

低温场景下 TAS2557 的自动增益控制介绍

Marvin Feng

HUAWEI Team

ABSTRACT

本文介绍了 Smart AMP TAS2557 在实际应用场景中的大电流需求。在低温场景下，由于电池内阻变大，电池放电能力会被减弱，即低温下 Smart AMP 的大电流会导致电池电压发生较大跌落。为了保证低温场景下不会因低压电池瞬态电压跌落而导致系统瞬间宕机，通过使用自动增益控制，可以保证系统在低温、电池低压时缓慢关机，避免不好的用户体验。

Contents

1. TAS2557 简介	2
2. 低温下的电池特性	3
3. Battery Tracking AGC 简介	4
4. 实测结果	6
5. 结论	8
6. 参考文献	8

Figures

Figure 1. TAS2557 输出功率	2
Figure 2. TAS2557 在 4ohm 负载条件下的效率曲线	2
Figure 3. BQ25892 推荐工作条件	3
Figure 4. Vbat vs. Discharge capacity at Different Temperature	4
Figure 5. Vlim vs. Vbat	5
Figure 6. Battery tracking AGC Settings Using PPC3 Software	6
Figure 7. 软件配置图	7
Figure 8. ROM2 模式设置	7

Tables

Table 1. 输入平均电流 vs. 电池电压	8
--------------------------------	---

1. TAS2557 简介

在手机应用大量普及的今天，手机外放扬声器支持大音量以及更高的音质成为了一个趋势。而由于手机机械结构的限制，制约了喇叭的体积。基于 1W 标称输出的喇叭，如何能做到 3.5W 以上的输出功率且不会损坏喇叭成为了一个重要课题。为了达到更大音量和更好的音质需求，以 TAS2557/TAS2560 为代表的 TI 的一系列 Smart AMPs 产品孕育而生，这其中包括了针对 Speaker 建模，避免由于 Smart AMP 输出过振幅导致喇叭 Over Excursion 以及潜在的热损坏风险，最终达到大音量输出且不会损坏喇叭的目的。

在实际应用的场景中，包括 Mono 应用或者多 Speaker 应用场景，都存在由于电池放电电流过大以及低温下电池内阻增加而导致电池电压过低，进而系统瞬间宕机的问题。这个问题与 Smart Amp 的瞬间大电流需求有很大的关系。

以 TAS2557 为例，参看图 1，4ohm Speaker 为负载，那么实际可输出的功率为 5W⁽¹⁾。

Max Output Power, 3-A Current Limit	THD+N=1%, 8-Ω Load	3.7	W
	THD+N=1%, 6-Ω Load	4.5	
	THD+N=1%, 4-Ω Load	5	

图 1. TAS2557 输出功率

考虑到 TAS2557 内部集成了 Boost 电路和 Class D Amplifier。基于 TAS2557 在 Vbat=2.9V，4ohm speaker 负载的条件下，其 Boost 加上 Class D 的效率为 70%，见图 2⁽¹⁾。所以对输入电流为： $I_{in}=5W/70\%/V_{bat}=2.46A_{rms}=3.48A_p$ 。

