

# Q8F125

## 8 位 Flash 系列 RISC 单片机

---

### 器件概述

(商业级, 工业级, 汽车 1 级)

8-bit 基于 EEPROM 的 RISC MCU

Program: 3k x 14; RAM: 256 x 8; Data: 128 x 8

8 / 10 / 14 / 16 / 20 引脚

ADC: 真正的 12-bit 精度 ( $V_{\text{ADC-REF}} = 0.5\text{V}$  时为 11-bit 精度)

4 个定时器, 4 路独立 PWM – 1 路带死区控制

高可靠性的 8 路触摸按键

低 Standby, WDT 和工作电流

POR, LVR, LVD – 单输入比较器

可配置源电流和灌电流

高 ESD, 高 EFT

低  $V_{\text{DD}}$  工作电压

HIRC 可微调

---

### **8-bit CPU (EEPROM)**

- 37 条 RISC 指令: 2T or 4T
- 16 MHz / 2T ( $V_{DD} \geq 2.5$ )
- 多达 20 个引脚

### **Memory**

- PROGRAM: 3k x 14 bit (读/写保护)
- DATA: 128 x 8 bit (读保护)
- RAM: 256 x 8 bit
- 8 层硬件堆栈
- 用户密钥: Hex 加密/代码执行

### **工作条件 (5V, 25°C)**

- $V_{DD}$  ( $V_{POR} \leq 1.9V$ )  $V_{POR} = 5.5V$   
(通过POR 自动调整, 0°C 以上  $\leq 1.7V$ )
- 商业级  $-40 - +85^\circ C$
- 工业级  $-40 - +105^\circ C$
- 汽车 1 级  $-40 - +125^\circ C$
- 低 Standby 0.2 iA
- WDT 1.5  $\mu A$
- 正常模式 (16 MHz) 190 iA/mips
- 低功耗模式 (32 kHz) 8iA

### **高可靠性**

- 100 万次擦写次数 (typical)
- > 20 年 / 125°C 存储 (typical)
- ESD > 8 kV, EFT > 5.5 kV

### **ADC (12-bit)**

- 真正 12-bit 精度 ( $\leq 850$  kHz ADC 时钟)
- 8 + 1 通道
- $V_{ADC-REF}$ 
  - ✓ 内部: 0.5, 2.0, 3.0,  $V_{DD}$
  - ✓ 外部: +, - 可选
- 自动阈值比较和中断

### **PWM (Total 4)**

- 支持在 SLEEP 下运行
- 共 4 个通道 (相同周期):
  - ✓ 独立: 占空比, 极性
- 1 个通道 (多达 6 个 I/O):
  - ✓ 互补输出+死区
- 自动故障刹车 (I/O, LVD, ADC)
- XOR, XNOR 第 2 功能
- 单脉冲模式; 蜂鸣器模式

### **Timers**

- WDT (16-bit): 7-bit 后分频

- Timer0 (8-bit): 8-bit 预分频
- Timer1 (12-bit)
- Timer2 (16-bit): 4-bit 预分频和后分频
- 支持在 SLEEP 下运行
- LIRC, 1 or 2x {指令时钟, HIRC, 晶振}, 2x EC

### **TOUCH**

- 多达 8 个触摸按键

### **I/O PORTS (多达 18 个 I/O)**

- 上拉/下拉电阻, 开漏
- 8 个 I/O 源电流: 3, 6 or 18mA (5V, 25°C)
- 8 个 I/O 漏电流: 35 or 53 mA (5V, 25°C)
- 8 个 I/O: 中断/唤醒

### **电源管理**

- SLEEP
- LVR: 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.1, 3.6, 4.1 (V)
- LVD: 1.2, 1.8, 2, 2.4, 2.7, 3, 3.3, 3.6, 4 (V)  
(LVD 也具备可选极性的单输入比较器功能)

### **系统时钟 (SysClk)**

- HIRC 高速内部振荡器
  - ✓ 16MHz  $\pm 1.5\%$  typical (2.5–5.5V, 25°C)
  - ✓ 可微调
  - ✓ 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 分频
- LIRC 低功耗低速内部振荡器
  - ✓ 32 kHz 或 256 kHz
- EC 外部时钟 (I/O 输入)
- LP / XT 晶振输入
  - ✓ 双速时钟启动 (HIRC 或 LIRC)
  - ✓ 故障保护时钟监控

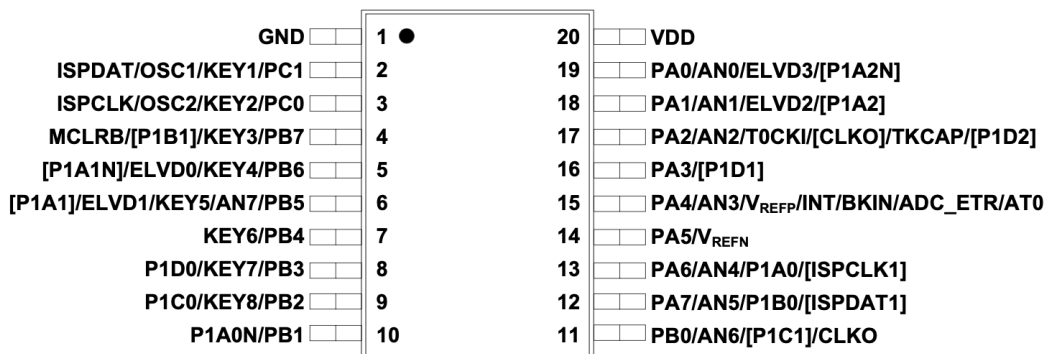
### **其他特性 (欢迎垂询)**

- ADC 低侧 0.12mV 分辨率, 0.24mV 精度, 适用于电流检测
- 13.56 MHz 载波
- 用于锂电池的 3.2V – 4.7V 监控
- $\frac{1}{2} V_{DD}$  LCD 偏置

### **集成开发环境 (IDE)**

- 片上调试 (OCD), ISP
- 3 个硬件断点, 软复位, 暂停, 单步, 运行等

## 1.1 引脚图



引脚名	ISP 调试	时钟	ADC	中断	LVD	PWM	数字 I/O 上拉/下拉 开漏	源电流 (mA)	灌电流 (mA)
PA0			AN0	√	ELVD3	PWM 1N	√	24	55
PA1			AN1	√	ELVD2	PWM 1	√	24	55
PA2		输出	AN2	√	ELVD4	PWM 4	√	18	53
PA3				√		PWM 4	√	24	55
PA4			AN3 (V <sub>REF+</sub> )	√ + INT		(BKIN)	√	24	55
PA5			(V <sub>REF-</sub> )	√			√	24	55
PA6	CLK1		AN4	√		PWM 1	√	24	55
PA7	DATA1		AN5	√		PWM 2	√	24	55
PB0		输出	AN6			PWM 3	√	24	55
PB1						PWM 1N	√	24	55
PB2						PWM 3	√	3, 6, 18	35, 53
PB3						PWM 4	√	3, 6, 18	35, 53
PB4							√	3, 6, 18	35, 53
PB5			AN7		ELVD1	PWM 1	√	3, 6, 18	35, 53
PB6					ELVD0	PWM 1N	√	3, 6, 18	35, 53
PB7				/MCLR		PWM 2	√	3, 6, 18	35, 53
PC0	CLK	OSC-					√	3, 6, 18	35, 53
PC1	DATA	OSC+					√	3, 6, 18	35, 53
注		T0CKI = PA2	Trigger = PA4				√	V <sub>DD</sub> =5, V <sub>DS</sub> =0.5	

此外，部分 I/O 具有以下特殊功能：

- 烧录调试引脚 (ISP-Data, ISP-CLK, ISP-Data1, ISP-CLK1)，硬件内部连接，不需设置。
- 通过 IDE 界面配置，且在芯片初始化配置时加载的功能：
  - 外部时钟/晶振输入 (OSC1, OSC2)
  - 系统外部复位 (/MCLR)
  - 内部时钟输出
- 通过指令对相应 I/O 引脚进行配置的其他功能，可分为 3 类：
  - 数字输出
    - PWM

