

#### Eason Zhou

摘要

本应用手册旨在介绍基于 MSPM0L130x 系列的 1 级测量仪表解决方案。它仅检测电压以直接计算片上系统 (SoC)。其中包含解决方案特性、硬件简介、GUI 简介、软件简介和评估指导。

本应用手册中讨论的工程配套资料可从以下 URL 下载: https://www.ti.com/cn/lit/zip/slaaee3。

内谷	
1引言	2
2 测量仪表硬件简介	4
3 测量仪表软件简介	5
3.1 测量仪表算法简介	5
3.2 测量仪表 GUI 简介	6
4 MSPM0 测量仪表评估步骤	
4.1 第 1 步:硬件准备	8
4.2 步骤 2 :获取电池模型	8
4.3 步骤 3 : 输入自定义配置	11
4.4 步骤 4 :评估	11
5 MSPM0 测量仪表解决方案测试结果	15
5.1 性能测试	15
5.2 电流消耗测试	

上を

## 插图清单

图 1-1.	MSPM0 测量仪表硬件板	. 2
图 1-2.1	MSPM0 测量仪表软件工程	.3
图 1-3.	MSPM0 测量仪表 GUI 工程	. 3
图 2-1.1	MSPM0 测量仪表板方框图	4
图 2-2.	测量仪表板说明	.4
图 3-1.1	MSPM0 测量仪表软件工程视图	. 5
图 3-2.	电池模型和 SoC-OCV 表	.5
图 3-3.	VGauge 软件流程	6
图 3-4.	MCU COM Tool 功能	.7
图 3-5.	SM COM Tool 功能	.7
图 4-1.	脉冲放电测试用例	. 9
图 4-2.	获取电池模型的硬件结构	9
图 4-3.	电池电路表生成	10
图 4-4.	电池电路表输入	10
图 4-5.1	BattParamsConfig 结构	11
图 4-6.	测量仪表模式设置	12
图 4-7.	检测数据输入模式结构	12
图 4-8.	闪存数据输入模式结构	12
图 4-9.	电池运行文件生成	13
图 4-10	电池运行文件复制	13
图 4-11.	更改时间阶跃的代码更改	13
图 4-12	通信数据输入模式结构	14
图 4-13	通信数据输入	14

00,5	Si PHI Z	0	

### 图 1-1. MSPM0 测量仪表硬件板

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

# Submit Document Feedback

ZHCACU4 - JULY 2023

图 5-3	电流消耗测试	.16
	表格清单	
表 1-1	MSPM0 测量仪表解决方案比较	2
表 4-1	电池测试模式	8
表 4-2	MSPM0 L1 测量仪表 SOC-OCV 范围	.10
表 4-3	MSPM0 L2 测量仪表 SOC-OCV 范围	. 11
表 4-4	一般配置参数	.11

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

存在基于 MSPM0 的各种不同测量仪表解决方案。表 1-1 展示了各解决方案之间的快速比较结果,方便客户选择 合适的解决方案。本文档重点介绍 MSPM0 L1 测量仪表解决方案。

	MSPM0 L1 测量仪表	MSPM0 L2 测量仪表			
检测的参数	电压、温度	电压、温度、电流			
输出关键参数	SOC	S0C、SOH、剩余容量、周期			
使用的方法	电压测量仪表	库仑计数 + 电压测量仪表 + 空载/满载补偿 + 容量学习			
适用应用	具有低 SOC 精度的输出阶跃	具有高 S0C 精度的输出百分比			

基于 MSPM0 的 1 级测量仪表解决方案的功能如下所示:

- 在 MCU 上电后工作,无需工厂校准或学习循环。
- 支持 SOC (充电状态)和警告标志输出。
- 对电池化学参数输入的要求较低。
- 总体解决方案需要大约 6K 的闪存和 1.6K 的 SRAM。
- 无 UART 通信 (NO\_OUTPUT 模式) 的电流消耗约为 3 µ A。

该解决方案由三部分组成。这几个部分均可在 MSPM0 L1 测量仪表开发包中找到。

表 4-5. VGauge 算法相关参数.....

