

MEDIA TEK

CONFIDENTIAL B

Fuel Gauge Application Notes

05/2018

Revision History

Revision	Date (mm/dd/yyyy)	Author	Comments
V1.0	07/05/2013	Lijian/Ricky/Pengchen	First version for customer.
V1.1	25/09/2014	Lijian/Ricky/Johnson Yang/PC	Add MT6595/MT6752/32/35 platform information.
V1.2	05/05/2016	Zhangshuai	
V1.3	05/22/2017	Zhongneng/Xiaoyong/JH	
V1.4	10/30/2017	Zhongneng	Add battery sample selection guide for ZCV table test
V1.5	4/27/2018	Zhongneng	Add GM2.5 related section

仪器要求

- 双通道电压源
- 高精度电流表
 - 能准确量取外灌的电流，精度要求在 $\pm 0.1\text{mA}$ 以下。
 - 例如：Keithley 2700
- 高精度电压表
 - 能准确量取电池的电压，精度要求在 $\pm 0.1\text{mV}$ 以下。
 - 例如：Keithley 2700
 - 说明:电流/电压量测的精确度直接影响导入/测试的准确性。



Bad

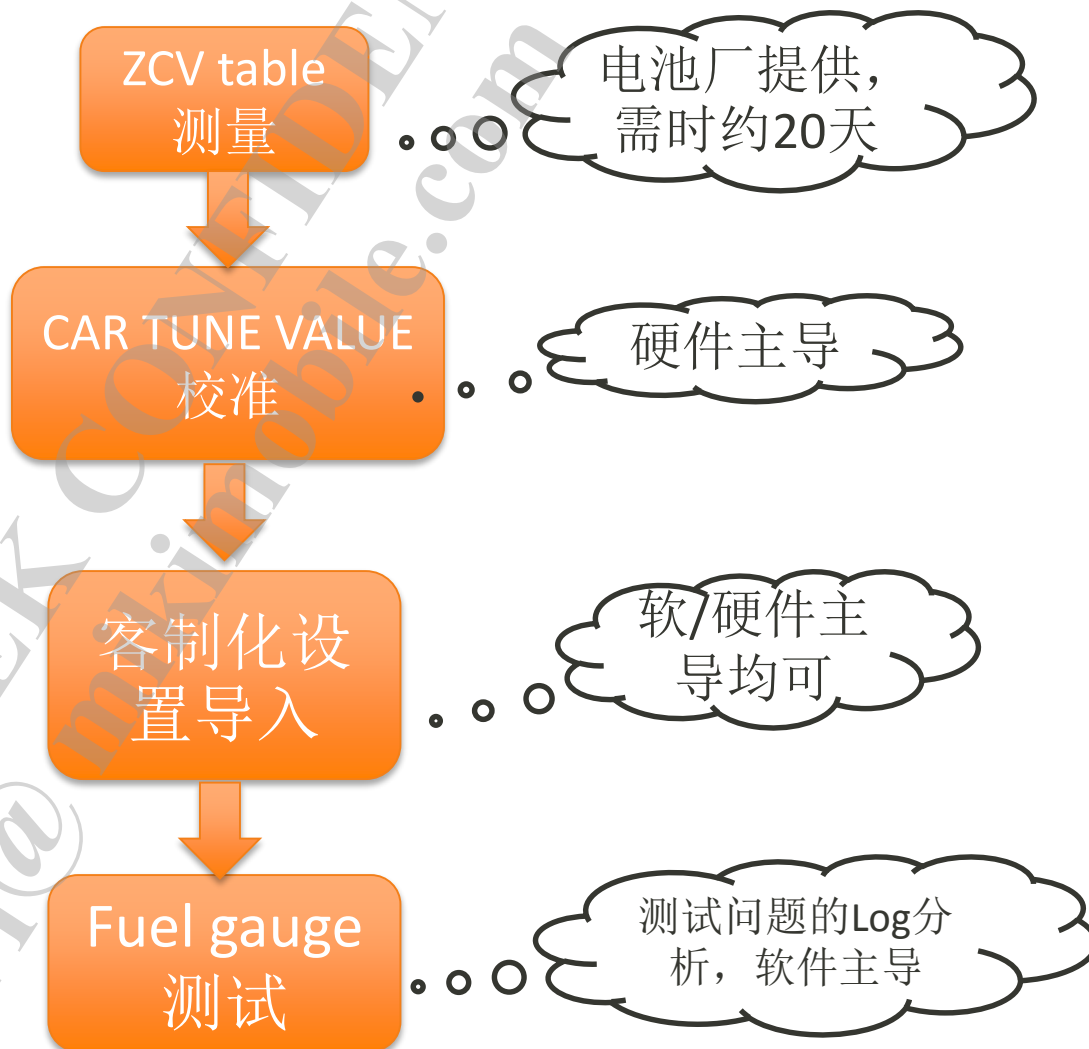


Good



2018/4/27

Fuel Gauge导入流程总表



HW Spec Comparison

	MTK GM3.0 Coulomb + V	MTK GM2.5 Coulomb + V	MTK GM2.0 Coulomb
Ref. Phone	MT6799/MT6757CD/MT6758/ MT6763/MT6771	MT6739/MT6761/MT6762/ MT6765	MT6737/MT6752/MT6797
SOC Error @ Diff. Temp	+1% +-2% (MT6763) @0~50	+-2% @0~50	+-3% @0~50