**b. 数字输入**

- PWM 故障刹车
- 外部边沿中断
- GPIO 端口变化中断
- ADC 触发 (ADC\_ETR)
- Timer0 时钟输入

**c. 模拟输入**

- LVD / BOR
- ADC
- $V_{REF+}$
- $V_{REF-}$

## 1. 系统复位

## 13. 电气特性

### 13.1 极限参数

工作温度 (商业级)	$-40 - +85^{\circ}\text{C}$
工作温度 (工业级)	$-40 - +105^{\circ}\text{C}$
工作温度 (汽车 1 级)	$-40 - +125^{\circ}\text{C}$
存储温度	$-40 - +125^{\circ}\text{C}$
电源电压	$V_{SS}-0.3\text{V} - V_{SS}+6.0\text{V}$
端口输入电压	$V_{SS}-0.3\text{V} - V_{DD}+0.3\text{V}$

注:

1. 超过上述“极限参数”所规定的范围, 可能会对芯片造成永久性损坏。
2. 除非另作说明, 所有特性值的测试条件为  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD} = 1.9 - 5.5\text{V}$ 。
3. 本节所示的值和范围基于特性值, 并非最终出货的标准值。除汽车 1 级产品外, 生产测试温度为  $25^{\circ}\text{C}$ 。

### 13.2 工作特性

参数		Min	Typical	Max	单位	条件
Fsys (SysClk)	2T/4T	-	-	8	MHz	$-40 - 105^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 1.9 - 5.5\text{V}$
		-	-	16	MHz	$-40 - 105^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 2.5 - 5.5\text{V}$
指令周期 ( $T_{\text{INSTRCLK}}$ )	2T	-	125	-	ns	SysClk = HIRC
	4T	-	250	-	ns	
	2T	-	61	-	$\mu\text{s}$	SysClk = LIRC
	4T	-	122	-	$\mu\text{s}$	
T0CKI 高或低脉冲宽度	$0.5 * T_{\text{T0CK}} + 20$		-	-	ns	无预分频
	10		-	-	ns	有预分频
T0CKI 输入周期	Max. 20 and $(T_{\text{T0CK}}+40)/N$		-	-	ns	$N = 1, 2, 4, \dots, 256$ (预分频值)
上电复位保持时间 ( $T_{\text{DRH}}$ )	-		8	-	ms	$25^{\circ}\text{C}$ , PWRT disable
外部复位脉冲宽度 ( $T_{\text{MCLRB}}$ )	2000		-	-	ns	$25^{\circ}\text{C}$
WDT 周期 ( $T_{\text{WDT}}$ )	-		1	-	ms	预分频比 = 1:32

注:  $T_{\text{T0CK}}$  是指由 T0CKSRC 所选的时钟周期。

### 13.3 POR, LVR, LVD

#### 上电复位 (POR)

特性	Min	Typical	Max	单位	条件
I <sub>POR</sub> 工作电流	–	0.14	–	μA	25°C, V <sub>DD</sub> = 3.3V
V <sub>POR</sub>	–	1.65	–	V	25°C

#### 低电压复位 (LVR)

参数	Min	Typical	Max	单位	条件
I <sub>LVR</sub> 工作电流	–	16.2	–	μA	25°C, V <sub>DD</sub> = 3.3V
V <sub>LVR</sub> , LVR 阈值	1.94	2.0	2.06	V	25°C
	2.13	2.2	2.27		
	2.42	2.5	2.58		
	2.72	2.8	2.88		
	3.01	3.1	3.19		
	3.49	3.6	3.71		
	3.98	4.1	4.22		
LVR delay	94	–	125	μs	25°C, V <sub>DD</sub> = 1.9 – 5.5V

#### 低电压检测 (LVD)

特性	Min	Typical	Max	单位	条件
I <sub>LVD</sub> 工作电流	–	21.4	–	μA	25°C, V <sub>DD</sub> = 3.3V
V <sub>LVD</sub> , LVD 阈值	1.16	1.2	1.24	V	25°C
	1.75	1.8	1.85		
	1.94	2.0	2.06		
	2.33	2.4	2.47		
	2.62	2.7	2.78		
	2.91	3.0	3.09		
	3.20	3.3	3.40		
	3.49	3.6	3.71		
	3.88	4.0	4.12		
LVD delay	188	–	250	ns	25°C, V <sub>DD</sub> = 1.9 – 5.5V

### 13.4 I/O 端口电路

参数			Min	Typical	Max	单位	条件
$V_{IL}$			0	-	$0.3 \cdot V_{DD}$	V	
$V_{IH}$			$0.7 \cdot V_{DD}$	-	$V_{DD}$	V	
漏电流			-1	-	1	$\mu A$	$V_{DD} = 5V$
源电流 (Source)	PB2-7, PC0-1	L0	-	-3	-	mA	25°C, $V_{DD} = 5V$ , $V_{OH} = 4.5V$
	PB2-7, PC0-1	L1	-	-6	-		
	PA2, PB2-7, PC0-1	L2	-	-18	-		
	PA0-1, PA3-7, PB0-1	L3	-	-24	-		
灌电流 (Sink)	PB2-7, PC0-1	L0	-	35	-	mA	25°C, $V_{DD} = 5V$ , $V_{OL} = 0.5V$
	PA2, PB2-7, PC0-1	L1	-	53	-		
	PA0-1, PA3-7, PB0-1	L2	-	55	-		
上拉电阻			-	20	-	k $\Omega$	-
下拉电阻			-	20	-	k $\Omega$	-
上拉电阻			-	100	-	k $\Omega$	同时使能上拉和 下拉
下拉电阻			-	100	-	k $\Omega$	

### 13.5 工作电流 ( $I_{DD}$ )

参数		SysClk	Typical @ $V_{DD}^{(1)}$			单位
			2.0V	3.0V	5.5V	
正常模式 (2T) - $I_{DD}$		16 MHz	-	1.244	1.320	mA
		8 MHz	0.588	0.875	0.924	
		4 MHz	0.463	0.687	0.706	
		2 MHz	0.349	0.403	0.412	
		1 MHz	0.220	0.256	0.260	
		32 kHz	0.024	0.032	0.033	
低功耗模式 (2T) - $I_{DD}$		32 kHz	0.007	0.008	0.009	$\mu A$
Sleep 模式 (WDT OFF, LVR OFF)		-	0.072	0.092	0.128	
Sleep 模式 (WDT ON, LVR OFF)	LIRC	32 kHz	1.077	1.468	1.582	
	LP	32 kHz	20.360	23.570	28.050	
Sleep 模式 (WDT OFF, LVR ON)		-	11.475	15.520	20.978	
Sleep 模式 (WDT ON, LVR ON)		-	12.402	16.792	22.286	
Sleep 模式 (WDT OFF, LVR OFF, LVD ON)		-	17.425	20.805	25.274	

注： Sleep 模式  $I_{SB}$  的测试条件为 I/O 设置成输入模式并外部下拉到 GND。

### 13.6 内部振荡器

#### 内部低频振荡器 (LIRC)

测试条件为 LIRC 选择 32 kHz (LFMOD=0)。

特性	Min	Typical	Max	单位	条件
频率范围	30.4	32	33.6	kHz	25°C, $V_{DD} = 2.5V$
随温度变化范围	-2%	-	2%	-	-40 – 105°C, $V_{DD} = 2.5V$
随电源电压变化范围	-1.0%	-	1.0%	-	25°C, $V_{DD} = 1.9 - 5.5V$
$I_{LIRC}$ 工作电流	-	1.3	-	$\mu A$	25°C, $V_{DD} = 3.0V$
启动时间	-	4.6	-	$\mu s$	25°C, $V_{DD} = 3.0V$

#### 内部高频振荡器 (HIRC)

参数	Min	Typical	Max	单位	条件
频率范围	15.84	16	16.16	MHz	25°C, $V_{DD} = 2.5V$
随温度变化范围	-7%	$\pm 4\%$	5%	-	-40 – 85°C, $V_{DD} = 2.5V$
	-7%	$\pm 4\%$	7.5%	-	-40 – 105°C, $V_{DD} = 2.5V$
频率范围	-1.0%	-	1.0%	-	25°C, $V_{DD} = 1.9 - 5.5V$
$I_{HIRC}$ 工作电流	-	40	-	$\mu A$	25°C, $V_{DD} = 3.0V$
启动时间	-	2.5	-	$\mu s$	25°C, $V_{DD} = 3.0V$