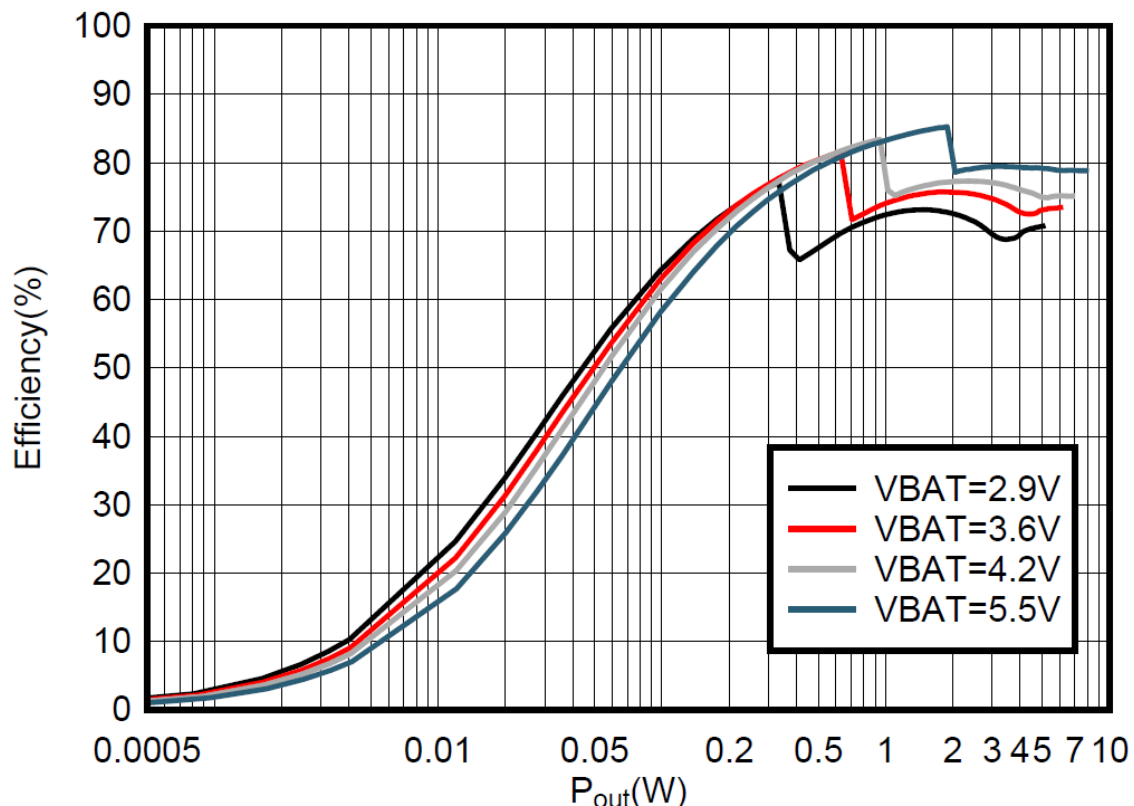


图 2. TAS2557 在 4ohm 负载条件下的效率曲线

在手机的系统架构里，电池会通过 **Charger** 实现电池充电和电池放电，而电池放电电流一方面取决于电池放电能力，另一方面也会受限于 **Charger** 的放电通路上的 **FET** 的电流能力。

基于 TI 目前在市面上被大量使用的 **Charger BQ25892** 的 **Datasheet**，参看图 3，我们会发现电池电压的瞬间放电电流最大值为 $9A_p^{(2)}$ ，这也是代表着目前市场上 **Charger** 产品瞬间能达到的最大的放电能力。所以 $3.48A_p$ 电流需求在实际应用中，对于 **Mono** 应用场景常温下是完全可以正常工作的。但是对于 **Stereo** 或者四颗 **Smart AMPs** 应用场景中， $9A_p$ 的输出电流能力是有一定的限制的。

8.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{IN}	Input voltage	3.9		14 ⁽¹⁾	V
I_{IN}	Input current (VBUS)			3.25	A
I_{SYS}	Output current (SW)			5	A
V_{BAT}	Battery voltage			4.608	V
I_{BAT}	Fast charging current			5	A
	Discharging current with internal MOSFET			9 (peak) (Up to 1 sec duration)	A
T_A	Operating free-air temperature range	-40		85	°C

图 3. BQ25892 推荐工作条件

在低温的条件下，我们会发现：即便 **Mono** 场景下，由于电池低温特性依然会出现由于 **Smart AMP** 的大电流而导致手机瞬间宕机的情况。两颗或者多颗 **Smart AMPs** 场景下亦然。

2. 低温下的电池特性

对于电池放电过程中，若电池恒流放电，端电压=开路电压-电流×电池内阻。随着温度的降低，锂离子电池的放电平均电压和放电容量均有所降低，尤其当温度低于 $-20^{\circ}C$ 时，电池的放电容量和放电平均电压下降较快。参看图 4⁽⁴⁾。从图 4，我们可以看到一旦有 **Discharge Current** 产生，也就是 **Discharge Capacity=0.1Ah** 时，那么电池的端电压在 $-20^{\circ}C/-40^{\circ}C/-50^{\circ}C$ 条件下相对于 $20^{\circ}C$ 条件下会有一个较大的跌落，这里主要由于电池内阻的增加。

随着温度的降低，电解液的离子电导率随之降低，膜电阻和电化学反应电阻随之增大，导致低温下欧姆极化、浓差极化和电化学极化均增大，在电池的放电曲线上就表现为平均电压和放电容量均随着温度降低而降低⁽³⁾。

