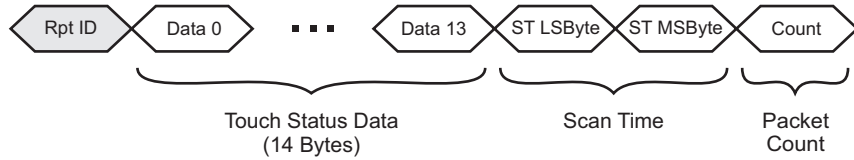
9.6 数字转换器 HID-I²C

这是数字转换器类 HID。

9.6.1 触点报告

触点报告的格式如图 9.6.2 所示。每个触点报告的长度为 18 个字节，其中包含一个触点的数据。

9.6.2 触点报告数据包格式

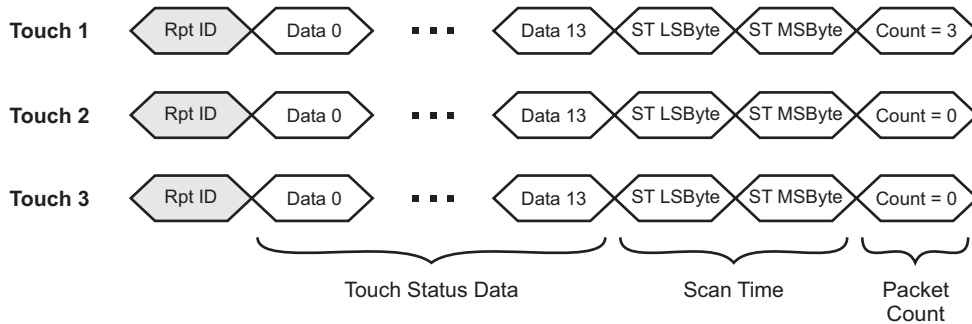


在图 9.6.2 中：

- **Rpt ID** 是用于触点报告的 HID-I²C 报告 ID（见表 9-2）。
- **触点**是触点的数据。
- **扫描时间**是报告数据包的时间戳
- **计数**用于标识要作为单个数据包报告的当前活动触点的报告数据包。第一个触点的第一个数据包中的“计数”设为要在一个数据包中发送的活动触点数量（即数据包数量）。后续活动触点的后续数据包的“计数”为 0。

3 个活动触点的触点报告数据包示例如图 9-14 所示。

图 9-14: 3 个活动触点的触点报告数据包示例



每个输入报告包括一个 HID-I²C 报告 ID，后跟 17 个字节，用于描述一个活动触点的状态。输入报告格式取决于数字化 HID 配置 T43 对象的几何计算控制（TCHGEOMEN）。表 9-3 和表 9-4 提供了触点报告数据包的详细格式。

表 9-3: 当 TCHGEOMEN = 1 时的触点报告格式

字节	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	HID-I ² C 触点报告 ID							
1	保留							状态
2	触点 ID							
3	触点 X 坐标 LSB（第一个触点）							
4	保留				触点 X 坐标 MSb（第一个触点）			
5	触点中心 X 坐标 LSB（第一个触点）							
6	保留				触点中心 X 坐标 MSb（第一个触点）			
7	触点 Y 坐标 LSB（第一个触点）							
8	保留				触点 Y 坐标 MSb（第一个触点）			
9	触点中心 Y 坐标 LSB（第一个触点）							
10	保留				触点中心 Y 坐标 MSb（第一个触点）			

表 9-3: 当 TCHGEOMEN = 1 时的触点报告格式 (续)

字节	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
11	触点宽度							
12	保留							
13	触点高度							
14	保留							
15	扫描时间 LSB							
16	扫描时间 MSB							
17	数据包计数							

表 9-4: 当 TCHGEOMEN = 0 时的触点报告格式

字节	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	HID-I ² C 触点报告 ID							
1	保留							状态
2	触点 ID							
3	触点 X 坐标 LSB (第一个触点)							
4	保留				触点 X 坐标 MSb (第一个触点)			
5	保留							
6	保留							
7	触点 Y 坐标 LSB (第一个触点)							
8	保留				触点 Y 坐标 MSb (第一个触点)			
9	保留							
10	保留							
11	保留							
12	保留							
13	保留							
14	保留							
15	扫描时间 LSB							
16	扫描时间 MSB							
17	数据包计数							

- 字节 0:
HID-I²C 报告 ID (触点报告见表 9-2)
- 字节 1:
状态是触摸检测的状态。如果检测到触摸, 此位置 1。如果没有检测到触摸, 此位置 0。
- 字节 2:
触点 ID 标识状态报告对应的触点 (从 0 开始)。
- 字节 3 至 10:
X 和 Y 坐标标识触点位置。它们为 12 位分辨率。这意味着, MSB 的前四位始终为零。当 TCHGEOMEN 字段设为 0 时, 字节 5、6、9 和 10 保留。
- 字节 11:
TCHGEOMEN 设为 1 时, 触点宽度报告检测到的触点的宽度。
TCHGEOMEN 设为 0 时保留
- 字节 13:
TCHGEOMEN 设为 1 时, 触点高度报告检测到的触点的高度。
TCHGEOMEN 设为 0 时保留
- 字节 15 至 16:
扫描时间是与当前报告数据包关联的时间戳 (10 kHz 分辨率)。
- 字节 17:
计数是要在一个数据包中发送的活动触点数量, 仅适用于第一个触点。后续活动触点的后续数据包的“计数”为 0。

MXT640U 1.1

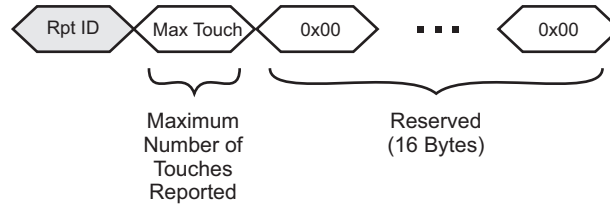
9.6.3 最大触点数报告

读取此报告可获取当前可报告的最大触点数（表面触点）。

写入此报告可设置要报告的最大触点数。

最大触点数报告数据包的格式如图 9-15 所示。每个最大触点数报告的长度为 18 字节，其中包含指定要报告的最大触点数的单个字节。

图 9-15: 最大触点数报告格式



在图 9-15 中：

- **Rpt ID** 是用于最大触点数报告的 HID-I²C 报告 ID（见表 9-2）。
- **Max Touch** 是器件要报告的最大触点数。

注 最大触点数不能设置为大于多点触控触摸屏 T100 NUMTCH 定义的最大触点数。有关此字段的更多信息，请参见 *mXT640U 1.1 Protocol Guide*。

9.6.4 触控硬件质量保证（THQA）报告

THQA 数据是使用 THQA 报告 ID 报告给 Microsoft Windows 的（值详见表 9-2）。这些数据的内容由 Microsoft 定义。

9.7 CHG 线

CHG 线用于实现 HID-I²C 中断线。它为主机提供了电平触发的中断，用于指示何时要读取一个或多个报告。当报告就绪时，CHG 线将被拉低，并且只要存在要读取的更多报告，它将一直保持低电平状态。最后一个报告读取完毕之后，CHG 线将变为高电平。

注 为了符合 HID-I²C 规范，通信配置 T18 MODE 应该设为 0。

9.8 SDA、SCL

与标准 I²C 操作相同。请参见第 8.7 节“SDA 和 SCL”。

9.9 时钟拉伸

与标准 I²C 操作相同。请参见第 8.8 节“时钟拉伸”。

9.10 功率控制

mXT640U 支持使用 HID-I²C *SET POWER* 命令来将器件置于低功耗状态

9.11 Microsoft Windows 合规性

mXT640U 在多点触控触摸屏 T100 对象内具有一些专门的算法，以确保与 Microsoft Windows 8.x 及后续版本兼容。

该器件还在串行数据命令 T68 对象中支持 Microsoft 触控硬件质量保证（THQA）功能。请参见 Microsoft 白皮书“*How to Design and Test Multitouch Hardware Solutions for Windows 8*”（如何设计和测试面向 Windows 8 的多点触摸硬件解决方案）。

这些功能和其他器件功能可能需要专门的调节。

10.0 PCB 设计考虑因素

10.1 简介

以下部分介绍了在设计用于 mXT640U 的 PCB 布局时应该遵守的设计考虑因素。其中，电源和接地走线考虑因素最为关键。

通过遵守以下设计规则，并为 PCB 布局实践做好精心准备，设计人员将更有希望取得设计成功，并开发出功能正常的产品。

10.2 印刷电路板

Microchip 建议在 mXT640U 应用中使用四层印刷电路板。与精心的布线相结合，这将确保电路板符合各个国家和国际标准机构在噪声发射和抗干扰性方面规定的相关 EMC 要求。

10.2.1 PCB 清洗

现代免清洗助焊剂--通常可以用于电容传感电路。

警告! 如果 PCB 需要返工来更正与任何器件、任何走线或元件相关的焊接故障，请务必确保您充分了解返工过程中所用助焊剂的特性。吸湿离子残留物的泄漏电流可能导致电容式传感器无法正常工作。如果您有任何疑问，在返工后进行彻底清洁可能是唯一的安全选择。

10.3 电源

10.3.1 电源质量

虽然该器件拥有良好的电源抑制比特性，但稳压不理想和 / 或噪声大的电源可能严重影响性能。

应该特别注意 AVdd 电源，因为它在该器件中为敏感的模拟级供电。

10.3.2 供电轨和接地走线

电源和时钟分配是所有电路板布局的最关键部分。因此，建议在进行任何其他走线之前，首先完成这两个部分。然后，还应该解决电源去耦、模拟信号和高速数字信号的问题。所有信号的走线，特别是供电轨，应该尽可能宽，以便减少电感。

电源和地平面本身能够形成有用的电容。因此，在可能的情况下，应该使用一个或两个供电轨的泛洪填充。务必要确保板上没有任何悬空的覆铜区域：所有此类区域都应该连接到地平面。泛洪填充应该在电路板的外面几层上完成。