## 13.7 ADC (12 bit) 和 ADC VREF

### ADC (12 bit)

参数	Min	Typical	Max	单位	条件
ADC 工作电压 $V_{DD}$	2.7	–	5.5	V	
ADC 工作电流 $I_{VDD}$	–	85	–	$\mu A$	$V_{REF+} = V_{DD} = 2.7V$
	–	95	–	$\mu A$	$V_{REF+} = V_{DD} = 3.0V$
	–	125	–	$\mu A$	$V_{REF+} = V_{DD} = 5.5V$
模拟输入电压 $V_{AIN}$	$V_{REF-}$	–	$V_{REF+}$	V	
外部参考电压 $V_{REF}$	–	–	$V_{DD}$	V	
分辨率	–	–	12	bit	
积分误差 $E_{IL}$	–	$\pm 1.0$	–	LSB	$V_{REF+} = V_{DD} = 5.0V$ $V_{REF-} = GND$
微分误差 $E_{DL}$	–	$\pm 0.5$	–	LSB	
偏移误差 $E_{OFF}$	–	$\pm 3$	–	LSB	$V_{REF+} = V_{DD} = 5.0V$
增益误差 $E_{GN}$	–	$\pm 5$	–	LSB	$V_{REF-} = GND$
转换时钟周期 $T_{AD}$	–	2	–	$\mu s$	$V_{REF+} > 3.0V, V_{DD} > 3.0V$
转换时钟数	–	15	–	TAD	
稳定时间 ( $T_{ST}$ )	–	15	–	$\mu s$	
采样时间 ( $T_{ACQ}$ )	–	$\geq 2$	–	$\mu s$	
模拟电压源阻抗 ( $Z_{AI}$ )	–	–	10	k $\Omega$	(推荐)

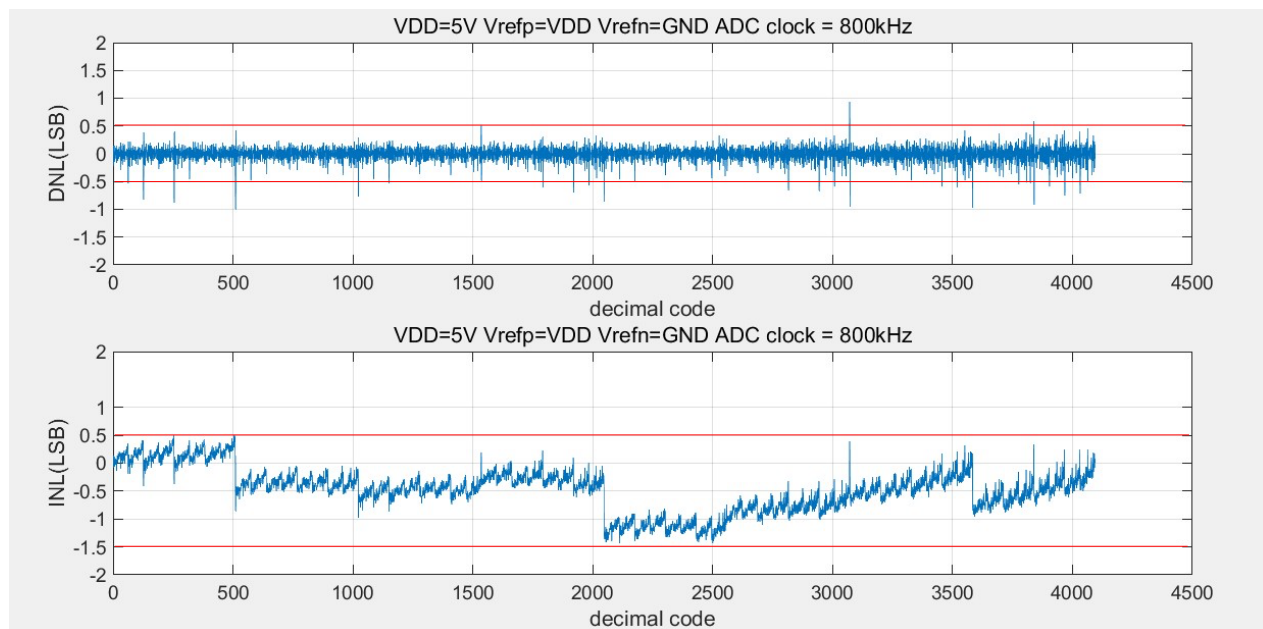


图 18-1 DNL and INL @  $V_{REFP} = V_{DD} = 5V$ ,  $F_{ADCLK} = 800\text{ kHz}$

**积分误差 DNL**

typical DNL Error (LSB) @ $V_{DD} = 5\text{ V}$				
$V_{REF+}$ $F_{ADCLK}$	0.5	2	3	$V_{DD}$
<800k	1.0	0.5	0.5	0.5
1M	1.5	1.0	1.0	1.0
2M	4.0	2.0	1.5	1.5
4M	—	—	—	4.0

**微分误差 INL**

typical INL Error (LSB) @ $V_{DD} = 5\text{ V}$				
$V_{REF+}$ $F_{ADCLK}$	0.5	2	3	$V_{DD}$
<800k	1.5	1.0	1.0	1.0
1M	2.5	1.5	1.5	1.5
2M	4.0	2.0	2.0	1.5
4M	—	—	—	4.0

**ADC  $V_{REF}$** 

参数	Min	Typical	Max	单位	条件
内部参考电压 $V_{ADC-REF}$	0.492	0.5	0.508	V	
	1.992	2	2.008	V	
	2.988	3	3.012	V	
$V_{ADC-REF} = 0.5\text{V}$	—	400	—	$\mu\text{s}$	
稳定时间 $T_{VRINT}$	—	600	—	$\mu\text{s}$	$C_{EXT} = 1\mu\text{F}$
$V_{ADC-REF} = 2.0\text{V}$	—	450	—	$\mu\text{s}$	
稳定时间 $T_{VRINT}$	—	800	—	$\mu\text{s}$	$C_{EXT} = 1\mu\text{F}$
$V_{ADC-REF} = 3.0\text{V}$	—	450	—	$\mu\text{s}$	
稳定时间 $T_{VRINT}$	—	1200	—	$\mu\text{s}$	$C_{EXT} = 1\mu\text{F}$

### 13.8 Program 和 Data EEPROM

参数		Min	Typical	Max	单位	条件
$V_{DD-READ}$	Program/Data EE 读电压	$V_{POR}$	–	5.5	V	-40 ~ 105 °C
$V_{DD-WRITE}$	Program EE 写电压	2.5	–	5.5	V	-40 ~ 105 °C
	Data EE 写电压	1.9	–	5.5		
$N_{RW}$	Program EE 擦/写次数	100 k	–	–	cycle	25 °C
		10 k	–	–		105 °C
	Data EE 擦/写次数	1 k	–	–		25 °C
		100 k	–	–		105 °C
$T_{RET}$	Program EE 数据保持	10	–	–	年	1k 次擦写后 @ 105 °C
	Data EE 数据保持	10	–	–		10k 次擦写后 @ 105 °C
$T_{WRITE}$	Data EE 写时间	2.0	–	4.0	ms	使能自动擦除
		0.7	–	1.3		关闭自动擦除
$I_{PROG}$	Data EE 编程电流	–	–	300	μA	25 °C, $V_{DD} = 3 V$

### 13.9 EMC 特性

#### ESD

参数		Min	Typical	Max	单位	条件
$V_{ESD}$	HBM	8000	–	–	V	MIL-STD-883H Method 3015.8
$V_{ESD}$	MM	400	–	–	V	JESD22-A115

