

MLX90640ESF_BAA/BAB

32*24 点阵红外温度传感器

数 据 手 册

1. 特性和优点

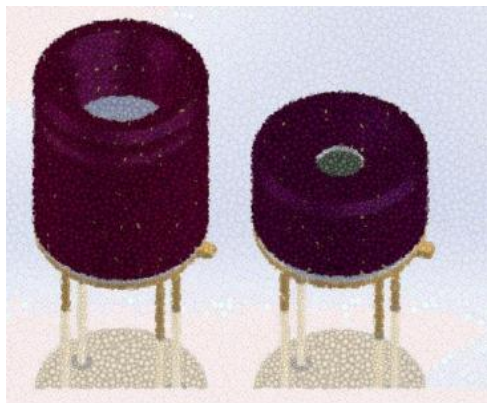
- 小尺寸，低功耗，32*24 像素红外阵列
- 方便集成
- 标准的 T039 封装
- 出厂校准

- 噪声等效温差 (NETD) 0.1K RMS@1Hz 速率
- I2C 兼容数字接口
- 可编程刷新速率 0.5Hz~60Hz
- 供电电压 3.3V
- 电流消耗: $\leq 23\text{mA}$
- 两种视场角可选: $55^\circ \times 30^\circ$ 和 $110^\circ \times 75^\circ$
- 工作温度: $-45^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$
- 测温范围: $-40^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$
- 符合 RoHS 标准

- 安防、入侵检测
- 人体检测
- 智能楼宇环境温度测控
- 汽车空调控制
- 微波炉、烤箱温度检测与控制
- 工业零件温度监测
- 可视化温度传感器

驱动程序可从下面网页下载:

<https://github.com/melexis/mlx90640-library>

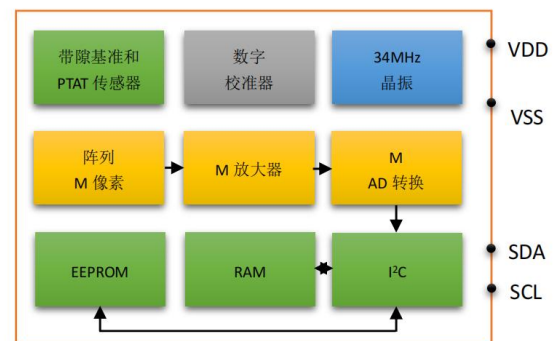


2. 应用实例

- 高精度非接触温度测量

3. 概述

MLX90640 是工业标准并经过完全校准的 32×24 像素热红外阵列传感器, 采用 4 脚 T039 封装以及 IIC 兼容的数字接口。MLX90640 包含 768 个热红外像素点。内嵌自身环境温度传感器和 VDD 电压检测 ADC。通过 IIC 接口, 可以访问存储于内部 RAM 中的红外阵列、环境温度以及 VDD 实时数据。



图表 1 功能组成框图

目录

目录

1. 特性和优点	1
2. 应用实例	2
3. 概述	2
4. 订购信息	4
5. 术语、缩写说明	5
6. 管脚定义	6
7. 绝对最大值范围	6
8. 一般电气特性	7
9. 异常像素修正	8
10. 详细说明	8
10.1. 像素位置（坐标）	8
10.2. 通讯协议	9
10.3. 测量模式	11
10.4. 更新速率（刷新速率）	11
10.5. 测量流程	12
10.6. 测量刷新与读取	13
10.7. 地址映射（分布）	14
11. 计算对象温度	20
11.1. 从 EERPOM 计算校准参数	20
12. 性能测试图表	21
12.1. 精度	21
12.2. 启动时间	23
12.3. 噪声性能和分辨率	24
12.4. 视场 (FOV)	27
13. 应用信息	28
13.1. 电路设计注意事项	28
13.2. 工作于“图像模式”	29
14. 使用建议	30
15. 机械尺寸	31
15.1. FOV 55°	31
15.2. FOV 110°	32
15.3. 标记序列号	33
16. 标准信息	34
17. 静电防护	34

4. 订购信息

产品	温度	封装	选型码	定制码	封装形式	说明
MLX90640	E	SF	BAA	000	TU	32*24 红外阵列
MLX90640	E	SF	BAB	000	TU	32*24 红外阵列

举例：

温度码	E：-40~85℃
封装码	SF：T039 封装
选型码	xAx：禁用 TGC 功能，并且不可更改
	xxA：视场角 110° *75°
	xxB：视场角 55° *35°
定制码	000：无定制的标准产品
封装形式	TU：管状
订购举例	MLX90640ESF-BAA-000-TU

表格 1 订购信息

5. 术语、缩写说明

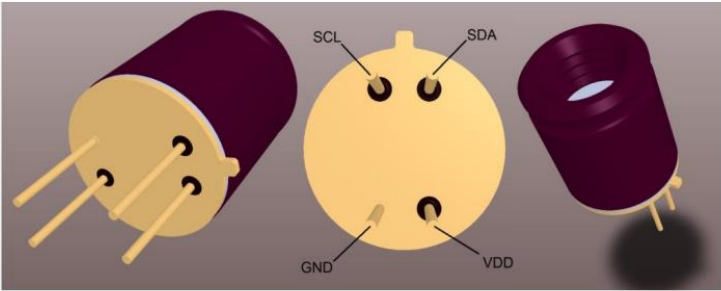
TC	温度校正系数, 单位 ppm/°C
POR	上电复位
IR	红外线
Ta	环境温度 (封装外皮温度)
IR data	红外数据 (与接收到的红外光能量呈正比的原始 AD 数据)
ADC	模拟数字转换器
TGC	温度梯度系数
FOV	视场域 (角)
nFOV	第 n 个像素的视场角
I2C	一种数字总线标准
SDA	I ² C 总线的数据线
SCL	I ² C 总线的时钟线
LSB	低位在前 (按位传输数据时)
MSB	高位在前 (按位传输数据时)
Fps	帧每秒 (描述数据的传输速率)
MD	主驱动器 (主设备)
SD	从设备
ASP	模拟信号处理
DSP	数字信号处理
ESD	静电放电
EMC	电磁兼容
CP	补偿像素
NC	未连接
NA	不适用
TBD	待定, 不确定
TO	像素温度值, 测量到的物体温度

表格 2 术语、缩写说明

6. 管脚定义

管脚号	管脚名称	功能说明
1	SDA	I ² C 串行接口数据线（输入/输出）
2	VDD	电源正
3	GND	电源负（GND）
4	SCL	I ² C 串行接口时钟线（输入）

表格 3 管脚定义



图表 2 MLX90640 外形及管脚定义

7. 绝对最大值范围

参数	符号	最小值	标准值	最大值	单位	备注
电源（超压）	V _{DD}			5	V	
电源（工作）				3.6	V	
负压（所有引脚）				-0.3	V	
操作温度	T _{AMB}	-40		85	°C	
存储温度	T _{ST}	-40		125	°C	
静电（AEC Q100 002）		4			kV	
SDA 灌电流				40	mA	

表格 4 绝对最大值范围

注：超过绝对最大额定值可能造成永久性损害。长时间工作在绝对最大额定条件下可能会影响设备的可靠性。

8. 一般电气特性

参数	符号	最小值	标准值	最大值	单位	备注
供电电压	V_{DD}	3	3.3	3.6	V	
电流消耗	I_{DD}	15	20	25	mA	
上电复位启动电压	V_{POR_UP}	2.2		2.6	V	VDD 上升沿
上电复位关机电压	V_{POR_DOWN}			2.55	V	VDD 下降沿
上电复位迟滞	V_{POR_HYS}		50		mV	
I2C 地址		0x01	0x33	0xFF		
输入高电平 SDA、SCL	V_{IH}	$0.7 \cdot V_{DD}$			V	
输入低电平 SDA、SCL	V_{LOW}			$0.3 \cdot V_{DD}$	V	
输出低电压 SDA	V_{OL}			0.4	V	
漏电流	I_{SDA_LEAK}			± 10	uA	SDA
	I_{SCL_LEAK}			± 10	uA	SCL
电容特性	C_{SDA}			10	pF	SDA
	C_{SCL}			10	pF	SCL
应答装载时间	$T_{SUAC(MD)}$			0.45	uS	
应答保持时间	$T_{DUAC(MD)}$			0.45	uS	
应答装载时间	$T_{SUAC(SD)}$			0.45	uS	
应答保持时间	$T_{DUAC(SD)}$			0.45	uS	
I2C 时钟频率	F_{I2C}		0.4	1	MHz	
EEPROM 擦/写周期				10		
EEPROM 写操作耗时	T_{WRITE}	5			mS	