10.3.3 电源去耦

去耦电容应该按照第 2.2 节“原理图说明”中指定的方式安装。

去耦电容必须尽可能靠近要去耦的引脚。从这些电容到相应器件引脚的走线应该较宽，并且走直线。它们应该尽可能多布放在地平面上。电容地引脚还应该直接连接到地平面。

由于 ESR 和 ESL 较低，表面贴装电容要优于带引线的电容类型。通常可将这些去耦电容安装在下方，与数字 IC 相反的那个 PCB 面上。这样可提供最短的走线和最高效的去耦。

10.3.4 电压泵

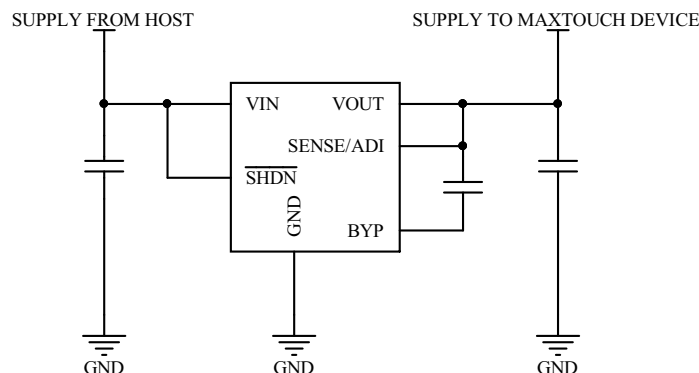
EXTCAP0 和 EXTCAP3 之间以及 EXTCAP1 和 EXTCAP2（第 2.0 节“原理图”中原理图上的 Cd 和 Ct）之间的电压泵电容必须尽可能靠近 EXTCAPn 引脚。每个电容的两条走线必须尽可能短和宽，以便达到最佳泵性能。它们还应该平行布线并尽可能相互靠近，以减少辐射；理想情况下，两条走线应该长度相等。

10.4 稳压器

虽然具有相同电压的供电轨大小可以共享低压差（LDO）稳压器，但是每个供电轨都需要一个 LDO 稳压器。

图 10-1 显示了 LDO 电路示例。

图 10-1: LDO 电路示例



所选的 LDO 稳压器应该提供足够的输出能力、低噪声、良好的负载调整率和阶跃响应。表 10-1 中所列的稳压器经过测试，能够很好地与 maXTouch 器件配合使用。但是，如果要使用其他 LDO，则在使用该器件之前，应当验证它是否达到一定性能标准。这些性能标准包括：

- 可以在输出端使用高值多层陶瓷电容保持稳定
- 低输出噪声 – 在 10 Hz 至 1 MHz 的范围内小于 100 μV RMS
- 良好的负载瞬态响应 – 在器件输出端应用 100 mA 的阶跃负载变化时，应该小于 35 mV 峰值
- 无负载稳定 – 如果输出电流降到特定最小值以下，某些 LDO 可能变得不稳定。如果存在这种情况，这个最小值必须低于 mXT640U 消耗的最小电流（例如，在深度休眠模式下）。

表 10-1: 合适的 LDO 稳压器

制造商	器件	电流额定值 (mA)
Microchip Technology Inc.	MCP1824	300
Microchip Technology Inc.	MCP1824S	300
Microchip Technology Inc.	MAQ5300	300
Microchip Technology Inc.	MCP1725	500
Microchip Technology Inc.	MIC5323	300
Analog Devices	ADP122/ADP123	300
Diodes Inc.	AP2125	300
Diodes Inc.	AP7335	300
Linear Technology	LT1763CS8-3.3	500
NXP	LD6836	300
Texas Instruments	LP3981	300

注： 有些制造商声称只需很小电容，甚至无需电容，即可让稳定器正常工作。但是，在所有情况下，这些器件的输入端和输出端都应该使用至少 1.0 μF 的陶瓷低 ESR 电容。在为这些器件选择电容时，应该始终参考制造商的数据手册，并且遵守典型建议值、类型和介电性。

10.4.1 单电源工作

为使用单个 LDO 的应用设计 PCB 时, 应该额外小心, 确保电源和触摸控制器电源输入引脚之间使用较短的低电感走线。理想情况下, 各个电源的走线应该采用星型配置排列, 其中 LDO 作为星型的接合点。这确保一个供电轨上的电源电流变化或噪声对其他电源的影响可以降到最低。在地平面不适用的应用中, 这种相同的星型布局也适用于电源地回路。

单电源设计中只能使用具有 300 mA 或更大额定值的稳压器。

有关使用单个 LDO 时如何布线的更多信息, 请参考以下应用笔记:

- 应用笔记: MXTAN0208 –*maXTouch* 触摸控制器的 PCB 布局设计指南

10.4.2 多稳压器电源

AVdd 电源稳定性对器件至关重要, 因为该电源直接与模拟前端进行交互。如果使用单个 LDO 稳压器时存在噪声问题, Microchip 建议使用与数字电源分开的稳压器来提供 AVdd。这样可以减少注入到设计中敏感低信号电平部分的噪声量。

10.5 模拟 I/O

一般来说, 来自该器件的模拟 I/O 信号走线应该尽可能短。这些走线通常连接到直接与触摸屏接口的连接器。

请确保使用足够的地平面。除数字地平面之外, 还应该使用一个模拟地平面。应该注意确保两个地平面保持隔离, 并仅在电源到 PCB 的进口点处连接在一起。这个位置通常在输入连接器上。

10.6 元件放置和走线

所有器件的方向都应确保重要信号 (例如电源和时钟) 的走线尽可能短, 这一点非常重要。

10.6.1 数字信号

一般来说, 在数字信号的走线方面, 建议敏感信号的走线 (例如模拟 I/O) 以及任何时钟或晶振的走线应该避免急剧的方向变化。

可能时, 应为所有信号提供良好的地回路, 以确保不会出现任何中断。

10.7 EMC 和其他注意事项

以下建议并非强制性的, 但在遇到特别困难的 EMC 或其他问题的情况下, 它们可能对您有一定帮助:

- 尽量让尽可能多的信号在电路板的内层上。如果在顶层和底层上使用合适的接地泛洪填充, 这样将针对进出 PCB 的含噪声信号提供良好的屏蔽等级。
- 确保片上稳压器在器件周围和下方具有足够的走线, 以充当散热器。此散热器通常连接到 0 V 或接地电源引脚。增加任何器件引脚的铜走线宽度将有助于散热。稳压器主体下方的铜走线上不应有阻焊层。
- 确保去耦电容, 特别是高值陶瓷类电容, 具有较低的 ESR 和 ESL, 以及良好的稳定性 / 温度属性。有关更多信息, 请参见稳压器制造商的数据手册。

MXT640U 1.1

11.0 MXT640U 入门

11.1 建立连接

11.1.1 与主机通信

主机可以使用以下接口来与该器件通信：

- I²C 接口（见第 8.0 节“I²C 通信”）
- HID-I²C 接口（见第 9.0 节“HID-I²C 通信”）

该器件上的任何接口均可使用。有关更多信息，请参见第 7.0 节“主机通信”。

11.1.2 上电序列

上电时， $\overline{\text{CHG}}$ 线变为低电平，指示有新数据要从器件读取。如果 $\overline{\text{CHG}}$ 线没有变为低电平，则该器件存在问题。

在 $\overline{\text{CHG}}$ 线变为低电平后，主机应该尝试从位置 0x00 读取存储器的前 7 个字节，以确定该器件存在且正在运行后续上电。

这时会对非易失性存储器中保存的配置设置执行校验和检查。如果校验和与上个校验和的存储副本不匹配，则表明设置已被破坏。该器件会通过将命令处理器 T6 对象的报文数据中的配置错误位置 1，向主机发出这个信号。

11.2 使用对象协议

该器件使用基于对象的协议来与主机通信。典型通信包括配置该器件、向该器件发送命令、接受来自该器件的报文。

主机必须执行以下初始化，才能与该器件进行通信：

1. 从对象表读取器件中所有对象的起始位置，并建立这些地址的列表。
2. 使用对象表来计算报告 ID，使得能够正确解析来自该器件的报文。

11.2.1 对象类

mXT640U 包含以下对象类：

- **调试对象** – 为开发和测试提供原始数据输出方法。
- **通用对象** – 全局配置、传输报文和接收命令所必需的。
- **触摸对象** – 对来自触摸传感器的测量信号执行操作，并报告触摸数据。
- **信号处理对象** – 处理来自其他对象的数据（通常是信号滤波操作）。
- **支持对象** – 在器件上提供更多功能。

11.2.2 对象实例

表 11-1: MXT640U 上的对象

对象	说明	实例数	用途
调试对象			
诊断调试 T37	允许访问诊断调试数据以协助进行开发。	1	仅调试命令。无需配置 / 调节。不在生产中使用。
通用对象			
报文处理器 T5	处理报文的传输。这个对象将报文保存在其存储空间内，供主机读取。	1	无需配置。
命令处理器 T6	在写入时执行命令。命令包括复位、校准和备份设置。	1	无需配置。

表 11-1: MXT640U 上的对象 (续)