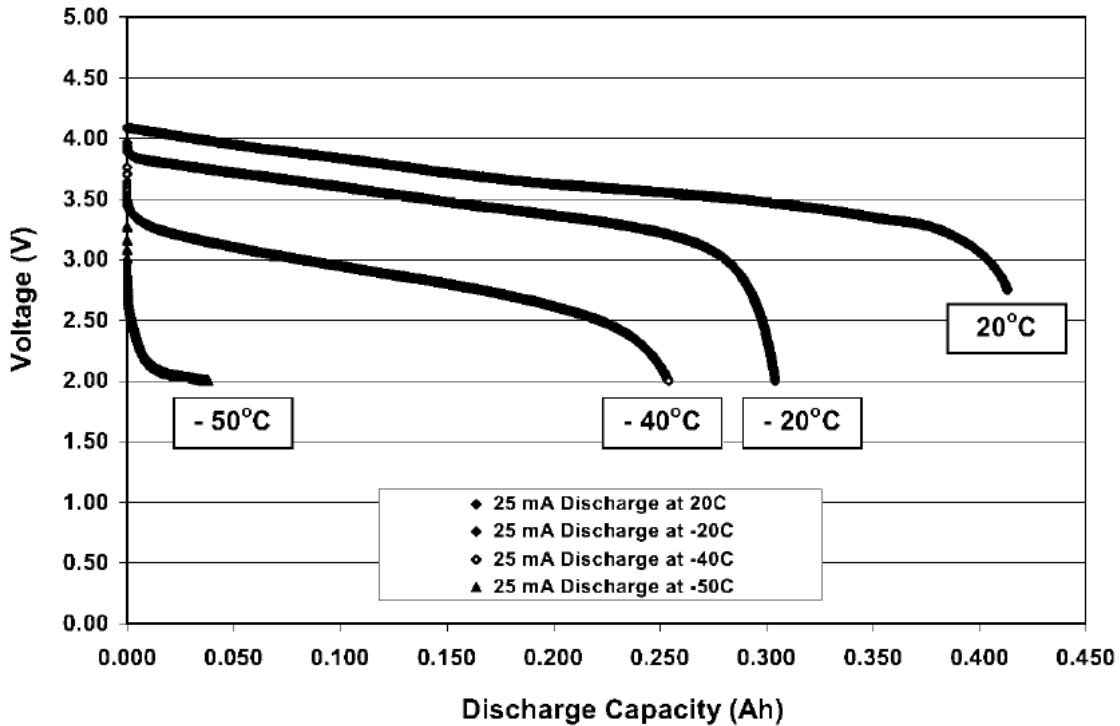


图 4. Vbat vs. Discharge capacity at Different Temperature

基于此，Smart AMP 需求的电流是一定的，假如是 $3.48A_p$ ，那么在低温下，随着电池内阻的增加会导致端电压瞬间减小。当电池电压接近或者低于 3V 时，系统就会瞬间宕机。由此会给客户带来较差的用户体验。

因此，为了提高客户的用户体验，需要 smart AMP 在低电池电压低温场景下，通过自动减小增益来减小系统电流需求来避免瞬间宕机的风险，这也就是 Smart AMP 里的 Battery Tracking AGC 功能。

3. Battery Tracking AGC 简介

TI 当前应用在手机的 Smart AMP 产品都是支持 Battery Tracking AGC 这样的功能。以 TAS2557 为例，TAS2557 会监控电池电压和音频信号，以便当电池电压过低且音频信号过高时自动减小功放的增益。这可以避免大的音频信号输出导致系统宕机的风险。