表格 5 电气特性

注：为了获得最佳性能，建议将电源电压尽可能准确稳定地保持在 $3.3V \pm 0.1V$ 。

注2：当要修改 EEPROM 中的数据时，必须先执行擦除操作（写 0x0000）。每次写完后至少需要 5 毫秒的延迟。

注3：从设备地址必须为 1~127（0 地址不可使用）。

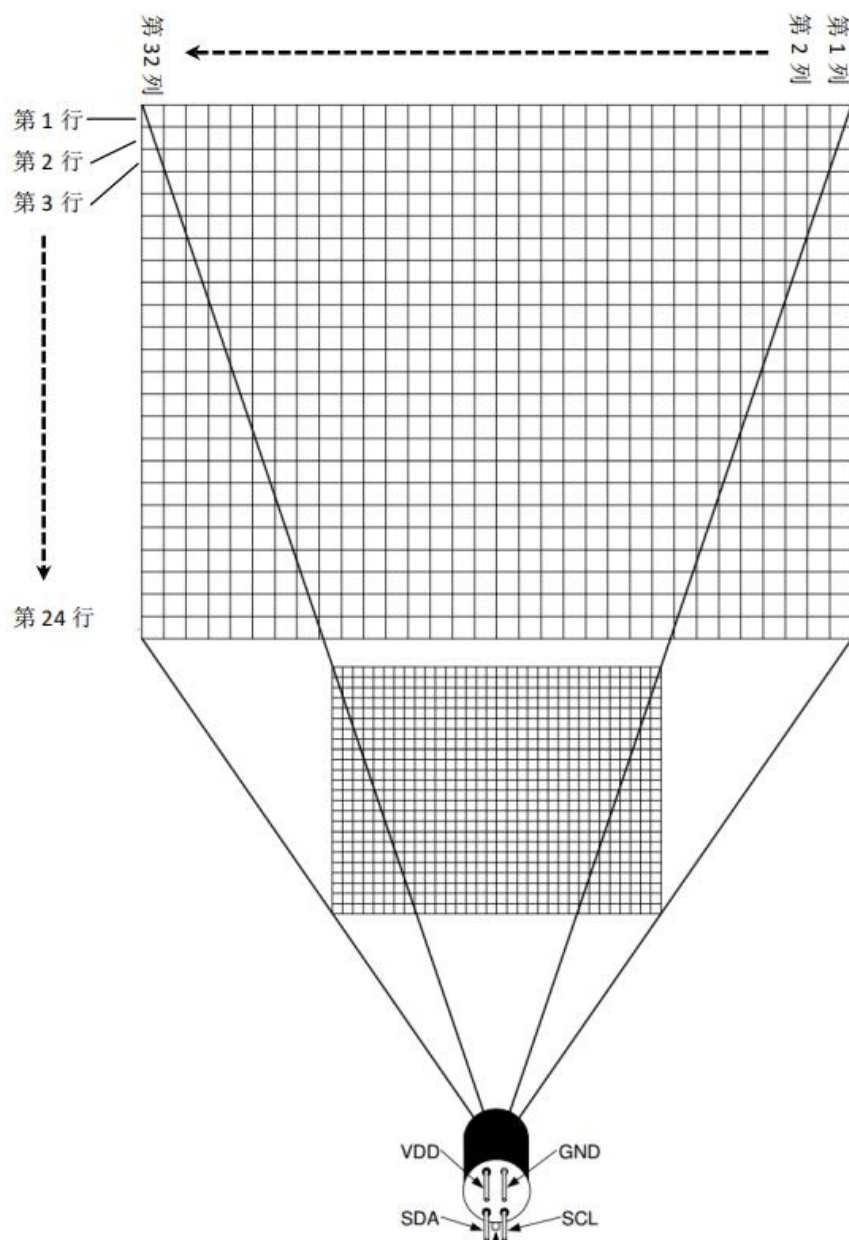
9. 异常像素修正

因为生产工艺原因,MLX90640 的 768 点阵中会存在不能使用或者精度未能达到要求的像素点(最多 4 个像素),错误(异常)的像素数据表现为 0 或者明显超出温度范围。这些不能使用的像素信息保存于 EEPROM 中,可以通过 IIC 接口读出这些异常像素点并加以校正,校正方法可以使用相邻正确像素的平均值的方法。

10. 详细说明

10.1. 像素位置(坐标)

数据阵列由 768 个红外传感器测构成(每个传感器也称作“像素”)。每个像素用它所处的行和列来表示 $PIX(i, j)$, i 表示行(1~24), j 表示列(1~32)。



图表 3 像素点在视域中的位置

10.2. 通讯协议

该设备采用 IIC 协议，支持快速模式（FM+）（最高 1MHz 时钟频率），只可作为从机在总线上使用。

SDA 和 SCL 端口 5V 兼容，可以直接连接到 5V 逻辑的 IIC 总线网络。

从地址可编程的，可以有多达 127 个不同的从地址。

10.2.1. Low level

10.2.1.1. 开始和停止条件

每次通讯均以 START 条件发起,并以 STOP 条件结束。START 条件是指 SDA 由高到低跳变,而 STOP 条件是指 SDA 由低到高跳变,这两种信号都必须在 SCL 高电平时执行。

10.2.1.2. 设备寻址

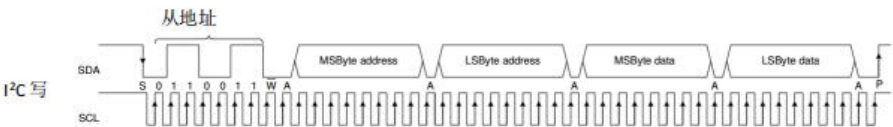
寻址动作由主设备发起,主设备在开始信号 (START 信号) 完成后发送 7 位从设备地址码和 1 位读写标识码。读写位表示数据的传输方向。

读 (高电平): 主设备将从从设备读取数据

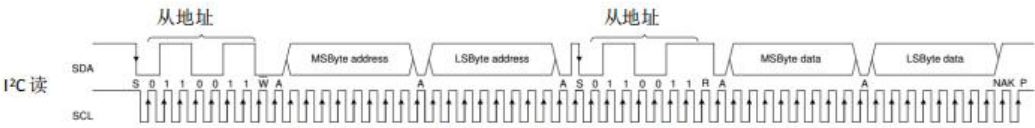
写 (低电平): 主设备将向从设备发送数据

10.2.1.3. 应答

主设备发送完 8 位的从机地址后,在第 9 个时钟周期释放 SDA 总线,若从机拉低 SDA 表示应答信号 (ACK), 则表示非应答信号 (NoACK)。



图表 4 I²C 写命令格式 (使用默认的从地址 0x33)



图表 5 I²C 读命令格式 (使用默认的从地址 0x33)

10.3. 测量模式

在此模式下，MLX90640 不断的更新红外阵列数据和环境温度数据到内部的 RAM 区，更新速率取决于帧速率寄存器 () 的值，亦即：每 1 秒进行一次更新。在此模式下，外接的上位机(MCU)对所有寄存器和存储器具有完全的访问权(可读写任意寄存器和 RAM、EEPROM)。

10.4. 更新速率（刷新速率）

更新速率由“控制寄存器 1” (0x800D) 控制。例如：设置此寄存器=011B，则更新速率为 4Hz，也就是每 250ms 更新一次 RAM。

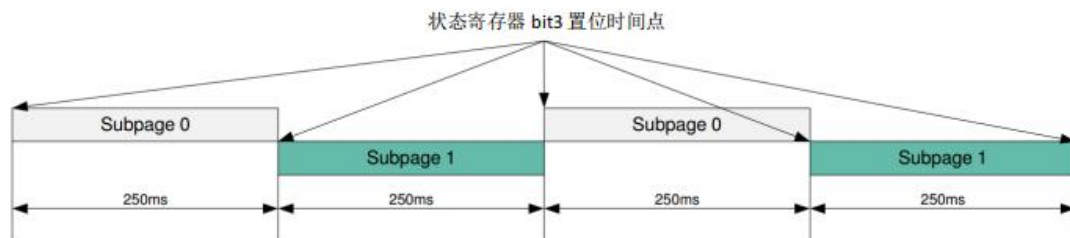
注：可直接修改寄存器的值来实现刷新速率的修改，另外还可以将所需的刷新率编程到 EEPROM 中，从而消除避免每次开机时重新配置的过程。刷新速率对应的 EEPROM 单元地址是

0x240C（见表 8）。

被更新的 RAM 有多个页，最新被更新的子页在“最后测量子页”域中显示。

如果要计算环境温度 (Ta) 则必须同时读取两个 RAM 子页，因为环境温度的计算需要两个子页的数据合并以后方可获得，即：环境温度的转换速率会比“控制寄存器 1”设置的速率慢一半。