1. 硬件板用于评估集成了 MSPM0L130x 的整体解决方案。





#### WSPM0\_Gauge\_Level1\_MSPM0L1306 [Active - Debug]

- > 🗊 Generated Source
- > 🐰 Binaries
- > 🗊 Includes
- › 🗁 Debug
- > 🗁 Driver
- 🗧 🗁 Gauge\_Algorithm
- > 🗁 Gauge\_UserConfig
- > 🗁 targetConfigs
- 🗧 🗁 ticlang
- > Gauge\_App.c
- > h Gauge\_App.h
- > 🖻 main.c
- > b mspm0l1306.cmd
- 🚿 empty.syscfg

## 图 1-2. MSPM0 测量仪表软件工程

#### 3. GUI用 python 编写,可用于与测量仪表板通信,通过控制源表来运行测试模式并生成电池参数。

CU COM Tool SM COM	4 Tool				MCU COM Tool SM	I COM Tool		
JART Configuratio	on				UART Configu	ration		
- VDC11	Class Application (lass UADT (COM48)				Port selection:	Intel(R) Active Management Technology - SOL	(COM3)	3
ort selection: XDS11	U Class Application/User UART (COM48)			~	Poat status:		(00.07)	
aud rate: 115200	) V Port status: Port CO	OM48 open success			D-24 - 41. "In design of waters do			
IcuData runfile:			File open	Data transmit				
ART operation:	Connect		Disconnect		1.			
1CU Test Data								
ounter:	9001 Abs	s empty SOC (%):	4.1					
ell voltage (mV):	3739 Abs	s full SOC (%):	99.7					
ell current (mA):	621 Emp	pty Matrix count:	6			7		
ell avg voltage (mV):	3736 Full	Matrix count:	2		UART operation:	C	Connect	
Cell avg current (mA):	621 Delt	ta cap (mAh):	858		Testcase selection:	Battery charging		
Cell temperature (°C):	25 Delt	ta SOC (%):	28.5		Test control:	Start test	End test	
ormalized SOC (%):	38.3 Cali	i SOC (%):	24.3					
ustomized SOC (%):	35.7 Disc	charge cycles:	0		Sourcemeter T	est Data		
mooth SOC (%):	71.7 Wa	irning flags:	0		Counter:			
State of health (%):	0.0 Sys	stem state:	0		Cell voltage (mV):			
lorm full cap (mAh):	3160 Bat	tery state:	1		Cell current (mA):			
Cus full cap (mAh):	3019 Cus	stom data1:	0		SmData Conve	ersion		
lorm remain cap (mAh):	1211 Cus	stom data2:	0		Battery circuit param	eter file generation (Must pulse CHG/DHG SmDa	ta):	
us remain cap (mAh):	1079 Cus	stom data3:	0				File open	Conversion
aw norm full cap (mAh):	3160 Cus	stom data4:	0		Flash saved battry ru	nfile generation:		
Cali OCV (mV):	3546 Cus	stom data5:	0				File open	Conversion

#### 图 1-3. MSPM0 测量仪表 GUI 工程



## 2 测量仪表硬件简介

图 2-1 展示了硬件简要方框图。输入参数仅是从 ADC 通道 1 和 ADC 通道 5 测试的电压和温度。



## 图 2-1. MSPM0 测量仪表板方框图

此设计可以使用以下 MSPM0 特性:

- 用于温度和电压检测的高精度 12 位 ADC
- 具有 UART 或 I2C 功能的 5V 容限开漏 I/O,可在不同电源轨下与主器件通信
- 低至 1.62V 的工作电压,支持单节电池全电压范围
- 低至 1.1 µ A 待机电流,具有 SRAM 保持功能,适用于电池应用

在这里,我们将简要介绍硬件板及其使用方法。对于电池,您可以将其插入默认插座或连接到备用电池电源输入。调试和 UART COM 端口用于连接到可下载代码或与 GUI 通信的 PC。

注意 MCU 电源开关供电跳线。为了进行下载,请将 VMCU 连接到 VEx,然后为 MCU 提供 3.3V 电压,这样可以确保电压与调试器匹配。为了进行评估,请将 VMCU 连接到 VIn,然后将为 MCU 提供 1.8V LDO。它可以确保 出色的模拟性能。