对象	说明	实例数	用途
功耗配置 T7	控制该器件的休眠模式。通过控制采集频率以及采集之间的休眠时间,可以降低功耗。	1	在使用前必须配置。
采集配置 T8	控制该器件如何进行每次电容测量。	1	在使用前必须配置。
触摸对象			
通用按键阵列 T15	创建矩形按键阵列。Key Array T15 对象报告简单的打开 / 关闭触摸信息。	1	根据需要使能和配置。
多点触控触摸屏 T100	创建支持多点触控跟踪的触摸屏。	1	根据需要使能和配置。
信号处理对象			
握持抑制 T40	抑制因用户握持触摸屏边缘等原因而导致的错误检测。	1	根据需要使能和配置。
握持抑制 T42	抑制因用户无意大面积触摸而导致的错误检测。	1	根据需要使能和配置。
无源手写笔 T47	处理无源手写笔输入。	1	根据需要使能和配置。
无屏蔽 T56	允许传感器使用真正的单层共面构造。	1	根据需要使能和配置。
玻璃弯曲 T65	通过尝试消除来自报告增量的干扰信号,补偿玻璃变形 (玻璃弯曲)。	3	根据需要使能和配置。
噪声抑制 T72	在触摸屏信号采集期间,执行各种噪声抑制技术。	1	根据需要使能和配置。
手套检测 T78	允许报告手套触摸。	1	根据需要使能和配置。
重新传输补偿 T80	限制因器件耦合接地不良而对触摸信号产生的负面影响。	1	根据需要使能和配置。
解锁手势 T81	当手势满足唤醒或解锁情况下使用的配置设置时,发送报文。	2	根据需要使能和配置。
触摸序列处理程序 T93	采集触摸和释放位置序列,以便能够检测到双击。	1	根据需要使能和配置。
自电容噪声抑制 T108	在自电容触摸测量的情况下,抑制外部噪声的影响。	1	根据需要使能和配置。
自电容握持抑制 T112	允许在器件被握持时从自电容测量报告触摸。	1	根据需要使能和配置。
符号手势处理程序 T115	将任意形状的手势检测为一系列顺序手势。这些手势通常是用户绘制的符号,主机将其解释为唤醒手势或其他应用触发。	1	根据需要使能和配置。

表 11-1: MXT640U 上的对象 (续)

对象	说明	实例数	用途
传感器校正 T121	允许对来自关联触摸屏传感器的互测量进行调节。	1	根据需要使能和配置。
支持对象			
通信配置 T18	配置该器件的其他通信行为。	1	根据需要检查和配置。
GPIO 配置 T19	允许主机控制器配置和使用该器件上的通用 I/O 引脚。	1	根据需要使能和配置。
自检 T25	配置和执行自检程序, 以查找触摸传感器上的故障。	1	根据引脚测试命令的需要来配置。
用户数据 T38	为用户数据提供数据存储区域。	1	根据需要配置。
数字转换器 HID 配置 T43	配置数字转换器 HID 接口, 以及与其相关的描述符。	1	根据需要使能和配置。
报文计数 T44	提供待处理报文的计数。	1	只读对象。
CTE 配置 T46	控制该器件的电容式触摸引擎。	1	必须配置。
定时器 T61	提供定时器控制。	6	根据需要使能和配置。
串行数据命令 T68	为主机驱动程序提供接口, 以便将各种不同数据集传输到该器件。	1	根据需要使能和配置。
动态配置控制器 T70	允许定义响应系统事件的规则。	20	根据需要使能和配置。
动态配置控制器 T71	允许将用户配置存储在该器件上, 这些用户配置可在运行时根据动态配置控制器 T70 对象中定义的规则来选择。	1	如果正在使用动态配置控制器 T70, 则要配置。
CTE 扫描配置 T77	配置增强的 X 线扫描功能。	1	根据需要使能和配置。
触摸事件触发器 T79	配置用于事件处理程序的触摸触发器。	3	根据需要使能和配置。
辅助触摸配置 T104	允许设置特定测量的自电容增益和阈值, 以便生成辅助触摸数据来供其他对象使用。	1	如果使用自电容测量, 则要使能和配置。
自电容全局配置 T109	提供该器件上使用的自电容测量的配置。	1	根据需要检查和配置 (如果使用自电容测量)。
自电容调节参数 T110	为自电容测量的一系列通用设置提供配置空间。	12	必须在 Microchip 现场工程师的指导下使用。
自电容配置 T111	提供该器件上使用的自电容测量的配置。	2	根据需要检查和配置 (如果使用自电容测量)。

表 11-1: MXT640U 上的对象 (续)

对象	说明	实例数	用途
自电容测量配置 T113	配置自电容测量, 以便生成数据来供其他对象使用。	1	根据需要使能和配置。
符号手势配置 T116	存储用于定义符号手势处理程序 T115 对象要检测的符号的配置数据。	1	如果正在使用符号手势处理程序 T115, 则要配置。
报文过滤 T132	过滤来自 T5 对象的报文	1	根据需要使能和配置。

11.2.3 配置和调节器件

各对象对应字段的默认零值是“安全”值, 通常会禁止功能。各对象必须在使用之前配置, 并且设置必须使用命令处理器 T6 对象写入非易失性存储器。

对每个对象执行以下操作:

1. 如果对象需要, 则使能该对象。
2. 根据需要, 配置对象中的字段。
3. 如果对象支持报文, 则使能报告以接收来自对象的报文。

11.3 写入器件

可使用以下机制来写入该器件:

- 使用 I²C 写入操作 (见第 8.2 节“写入器件”)。
- 使用通用 HID-I²C 写入操作 (见第 9.5.1.2 节“写入器件”)。

与该器件的通信是通过写入相应对象来实现的:

- 要将命令发送到该器件, 应将相应命令写入命令处理器 T6 对象。
- 要配置该器件, 应将配置参数写入相应对象。例如, 写入功耗配置 T7 可配置该器件的功耗, 写入多点触控触摸屏 T100 对象可设置触摸屏。有些对象是可选的, 需要在使用之前使能。

重要信息! 当主机在对象内发出任何命令而导致向该器件的非易失性存储器 (NVM) 进行闪存写入时, 该对象应将其 CTRL RPTEN 位置 1 (如果有)。这确保在该过程完成时从写入 NVM 的对象生成报文并执行 CHG 线置位。

在置位 RESET 线以执行复位之前, 主机还必须确保 CHG 线的置位引用了预期的对象报告 ID。如果不遵守这些指导说明, 可能导致器件配置区域损坏而生成 CFGERR。

11.4 从器件读取

状态信息存储在报文处理器 T5 对象中。可以读取此对象, 以接收来自改器件的任何状态信息。以下机制提供了一个中断样式接口, 用于读取报文处理器 T5 对象中的报文:

- 只要报文处理器 T5 对象中存在新的报文, CHG 线就会置为有效 (见第 8.6 节“CHG 线”)。有关 I²C 读取操作格式的信息, 请参见第 8.4 节“从器件读取”。
- 使用 HID-I²C 接口时, 该接口提供了一个会自动发送报文的驱动接口 (见第 9.5.1.3 节“从器件读取”)

请注意, 主机应该始终等待收到报文通知。主机不应轮询该器件来查找报文。

12.0 调试和调节

12.1 SPI 调试接口

SPI 调试接口用于在运行系统时进行调试和调节，并让开发工程师能够使用 Microchip maXTouch Studio 读取实时原始数据。这要使用通过 SPI 接口访问的低电平调试端口。

SPI 调试接口包括 `DBG_SS`、`DBG_CLK` 和 `DBG_DATA` 线。建议将这些引脚连接到所有设计上的测试点，这样它们能够在系统开发过程中连接到外部硬件。这些线不应连接到电源或 GND。有关更多详细信息，请参见第 2.2.9 节“SPI 调试接口”。

SPI 调试接口由命令处理器 T6 对象使能，默认情况下处于关闭状态。

注	触摸控制器将监控引脚配置。当 <code>DBG_SS</code> 、 <code>DBG_CLK</code> 和 <code>DBG_DATA</code> 线用于调试时，引脚的其他功能无法使用。
----------	---

12.2 辅助调试接口

此接口用于在开发系统时进行低电平调试。

该接口包括 `DBG2_CLK`、`DBG2_FRAME` 和 `DBG2_DATA0` 至 `DBG2_DATA5` 线。

如果设计中采用新的传感器或显示屏技术，或者设计将使用有源手写笔，这些引脚应连接到设计上的测试点。这些线不应连接到电源或 GND。

触摸控制器将监控引脚配置。当这些线在使用中时，引脚的其他功能无法使用。

辅助接口由特殊固件内部版本使能，默认情况下处于关闭状态。

12.3 基于对象的协议

该器件提供了通过从诊断调试 T37 对象读取数据来获取开发和测试所需调试数据的机制。

注	诊断调试 T37 对象大多用于简单调节用途。调试设计时，最好使用 SPI 调试接口，因为这个具有更高的带宽，并且能够提供实时数据。
----------	---

12.4 自检

该器件包含一个自测试 T25 对象，后者会在器件中运行自检程序，以查找传感线和电极上的硬件故障。该对象还会在上电时执行初始引脚故障测试，以便在芯片内使能高压电源之前，确保没有 X 线到 Y 线短路。传感线上的高压短路可能损坏器件。

13.0 技术规范

13.1 绝对最大值

Vdd	3.6 V
VddIO	3.6 V
AVdd	3.6 V
最大连续组合引脚电流, 所有 GPIO _n 引脚	40 mA
强制施加给任何引脚的电压	-0.3 V 至 (Vdd, VddIO 或 AVdd) + 0.3 V
配置参数最大写入次数	10,000
最高结温	125°C

警告! 如果器件的工作条件超过上述“绝对最大值”，可能对器件造成永久性损坏。上述数值仅是工作条件最大值，我们建议不要使器件工作在最大值甚至超过最大值的条件下。器件长时间工作在绝对最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

13.2 建议工作条件

工作温度	-40°C 至 +85°C
存储温度	-60°C 至 +150°C
Vdd	3.3 V
VddIO	1.8 V 至 3.3 V
AVdd	3.3 V
内置倍压器时的 XVdd	Vdd 至 2 × Vdd
内置三倍倍压器时的 XVdd	Vdd 至 3 × Vdd
温度变化速率	10°C/ 分钟

MXT640U 1.1

13.2.1 直流特性

13.2.1.1 模拟电源 -AVdd

参数	最小值	典型值	最大值	单位	注释
AVdd					
工作限制	2.7	3.3	3.6	V	
电源上升速率	-	-	0.25	V/ μ s	例如, 对于 3.3V 供电轨, 电压不得在 13.2 μ s 内上升。