当新的一个子而数据更新完成后，“状态寄存器” (0x8000) 的 bit3 自动置 1，此位需要用户在读取子页后置 0。

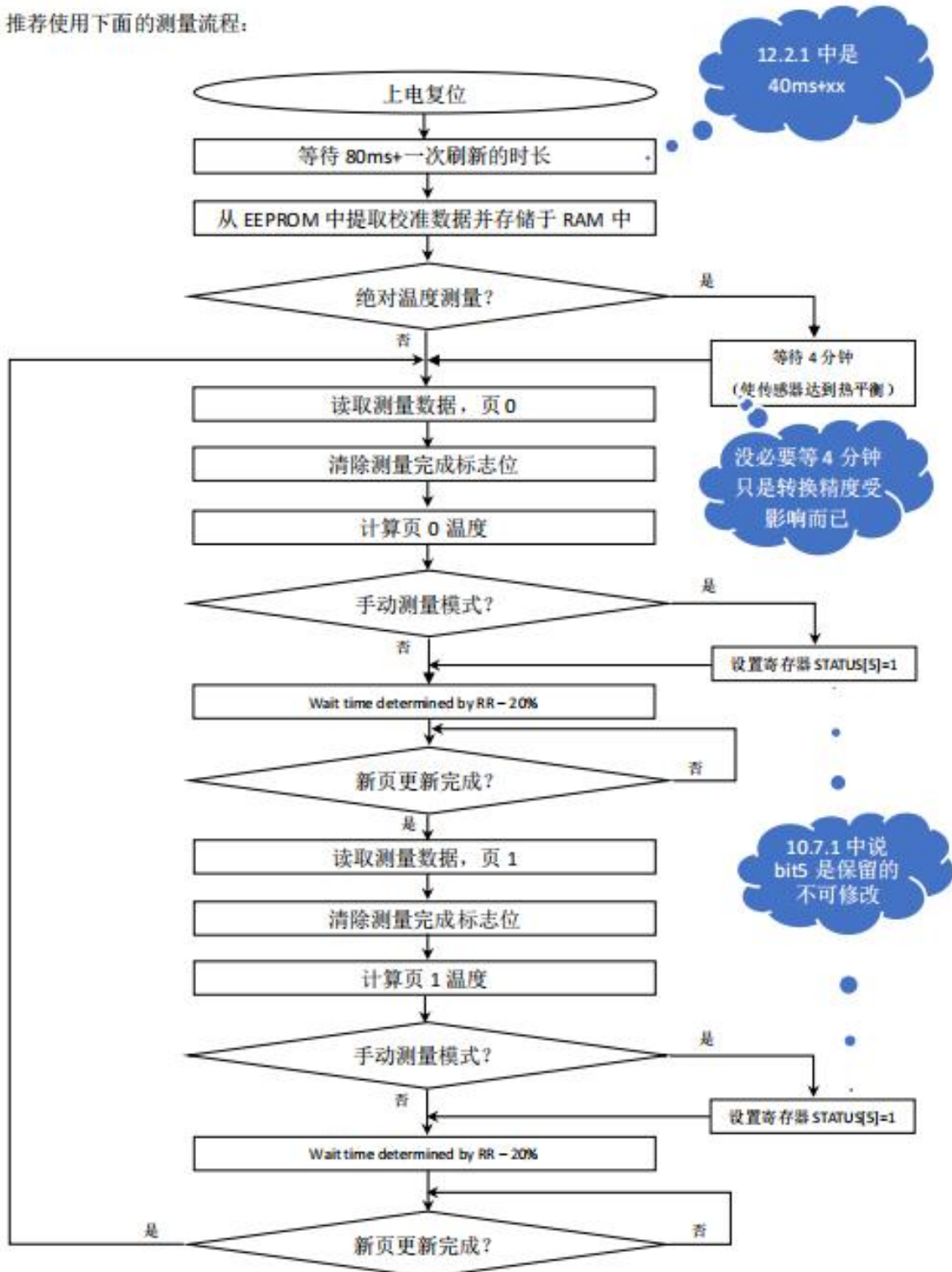


刷新速率控制=011B (4Hz)

图表 6 刷新速率时序

10.5.测量流程

推荐使用下面的测量流程：



图表 7 推荐测量流程

10.6. 测量刷新与读取

测量完成的红外阵列数据更新到 RAM 区，占用 1536 字节，MLX90640 每次测量一半像素点，分两次完成所有 768 像素的测量，在逻辑上将每次测量完成的一半称为一个子页，故此 数据帧有两个子页面（两个子页合并以后才是完整的 768 个像素数据），每次完成一半像素 点的分布模式有两种，可通过控制寄存器 1（0x800D）的 bit12 位来设置。

（1）棋盘模式（默认），（每个像素间隔排列-像素交错模式）

（2）电视交错模式，（隔行排列-行交错模式）

注 1: 标准的 MLX90640 是在棋盘模式下校准的，因此传感器在棋盘模式下具有更好的噪声滤除性能。为了得到最好的结果，建议使用默认的棋盘模式。

注意 2: 请确认子页面寄存器的配置。详见：表 6 子页面控件的优先级。

0x000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
0x040	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
0x080	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
0x0C0	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224
0x000	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288
0x040	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352
0x080	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416
0x0C0	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480
0x000	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544
0x040	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608
0x080	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672
0x0C0	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736
0x000	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768
0x040	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808
0x080	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872
0x0C0	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916
0x000	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980
0x040	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044
0x080	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080
0x0C0	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116
0x000	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152
0x040	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188
0x080	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224
0x0C0	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260
0x000	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292
0x040	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328
0x080	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364
0x0C0	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400
0x000	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432
0x040	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464
0x080	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482	1483	1484	1485	1486	1487	1488	1489	1490	1491	1492	1493	1494	1495	1496
0x0C0	1497	1498	1499	1500	1501	1502	1503	1504	1505	1506	1507	1508	1509	1510	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1517	1518	1519	1520	1521	1522	1523	1524	1525	1526	1527	1528
0x000	1529	1530	1531	1532	1533	1534	1535	1536	1537	1538	1539	1540	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1547	1548	1549	1550	1551	1552	1553	1554	1555	1556	1557	1558	1559	1560
0x040	1561	1562	1563	1564	1565	1566	1567	1568	1569	1570	1571	1572	1573	1574	1575	1576	1577	1578	1579	1580	1581	1582	1583	1584	1585	1586	1587	1588	1589	1590	1591	1592
0x080	1593	1594	1595	1596	1597	1598	1599	1600	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612	1613	1614	1615	1616	1617	1618	1619	1620	1621	1622	1623	1624
0x0C0	1625	1626	1627	1628	1629	1630	1631	1632	1633	1634	1635	1636	1637	1638	1639	1640	1641	1642	1643	1644	1645	1646	1647	1648	1649	1650	1651	1652	1653	1654	1655	1656
0x000	1657	1658	1659	1660	1661	1662	1663	1664	1665	1666	1667	1668	1669	1670	1671	1672	1673	1674	1675	1676	1677	1678	1679	1680	1681	1682	1683	1684	1685	1686	1687	1688
0x040	1689	1690	1691	1692	1693	1694	1695	1696	1697	1698	1699	1700	1701	1702	1703	1704	1705	1706	1707	1708	1709	1710	1711	1712	1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719	1720
0x080	1721	1722	1723	1724	1725	1726	1727	1728	1729	1730	1731	1732	1733	1734	1735	1736	1737	1738	1739	1740	1741	1742	1743	1744	1745	1746	1747	1748	1749	1750	1751	1752
0x0C0	1753	1754	1755	1756	1757	1758	1759	1760	1761	1762	1763	1764	1765	1766	1767	1768	1769	1770	1771	1772	1773	1774	1775	1776	1777	1778	1779	1780	1781	1782	1783	1784
0x000	1785	1786	1787	1788	1789	1790	1791	1792	1793	1794	1795	1796	1797	1798	1799	1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806	1807	1808	1809	1810	1811	1812	1813	1814	1815	1816
0x040	1817	1818	1819	1820	1821	1822	1823	1824	1825	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836	1837	1838	1839	1840	1841	1842	1843	1844	1845	1846	1847	1848
0x080	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855	1856	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863																	

10.7.地址映射（分布）

0x0000	ROM
0x03FF	
0x0400	RAM
0x07FF	
0x2400	EEPROM
0x273F	
0x8000	寄存器 (MLX 保留)
0x800C	
0x800D	寄存器
0x8010	
0x8011	寄存器 (MLX 保留)
0x8016	

图表 10 MLX90640 存储器地址分布

10.7.1. 内部寄存器

有一些内部寄存器可供用户访问，通过这些寄存器可以对 MLX90640 进行配置：
状态寄存器 STATUS（0x8000）

位	符号	值	描述	默认值
Bit15:5			保留	
Bit4			RAM 中的数据是否可写 0: 不可写; 1: 可写	
Bit3			子页更新完成标志位 1: 更新完成, 此位必须用户写 0 清除	
Bit2:0			子页面测量控制 000: 测量子页面 0 001: 测量子页面 1 010~111: 保留	