### 图 2-2. 测量仪表板说明

## 3 测量仪表软件简介



图 3-1. MSPM0 测量仪表软件工程视图

软件工程如上图所示。与测量仪表算法相关的工程和文件包含 6 个部分。所有 MSPM0 工程的其他文件都是相同的。

对于 Gauge\_UserConfig 部分,包含节 4。

Gauge\_Algorithm 部分在本节的最后介绍。

Driver 部分包含所有与 MCU 相关的外设控制。它将 Vcell 和 Tcell 数据准备到 Gauge\_Algorithm 中。

Guage\_App 部分包含简要测量仪表算法调用。客户可以在此部分定制自己的功能。

Gauge\_Type 部分包含此工程中使用的所有结构。您还可以在其中找到一些详细注释。

Main 部分包含最高的系统功能代码。

### 3.1 测量仪表算法简介

对于 VGauge,它将电池视为一阶 RC 模型。然后,它将使用 RC 模型和 SoC 开路电压 (OCV) 表生成 VF\_SoC。由于它使用低阶电路模型来模拟电池,因此 VF\_SoC 的精度不是很高。但是,在一开始没有检测到电 池电流或不知道电池满容量 (AbsFullCap)时,如果您了解电池 SoC,会有所帮助。在软件代码中,RC 模型和 SoC-OCV 表保存在 "circuitParamsTable"中。



#### 图 3-2. 电池模型和 SoC-OCV 表

图 3-3 展示了 VGauge 功能的软件流程图。circuitParamsTable (Rcell 查找表和 SOC-OCV 查找表)和 QMax 在 每次测量或计算后都会保存。当 MCU 开始工作时,它将第一个 AvgVcell 视为 OCV[K-1],然后查看 SOC-OCV



表以查找 SoC。计算 Rcell 和 Ccell 并将它们输入模型。使用 AvgVcell 输入,计算出新的 OCV[K],该 OCV[K]被视为在下一个计算周期在模型中输入的新 OCV[K-1]。

总而言之,该模型用于根据电池参数和 AvgVcell 输入评估 OCV。可通过搜索 SoC-OCV 表来获取 SoC。



图 3-3. VGauge 软件流程

有关 VGaugeTM 的更多详细信息,请参阅利用滤波端电压的锂离子电池电流无传感器荷电状态估计算法。

## 3.2 测量仪表 GUI 简介

测量仪表 GUI 也是此解决方案的一个重要部分。它可用于记录 MCU 数据、运行电池测试用例和执行数据转换。 此 GUI 有两页。第一页是 MCU COM Tool,用于与 MSPM0 进行通信并记录 MCU 传送的电池运行数据。第二页 是 SM COM Tool,用于与源表进行通信、运行电池测试用例并记录源表发出的测试数据。此页中也会完成数据转 换,以便与不同的测量仪表工作模式配对。

首先,请查看 MCU COM Tool,如图 3-4 所示。它有两个功能。首先是从 MCU 接收电池运行数据。在测试完成 或停止测试后,数据将自动保存到名为"time-McuData.xlsx"的 Excel 中。

其次是加载所选的"time-McuData.xlsx"Excel 文件,并将此文件中的电芯电流、电芯电压和电芯温度数据传输 到 MCU,以便与相关测量仪表模式(通信数据输入模式)配对运行算法。



🔳 Ga	uge Viewer							Х
File I	Help							
мси	J COM Tool	SM COM Tool						
U	ART Config	juration						
Po	rt selection:	XDS110 Clas	s Application/User U/	ART (COM48)			×	1
Fui Ba	nction 2 ud rate:	115200	✓ Port status:	Port COM	18 open success	5!		
Мо	cuData runfile:					File open	Data transmi	t
UA Fu	UART operation: Connect Disconnect Function 1							
MCU Test Data								
Co	unter:	900	1	Abs er	mpty SOC (%):	4.1		
Ce	Il voltage (mV):	3739	9	Abs fu	II SOC (%):	99.7		

#### 图 3-4. MCU COM Tool 功能

对于 SM COM Tool,它还有两个功能,如图 3-5 所示。功能 1 用于控制源表来运行电池测试用例。然后显示并记录源表测量的数据。记录数据保存在名为"time-SmData.xlsx"的 Excel 中。如果要重新创建此部分,对于软件,至少需要安装 NI\_VISA。对于硬件,需要购买一个 USB 转 RS232 导线和 Keithley 2602A 源表。

功能 2 有助于将记录数据聚合到 C 文件中。对于"Battery circuit parameter file generation",它用于从脉冲 CHG/DHG 文件中提取电池参数,包括 SOC、OCV 和 Rcell,以生成"circuitParamsTable"。对于"Flash saved battery runfile generation",它用于将记录文件聚合到 C 文件中。然后,可以将该文件保存到 MCU 中,与相关的测量仪表模式(闪存数据输入模式)配对运行。