13.2.1.2 数字电源 -Vdd、VddIO

参数	最小值	典型值	最大值	单位	注释
VddIO					
工作限制	1.71	3.3	3.47	V	I ² C
电源上升速率	-	-	0.25	V/ μ s	例如, 对于 3.3V 供电轨, 电压不得在 13.2 μ s 内上升。
Vdd					
工作限制	2.7	3.3	3.6	V	
电源上升速率	-	-	0.25	V/ μ s	例如, 对于 3.3V 供电轨, 电压不得在 13.2 μ s 内上升。
电源下降速率	-	-	0.05	V/ μ s	例如, 对于 3.3V 供电轨, 电压不得在 66 μ s 内下降

13.2.1.3 XVdd 电源电压 -XVdd

参数	最小值	典型值	最大值	单位	注释
XVdd					
工作限制	Vdd	-	2 \times Vdd	V	内置倍压器时的最大值
工作限制	Vdd	-	3 \times Vdd	V	内置三倍倍压器时的最大值

13.2.2 电源纹波和噪声

参数	最小值	典型值	最大值	单位	注释
Vdd	-	-	\pm 50	mV	整个频率范围 1 Hz 至 1 MHz
AVdd	-	-	\pm 40	mV	整个频率范围 1 Hz 至 1 MHz, 噪声抑制功能已使能

13.3 测试配置

下表所列的值在参考单元中用于验证接口和获取以下部分提供的特性数据。

表 13-1: 测试配置

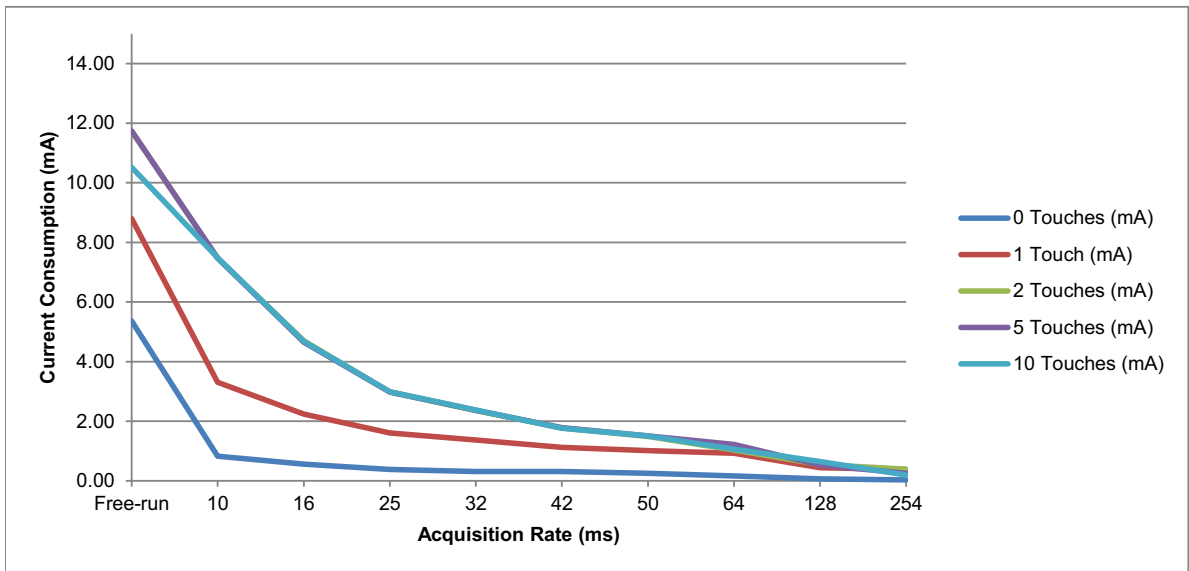
对象 / 参数	说明 / 设置 (十进制数字)
采集配置 T8	
CHRGTIME	44
MEASALLOW	11
MEASIDLEDEF	8
MEASACTVDEF	2
GPIO 配置 T19	对象使能
CTE 配置 T46	
IDLESYNCSPERX	16
ACTVSYNCSPERX	16
无屏蔽 T56	对象使能
INTTIME	27
透镜弯曲 T65 实例 0	对象使能
噪声抑制 T72	对象使能
CTE 扫描配置 T77	对象使能
手套检测 T78	对象使能
重发补偿 T80	对象使能
多点触控触摸屏 T100	对象使能
XSIZE	32
YSIZE	20
辅助触摸配置 T104	对象使能
自电容噪声抑制 T108	对象使能
自电容配置 T111 实例 0	
INTTIME	50
IDLESYNCSPERL	24
ACTVSYNCSPERL	24
自电容配置 T111 实例 1	
INTTIME	50
IDLESYNCSPERL	32
ACTVSYNCSPERL	32
自电容测量配置 T113	对象使能

MXT640U 1.1

13.4 电源电流

13.4.1 模拟电源

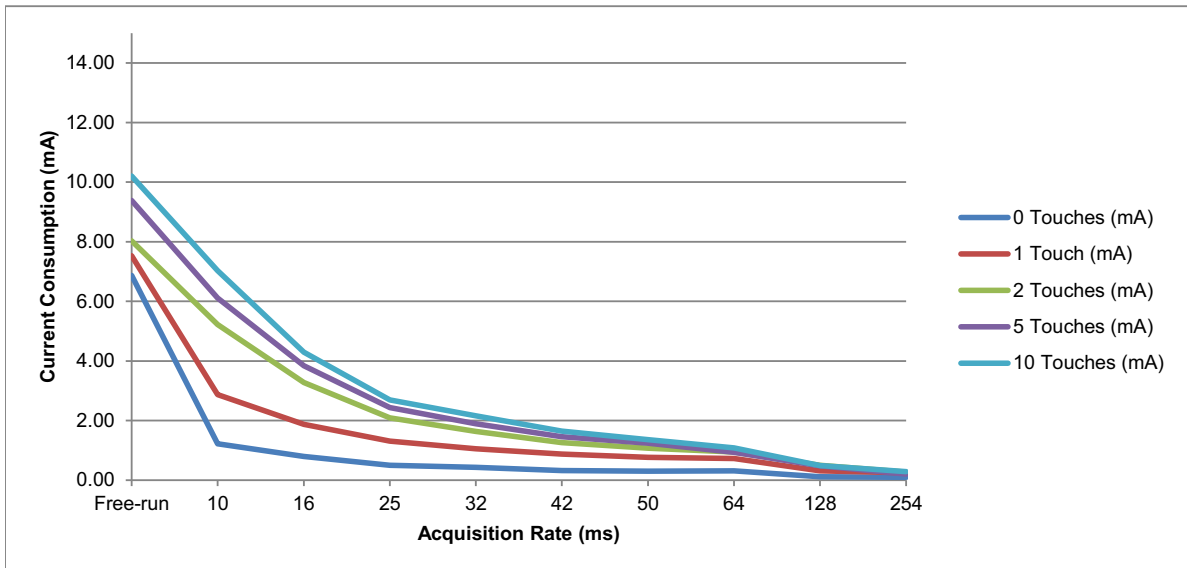
Acquisition Rate (ms)	0 Touches (mA)	1 Touch (mA)	2 Touches (mA)	5 Touches (mA)	10 Touches (mA)
Free-run	5.36	8.80	11.74	11.74	10.52
10	0.82	3.30	7.46	7.47	7.49
16	0.56	2.24	4.70	4.65	4.68
25	0.38	1.61	2.98	2.98	2.99
32	0.31	1.37	2.36	2.37	2.38
42	0.31	1.13	1.78	1.78	1.77
50	0.26	1.02	1.49	1.50	1.51
64	0.17	0.93	1.03	1.23	1.06
128	0.07	0.45	0.55	0.53	0.65
254	0.03	0.38	0.39	0.25	0.19



13.4.2 数字电源

13.4.2.1 Vdd

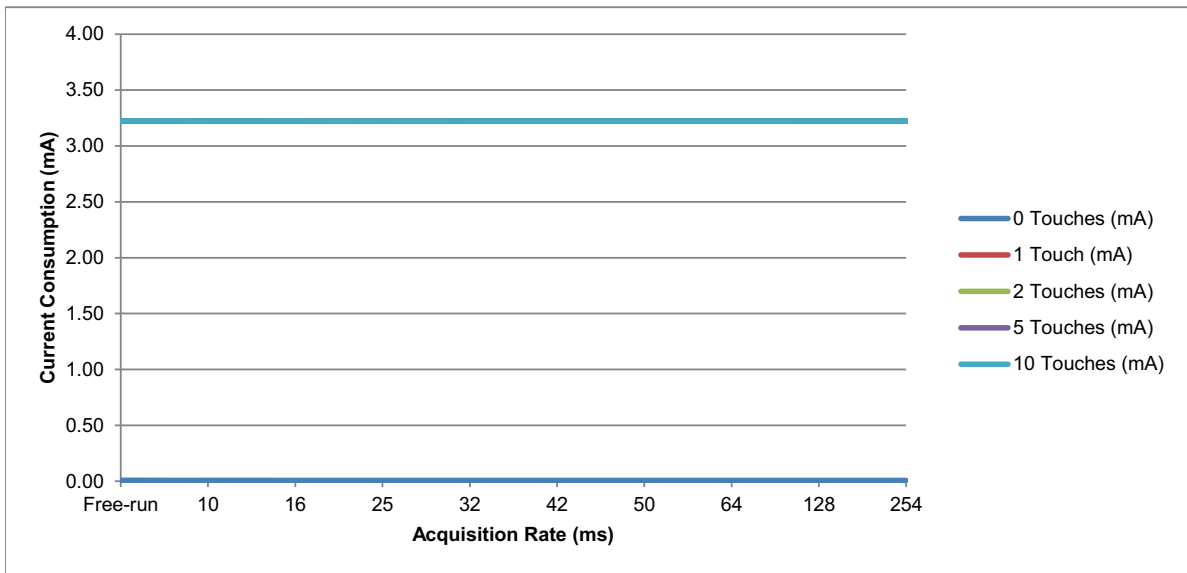
Acquisition Rate (ms)	0 Touches (mA)	1 Touch (mA)	2 Touches (mA)	5 Touches (mA)	10 Touches (mA)
Free-run	6.87	7.53	8.03	9.39	10.21
10	1.22	2.88	5.23	6.11	7.03
16	0.80	1.87	3.28	3.84	4.29
25	0.50	1.31	2.09	2.44	2.69
32	0.43	1.06	1.64	1.89	2.16
42	0.33	0.88	1.26	1.46	1.65
50	0.30	0.77	1.07	1.24	1.36
64	0.31	0.73	0.95	0.94	1.09
128	0.11	0.31	0.50	0.48	0.49
254	0.10	0.25	0.27	0.21	0.29