#### Latch-up

参数	Min	Typical	Max	单位	条件
LU, static latch-up	200	–	–	mA	EIA/JESD 78

#### EFT

参数	Min	Typical	Max	单位	条件
$V_{EFT}$	5.5	–	–	kV	$V_{DD}$ (5V) 与 GND 间的电容: 1μF

## 14. 特性图

注：特性图基于特性值，仅供参考，未经生产测试。

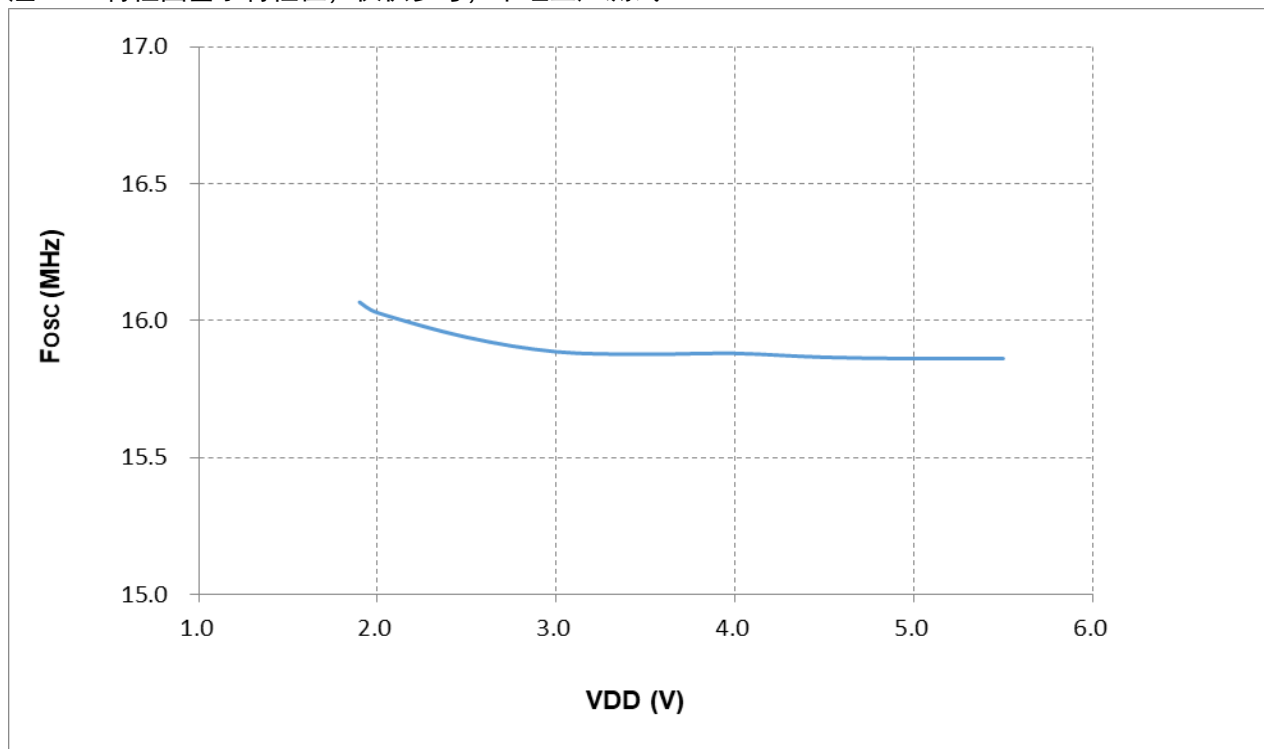


图 19-1 HIRC vs.  $V_{DD}$  ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

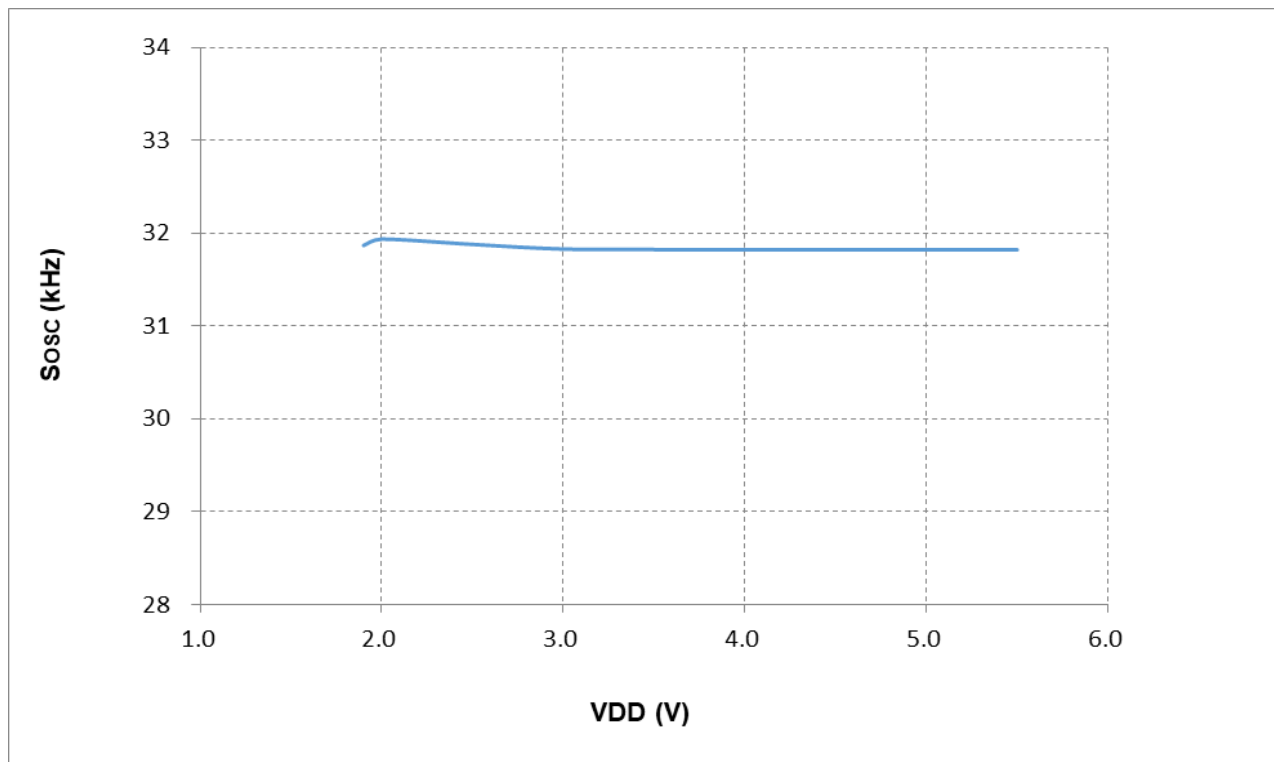


图 19-2 LIRC vs.  $V_{DD}$  ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

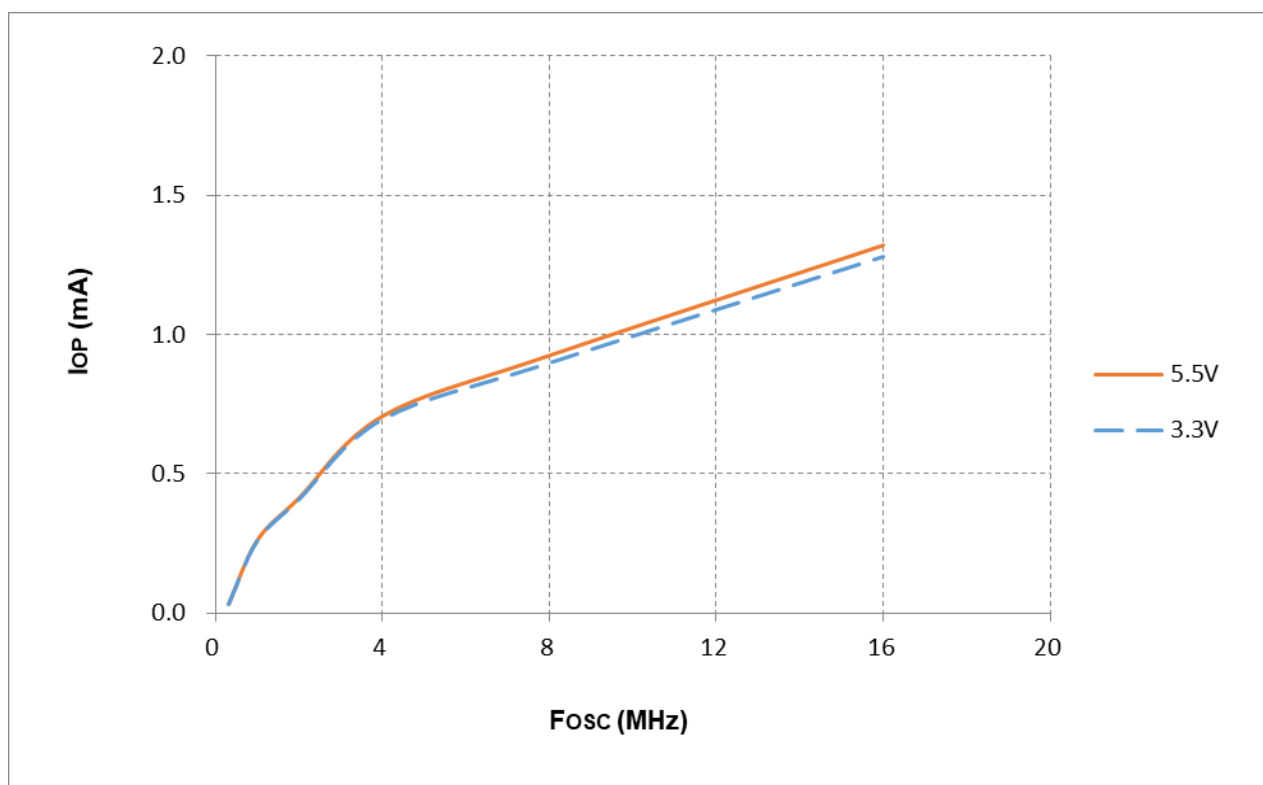


图 19-3  $I_{DD}$  vs. Frequency (2T,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