MCU COM Tool SN	4 COM Tool
-UART Configu	ration
Port selection:	Intel(R) Active Management Technology - SOL (COM3)
Poat status:	
	Eurotion 1
	Function
UART operation:	Connect
Testcase selection:	Battery charging ~
Test control:	Start test End test
Sourcemeter T	lest Data
Counter:	
Cell voltage (mV):	
Cell current (mA):	
SmData Conve	ersion
Battery circuit param	eter file generation (Must pulse CHG/DHG SmData):
	File open Conversion
Flash saved battry ru	Infile generation: Function 2
	File open Conversion

## 图 3-5. SM COM Tool 功能



提供了 Gauge GUI 执行文件,可以使用它进行评估,而无需安装 python。但是,如果要在 SM COM Tool 下自定 义电池测试用例,建议使用源代码。有关如何使用 GUI 的更多详细信息,请参阅下一节。

## 4 MSPM0 测量仪表评估步骤

## 4.1 第1步:硬件准备

### 硬件版:

如果要评估此整体解决方案,需要先设计测量仪表板。如果您只想评估测量仪表软件,只需要一个 MSPM0L1306 LaunchPad 并将准备好的电压和温度数据输入到 MSPM0 测量仪表算法中。

### 测试设置:

为了测试和评估 MSPM0 测量仪表性能,需要准备源表或其他电池测试机来控制电池充电和放电。如果您有热流 来评估测量仪表在不同温度下的性能,也将很有帮助。

## 4.2 步骤 2 : 获取电池模型

电池模型来自脉冲放电测试用例。为工程获取电池模型始终是不错的选择。然而,对于实际应用中具有低放电电流的 MSPM0 L1 测量仪表,您实际上并不需要进行测试。您可以重复使用代码中的默认模型,也可以从网络上获取与电池化学成分相关的模型。对于更高级别的 MSPM0 测量仪表解决方案,由于精度取决于电池模型,强烈建议获取专用电池模型。

对于测试机,您可以使用能为电池充电和放电并能记录测试数据的任何机器。与提供的 GUI 配对的测试机是 Keithley 2602A 源表,它通过 USB 转 RS232 导线进行控制,与 NI\_VISA 配对使用。

要获得更精确的模型,您需要以低电流对电池放电,例如以 0.1C 持续 20 分钟。每个脉冲后的休息时间应为 1-2 小时,然后您可以将 VCell 作为 OCV。最后,使用此设置,您将获得大约 30 点。

表 4-1 展示了建议的测试模式。

参数	值	注释			
启动电压 (OCV)	4.3V~4.4V	确保启动电压不低于应用的最大充电电压			
终止电压 (OCV)	2.5V~3.0V	确保休息电压 (OCV) 不高于应用的最小放电电压			
放电电流	0.05°C ~ 0.1°C	低电流意味着点更多			
放电时间	20 分钟	低放电时间意味着点更多			
休息时间	<b>1-2</b> 小时	越长越好			

#### 表 4-1. 电池测试模式

图 4-1 展示了一个电池模型示例测试用例。它将电池充满电 (4350mV),休息 1 小时后,电压降至 4322mV。然后,它会进行脉冲放电并休息,以获取不同 SoC 下的 OCV。此测试以 2450mV 终止。休息 1 小时后,电压升至 2864mV。因此,SoC-OCV 表的 OCV 范围为 2864mV 至 4322mV。在 OCV 和电池电压之差下,启动电压为 4322mV,终止电压为 2864mV。





图 4-1. 脉冲放电测试用例

建议的设置如下所示。MCU COM 工具用于获取电池运行数据。SM COM 工具用于控制源表来生成电池脉冲充电,并收集电压和电流数据,以便稍后生成电池参数。

注意以四线模式连接源表,这样可以减少线路电阻引起的电压检测误差。在实际应用板下测试电池,因为应用板也会影响电池参数,尤其是电池电阻。





请记住根据您的应用更改 python 源代码中的参数,例如放电电流、终止电压等。获得电池运行数据后,您可以使用 "Battery circuit parameter file generation"在 Excel 和文本中获取电池电路文件,如图 4-3 所示。输入文件可以是 SMData 和 MCUData。