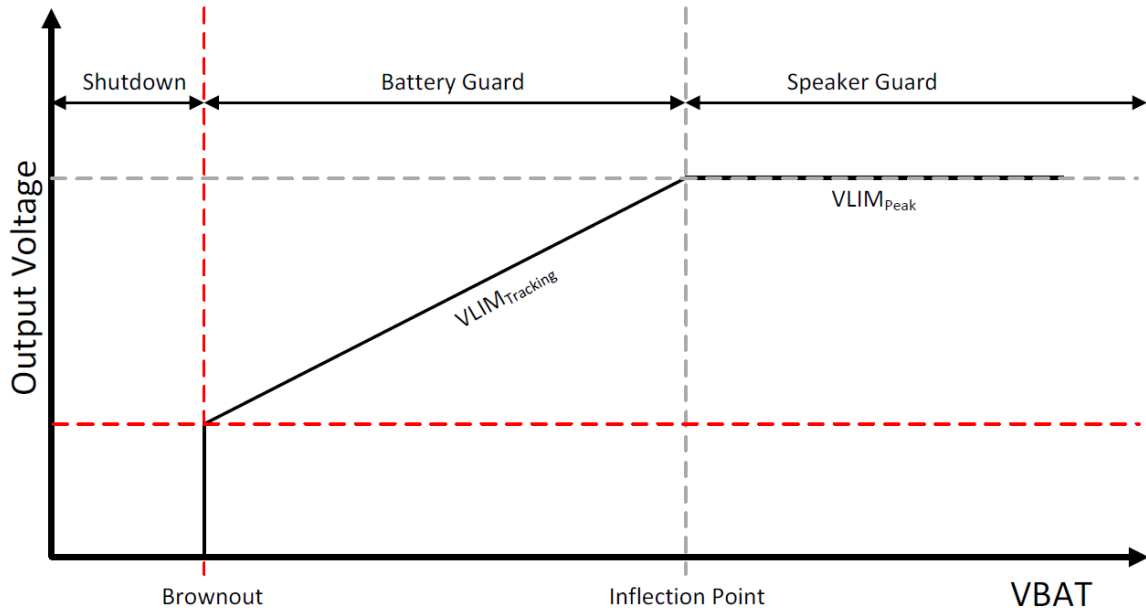


图 5. Vlim vs. Vbat

在 TAS2557 的软件配置中，包括这样的几个参数，Inflection Point, Brownout, Hysteresis Voltage, Attack Coef., Decay Coef, Battery Guard Region。见图 5。

TAS2557 的 Class D Output Voltage 在默认条件下，Shutdown Voltage 是 2.69V，Peak Voltage 是 7.7V。Inflection Voltage 和 Brownout Voltage 指的是 Vbat voltage。减小 Inflection Voltage 配置，以及增加 Brownout Voltage 配置可以改变 Battery Guard Region 的斜率。在某一电池电压的条件下，一旦 Class D Output Voltage 超过了 Vlimt，且保持且超过了 Attack Coef. Time（默认值是 0.5ms），TAS2557 就会快速减小功放的增益，直到 Class D 的输出幅值低于了 Vlimit - Hysteresis Voltage（默认值 0.25V）。然后，如果 Class D 的输出幅值在 Decay Coef. Time（默认值是 100ms）时间内保持在低于 Vlimit- Hysteresis Voltage，那么减小的增益就会被释放。为了让 TAS2557 反应速率更快，可以考虑进一步增加 Battery Guard Region 的斜率以及减小 Attack Coef. Time，比如 Attack Coef. Time 可以减小到 1ms 或者 0.1ms。具体参数设置见图 6。