MXT640U 1.1

13.4.2.2 VddIO

Acquisition Rate (ms)	0 Touches (mA)	1 Touch (mA)	2 Touches (mA)	5 Touches (mA)	10 Touches (mA)
Free-run	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22
10	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22
16	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22
25	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22
32	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22
42	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22
50	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22
64	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22
128	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22
254	0.01	3.22	3.22	3.22	3.22



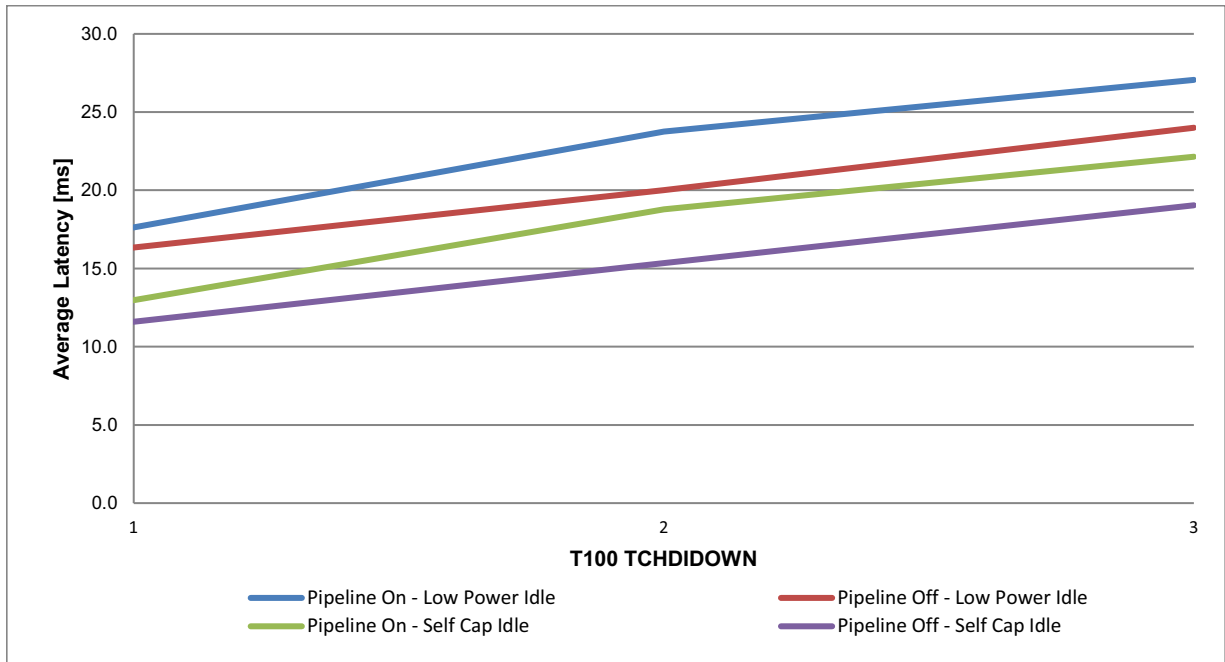
13.5 深度休眠电流

$T_A = 25^\circ\text{C}$

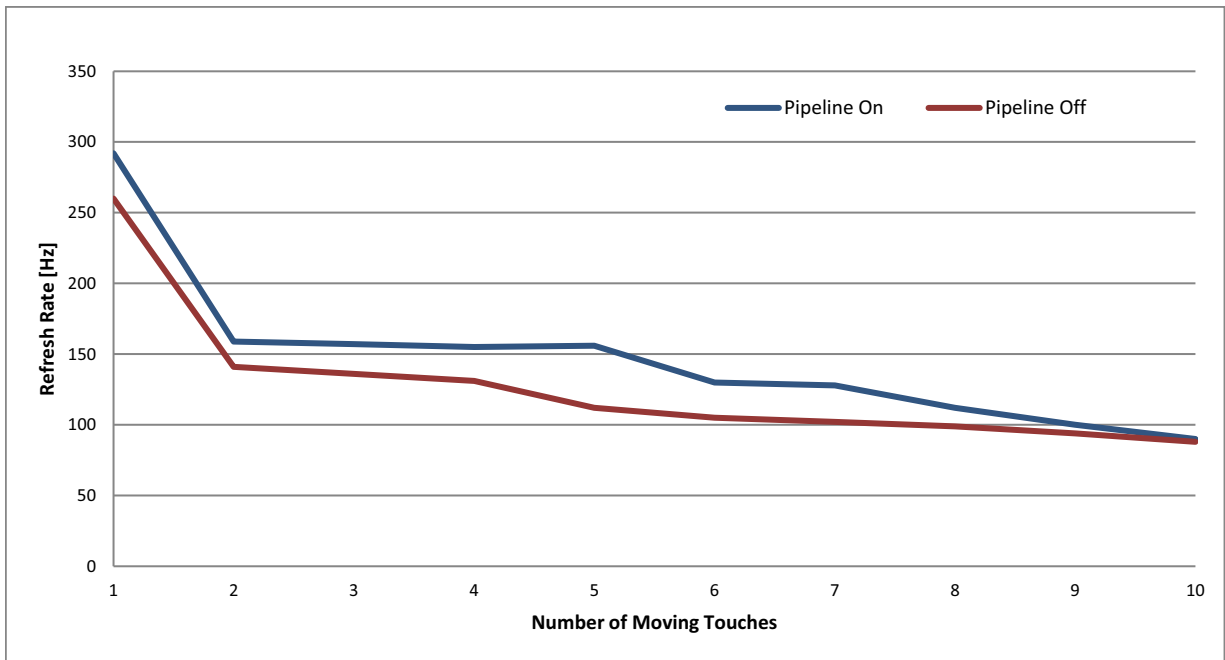
参数	最小值	典型值	最大值	单位	注释
深度休眠电流	–	47	–	μA	$V_{\text{dd}} = 3.3\text{ V}$, $AV_{\text{dd}} = 3.3\text{ V}$
深度休眠功率	–	150	–	μW	$V_{\text{dd}} = 3.3\text{ V}$, $AV_{\text{dd}} = 3.3\text{ V}$

13.6 时序规格

13.6.1 触控延迟



13.6.2 刷新率



MXT640U 1.1

13.6.3 复位时序

参数	最小值	典型值	最大值	单位	注释
上电到 $\overline{\text{CHG}}$ 线变为低电平	–	38	–	ms	Vdd 电源用于 POR VddIO 电源用于外部复位
硬件复位到 $\overline{\text{CHG}}$ 线变为低电平	–	38	–	ms	
软件复位到 $\overline{\text{CHG}}$ 线变为低电平	–	57	–	ms	

注 1: 上电或复位超时之前的任何 $\overline{\text{CHG}}$ 线活动都应被主机忽略。在上电 / 复位周期超时之前, 此信号的操作无法得到保证。

2: mXT640U 符合 Microsoft Windows 8.x 及后续版本的要求。

13.7 触摸屏传感器特性

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	注释
Cm	互电容	0.15	–	10	pF	假设 $XV_{dd} \geq 2 \times AV_{dd}$ 。 最小值为 0.3 pF, 其中 $XV_{dd} = AV_{dd}$
Cpx	X 的自电容负载	–	–	100	pF	单条 X 线
Cpy	Y 的自电容负载	–	–	100	pF	单条 Y 线
ΔC_{px}	X 的自电容失衡	–	–	9.7	pF	Cpx 每减少 20 pF, 该值便增加 1 pF
ΔC_{py}	Y 的自电容失衡	–	–	9.7	pF	Cpy 每减少 20 pF, 该值便增加 1 pF

13.8 输入 / 输出特性

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	注释
输入 (所有输入引脚均连接到 VddIO 供电轨)						
Vil	低输入逻辑电平	–0.3	–	$0.3 \times V_{ddIO}$	V	$V_{ddIO} = 1.8 \text{ V 至 } V_{dd}$
Vih	高输入逻辑电平	$0.7 \times V_{ddIO}$	–	V_{ddIO}	V	$V_{ddIO} = 1.8 \text{ V 至 } V_{dd}$
Iil	输入泄漏电流	–	–	1	μA	上拉电阻被禁止
RESET 引脚	内部上拉电阻	9	–	16	$k\Omega$	
GPIO 引脚	内部上拉 / 下拉电阻					
输出 (所有输出引脚均连接到 VddIO 供电轨)						
Vol	低输出电压	0	–	$0.2 \times V_{ddIO}$	V	$V_{ddIO} = 1.8 \text{ V 至 } V_{dd}$ $I_{ol} = 2 \text{ mA}$
Voh	高输出电压	$0.8 \times V_{ddIO}$	–	V_{ddIO}	V	$V_{ddIO} = 1.8 \text{ V 至 } V_{dd}$ $I_{oh} = -2 \text{ mA}$
GPIO 引脚	内部上拉 / 下拉电阻	9	–	16	$k\Omega$	