Testcase selection:	Battery charging
Test control:	Battery charging Get Soc-Ocv table
Sourcemeter T	
Counter:	
Cell voltage (mV):	
Cell current (mA):	
SmData Conve	rsion
Battery circuit parame	ter file generation (Must pulse CHG/DHG SmData):
	Step2: File open Conversion

图 4-3. 电池电路表生成

将生成的文本表复制到 Gauge\_UserConfig.c 中,将表长度复制到 Gauge\_UserConfig.h 中。然后您可以完成电池 电路表输入。电容系数等于 dSoc(%)/dOcv(mV)\*Qmax(As) 或 dSoc(%)/dOcv(V)\*3.6\*Qmax(mAh)。对于其他参数 生成方法,请查看 python 源代码。

File Edit Format View Help	🖻 Gauge_UserConfig.c 🗙 🕩 Gauge_UserConfig.h
#define CIRCUIT TABLE LENGTH 24	5 //The Confector is calculated from higher perclutio
tBattCircuitParams circuitParamsTable[] = {	6+BattCircuitParams circuitParamsTable[] - {
{4197,_IQ15(1),_IQ15(4.1072),_IQ15(0.1622)},	$7{4197, T015(1), T015(4, 1072), T015(0, 1622)},$
{3677,_IQ15(0.4067),_IQ15(4.1072),_IQ15(0.1622)},	8{3677, I015(0.4067), I015(4.1072), I015(0.1622)},
{3899,_IQ15(0.6458),_IQ15(3.8764),_IQ15(0.1622)},	9 {3899, IQ15(0.6458), IQ15(3.8764), IQ15(0.1622)},
{3610, IQ15(0.3433), IQ15(3.7681), IQ15(0.1733)},	10 {3610,_IQ15(0.3433),_IQ15(3.7681),_IQ15(0.1733)},
{3352,_IQ15(0.0408),_IQ15(4.221),_IQ15(0.3412)},	11{3352,_IQ15(0.0408),_IQ15(4.221),_IQ15(0.3412)},
{3179,_IQ15(0.0002),_IQ15(0.8435),_IQ15(0.639)},	12{3179,_IQ15(0.0002),_IQ15(0.8435),_IQ15(0.639)},
{3611,_IQ15(0.3045),_IQ15(2.5352),_IQ15(0.166)},	13 {3611,_IQ15(0.3045),_IQ15(2.5352),_IQ15(0.166)},
{3866,_IQ15(0.6086),_IQ15(4.294),_IQ15(0.1608)},	$14\{3866, 1015(0.6086), 1015(4.294), 1015(0.1608)\},$
{3751,_IQ15(0.5271),_IQ15(2.5517),_IQ15(0.1667)},	$\{5/51, 1015(0.52/1), 1015(2.551/), 1015(0.1007)\},$
{3598,_IQ15(0.3257),_IQ15(4.7382),_IQ15(0.1812)},	$17{3425}$ T015(0 1243) T015(4 1926) T015(0 1909)}
{3425,_IQ15(0.1243),_IQ15(4.1926),_IQ15(0.1909)},	$18\{3074, 1015(-0.0053), 1015(1.3291), 1015(0.8366)\},$
{3074,_IQ15(-0.0053),_IQ15(1.3291),_IQ15(0.8366)},	19 {3543, IQ15(0.1975), IQ15(1.557), IQ15(0.1688)},
{3543,_IQ15(0.1975),_IQ15(1.557),_IQ15(0.1688)},	20{3658,_IQ15(0.4003),_IQ15(6.3495),_IQ15(0.1846)},
{3658,_IQ15(0.4003),_IQ15(6.3495),_IQ15(0.1846)},	21{3858,_IQ15(0.6031),_IQ15(3.6506),_IQ15(0.1592)},
{3858,_IQ15(0.6031),_IQ15(3.6506),_IQ15(0.1592)},	22{4036,_IQ15(0.8033),_IQ15(4.0485),_IQ15(0.1849)},
{4036,_IQ15(0.8033),_IQ15(4.0485),_IQ15(0.1849)},	23 {3924, _IQ15(0.7028), _IQ15(3.2302), _IQ15(0.1656)},
{3924,_IQ15(0.7028),_IQ15(3.2302),_IQ15(0.1656)},	$24{3841, 1015(0.6024), 1015(4.3577), 1015(0.1818)},$
{3841,_IQ15(0.6024),_IQ15(4.3577),_IQ15(0.1818)},	$25 \{3.507, 1015(0.3019), 1015(2.0985), 1015(0.1025)\},$ $26 \{3.634, 1015(0.4015), 1015(4.9531), 1015(0.1721)\}$
{3707,_IQ15(0.5019),_IQ15(2.6983),_IQ15(0.1623)},	$27{3582, T015(0.3011), T015(6.9501), T015(0.1883)}.$
{3634,_IQ15(0.4015),_IQ15(4.9531),_IQ15(0.1721)},	28 {3510, I015(0.2007), I015(5.0186), I015(0.1883)},
{3582,_IQ15(0.3011),_IQ15(6.9501),_IQ15(0.1883)},	29 {3389,_IQ15(0.1004),_IQ15(2.9862),_IQ15(0.211)},
{3510,_IQ15(0.2007),_IQ15(5.0186),_IQ15(0.1883)},	30 {3029, IQ15(0.0), IQ15(1.0035), IQ15(0.9351)},
{3389,_IQ15(0.1004),_IQ15(2.9862),_IQ15(0.211)},	<sup>1</sup> 31};
{3029,_IQ15(0.0),_IQ15(1.0035),_IQ15(0.9351)},	<