图表 11 状态寄存器（0x8000）定义说明

控制寄存器 ICTR1（0x800D）

位	符号	值	描述	默认值
Bit15:13			保留	
Bit12			像素分布模式 0: 行交替模式（TV 模式）	

			1: 像素间隔模式 (棋盘模式), 默认	
Bit11:10			采样分辨率设置 00: 16 位 01: 17 位 10: 18 位 (默认) 11: 19 位	
Bit9:7			刷新速率控制 000: 0.5Hz 001: 1Hz 010: 2Hz 011: 4Hz 100: 8Hz 101: 16Hz 110: 32Hz 111: 64Hz	
Bit6:4			指定要更新的子页 000: 子页 0 001: 子页 1 010~111: 未定义	
Bit3			子页切换控制 (仅当子页模式=1 时有效) 0: 自动切换子页 0 和子页 1 (默认) 1: 指定子页号	
Bit2			RAM 更新控制 0: 测量完成后自动更新到 RAM (默认) 1: 仅当状态寄存器中的 RAM 可写=1 时才将测量结果更新到 RAM	
Bit1			保留	0
Bit0			使能子页模式 0: 禁用子页模式, 所有数据更新在一页里 1: 使能子页模式 (页 0 和页 1), 默认	

图表 12 控制寄存器 1 (0x800D) 定义说明

使能子页模式 CTR1[bit0]	使能子页指定 CTR1[bit3]	指定子页 CTR1[bit6:4]	工作模式
0	0	-	仅测量子页 0
0	1	-	仅测量子页 0
1	0	-	子页 0 和 1 自动交替
1	1	0	仅测量子页 0
1	1	1	仅测量子页 1

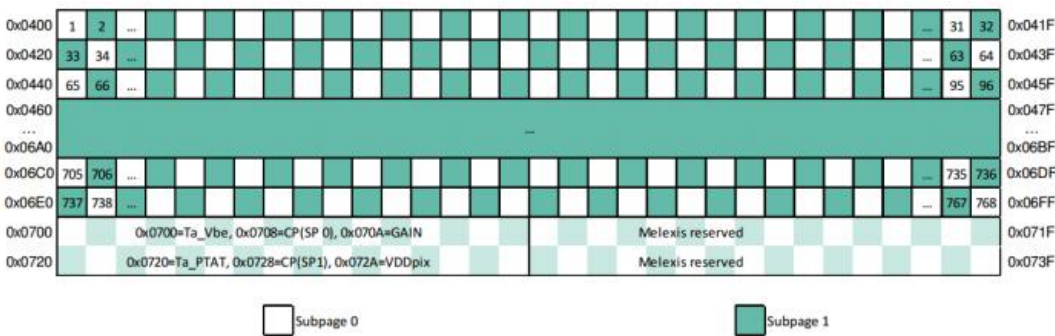
表格 6 子页刷新优先级控制

I²C 配置寄存器 I2CCFG (0x800F)

位	符号	值	描述	默认值
Bit15:4			保留	
Bit3			保留，总是 0	
Bit2			SDA 驱动电流控制 0: 电流限制功能打开（默认） 1: 电流限制功能关闭	
Bit1			高低电平参考电压设置 0: VDD（默认） 1: 1.8V	
Bit0			禁用 FM+模式（快速模式） 0: 不禁用，即：使用 FM+模式（默认） 1: 禁用 FM+模式	

图表 13 I²C 配置寄存器 I2CCFG (0x800F) 定义说明

10.7.2. RAM



图表 14 RAM 地址分布（棋盘模式）-出厂默认



图表 15 RAM 地址分布（行交错模式）

10.7.3. EEPROM

EEPROM 中存储的是 MLX90640 的校准参数和上电后自动加载的寄存器值。

EEPROM 地址	访问权限	含义说明
0x2400	MLX	保留
0x2401		
0x2402		
0x2403		上电后加载到配置寄存器
0x2404		保留
0x2405		
0x2406		
0x2407		唯一识别码 ID1
0x2408		唯一识别码 ID2
0x2409		唯一识别码 ID3
0x240A		设备选项
0x240B		保留
0x240C	用户	上电后加载到控制寄存器 1
0x240D		上电后加载到控制寄存器 2
0x240E		上电后加载到 I ² C 配置寄存器
0x240F		高字节保留 低字节 I ² C 地址

表格 7 EEPROM 中的配置参数地址定义

上电复位后，MLX90640 从 EEPROM 读取参数，并将对应参数加载到配置寄存器和控制寄存器。通过这种方式完成测量前的自动配置工作。EEPROM 中一些地址与寄存器的对应关系如下表所示（寄存器的具体定义说明请参阅 10.7.1 小节）。

EEPROM 地址	寄存器地址	访问权限	寄存器名称	数值
0x240C	0x800D	用户	控制寄存器 1	0x1901
0x240D	0x800E	用户	控制寄存器 2	0x0000
0x240E	0x800F	用户	I ² C 配置寄存器	0x0000
0x240F	0x8010	用户	高字节保留 低字节 I ² C 地址	0xBE33

表格 8 EEPROM 地址与寄存器地址映射关系

地址	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0X2400	Osc Trim	Ana Trim	MLX	CFG	MLX	MLX	MLX	ID1	ID2	ID3	MLX	MLX	CTRL	CTR2	I ² CFG	Addr
0X2410	OCC	osAvg	OCC row 01...24(6*4*3bit+sign)						OCC col 01...32 (8*4*3bit+sign)							
0X2420	ACC	aAVG	ACC row 01...24(6*4*3bit+sign)						ACC col 01...32 (8*4*3bit+sign)							
0X2430	GAIN	PTAT25	KvKtPTAT	KvVDD25	KvAvg	MLX	KtaAvg		Kv, Kta Sca	ACP 1, 2	Off-CP1, 2	Kv, Kta Cp	Ks Ta, TcC	Ks To 4, 3	Ks To 2, 1	CT 4, 3
0X2440	768 组偏移值、α、Kta、异常值（参数）															
0X2450																
0X2460																
0X2470																
0X2480																
0X2490																
0X24A0																
0X24B0																
0X24C0																
0X24D0																
0X24E0																
0X24F0																
0X2510																
0x2520																

0x2730																

表格 9 EEPROM 地址分布框图

Address \ bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x2410	(Alpha PTAT - 8)*4				scale_Occ_row				scale_Occ_col				scale_Occ_rem			
0x2411	± Pix_os_average															
0x2412	± OCC row 4				± OCC row 3				± OCC row 2				± OCC row 1			
0x2413	± OCC row 8				± OCC row 7				± OCC row 6				± OCC row 5			
0x2414	± OCC row 12				± OCC row 11				± OCC row 10				± OCC row 9			
0x2415	± OCC row 16				± OCC row 15				± OCC row 14				± OCC row 13			
0x2416	± OCC row 20				± OCC row 19				± OCC row 18				± OCC row 17			
0x2417	± OCC row 24				± OCC row 23				± OCC row 22				± OCC row 21			
0x2418	± OCC column 4				± OCC column 3				± OCC column 2				± OCC column 1			
0x2419	± OCC column 8				± OCC column 7				± OCC column 6				± OCC column 5			
0x241A	± OCC column 12				± OCC column 11				± OCC column 10				± OCC column 9			
0x241B	± OCC column 16				± OCC column 15				± OCC column 14				± OCC column 13			
0x241C	± OCC column 20				± OCC column 19				± OCC column 18				± OCC column 17			
0x241D	± OCC column 24				± OCC column 23				± OCC column 22				± OCC column 21			
0x241E	± OCC column 28				± OCC column 27				± OCC column 26				± OCC column 25			
0x241F	± OCC column 32				± OCC column 31				± OCC column 30				± OCC column 29			
0x2420	Alpha scale - 30				Scale_ACC_row				Scale_ACC_column				Scale_ACC_remand			
0x2421	Pix_sensitivity_average															
0x2422	± ACC row 4				± ACC row 3				± ACC row 2				± ACC row 1			
0x2423	± ACC row 8				± ACC row 7				± ACC row 6				± ACC row 5			
0x2424	± ACC row 12				± ACC row 11				± ACC row 10				± ACC row 9			
0x2425	± ACC row 16				± ACC row 15				± ACC row 14				± ACC row 13			
0x2426	± ACC row 20				± ACC row 19				± ACC row 18				± ACC row 17			
0x2427	± ACC row 24				± ACC row 23				± ACC row 22				± ACC row 21			
0x2428	± ACC column 4				± ACC column 3				± ACC column 2				± ACC column 1			
0x2429	± ACC column 8				± ACC column 7				± ACC column 6				± ACC column 5			
0x242A	± ACC column 12				± ACC column 11				± ACC column 10				± ACC column 9			
0x242B	± ACC column 16				± ACC column 15				± ACC column 14				± ACC column 13			
0x242C	± ACC column 20				± ACC column 19				± ACC column 18				± ACC column 17			
0x242D	± ACC column 24				± ACC column 23				± ACC column 22				± ACC column 21			
0x242E	± ACC column 28				± ACC column 27				± ACC column 26				± ACC column 25			
0x242F	± ACC column 32				± ACC column 31				± ACC column 30				± ACC column 29			
0x2430	± GAIN															
0x2431	± PTAT_25															
0x2432	± Kv_PTAT				± Kv_Vdd				± Kt_PTAT				± Vdd_25			
0x2433	± Kv_avg_RowOdd-ColumnOdd				± Kv_avg_RowEven-ColumnOdd				± Kv_avg_RowOdd-ColumnEven				± Kv_avg_RowEven-ColumnEven			
0x2434	± IL_CHESS_C3 - 5 bits				± IL_CHESS_C2 - 5 bits				± IL_CHESS_C1 - 6 bits				± IL_CHESS_C0 - 6 bits			
0x2435	± Kta_avg_RowOdd-ColumnOdd				± Kta_avg_RowEven-ColumnOdd				± Kta_avg_RowOdd-ColumnEven				± Kta_avg_RowEven-ColumnEven			
0x2436	MLX				Res control calib				Kv scale				Kta scale 1			
0x2437	± Alpha (CP subpage_1 / CP subpage_0 - 1)*2^7				Alpha CP subpage_0				± Offset CP subpage_0				± Offset CP subpage_0			
0x2438	± Kv_CP				± KsTo range 2 (0°C...CT1°C)				± KsTo range 1 (-40°C...CT1°C)				± KsTo range 3 (CT1°C...CT2°C)			
0x2439	± KsTa*2^13				TGC (±4)*2^7				± KsTo range 4 (CT2°C...CT3°C)				KsTo Scale offset - 8			
0x243A	± Offset pixel (1, 1)				α pixel (1, 1)				± Kta (1, 1)				Outlier			
0x243B	± Offset pixel (1, 2)				α pixel (1, 2)				± Kta (1, 2)				Outlier			
0x243C	± Offset pixel (1, 3)				α pixel (1, 3)				± Kta (1, 3)				Outlier			
0x243D	± Offset pixel (1, 32)				α pixel (1, 32)				± Kta (1, 32)				Outlier			
0x243E	± Offset pixel (2, 1)				α pixel (2, 1)				± Kta (2, 1)				Outlier			
0x243F	± Offset pixel (2, 2)				α pixel (2, 2)				± Kta (2, 2)				Outlier			
0x2440	± Offset pixel (24, 31)				α pixel (24, 31)				± Kta (24, 31)				Outlier			
0x2441	± Offset pixel (24, 32)				α pixel (24, 32)				± Kta (24, 32)				Outlier			