13.9 I²C 规格

参数	值
地址	0x4A 或 0x4B
I ² C 规格	版本 6.0
最大总线速度 (SCL) ⁽¹⁾	3.4 MHz
标准模式 ⁽²⁾	100 kHz
快速模式 ⁽²⁾	400 kHz
增强快速模式 ⁽²⁾	1 MHz
高速模式 ⁽²⁾	3.4 MHz

注 1: 选择上拉电阻的值时, 应确保 SCL 和 SDA 的上升和下降时间符合 I²C 规格。所需的值取决于线路上的电容负载大小。

2: 在 I²C 线路负载较重的系统中, 即使使用最小上拉电阻值, 总线速度也可能受到容性负载的限制, 而小于理论上的最大值。

3: 有关 I²C 操作的更多详细信息, 请访问 www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf。

13.10 HID-I²C 规格

参数	值
供应商 ID	0x03EB (Microchip)
产品 ID	0x2163 (mXT640U)
HID-I ² C 范围	1.0

13.11 触摸精度和可重复性

参数	最小值	典型值	最大值	单位	注释
线性度 (仅触摸; 5.4 mm 电极间距)	–	±1	–	mm	8 mm 或更大手指面积
线性度 (仅触摸; 4.2 mm 电极间距)	–	±0.5	–	mm	4 mm 或更大手指面积
精确度	–	±1	–	mm	
边缘精度	–	±2	–	mm	
可重复性	–	±0.25	–	%	X 轴, 具有 12 位分辨率

13.12 散热封装

13.12.1 热数据

参数	说明	典型值	单位	条件	封装
θ_{JA}	结温到环境温度热阻	51.9	°C/W	静止空气	88 球 UFBGA 6 × 6 × 0.6 mm
θ_{JC}	结温到管壳温度热阻	6.5	°C/W		88 球 UFBGA 6 × 6 × 0.6 mm
θ_{JA}	结温到环境温度热阻	60.0	°C/W	静止空气	88 球 X1FBGA 6 × 6 × 0.45 mm
θ_{JC}	结温到管壳温度热阻	7.6	°C/W		88 球 X1FBGA 6 × 6 × 0.45 mm

MXT640U 1.1

13.12.2 结温

此器件上允许的最大结温为 125°C。

此器件的平均结温 (T_J , 单位为 °C) 可通过以下公式获得:

$$T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA})$$

如果需要冷却器件, 请使用以下公式:

$$T_J = T_A + (P_D \times (\theta_{HEATSINK} + \theta_{JC}))$$

其中:

- θ_{JA} = 封装结温到环境温度热阻 (°C/W) (见第 13.12.1 节 “热数据”)
- θ_{JC} = 封装结温到管壳温度热阻 (°C/W) (见第 13.12.1 节 “热数据”)
- $\theta_{HEATSINK}$ = 冷却器件热阻 (°C/W), 可在冷却器件数据手册中找到
- P_D = 器件功耗 (W)
- T_A 是环境温度 (°C)

13.13 ESD 信息

参数	值	参考标准
人体模型 (HBM)	±2000 V	JEDEC JS-001
充电器件模型 (CDM)	±250 V	JEDEC JS-001

13.14 焊接温度曲线

温度曲线特性	绿色封装
平均上升速率 (从 217°C 到峰值)	最大 3°C/ 秒
预热温度 175°C ±25°C	150 至 200°C
保持在 217°C 以上的时间	60 至 150 秒
在实际峰值温度 5°C 以内的时间	30 秒
峰值温度	260°C
下降速率	最大 6°C/ 秒
从 25°C 到峰值温度所需的时间	最多 8 分钟

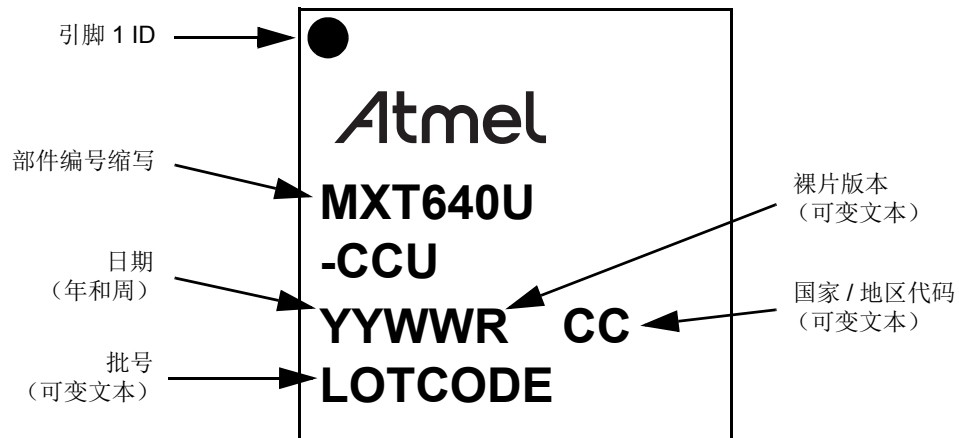
13.15 潮湿敏感等级 (MSL)

MSL 额定值	封装类型	峰值主体温度	技术规范
MSL3	BGA	260°C	IPC/JEDEC J-STD-020

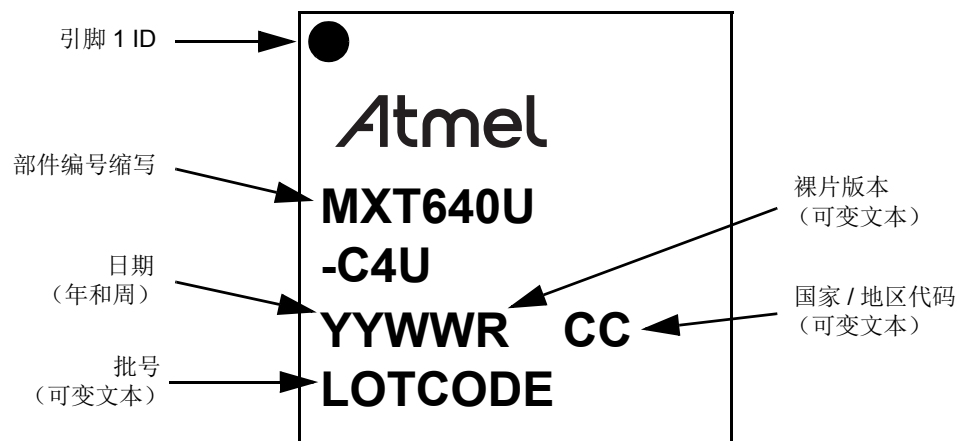
14.0 封装信息

14.1 封装标识信息

14.1.1 88 球 UFBGA



14.1.2 88 球 X1FBGA



14.1.3 可订购部件编号

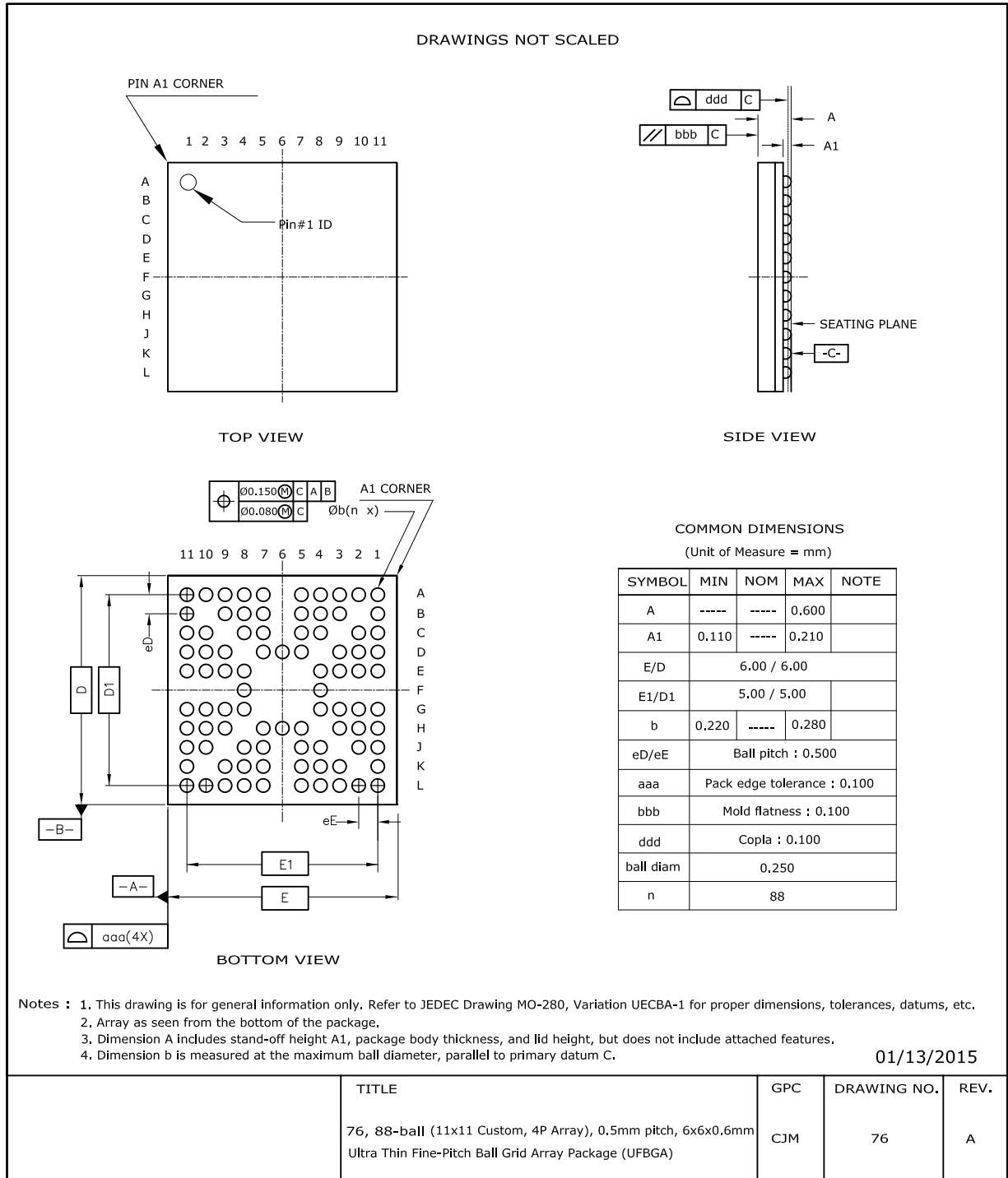
maXTouch 器件的产品标识体系在“[产品标识体系](#)”中进行了说明。该部分还列出了 mXT640U 器件的示例部件编号。