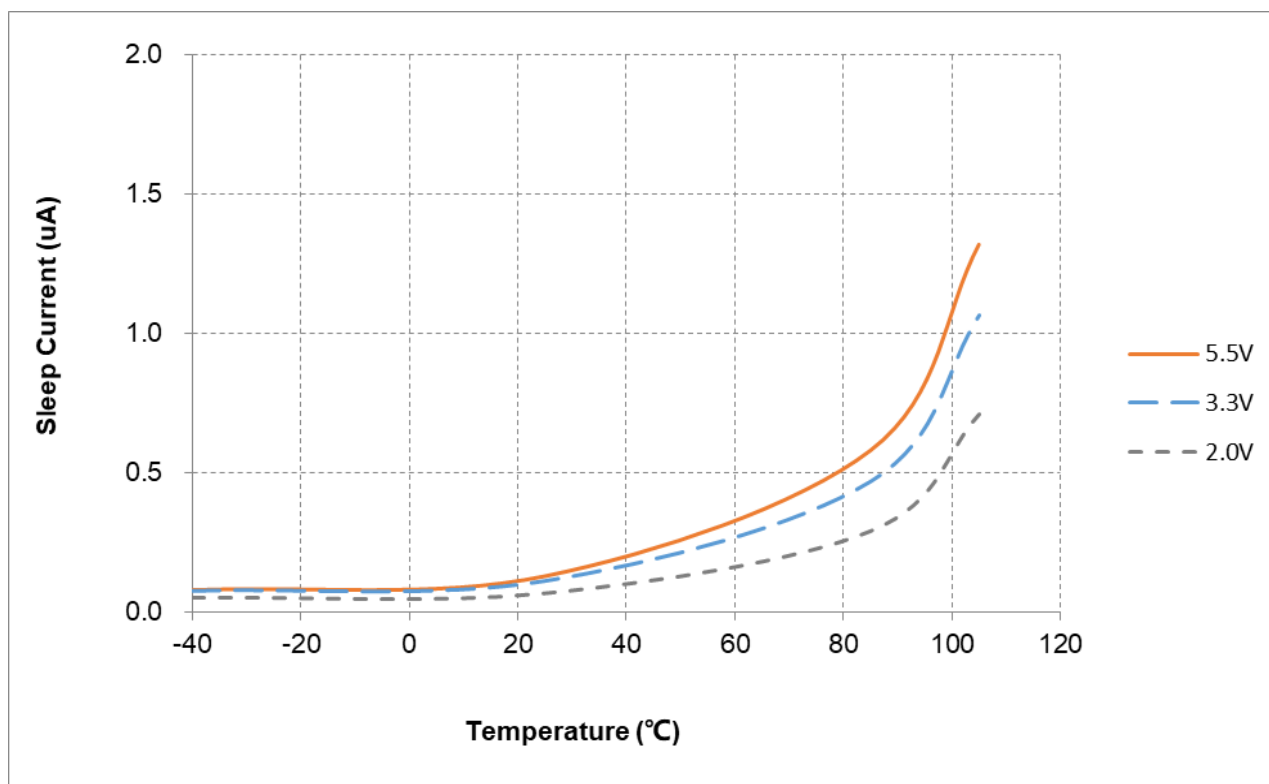


图 19-4 Sleep Current ( $I_{SB}$ ) vs. Temperature

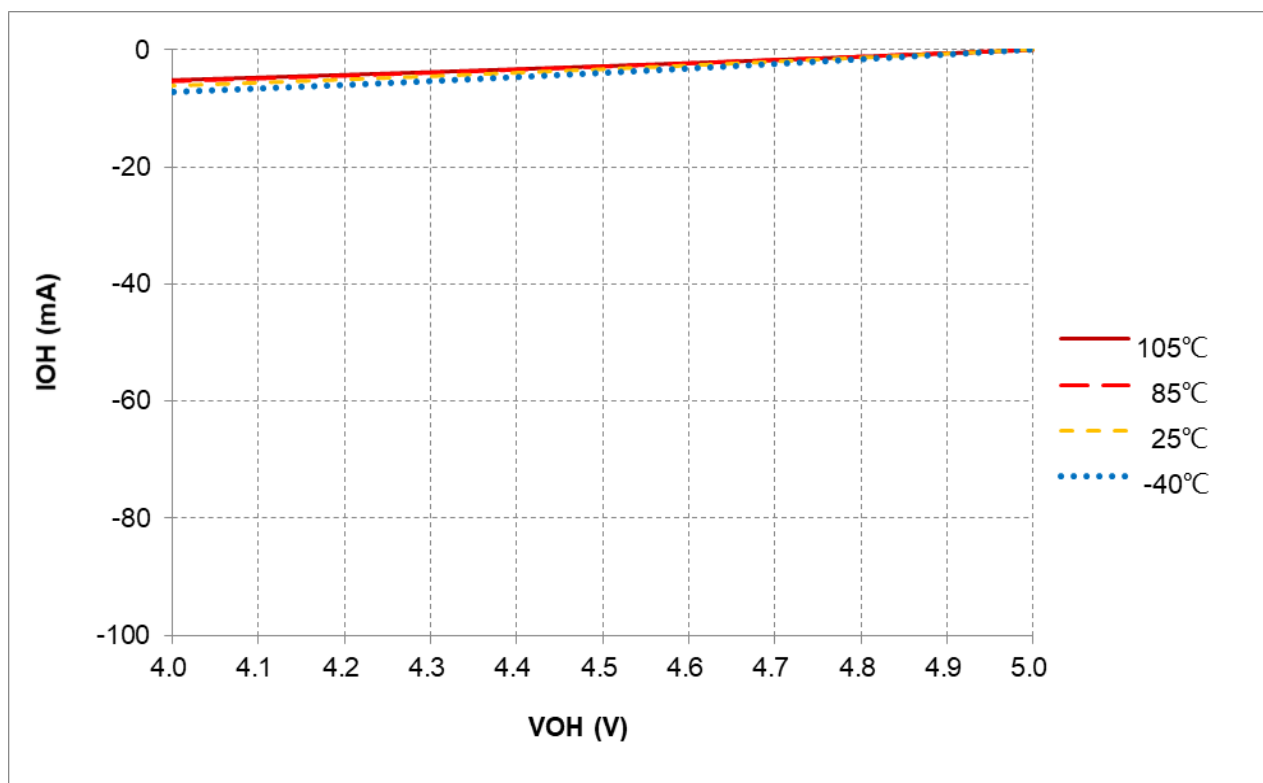


图 19-5  $I_{OH}$  vs.  $V_{OH}$  @  $L0 = -3mA$ ,  $V_{DD} = 5V$

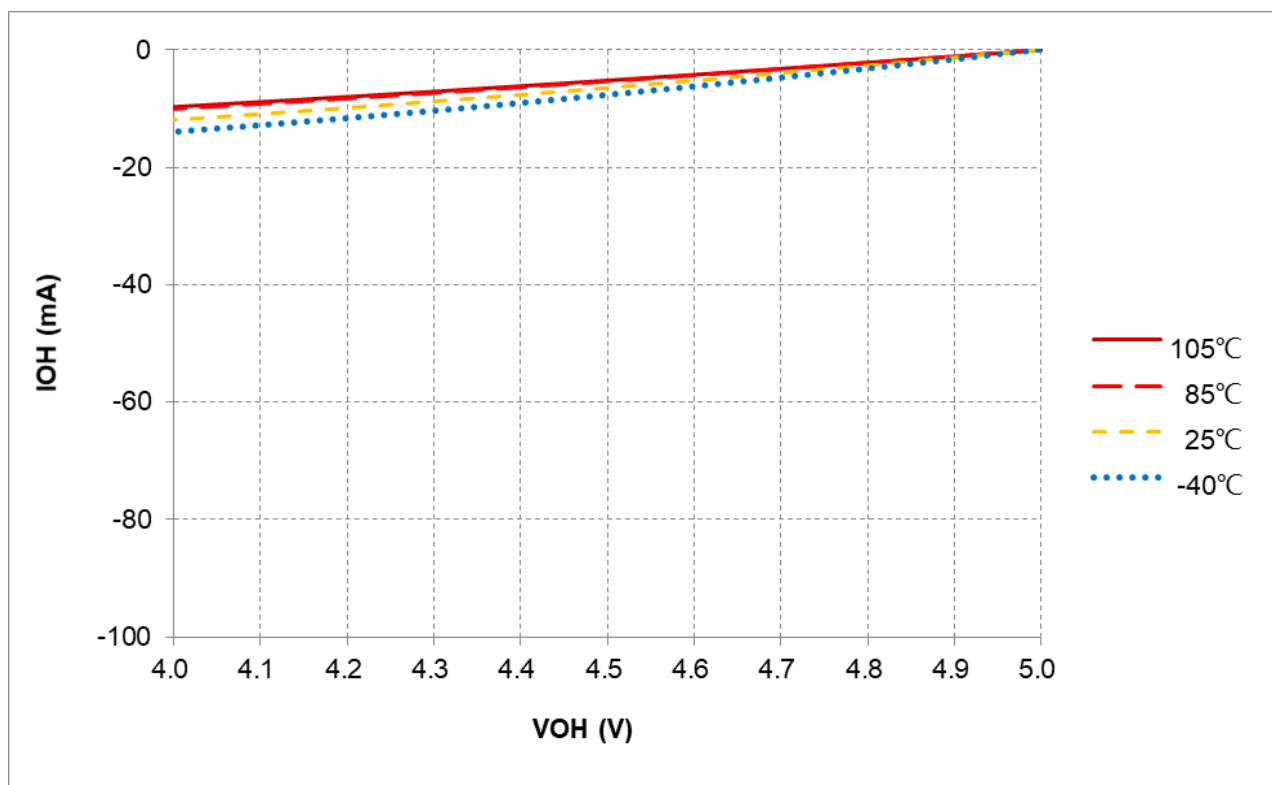


图 19-6  $I_{OH}$  vs.  $V_{OH}$  @  $L1 = -6mA$ ,  $V_{DD} = 5V$

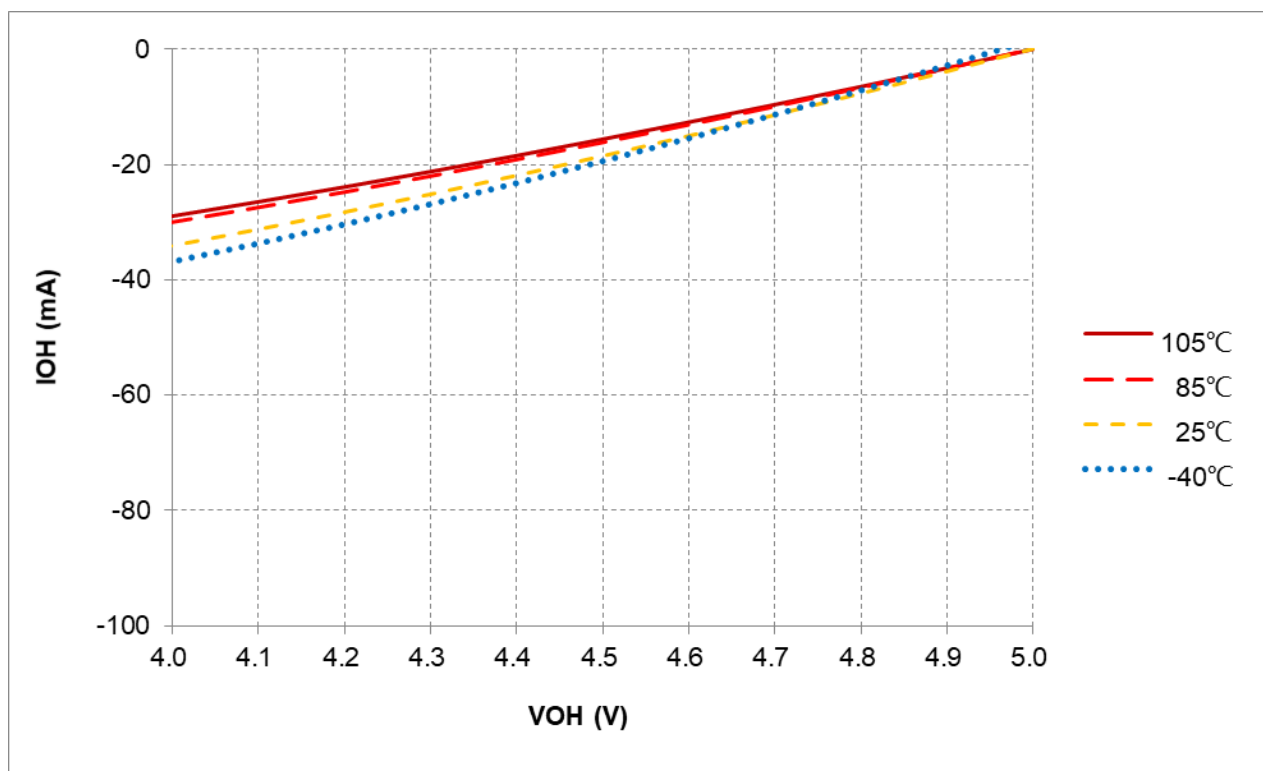