Voltage/Temp. ADC	15 bits/ (2.5~4.8V,1ms)	15 bits/ (2.5~4.8V,1ms)	15 bits/ (2.5~4.8V,1ms)
Current ADC 1 bit+-	15bits/ (0~6A,500mS)	15bits/ (0~6A,62.5mS)	15bits/ (0~6A,62.5mS)
Gauge Alg. Implementation	HW+SW	SW	SW
Timing Accuracy	<+-1%	<+-1%	<+-1%
Sense Resistor	Yes	Yes	Yes
Package	Embedded	Embedded	Embedded
BOM #	1R	1R	1R
Chip Price	N.A	N.A	N.A

SW Feature List

	GM3.0	GM2.5	GM2.0
SOC based on	Coulomb + Voltage mode	Coulomb + Voltage mode	Coulomb
Auto - K	Support	Support	No
Faster multi-battery profile import	Yes	Yes	No
Easier customization setting	Yes	Yes	No
SOC error compensation V voltage	Dynamic	Dynamic	Static
Battery aging	1. Capacity learning 2. Voltage compensation	1. Capacity learning 2. Voltage compensation	Capacity learning
Battery-cycle counting	Yes	No	No
Update rate	HW INT	SW INT	10S
Initial SOC (D0) at power on	Best	better	Normal
SOC smooth tracking	Best	Best	Normal

Agenda

- Fuel Gauge basic technology
- MTK Fuel Gauge Design Notes
- CAR TUNE VALUE
- Fuel Gauge Customized Setting
- Fuel Gauge Test Way Introduction
- MTK Fuel Gauge Support Way