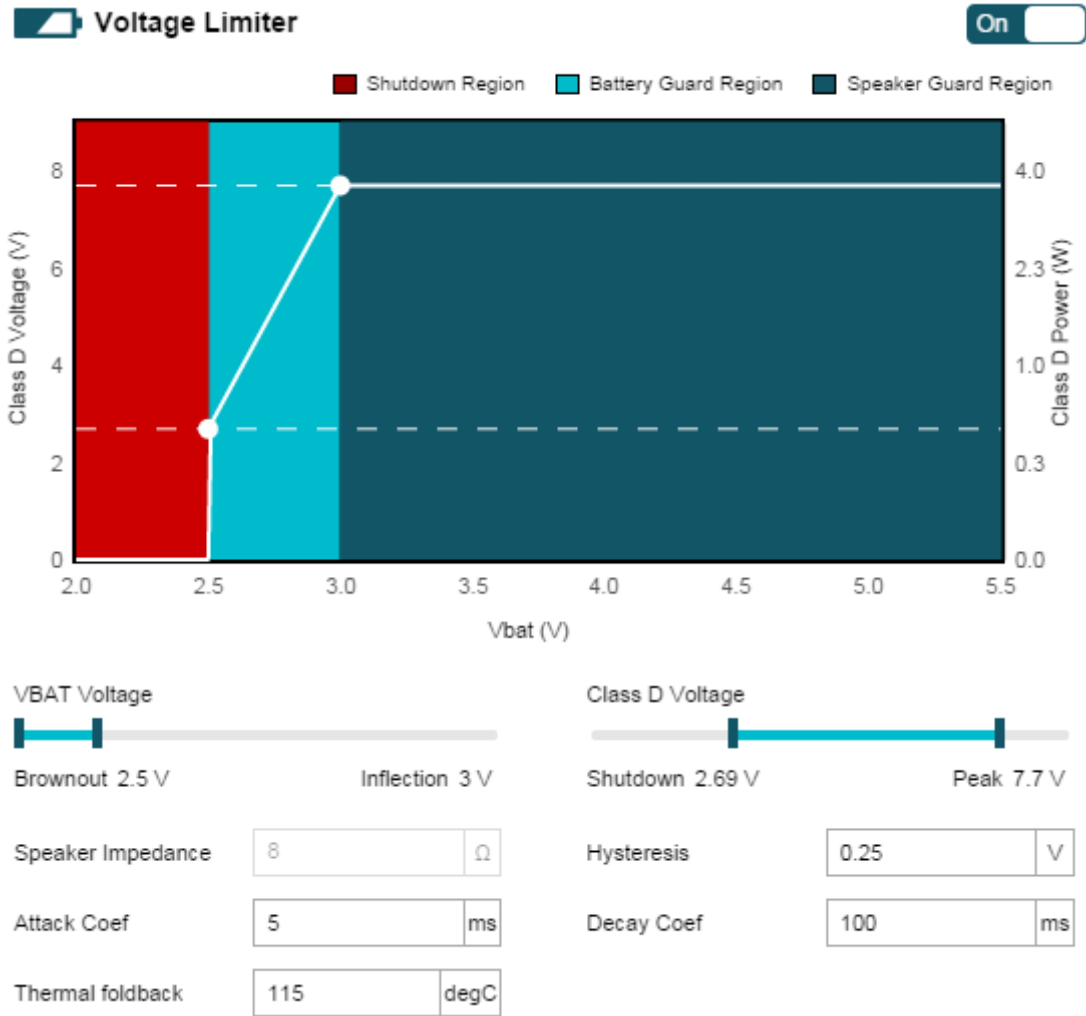


图 6. Battery Tracking AGC Settings Using PPC3 Software

4. 实测结果

为了进一步验证 Battery Tracking AGC 限制输入电流的效果，我们借助于 TAS2557 Demo 板做了以下实验以证明其在相同音源的情况下，随着供电电压的降低，输入电流会被限制且进一步减小。

测试条件：TAS2557 demo 板，1KHz Sine 音源, 基于 PPC3 设置 Flection Voltage =3.6V, Brownout voltage =2.8V，见图 7 配置图。