图 19-7  $I_{OH}$  vs.  $V_{OH}$  @L2 = -18mA,  $V_{DD}$  = 5V

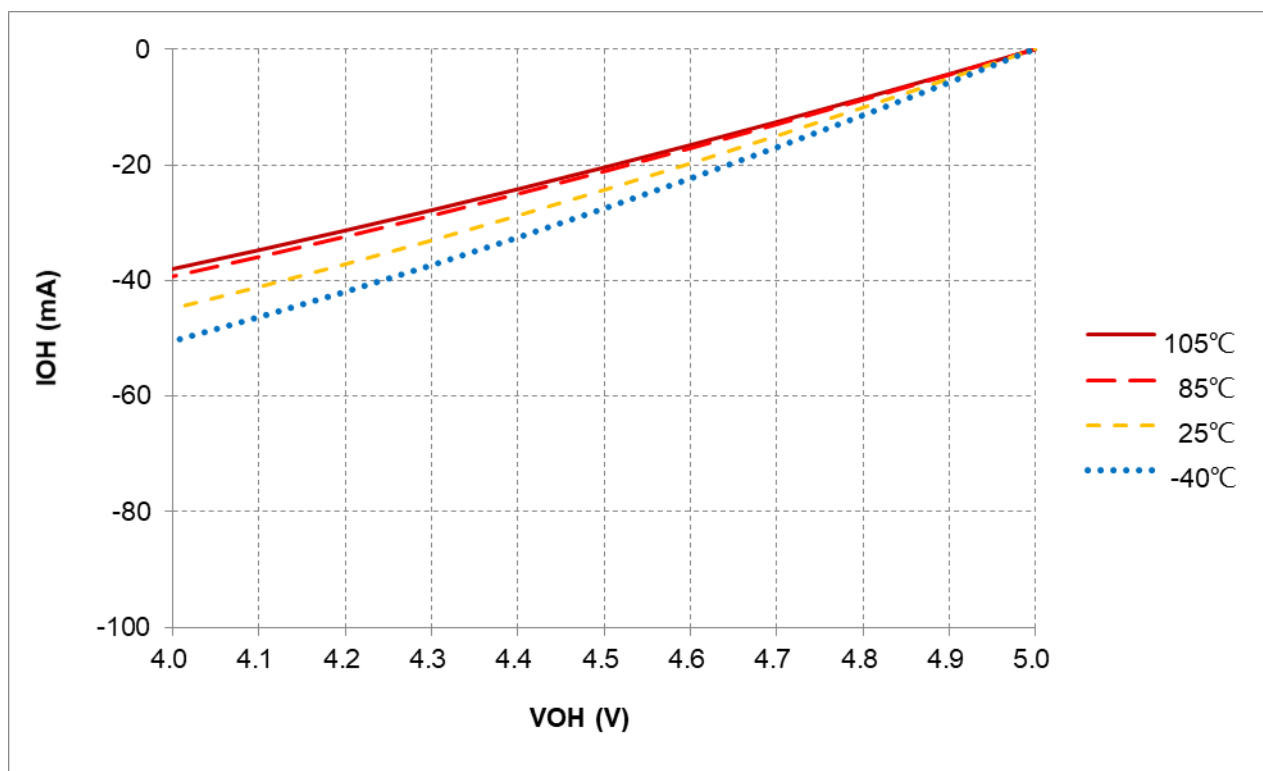


图 19-8  $I_{OH}$  vs.  $V_{OH}$  @L3 = -24mA,  $V_{DD}$  = 5V

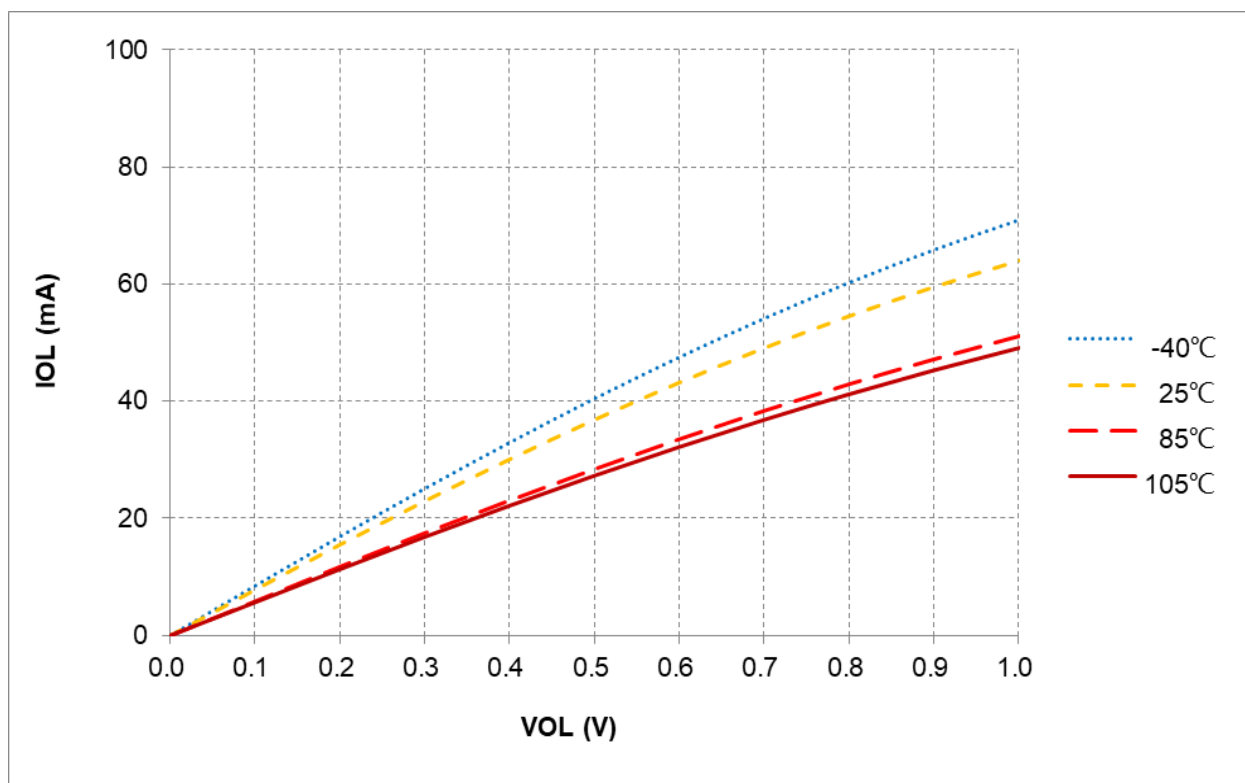


图 19-9  $I_{OL}$  vs.  $V_{OL}$  @  $L0 = 35mA$ ,  $V_{DD} = 5V$

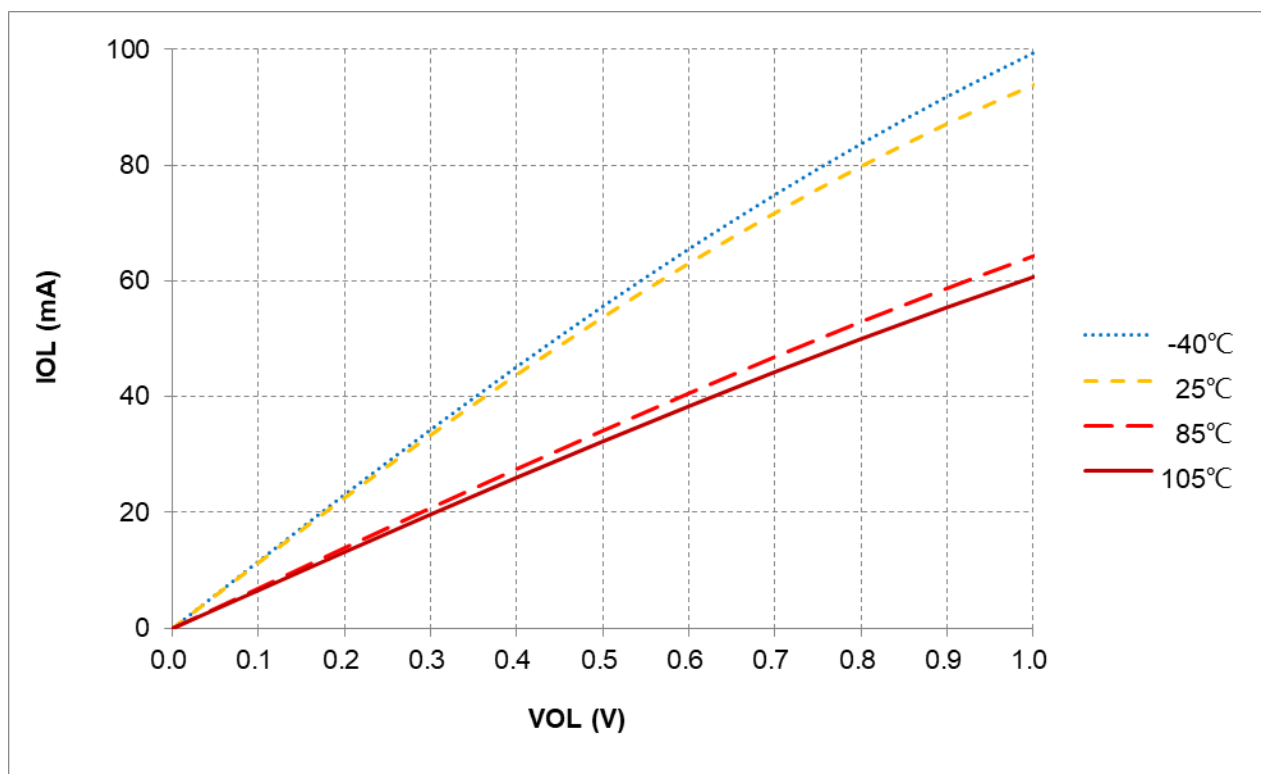