11. 计算对象温度

11.1. 从 EERPOM 计算校准参数

注：EEPROM 中的所有数据均为二进制补码形式（另有说明时除外）

注：下面文字中，用 EE[0xxxx]表示 EEPROM 中某个地址的数值，每个值占用 2 字节。

在本例中，我们将恢复像素（12,16）的校准数据

11.1.1. 恢复 VDD 传感器参数

下面的公式用于计算 MLX90640 的 VDD：

$$K_{Vdd} = \frac{EE[0x2433] \& 0xFF00}{2^8}$$

如果 $K_{Vdd} > 127$ 则 $K_{Vdd} = K_{Vdd} - 256$

$$K_{Vdd} = K_{Vdd} \times 2^5$$

$$K_{Vdd} = EE[0x2433] \text{的高字节} \times 32$$

$$K_{Vdd} = (\text{signed short})((EE[0x2433] \& 0xFF00) \gg 8) \times 32$$

$$VDD_{25} = EE[0x2433] \& 0x00FF$$

$$VDD_{25} = (VDD_{25} - 256) \times 2^5 - 2^{13}$$

11.1.2. 恢复环境温度传感器参数

一堆乱乱的公式，而且丝毫没有解释说明，把取某些位的方法非要搞成公式，还有就是有符号数（signed）用“如果…那么…”的文字来描述，把简单的事搞得好像很复杂的样子。瞎卖弄啥，也卖弄不清楚，脑袋有问题。

对于神一样的没有任何解释说明的算式，MLX 提供的驱动程序包里已经包含了这部分，所以就不在这里浪费时间了（确实没有意义）。



12. 性能测试图表

12.1. 精度

所有精度指标仅适用于固定的等温条件。
此外，只有当目标完全填满传感器的 FOV（视场）时，精度才有效。
参数定义：
帧精度：数据帧或帧中所有（768）像素的平均值，第 n 帧数据的精度可以使用下式计算：

$$\overline{T_{0_frame(n)}} = \frac{1}{768} \sum_{m=1}^{768} T_0(m, n)$$

$$\text{帧精度} = \overline{T_{0_frame(n)}} - \text{实际温度} T_{target}$$

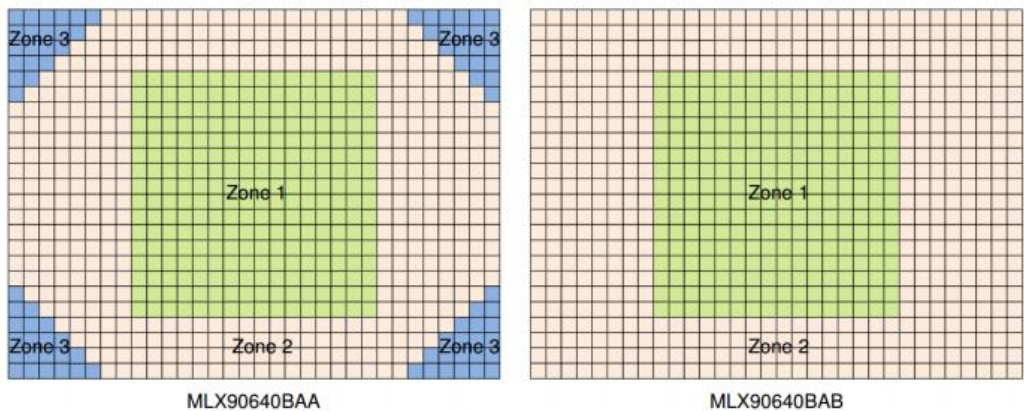
非均匀性：也称“不一致性”，是指每个像素相对于平均值的最大偏差。

$$\text{不一致性} = \text{MAX}(|T_0(m) - \overline{T_{0_frame(n)}}|)$$

像素温度的绝对精度为：

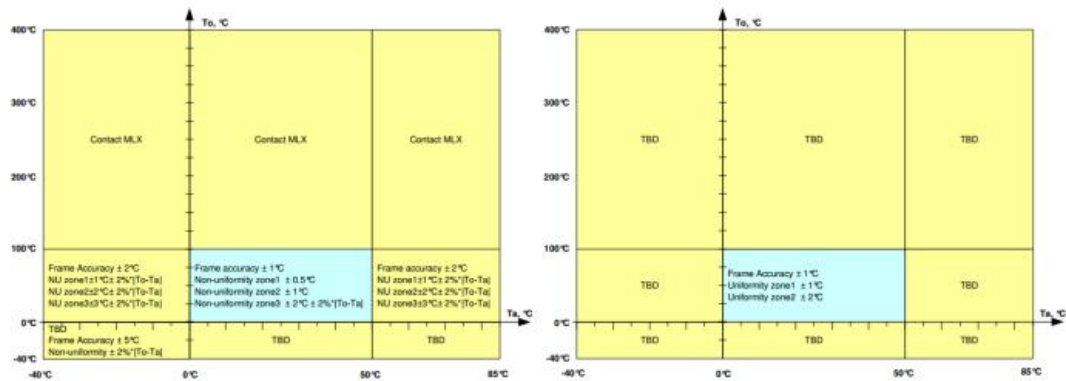
$$\text{绝对精度} T_{0acc}(n) = \text{帧精度} + \text{不一致性}$$

MLX90640 对视场内不同区域的测温精度所有不同，如下图所示，将视场划分为 3 个区域。



图表 17 不同型号传感器的测温精度区域划分

每个区域内的测温精度指示如下图所示：



图表 18 测温精度（左为 BAA，右为 BAB）

例：假设传感器（BAA 类型，区域 1）测量的是 80℃的目标，则温度结果的最大误差不会超过：

$$\text{绝对精度} = \text{帧精度} + \text{不一致性} = \pm 1 \pm 0.5 = \pm 1.5^{\circ}\text{C}$$