图 4-4. 电池电路表输入

**注意:**对于 MSPM0 L1 测量仪表,它会计算静态 SoC,这不会考虑剩余 SoC 或电池老化。这意味着,您需要通 过将 SOC-OCV 表的最小 OCV 设置为高于应用的最小放电电压来添加一些缓冲。表 4-2 展示了不同放电条件下 建议的最小 OCV 的示例。

#### 表 4-2. MSPM0 L1 测量仪表 SOC-OCV 范围

	<0.01°C 时的电流	<0.1°C 时的电流	<0.5℃ 时的电流
表最大 OCV	4.2V	4.2V	4.2V

10 MSPM0 L1 测量仪表解决方案指南

ZHCACU4 - JULY 2023 Submit Document Feedback



表 4-2. MSPM0 L′	测量仪表	SOC-OCV	范围	(continued)	1
-----------------	------	---------	----	-------------	---

	<0.01°C 时的电流	<0.1°C 时的电流	<0.5℃ 时的电流
表最小 OCV	3V	3.2V	3.4V
应用的最大充电电压	4.2V	4.2V	4.2V
应用的最小放电电压	2.8V	2.8V	2.8V

对于高级 MSPM0 测量仪表解决方案,考虑到剩余 SoC 或电池老化,最好使电路表大于应用的电压范围,以保留一些缓冲。表 4-3 展示了不同放电条件的示例。

	<0.01°C 时的电流	<0.1°C 时的电流	<0.5°C 时的电流
表最大 OCV	4.3V	4.3V	4.3V
表最小 OCV	2.6V	2.6V	2.6V
应用的最大充电电压	4.2V	4.2V	4.2V
应用的最小放电电压	2.8V	2.8V	2.8V

#### 表 4-3. MSPM0 L2 测量仪表 SOC-OCV 范围

### 4.3 步骤 3: 输入自定义配置

您需要完成"Gauge\_UserConfig.c"中"tBattParamsConfig"结构的配置。为便于评估,您只需更改一般配置参数。

I Gauge_UserConfig.c ⋈			
49};			
50			
51 const tBattParams(	Config battParams	Cfg = {	
52 //**************	*******************Gene	eral configuration param	eters**
53 .pBattCircuit	Params = circuitPa	ramsTable,	
54 .u16DesignCap	_mAh = 3200,		
55 .u16MinBattVo	ltThd_mV = 2500,	//Need to ensure the b	attery
56 .u16MaxBattVo	ltThd_mV = 4300,	//Need to ensure the b	attery
57 .u16MinFullChg	gVoltThd_mV= 4100,	//We advise to set the	value

#### 图 4-5. tBattParamsConfig 结构

将这些参数分为两部分。有关所有这些相关参数的简要说明,请参阅表 4-4。

仪 4-4.	<b>拟乱虽参数</b>
参数	备注
u16DesignCap_mAh	只需输入电池的标准容量或通过电池参数生成的测试电池容量即可。
u16MinBattVoltThd_mV u16MaxBattVoltThd_mV i8MaxTempThd_C i8MinTempThd_C	电池 Vcell、Tcell 阈值。它们被保留以在电池情况高于这些参数时控制警告标志。
u8AvgBattParamsUpdateCount	它告知平均数据是在稳定周期之后获得的。
u8SysTikShift sysTikEreg	选择算法运行频率。