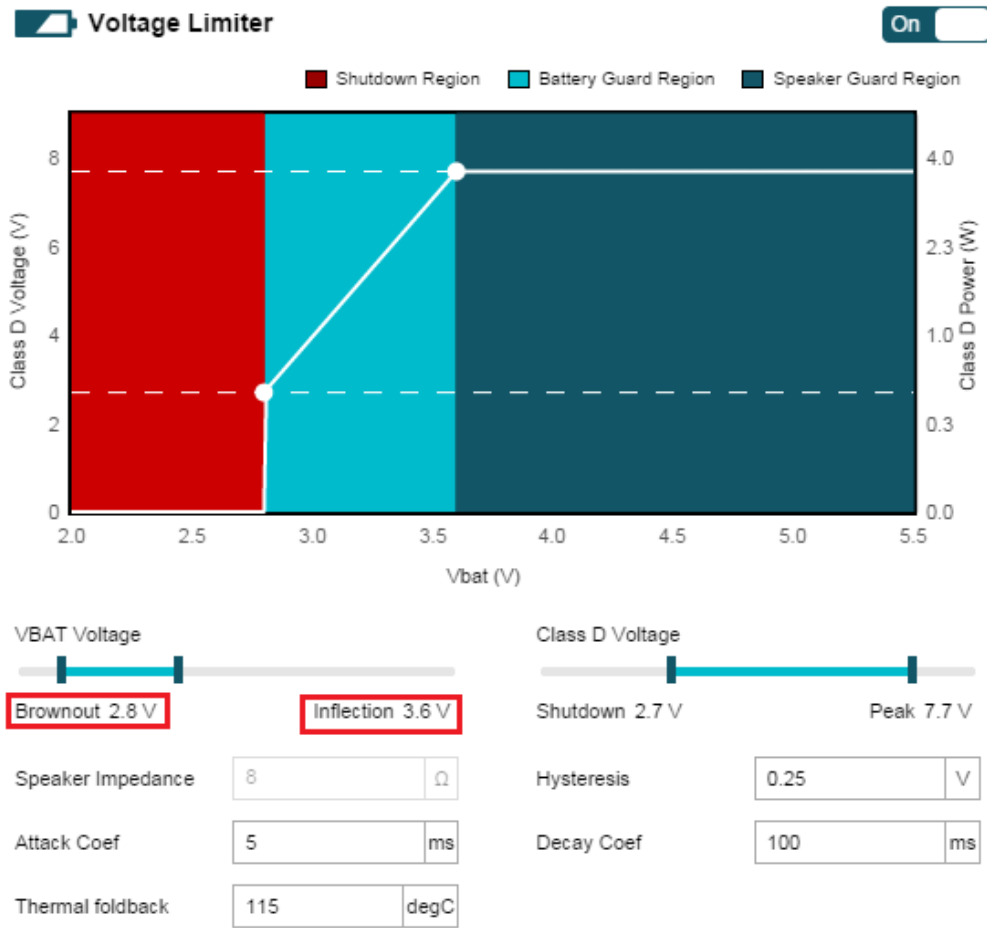


图 7. 软件配置图

为了避免 TAS2557 内部算法的影响，采用 ROM Mode2, Bypass 掉算法的方式来进行验证。配置见图 8。

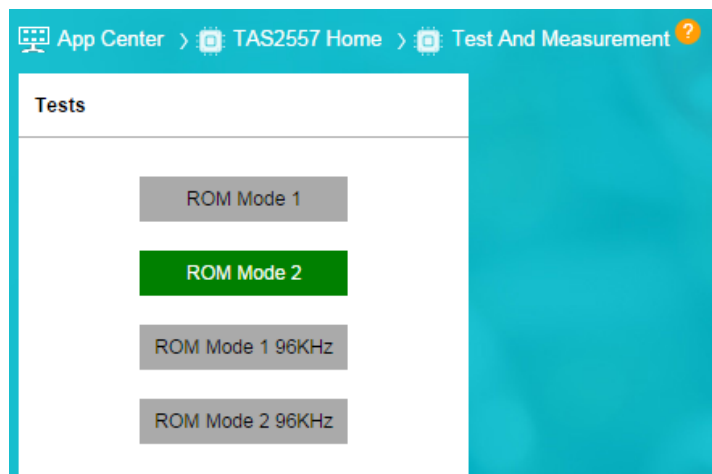


图 8. ROM Mode2 模式设置

由此实验我们可以得到表 1 的实验结果，当 Vbat 电压低于 Inflection Voltage 的时候，输入电流会迅速减小，从而达到降低输入功率的目的。

表 1. 输入平均电流 vs. 电池电压

	Vbat(V)	Iin(A)	Total Input Power(W)
Inflection Voltage=3.6V, Brownout Voltage=2.8V	4.0	1.13	4.520
	3.8	1.19	4.522
	3.5	0.80	2.800
	3.1	0.49	1.519
	3.0	0.32	0.960
Inflection Voltage=3.3V, Brownout Voltage=2.8V	4.0	1.07	4.280
	3.8	1.15	4.370
	3.3	0.88	2.904
	3.2	0.68	2.176
	2.9	0.28	0.812

通过客户实际产品验证，确认 Battery Tracking AGC 的功能可以很好地优化低温低电池电压场景下的宕机问题。

5. 结论

本文理论计算了 Smart AMP 的大电流需求，以及通过分析低温条件下电池特性和实际的实验验证，证明了 Battery Tracking AGC 在低温低电池电压场景中的有效性。在实际的单 Smart AMP 或者多 Smart AMPs 应用场景中，都能很好地解决低温条件下 Smart AMP 的大电流导致的瞬间宕机问题，可以很好改善客户的用户体验。

6. 参考文献

- (1) TAS2557 datasheet <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tas2557.pdf>
- (2) BQ25892 datasheet <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq25892.pdf>
- (3) Performance of Low Temperature Electrolytes in Experimental and Prototype Li-ion Cells, M.e. Smart', B.V. Ratnakumar, and L. D. Whitcanack;
- (4) 锂离子电池低温充放电性能的研究, 谢晓华 1, 解晶莹 2, 夏保佳; 中科院上海微系统与信息技术研究所;
- (5) Smart Amp Tuning Guide <http://www.ti.com/lit/an/slaa751/slaa751.pdf>

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性及其可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司