注：为了获得最佳的性能，电源电压应尽可能准确稳定的保持在 $3.3\text{V} \pm 0.1\text{V}$ 。

12.2 启动时间

12.2.1. 第 1 组有效数据

上电启动后到第一组有效数据测量完成的时长 T_{valid_data} 与采集速率（刷新速率）参数有关，可以使用下式计算：

$$T_{valid_data} = \left(40 + \frac{1000}{xHz} \right) ms$$

例：默认采集速率为 2Hz，则自上电后开始到首组有效数据完成需要的时间为：

$$T_{valid_data} = \left(40 + \frac{1000}{xHz} \right) = (40 + 500) = 540ms$$

上电复位后，总是先测量子页 0，然后是子页 1。

注：如果动态更改刷新速率（通过将新值写入设备寄存器（0x800D）），则仅在被测量的子页面完成后才会生效。



12.2.2. 发热特性

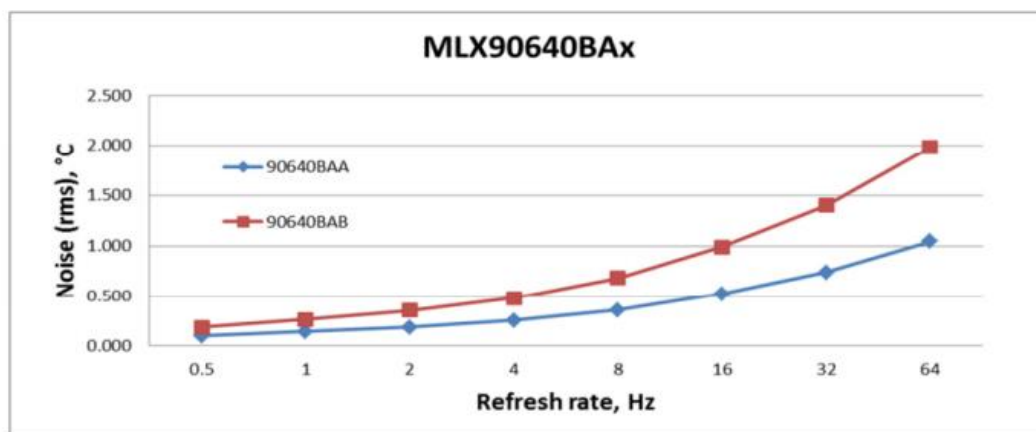
MLX90640 在启动后需要一定的时间达到热平衡，热平衡后才具有相对稳定和高精度性能，这一时间一般不超过 4 分钟。

12.3. 噪声性能和分辨率

配置寄存器（0x800D）中有两个位（bit11:10）可以更改 MLX90640 测量值的分辨率。
提高分辨率可以降低噪声，提高整体噪声性能。

噪声测量条件为：To=Ta=25°C

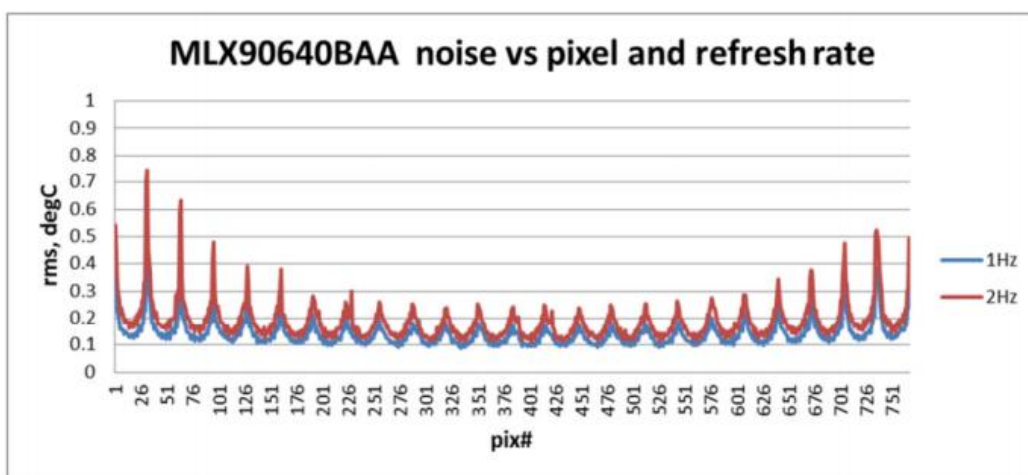
注：由于热红外辐射的性质，高温时噪声减小，低温时噪声增大属于正常现象。



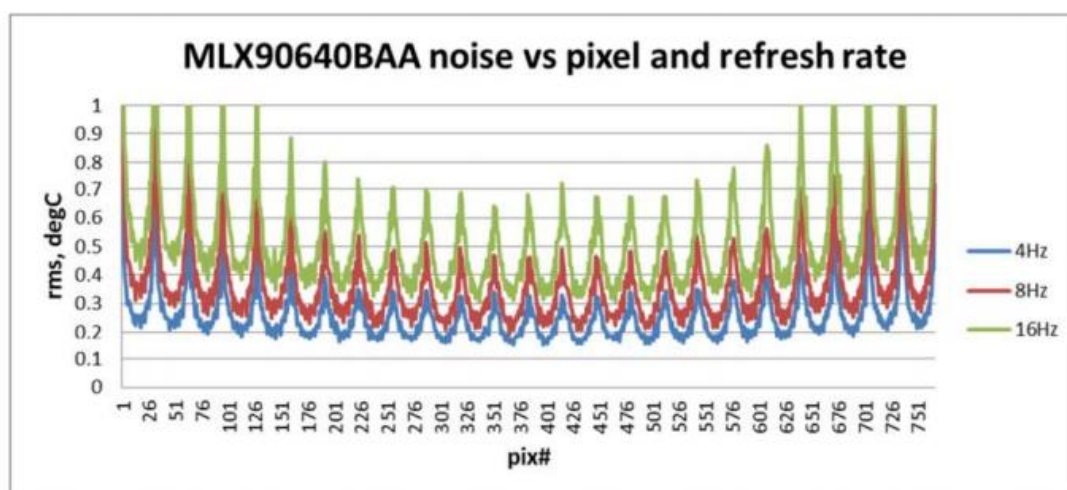
图表 19 噪声与刷新速率关系曲线

图表 19 噪声与刷新速率关系曲线

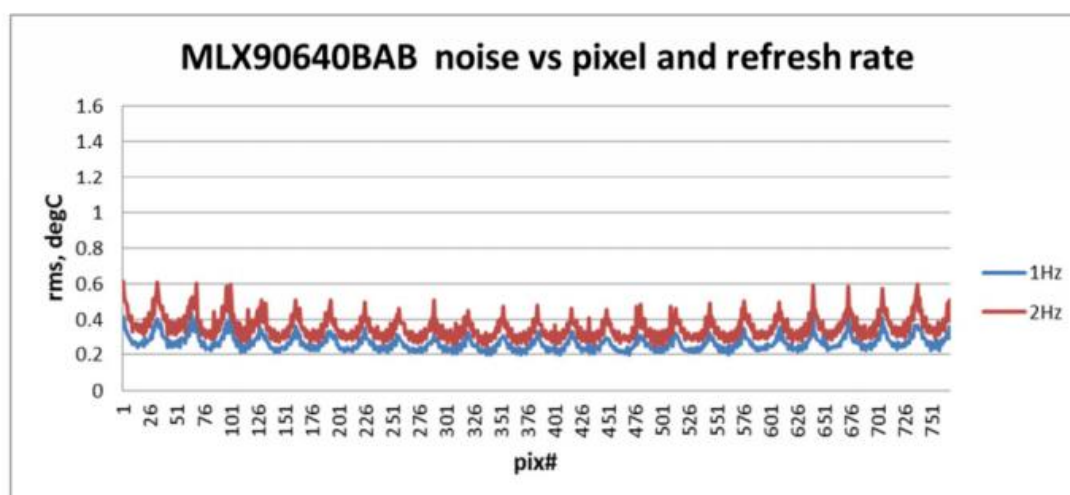
并非所有像素都具有相同的噪声性能。由于集成透镜的光学性能，通常情况下，与中间的传感器相比，帧角的像素噪声更大。下图显示了噪声性能随帧内像素位置(像素数)的分布情况。



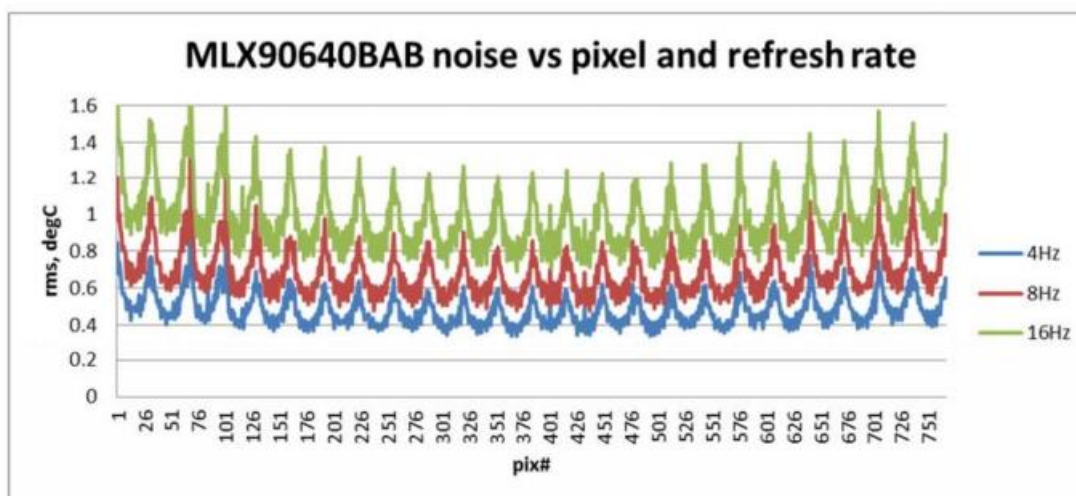
图表 20 MLX90640BAA 像素噪声与所处位置的关系（刷新速率 1Hz、2Hz）