#### 表 4-4. 一般配置参数

#### 表 4-5. VGauge 算法相关参数

参数	备注
u8CircuitTableLength	电路表长度
u8CircuitTableTestTemp_C iq15RcellNegTshift_R iq15RcellPosTshift_R	这些参数用于评估不同温度下的 Rcell。它根据经验进行,不会对性能产 生太大影响。

### 4.4 步骤 4 : 评估

开始之前,图 4-6 展示了 Gauge\_UserConfig.h 中与评估相关的一些设置。



#### 图 4-6. 测量仪表模式设置

对于不同的输出模式,UART\_OUTPUT 意味着通过 UART1 实现数据输出。然后,您可以在 GUI 上观察电池运行 参数。NO\_OUTPUT 意味着终止 UART 数据输出。这是调试算法的好方法,可以在短时间内运行多个周期。

下一节将详细介绍不同的检测模式。

#### 4.4.1 检测数据输入模式

在此模式下,需要 MSPM0 测量仪表板和真实电池进行测试。检测数据(Vcell、Icell 和 Tcell)来自 MSPM0 模拟 外设。GUI 可以帮助记录电池运行数据,以便进一步分析。



图 4-7. 检测数据输入模式结构

#### 4.4.2 闪存数据输入模式

此模式意味着电池运行数据(Vcell、Icell、Tcell)将保存到 MCU 中。此方法无需使用硬件并可增加算法运行频率。由于不需要 UART 通信,因此运行频率最快。



图 4-8. 闪存数据输入模式结构

为了实现这种方法,需要使用"Flash saved battery runfile generation"功能将 SMData 文件或 McuData 文件转换为 C 代码。

SmData Conversion		
Battery circuit parameter file generation (Must pulse CHG/DHG Data):		
	File open	Conversion
Flash saved battery runfile generation:		
	File open	Conversion

图 4-9. 电池运行文件生成

然后,可以将代码从 txt 复制到 C 文件中。更改检测模式的定义后,可使用单个 LaunchPad 运行算法。

*2022-12-28-23-36-BatRunFile.txt - Notepad	BatteryRunFile_ChgDhg.h ⊠
File Edit Format View Help	1#ifndef DRIVER_BATTERYRUNFILE_CHGDHG_H_
<pre>#include "Gauge_UserConfig.h" #define DATA_RUN_FILE (8427) const int16 t i16BattRunFile[] = {</pre>	2 #define DRIVER_BATTERYRUNFILE_CHGDHG_H_ 3 4 5 #include "Gauge UserConfig.h"
0,3887,	6 #define DATA_RUN_FILE (8427)
0,3887,	<pre>7 const int16_t i16BattRunFile[] = {</pre>
0,3887,	✤ 80,3887,
0,3887,	90,3887,
0,3887,	100,3887,
0,3887,	110,3887,
0,3887,	120,3887,
0,3887,	140,3887,
0,3887,	150 3887
0,3887,	16.0 3887
0,3887,	170,3887,

图 4-10. 电池运行文件复制

记住,由于 MCU 存储器大小有限制,输入到 MCU 中的电池运行文件不能没有限制。如果希望运行较长电池周期的测试用例,则需要更改 python 代码和 C 代码中的时间阶跃。可能还需要同时减小 u8AvgVcellDetectPeriod。

👍 threa	dSourceMeter.py $ imes$	
10		//******General confi
11	<pre>timeStep = 1 #1 second</pre>	.pBattCircuitParams = circuitParamsTable,
12	tcShiftPoint = 25 #Add Tc shift time	.u16DesignCap_mAh = 3200, u16MinPattVoltThd mV = 2500 //Need to
13	compress = 1 #Compress 4s data to 1	.u16MaxBattVoltThd mV = 4300, //Need to
14	<pre>terminateCurtThd = 0.002 #Judge when</pre>	.i8MaxTempThd_C = 60,
15		.i8MinTempThd_C = -20,
16	<pre>senseMode = 1 #0 means 2 wire mode,</pre>	.u8AvgBattParamsUpdateCount = 16,
17	<pre>runTimeStep_s = 1</pre>	.syslikFreq = eSystemlik_1000MS,