Fuel Gauge basic technology

Fuel Gauge Introduction

- What is Fuel Gauge?
 - For precise battery capacity estimate

NO



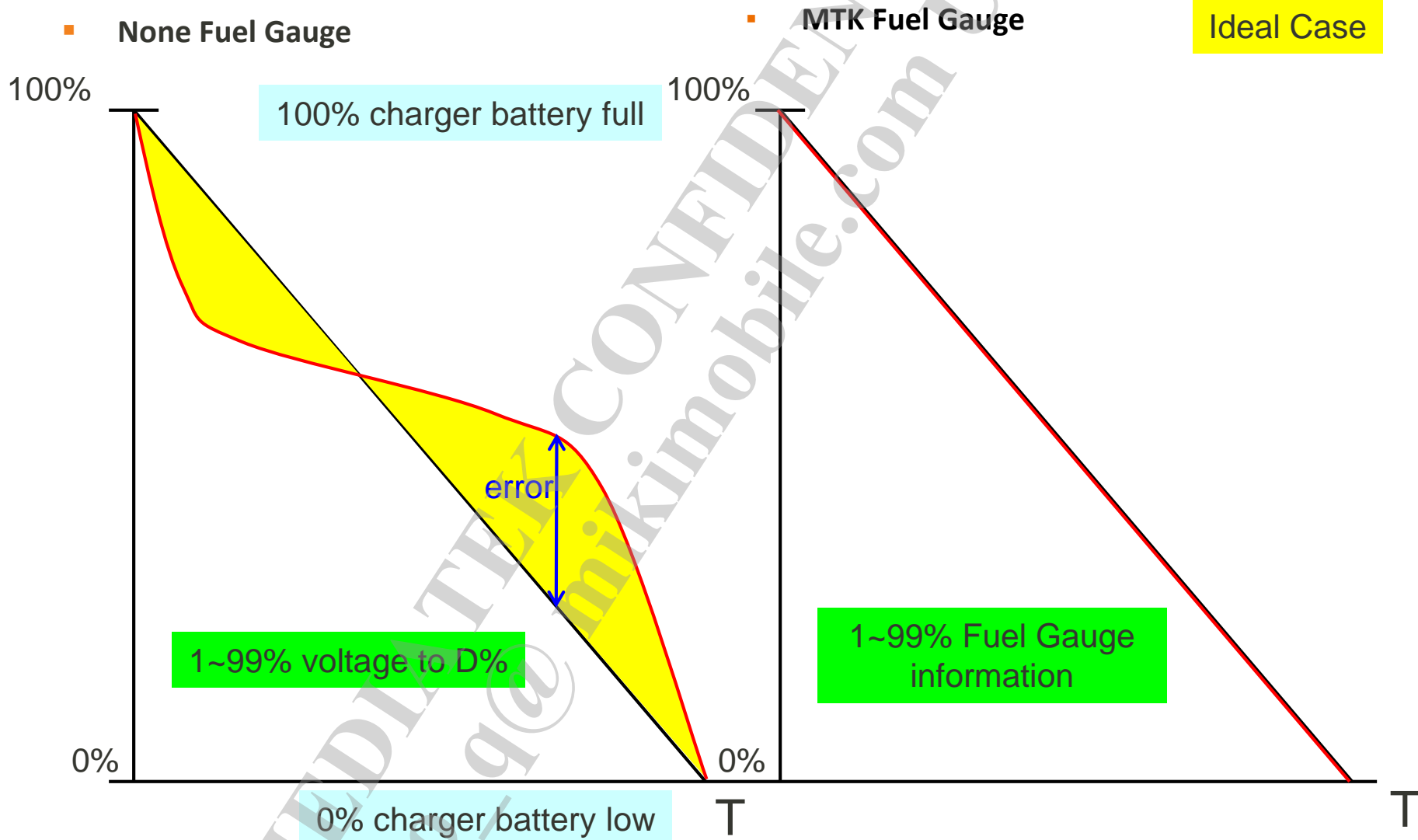
YES



Fuel Gauge Introduction

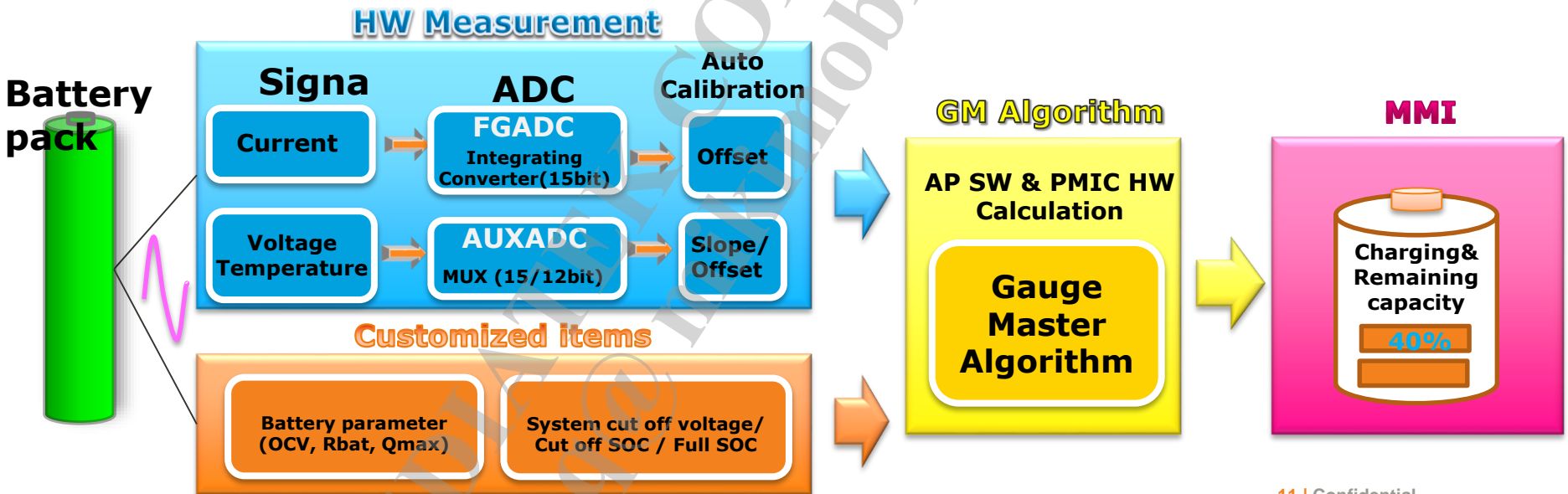
- Whether Fuel Gauge pass is base on UISOC & AvgVbat
 - UISOC is smoothness, monotonic and no saltus
 - The last UISOC is 1% for discharge
 - The last AvgVbat is less than 3400mV for discharge
 - The maximum UISOC is 100% for charge