图表 21 MLX90640BAA 像素噪声与所处位置的关系（刷新速率 4Hz、8Hz、16Hz）



图表 22 MLX90640BAB 像素噪声与所处位置的关系（刷新速率 1Hz、2Hz）



图表 23 MLX90640BAB 像素噪声与所处位置的关系（刷新速率 4Hz、8Hz、16Hz）

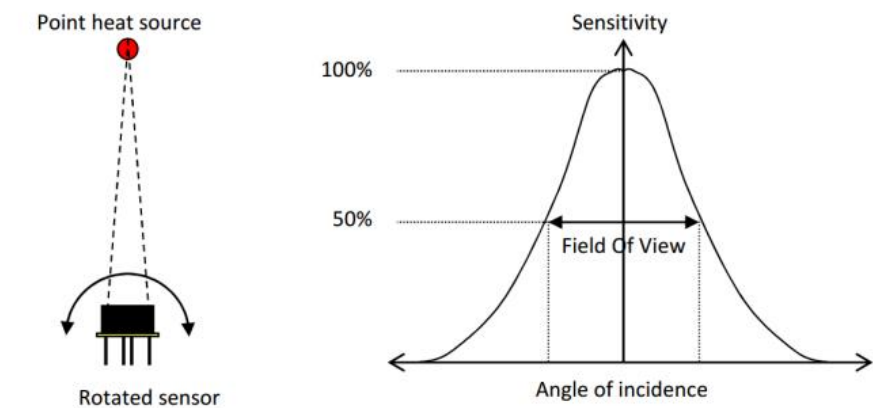
NETD (K)	1Hz 噪声有效值 (RMS), 温度相同, 所有像素		
MLX90640	平均值	最小值	标准差
BAA	0.14	0.1	0.05
BAB	0.25	0.2	0.05

表格 11 噪声特性

12.4. 视场 (FOV)

图表 24 视场测量

视场是以较宽方向计算的，本实例中是指 32 像素的方向。



图表 24 视场测量

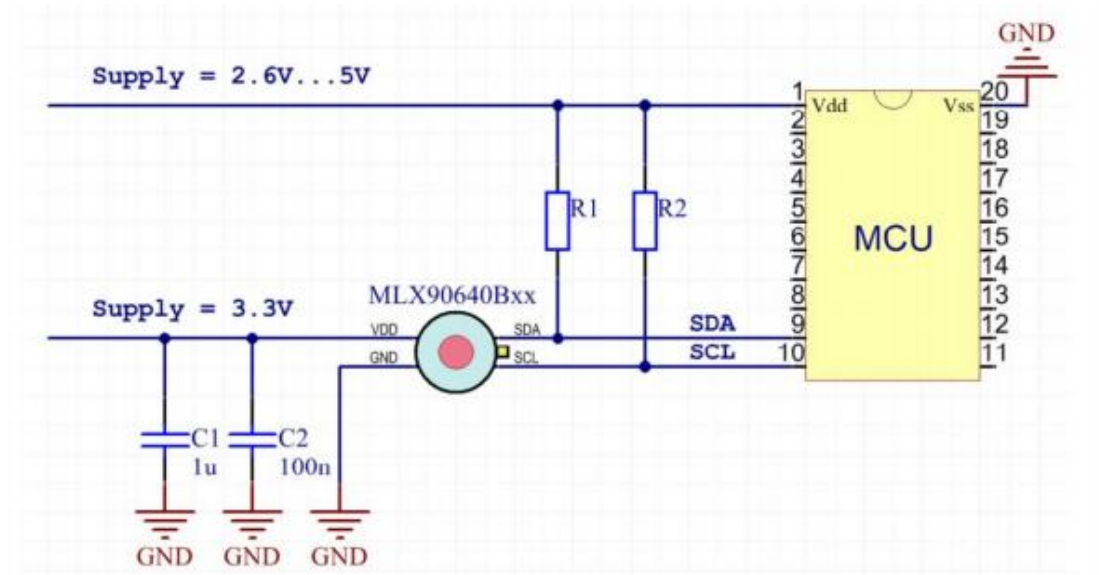
视场是以较宽方向计算的，本实例中是指 32 像素的方向。

视场	X 方向	Y 方向	中心点指向 (X 和 Y 方向)
	标准	标准	最大
MLX90640-ESF-BAA	110°	75°	5°
MLX90640-ESF-BAB	55°	35°	3°

表格 12 可选视场

13. 应用信息

13.1. 电路设计注意事项



图表 25 MLX90640 电路连接

图表 25 MLX90640 电路连接

MLX90640 使用完全兼容 IIC 的数字接口，可以与具备此接口的 MCU 等连接通讯，MCU 要能提供 2.6V~5.0V 的通讯电源（强上拉），传感器使用 3.3V 供电。

建议 R1 和 R2 取 2k Ω 。

MLX60640 的供电必须 3.3V，与之连接的单片机可以 2.6~5.0V 供电，即：对于 MLX90640 传感器，供电必须 3.3V，但 I2C 总线可以 2.6~5.0V（上拉），么有问题的。

13.2. 工作于“图像模式”

在某些应用程序中，可能不需要计算温度，而仅需要有示意性的图像（例如在机器视觉系统中），在这种情况下，不需要执行所有的计算，这样可以节省计算时间或允许使用性能较弱的 CPU（单片机）。

为了得到红外热像，只需要以下计算流程：（仅是减少了温度计算步骤）



图表 26 热成像（图像）计算流程

14. 使用建议

光学输入端（传感器滤波镜片）的污损可能导致未知的光学信号滤波/失真，从而导致不确定的误差产生。

红外传感器天生易受热梯度引起的误差影响。这种现象是有物理原因的，尽管 MLX90640Bxx 经过精心设计，但建议不要让 MLX90640Bxx 受热，特别是瞬态温度环境的影响。

MLX90640Bxx 仅可用于非接触温度测量，特殊的非常规的使用方法会导致不可预知的结果。

IIC 上的电容负载会降低通信效率。

与电阻相比，在上拉电路中使用电流源可能会有更优的效果，进一步的改进是可以使用专门的总线加速器。

对通讯接口的进一步优化改进是增大上拉电流(降低上拉电阻值)。 IIC 兼容模式的输入电平比 IIC 规范具有更高的总体容错能力，但即使使用大功率 IIC 专用于上拉电流，低电平

的输出能力也有局限性。另一个选择是降低通讯速率来保证通讯的正确性。

器件发热可能会以两种方式影响性能：一是“环境”敏感元件被加热到明显高于实际环境温度的水平，二是在外壳上产生温度梯度，这将在本质上导致热梯度，最终影响测温精度。

与大多数集成电路一样，MLX90640Bxx 也需要在电源处连接退耦电容。MLX90640Bxx 是一种由传感器、模拟信号部分、数字部分和 I/O 电路组成的混合信号器件，为了保持低噪声，