MXT640U 1.1

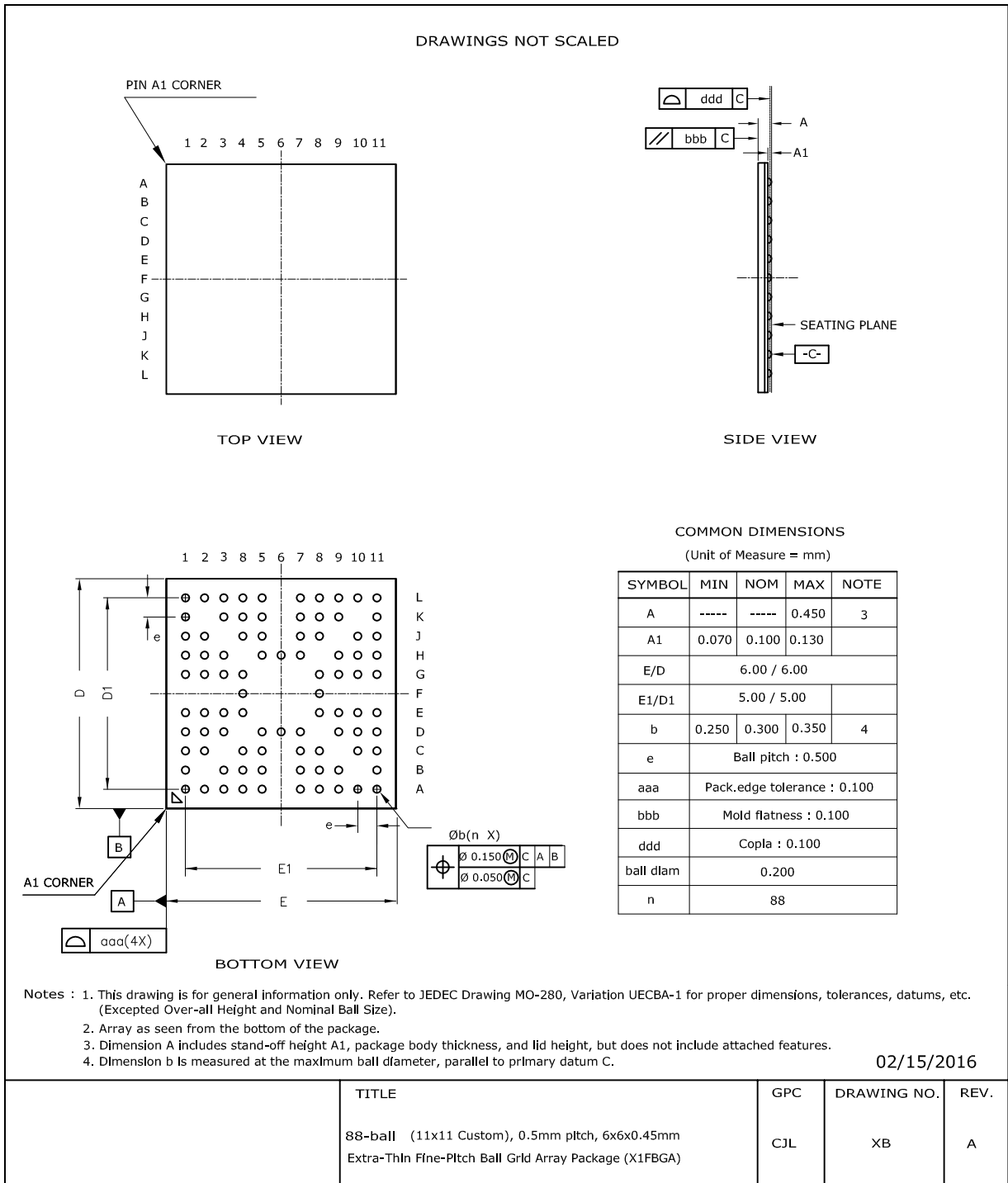
14.2 封装详细信息

以下部分提供了器件封装的技术详细信息。

14.2.1 88 球 UFBGA 6 × 6 × 0.6 MM



14.2.2 88 球 X1FBGA 6 × 6 × 0.45 MM



附录 A: 相关文档

注 以下所列的一些文档仅在签署保密协议（NDA）后方会提供。

如需获取以下文档，请联系您的 Microchip 代表：

产品文档

- 应用笔记：MXTAN0213 – 与 *maXTouchc* 触摸屏控制器接口

触摸屏设计和 PCB/FPCB 布局指南

- 应用笔记：QTAN0054 – *maXTouch* 触摸屏设计入门
- 应用笔记：MXTAN0208 – *maXTouch* 触摸控制器的 PCB 布局设计指南
- 应用笔记：QTAN0080 – 触摸屏传感器设计指南

配置器件

- 应用笔记：QTAN0059 – 使用 *maXTouch* 自检功能
- 应用笔记：MXT0202 – 使用解锁手势 T81 对象

其他

- 应用笔记：QTAN0050 – 使用 *maXTouch* 调试端口
- 应用笔记：QTAN0058 – 利用 *maXTouch* 触摸屏控制器拒绝无意触摸
- 应用笔记：QTAN0061 – 移动设备的 *maXTouch* 灵敏度影响

工具

- *maXTouch Studio* 用户指南（作为 *maXTouch Studio* 的在线帮助分发）

附录 B: 版本历史

版本 AX (2016 年 7 月)

固件版本 1.1 的初始版本 –Atmel 发布版本

版本 A (2017 年 9 月)

固件版本 1.1 的重新设置格式的版本 –Microchip 发布版本

该版本包括以下更新:

- 更新了 Microchip 数据手册的格式:
 - “引脚配置”移到了数据手册的开头
 - 增加了“致客户”
 - 更新了第 14.0 节“封装信息”，以使用新标题。部件编号移到了“产品标识体系”
 - 相关文档移到了附录 A “相关文档”
 - 版本历史移到了本附录
 - 增加了索引
 - 增加了“产品标识体系”
 - 增加了“MICROCHIP 网站”、“变更通知客户服务器件”和“客户支持”部分
 - 更新了封面和封底
- 特性:
 - 更新了典型触摸屏尺寸
 - 增加了“触摸传感器技术”部分
 - 增加了“设计服务”部分
 - 重新排列了其他特性要点
- “引脚配置”:
 - 更新了表格，以显示供电轨信息
- 第 1.0 节“mXT640U 概述”:
 - 更新了触摸检测说明
- 第 2.0 节“原理图”:
 - 修改了原理图，以显示所需去耦电容的最大数量
 - 第 2.2.1 节“电源”: 增加了新部分
 - 第 2.2.2 节“去耦电容”: 修改了去耦电容相关建议，以推荐去耦电容的最大数量
 - 第 2.2.3 节“上拉电阻”: 增加了新部分
 - 删除了关于 $\overline{\text{RESET}}$ 线的说明部分; 由于 Creset 不再被视为可选的，因此不再需要这些说明
- 第 4.0 节“传感器布局”:
 - 重新排列了文本，分成多个部分，让布局规则更加清晰
 - 更新了多点触控触摸屏 T100 规则
 - 增加了第 4.3 节“屏幕尺寸”
- 第 6.0 节“详细工作方式”:
 - 更新了第 6.4 节“传感器采集”
 - 第 6.7 节“无屏蔽支持和显示屏噪声抑制”: 删除了“最佳集成”(错误地包括在内)
 - 第 6.14 节“相邻按键抑制技术”: 重新排列了文本，使其更好地适应页面
- 第 7.0 节“主机通信”:
 - 表 7-1 和表 7-3: 增加了关于添加 10 k Ω 电阻的说明
- 第 9.0 节“HID-I2C 通信”:
 - 第 9.5 节“通用 HID-I2C TLC”: 更新了图片，以显示完整数量的数据包字节
 - 第 9.6 节“数字转换器 HID-I2C”: 更新了图片，以显示完整数量的数据包字节
 - 更新了表 9-3，以显示所有位的格式

- 更新了表 9-4，以显示所有位的格式。字节 5、6、9 和 10 现在正确显示为保留。表格后面对这些字节的解释也进行了相应更新
- 第 9.6.3 节 “最大触点数报告”：重新排列了文本，使其更加清晰
- 第 10.0 节 “PCB 设计考虑因素”：
 - 增加了第 10.3.4 节 “电压泵”
 - 第 10.4 节 “稳压器”：重新编写了这个部分
 - 表 10-1：增加了 Microchip LDO
- 第 13.0 节 “技术规范”：
 - 第 13.1 节 “绝对最大值”：增加了最大组合 GPIO 引脚电流
 - 第 13.2 节 “建议工作条件”：删除了 Cx 和 Cp 参数（替换为第 13.7 节 “触摸屏传感器特性”）
 - 第 13.2.1 节 “直流特性”：更新了子部分中的表格，以正确显示上升 / 下降速率，包括解释说明
 - 移动了第 13.2.2 节 “电源纹波和噪声”，并且现在引用单个 AVdd 值
 - 增加了第 13.7 节 “触摸屏传感器特性”
 - 第 13.8 节 “输入 / 输出特性”：在表格中列出了所有 I/O 引脚
 - 第 13.9 节 “I2C 规格”：删除了具体电阻值
 - 第 13.12.2 节 “结温”：增加了最大结温
- 附录 A “相关文档”：
 - 更新了参考文档
- “可订购部件编号”：
 - 更新了可订购部件编号
- DBG_DAT 引脚重命名为 DBG_DATA
- 通篇删除了对受限文档的引用
- 删除了对 Atmel Corporation 的引用，或在适当时更改为 Microchip Technology Inc
- 分配了新文档编号