图 4-11. 更改时间阶跃的代码更改



## 4.4.3 通信数据输入模式

对于此模式,电池运行数据通过 GUI 输入。它使您能够仅使用 LaunchPad 运行实际测试用例或评估 MSPM0 测量仪表。该方法无需使用硬件,可增加算法运行频率,并且对电池运行数据的长度没有限制。



#### 图 4-12. 通信数据输入模式结构

要实现此方法,首先需要连接 UART COM 端口并在 MCU COM 工具中加载 MCUData 运行文件。点击数据传送 按钮后,需要等待端口状态变为"Start transmition!",如图 4-13 所示。如果文件非常大,数据加载时间和 Excel 保存时间将会很长。将为 5~10 分钟。

您将收到来自 MCU 的电池运行数据。此方法的主要好处是,可以反复加载电池运行数据,以改进算法和参数设置。

MCU COM Tool	SM COM Tool			
UART Configuration				
Port selection:	XDS110 Class Application/User UART (COM48)	~		
Baud rate:	115200 V Port status: Start trans	smition!		
McuData runfile:	ers,	55-McuData.xlsx File open Data transmit		
UART operation:	Connect	Disconnect		

图 4-13. 通信数据输入

## 5 MSPM0 测量仪表解决方案测试结果

## 5.1 性能测试

请参阅 MSPM0 L1 测量仪表的性能。以下测试基于 3100mAh 锂离子电池、在 25°C 下进行。

测试模式如下:

- 1. 将电池充满电 (4.25V) 并休息 1 小时。
- 2. 将电池放电至电量耗尽 (2.5V) 并休息 1 小时,温度为 0.5°C/0.3°C/0.1°C。
- 3. 0.3°C下的脉冲放电电池。



图 5-1. 电池测试用例

电池满容量是根据休息 1 小时后获得的增量 SoC 和累积容量计算的。然后,它将生成测试结果。测试结果中显示了结论。

- 该解决方案适用于恒定低电流放电。您可以发现,在 0.1℃ 放电条件下, SoC 误差在 2% 以内。当转向脉冲放 电时, SoC 误差会增加。
- 由于电池模型延迟,当电流较高时,SoC误差会增加。对于 0.5℃放电,最大误差约为 9%。对于 0.3℃放 电,最大误差约为 4%。对于 0.1℃放电,最大误差约为 2%。
- 该解决方案非常适合向最终用户输出阶跃而不是百分比。由于它不会测试电流,因此 SoC 在电池停止工作时仍可能发生变化。



## 图 5-2. 电池测试结果



此解决方案的优点是:

- 硬件设置简单, 仅需检测电压。这意味着平均电流较低
- 软件代码量小
- 与库仑计相比,无累积误差

由于此解决方案主要取决于电池模型的精度,因此温度或老化也是 SoC 计算的两个重要因素,此解决方案不会考虑这些因素。为了在更多条件下提高此解决方案的精度,建议记录受温度或老化影响的 SoC 参数趋势,并在电池 模型计算中添加因素。

## 5.2 电流消耗测试

由于 MSPM0 测量仪表板主要用于评估功能,因此基于测量仪表板的电流测试结果有点高。为了进行优化,您需 要移除钽电容器,将温度传感器连接到 GPIO 作为 GND,并增大分压器电阻。为了进一步改善电流消耗,可以首 先减少 ADC 采样和平均时间。其次,缩短 Vcell 平均时间 (u8AvgBattParamsUpdateCount)并降低 CPU 唤醒频 率 (sysTikFreq)。

电流测试结果如下,平均电流大约为 3μA,采用 NO\_OUTPUT 模式,并移除钽电容器、温度传感器和分压器电阻器。仅用于展示 MSPM0 的功耗。

Name	Live
Time	10 sec
Energy	0.094 mJ
✓ Power	
Mean	0.0093 mW
Min	0.0050 mW
Max	0.0129 mW
✓ Voltage	
Mean	3.3000 V
✓ Current	
Mean	0.0028 mA
Min	0.0015 mA
Max	0.0039 mA

图 5-3. 电流消耗测试

#### 重要声明和免责声明

TI"按原样"提供技术和可靠性数据(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, 不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保,包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担 保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任:(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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更,恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。 您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成 本、损失和债务,TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款或 ti.com 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址:Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265 Copyright © 2023,德州仪器 (TI) 公司