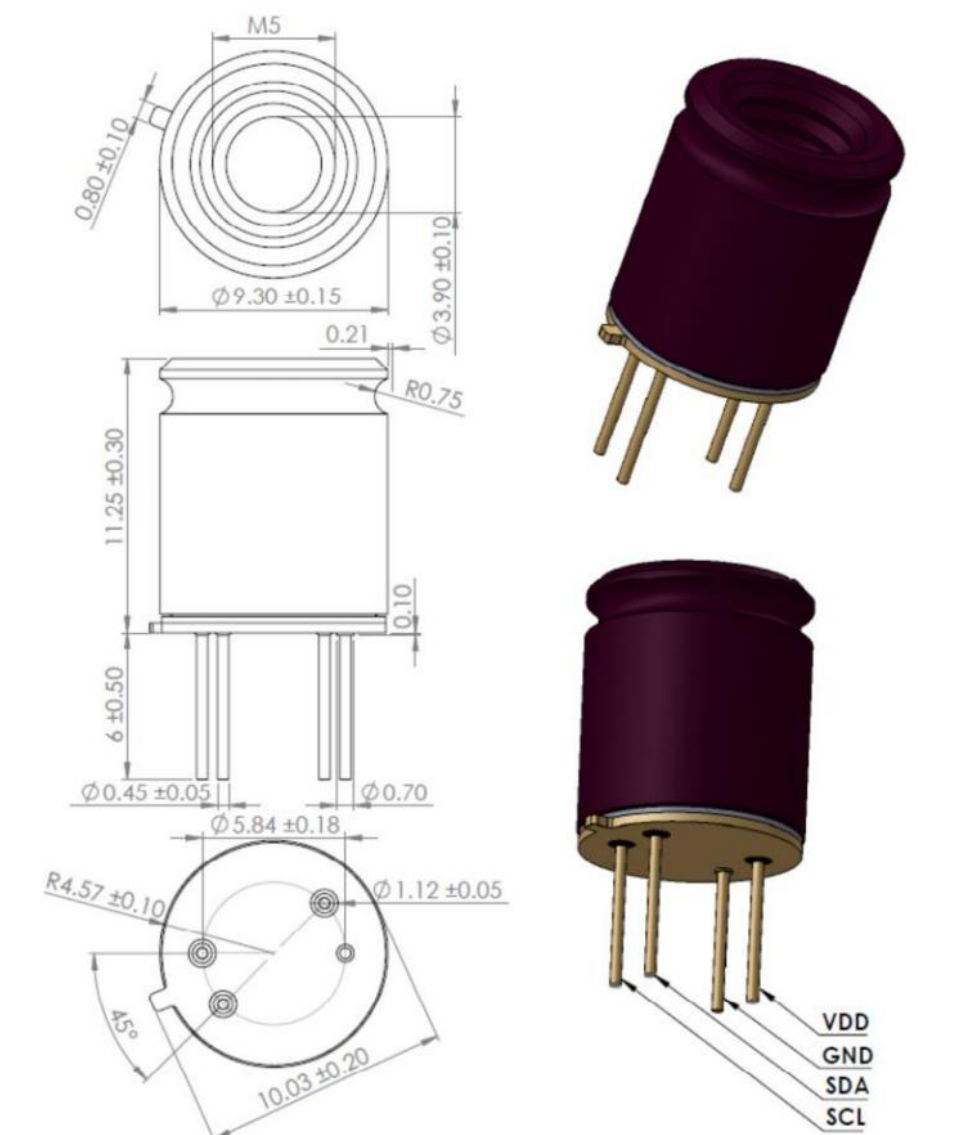
需要对电源开关噪声进行退耦。外部电路的高噪声也会影响器件的噪声性能。在许多应用中一个 100nF+1μF 陶瓷电容器就近与 VDD 和 Vss 连接是一个不错的做法。需要注意的是，不仅

与 VDD 管脚的距离需要尽量短，到 Vss 管脚的距离也需要尽量短。

查看 www.melexis.com 了解关于 MLX90640Bxx 的最新应用说明。

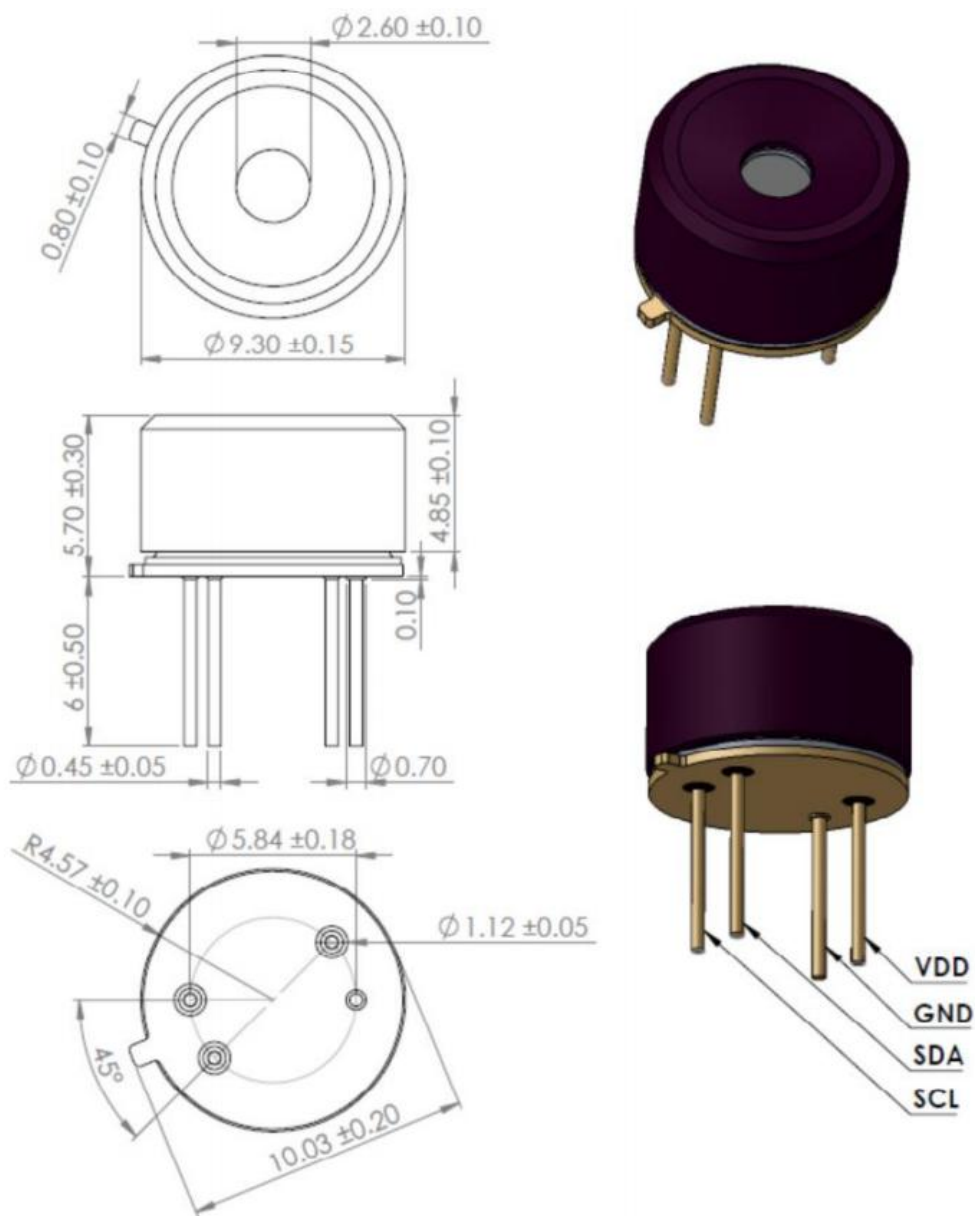
15. 机械尺寸

15.1. FOV 55°



图表 27 机械尺寸图 (55° 视场)

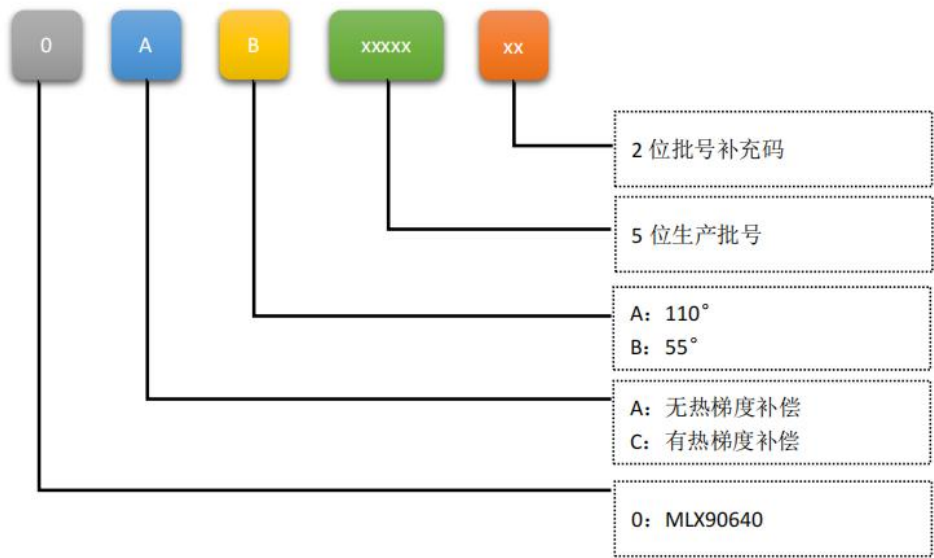
15.2. FOV 110°



图表 28 机械尺寸图 (110° 视场)

15.3. 标记序列号

MLX90640 外壳上有 10 个激光标记的序列码，说明如下：



例：“0AA1010218”表示型号为 MLX90640BAA，生产批号为 10102，批号补充码为 18，无热梯度补偿。

16. 标准信息

根据半导体行业的标准，我们的产品在焊接技术、可焊性和湿敏性方面都是合格的。有关测试方法以及产品集成过程中选择的焊接方法的正确性验证需要参考更多细节，Melexis 建议在我们的网站上查阅焊接推荐一般指南。对于所有与上述文件中所述不同的焊接技术(峰值温度、温度梯度、温度剖面等)，必须与 Melexis 单独商定并做分类和可行性测试。

Melexis 通过推广无铅解决方案，为全球环境保护做出了贡献。有关符合 RoHS 的产品更多信息，请访问我们网站的页面：<http://www.melexis.com/en/quality-environment>

17. 静电防护

电子半导体产品对静电放电(ESD)很敏感。
在处理半导体产品时，一定要遵守静电放程序。