索引

A

ADDSEL 引脚	25, 26
AKS。请参见 <i>相邻按键抑制</i>	
AVdd 电源电压	50

B

报告 ID	
HID-I ² C 通信	32
变更通知客户服务	68
标准按键阵列	15
玻璃弯曲	23

C

CHG 线	
HID-I ² C	40
I ² C	29
模式 0 工作	30
模式 1 工作	30
采集时间	21
测试配置技术规格	51
触摸检测	10, 21
触摸精度	57
触摸屏传感器特性	56

D

电容式触摸引擎 (CTE)	10
电压泵	12, 41
电源	
I/O 引脚	12
PCB 设计	41
电源纹波和噪声	50
调节	48
调试	48
辅助调试接口	48
基于对象的协议	48
SPI 调试接口	13, 48
自检	48
顶层集合	32
数字转换器 HID-I ² C。请参见 <i>数字转换器 HID-I²C</i>	
通用 HID-I ² C。请参见 <i>通用 HID-I²C</i>	33
多功能引脚	12

E

EMC 问题	43
ESD 信息	58

F

复位时序	56
辅助调试接口	48

G

GPIO 引脚	13
供电轨	41
工作模式	21
规范	
绝对最大值	49

H

HID-I ² C 通信	32-40
报告 ID	32
CHG 线	40
功率控制	40
规格	32, 57
HID 描述符	32

I ² C 模式选择	24
Microsoft Windows 符合性	40
SCL 线	40
SDA 线	40
时钟拉伸	40
数字转换器 HID-I ² C。请参见 <i>数字转换器 HID-I²C</i>	
通用 HID-I ² C。请参见 <i>通用 HID-I²C</i>	

HID 描述符	
HID-I ² C	32
焊接温度曲线	58
互电容测量	10

J

I/O 引脚	12
I ² C 和 HID-I ² C 模式的自动选择	24
I ² C 接口	
SCL 线	12, 30
SDA 线	12, 30
I ² C 通信	26-31
ADDSEL 引脚	25, 26
CHG 线	29
从器件读取	27
地址选择	25, 26
I ² C 模式选择	24
技术规格	57
检验和模式下的写入	26
利用 DMA 读取状态报文	27
SCL 线	30
SDA 线	30
时钟拉伸	31
写入器件	26
I ² C 写入中的检验和	26
基于对象的协议	48
技术规范	49
测试配置	51
潮湿敏感等级 (MSL)	58
触摸精度	57
触摸屏传感器特性	56
电源纹波和噪声	50
ESD 信息	58
复位时序	56
HID-I ² C 规格	57
焊接温度曲线	58
I ² C 规格	57
建议工作条件	49
结温	58
绝对最大值	49
可重复性	57
模拟电源电压	50
热数据	57
时序规格	55
输入 / 输出特性	56
数字电源电压	50
XVdd 电源电压	50
直流特性	50
检测积分器	21
建议工作条件	49
接地走线	41
结温	58

MXT640U 1.1

K

客户支持	68
可重复性	57

M

MICROCHIP 网站	68
Microsoft Windows 合规性	
HID-I ² C 通信	40
mXT640U 概述	10
模拟电源电压	50
模拟 I/O	43

P

PCB 清洗	41
PCB 设计	41
电压泵	41
电源	41
EMC 问题	43
供电轨	41
接地走线	41
模拟 I/O	43
PCB 清洗	41
去耦电容	41
稳压器	42
元件放置和走线	43

PCB 信号

数字信号	43
屏幕尺寸	15

Q

器件	
概述	10
去耦电容	12, 41

R

热数据	57
-----------	----

S

SCL 线	12, 30, 40
SDA 线	12, 30, 40
SPI 调试接口	13, 48
上电 / 复位	18
上电复位 (POR)	18
VddIO 在 Vdd 后使能	19
上拉电阻	12
时序规格	55
时钟拉伸	31, 40
手套检测	23
手写笔支持	23
输入 / 输出特性	56
数字电源电压	50
数字滤波	22
数字信号	43
数字转换器 HID-I ² C	38
触点报告	38
数字转换器 HID-I ² C 顶层集合	32
触摸硬件质量保证 (THQA) 报告	40
最大触点数 (表面触点) 报告	40

T

TCL。请参见 顶层集合	
通过 HID-I ² C 通信进行功率控制	40
通信	24
HID-I ² C。请参见 HID-I ² C 通信	
I ² C。请参见 I ² C 通信	
I ² C 和 HID-I ² C 模式的自动选择	24

I ² C 模式选择	24
通用按键阵列	16
通用 HID-I ² C 顶层集合	32, 33
读取 / 写入存储器映射命令	33
发送自动返回命令	35

W

VddCore 电源	12
Vdd 电源电压	50
VddIO 电源电压	50
WWW 地址	68
稳压器	42
单电源工作	43
多电源工作	43
握持抑制	22
无屏蔽支持	22
无意触摸抑制	23

X

XVdd 电源电压	50
相邻按键抑制技术	23
详细工作方式	21
校准	21

Y

引脚排列	3
88 引脚 UFBGA/X1FBGA	3
因特网地址	68
有关连接信息, 请参见 引脚排列	3
元件放置和走线	43
原理图	11
电压泵	12
GPIO 引脚	13
I ² C 接口	12
去耦电容	12
上拉电阻	12

Z

噪声抑制	22
显示屏	22
直接存储器访问	27
直流特性	50
重新传输补偿	22
传感器布局	15-17
触摸面板	15
电极	15
传感器采集	21
自电容测量	10
自检	48

产品标识体系

下表详细介绍了 maXTouch 器件的产品标识体系。有关 mXT640U 的示例部件编号，请参见下面的“可订购部件编号”。欲订货或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

部件编号	XXX	[X]	[XX]	[X]	[XXX]
器件	封装	温度范围	样片类型	卷带式选项	定制编号
器件:	基本器件名称				
封装:	A	=	QFP (塑料四方扁平)		
	CCU	=	UFBGA (超薄细间距球栅阵列)		
	C2U	=	UFBGA (超薄细间距球栅阵列)		
	NHU	=	UFBGA (超薄细间距球栅阵列)		
	C4U	=	X1FBGA (极薄细间距球栅阵列)		
	MAU	=	XQFN (超薄四方扁平无引脚切割)		
	MA5U	=	XQFN (超薄四方扁平无引脚切割)		
	UU	=	WLCSP (晶圆级晶片尺寸封装)		
温度范围:	空白	=	-40°C 至 +85°C (等级 3)		
	T	=	-40°C 至 +85°C (等级 3)		
	B	=	-40°C 至 +105°C (等级 2)		
样片类型:	空白	=	发布样片		
	ES	=	预发布 (工程) 样片		
卷带式选项:	空白	=	标准封装 (管式或盘式)		
	R	=	卷带式 ⁽¹⁾		
定制编号:	QTP、SQTP、Code 或特殊要求 (其他请留空)				

注 1: 卷带式标识符仅显示在产品目录部件编号说明中。此标识符用于订购目的，不印刷在器件封装上。有关是否提供卷带式封装选项，请查看下面的“可订购部件编号”，或者向 Microchip 销售办事处咨询。

可订购部件编号

可订购部件编号	固件版本	说明
ATMXT640U-CCU023 (采用盘式封装)	1.1.AA	88 球 UFBGA 6 × 6 × 0.6 mm, 符合 RoHS 规范 工业级样片; 不适合汽车特性值
ATMXT640U-CCUR023 (采用卷带式封装)		
ATMXT640U-C4U023 (采用盘式封装)	1.1.AA	88 球 X1FBGA 6 × 6 × 0.45 mm, 符合 RoHS 规范 工业级样片; 不适合汽车特性值
ATMXT640U-C4UR023 (采用卷带式封装)		

MICROCHIP 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。只要使用常用的互联网浏览器即可访问。网站提供以下信息：

- **产品支持** —— 数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持** —— 常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 顾问计划成员名单
- **Microchip 业务** —— 产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

变更通知客户服务器件

Microchip 的变更通知客户服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请登录 Microchip 网站 www.microchip.com。在“支持” (Support) 下，点击“变更通知客户” (Customer Change Notification) 服务后按照注册说明完成注册。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (FAE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师 (FAE) 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 <http://microchip.com/support> 获得网上技术支持。

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC® MCU 与 dsPIC® DSC、KeeLoq® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器 and 模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
= ISO/TS 16949 =**

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、memBrain、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2018, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN:

全球销售及服务中心

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://www.microchip.com/support>

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453
Tel: 1-317-536-2380

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608
Tel: 1-951-273-7800

罗利 Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110
Tel: 1-408-436-4270

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-695-1980
Fax: 1-905-695-2078

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-577-8366

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631

印度 India - Pune
Tel: 91-20-4121-0141

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-7651-7906

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351

越南 Vietnam - Ho Chi Minh
Tel: 84-28-5448-2100

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

芬兰 Finland - Espoo
Tel: 358-9-4520-820

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700

德国 Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Heilbronn
Tel: 49-7131-67-3636

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

德国 Germany - Rosenheim
Tel: 49-8031-354-560

以色列 Israel - Ra'anana
Tel: 972-9-744-7705

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

意大利 Italy - Padova
Tel: 39-049-7625286

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

挪威 Norway - Trondheim
Tel: 47-7289-7561

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚 Romania - Bucharest
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 Sweden - Gothenberg
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820