Fuel Gauge Introduction



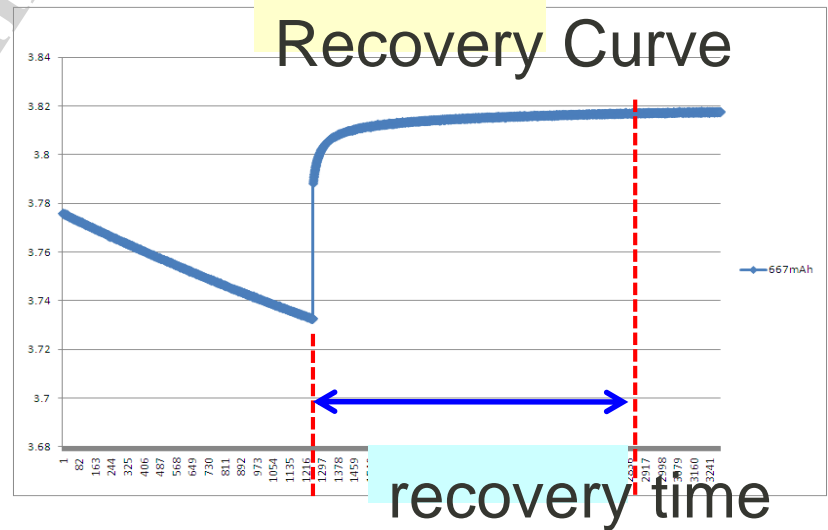
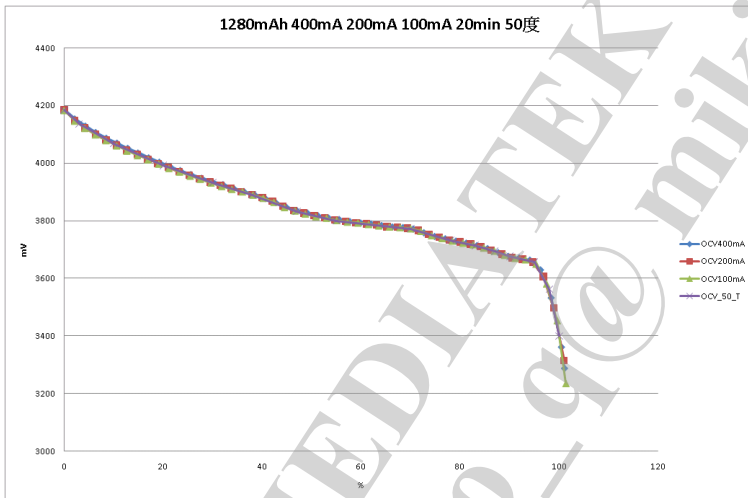
MTK Gauge Master System Architecture

- System-side Li-Ion battery fuel gauge SOC
 - Precise Battery Fuel Gauge
 - Battery current measurement
 - Temperature Reporting



MTK Gauge Master Base Method(1/3)

- 开路电压法-Open Circuit Voltage
 - 藉由量测电池开路电压，即可得之电池剩余容量百分比
 - 优点:简单,且能准确估测初始电容量
 - 缺点:需花时间等待电压回稳(约30分钟以上)



MTK Gauge Master Base Method(2/3)