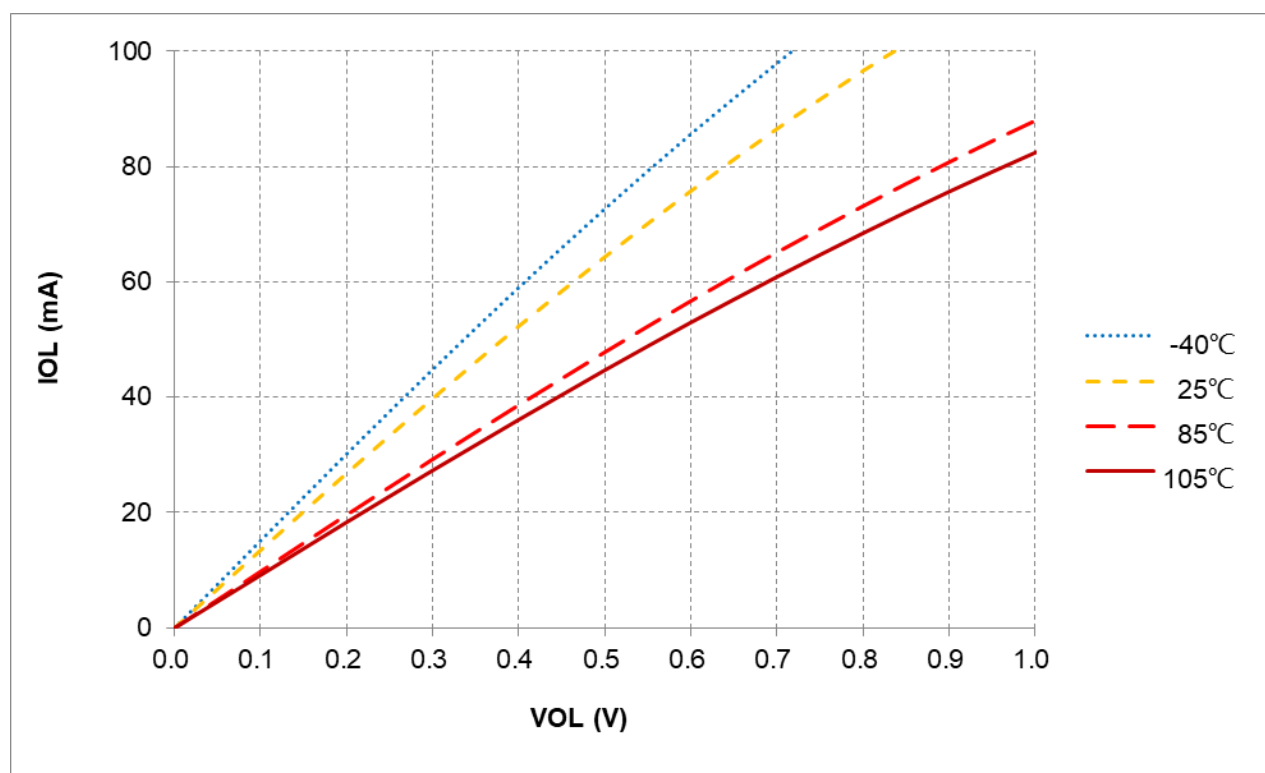
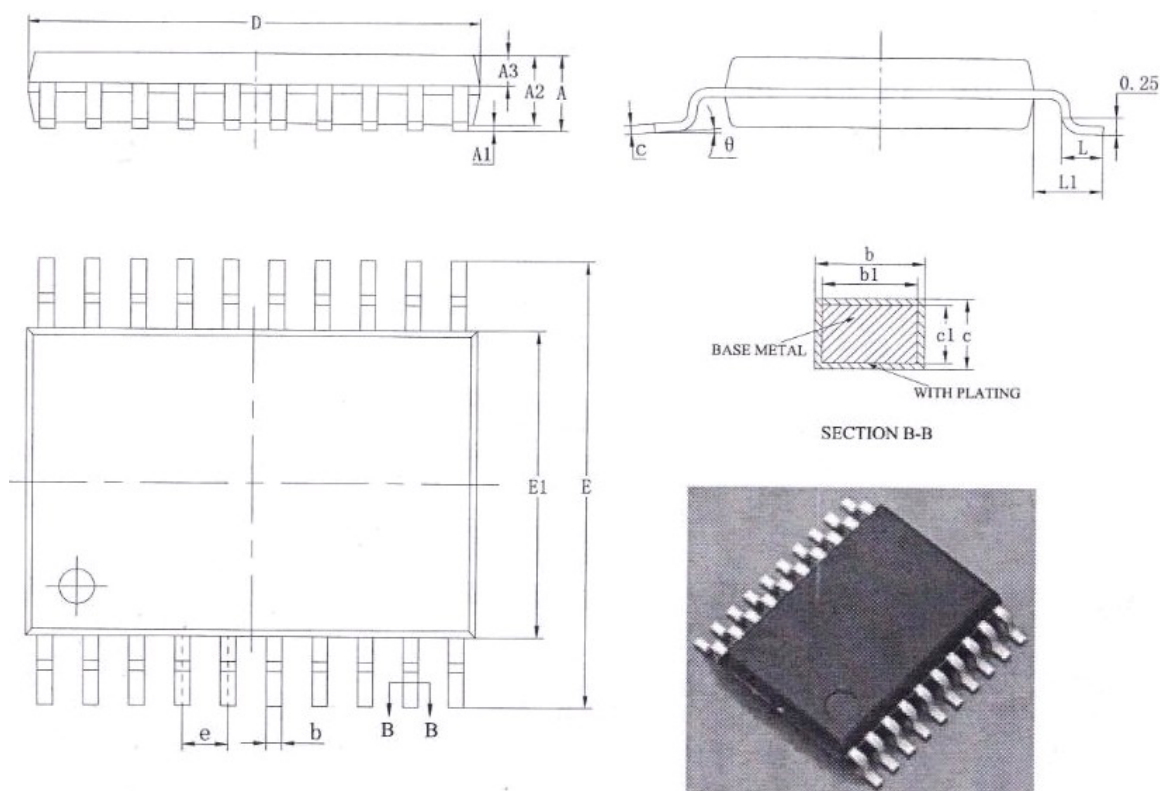


图 19-10  $I_{OL}$  vs.  $V_{OL}$  @  $L1 = 53mA$ ,  $V_{DD} = 5V$





**图 19-11**  $I_{OL}$  vs.  $V_{OL}$  @  $L2 = 55mA$ ,  $V_{DD} = 5V$

**15. 封装信息 (TSSOP20)**


Symbol	Dimensions (mm)		Dimensions (inches)	
	Min	Max	Min	Max
A	—	1.20	—	0.047
A1	0.05	0.15	0.002	0.006
A2	0.80	1.05	0.031	0.041
A3	0.39	0.49	0.015	0.019
b	0.20	0.28	0.008	0.011
b1	0.19	0.25	0.008	0.010
c	0.13	0.17	0.005	0.007
c1	0.12	0.14	0.005	0.006
D	6.40	6.60	0.252	0.260
E1	4.30	4.50	0.169	0.177
E	6.20	6.60	0.244	0.260
e	0.65 (BSC)		0.026 (BSC)	
L	0.45	0.75	0.018	0.030
L1	1.00 REF		0.040 REF	
θ	0	8°	0	8°