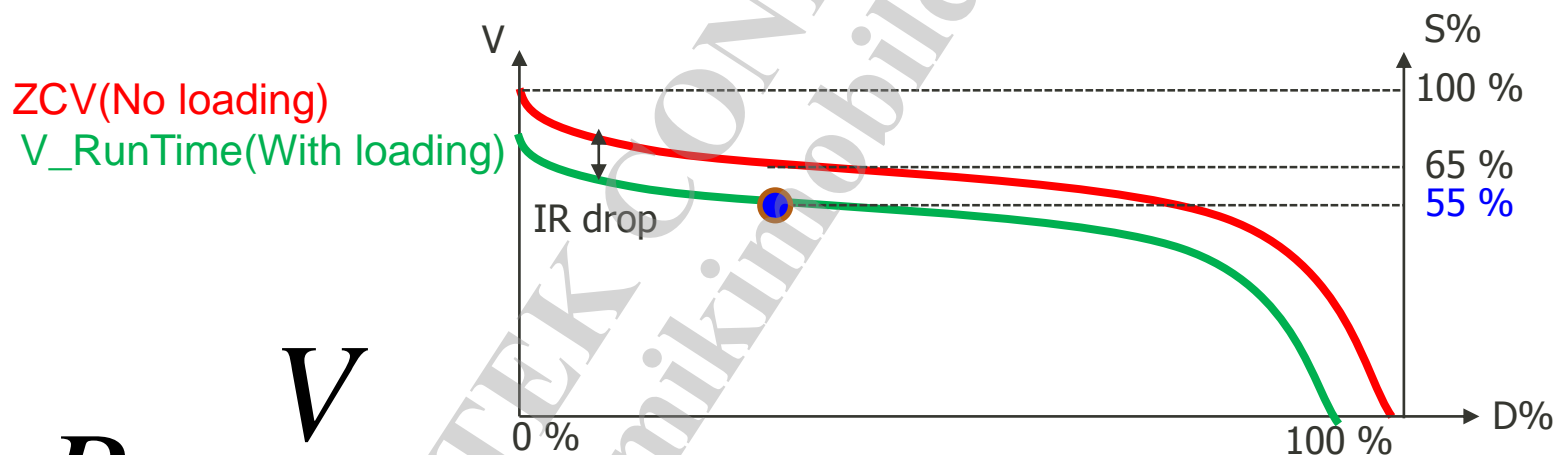
- 库伦积分法- Coulomb counter
 - 藉由初始电容量进行安培小时法累加，即可得知电池剩余容量
 - 优点:适用于各种电池
 - 缺点:初始电容量若无法得知,则此法无法使用

$$C(t_n) = C(t_0) - \int i(t)dt$$

其中，t為電流放電時間，t₀為初始時間，t_n為目前時間，C(t₀)為初始電容量，C(t_n)為目前電量，i(t)為放電電流。當電池充電時，將減號改為加號。

MTK Gauge Master Base Method(3/3)

- 软件库伦积分法- Voltage Mode
 - 藉由电池压差推出电流作累加



$$R = \frac{V}{I}$$

R: 由查表得知

V: $zcv - vbat(auxadc)$

- 优点: 可以修正D0引入的误差
- 缺点: 需要一定时间才能修正D0误差, 且推出的I没有HW

MTK Fuel gauge Design Notes

ZCV Table的获得

- 1、请自行量测ZCV table
- 2、请电池vendor量测ZCV table

ZCV table电池测试样品的选择：

- 请务必使用**量产版本**的电池样品来测试ZCV table，并保证电池**一致性**；
 - 请审核ZCV table**测试脚本**的准确性，可参考MTK的建模方式；
 - 建议测ZCV table时同时测量**2 pcs以上**的数据；
 - 建议项目进行过程中，定期挑选电池样品进行**double test**；
-
- 案例一：某客户拿电池厂第一次送样的电池，测到zcv table的内阻很大，测试过程中发现问题异常。再请电池厂第二次送样，测到内阻并没有那么大。前后两批样品不一致。
 - 案例二：某客户请电池厂测zcv table，测到zcv table的Qmax偏大，测试时发现放电曲线不符合要求。用同一批电池进行重测，又发现Qmax并没有那么大。同一批样品不一致。

测量ZCV table大约需要**20天**时间，请根据项目schedule合理安排时程。

ZCV table量测方法可参考：《Fuel Gauge Battery ZCV Table Test SOP》

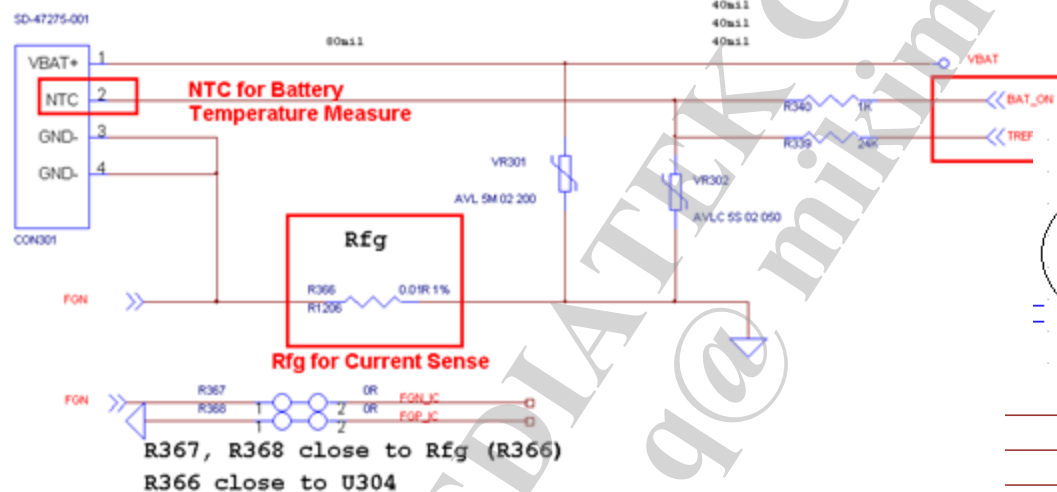
Fuel gauge 开启的硬件条件(must)

- 必需有电池温度检测功能电路。
 - 说明：Fuel gauge需要监测电池的温度，通过温度参数做算法的补偿，所以必需有电池温度检测功能电路。NTC电阻可以选择10Kohm@25度 或47Kohm@25度，其它阻值NTC电阻则需要客户自己建立NTC电阻温度表。
- 必需使用10mohm 电流检测电阻。
 - 说明：建议使用10mohm电阻，这样过流能力可以到7A，电阻上的压降也会更小，电阻的功率要求也会变小， $P=I^2 \cdot R$ 。Rfg的package，可以根据PCB的空间决定，但是需要满足功率要求。
 - 10mohm电阻建议采用金属薄膜电阻。

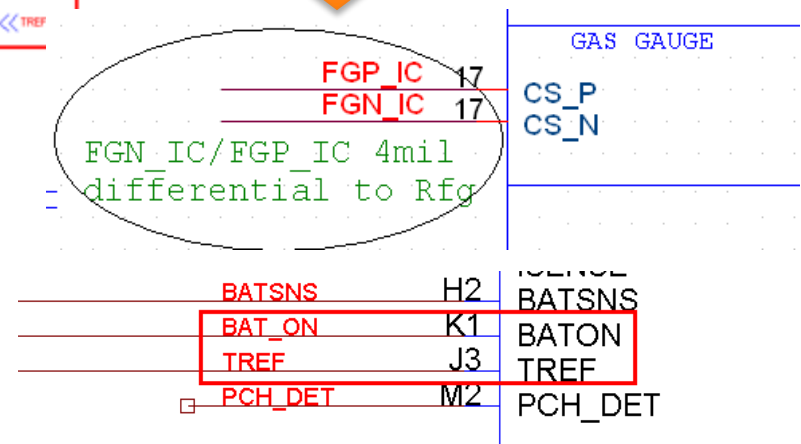
Fuel gauge Schematics notice

- 1 : Sense resistor Rfg need **10m Ω 1% ,0.5W \uparrow package** in series with the battery negative terminal to ground
- 2: Rfg PCB layout closed to battery connector
- 3: FGP_IC/FGN_IC use 4mil **differential line** from chip CS_N/CS_P connect to Rfg

BATTERY CONNECTOR



PMIC side

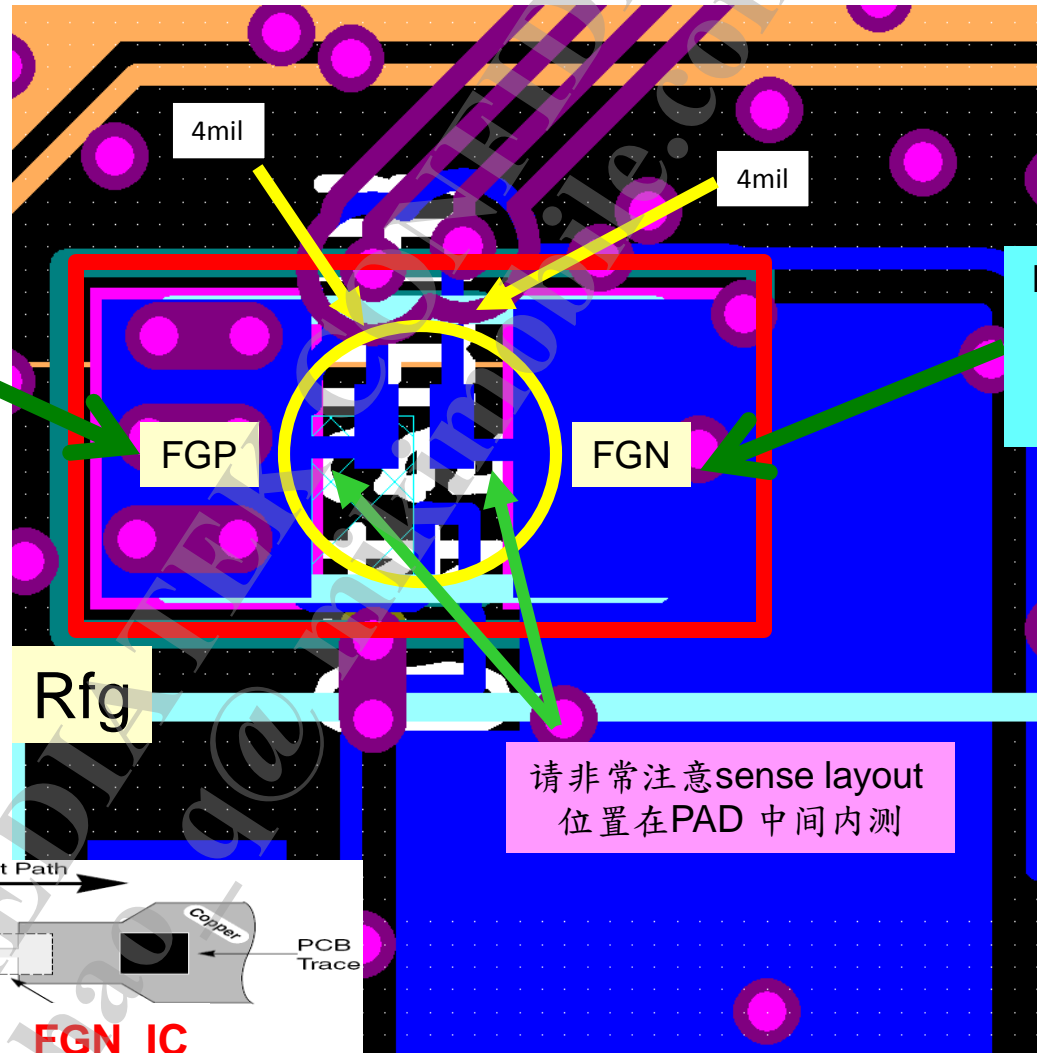


Fuel gauge Layout FGN_IC/FGP_IC

Fuel Gauge
建议画法

FGP为system GND
需打足够量之VIA到
system GND
才能承受系统耗电流

FGN为BATTERY GND
需足够宽度之走线到
BATTERY GND
才能承受系统耗电流



请非常注意sense layout
位置在PAD 中间内测

Rfg

Rfg

FGP

FGN

4mil

4mil

High Current Path

PCB Trace

PCB Trace

FGP_IC

FGN_IC

Copper

Copper

CAR TUNE VALUE

CAR_TUNE_VALUE 校准目的

- Fuel gauge是使用Coulomb Counter 对流过Rfg电阻的电流进行积分，得到使用的电池电量。
- 但是，Rfg受PCB layout 和贴片一致性的影响，会使得用于Coulomb Counter计算的电流和实际流过Rfg的电流有偏差，从而导致积分的库伦量和实际有偏差，影响电量计的精度。
- 因此，Fuel gauge使用了CAR_TUNE_VALUE来对Rfg的统计偏差进行修正，以确保Fuel gauge的统计精度。
- 该CAR_TUNE_VALUE在不同专案上PCB Layout不一样、所用Rfg电阻物料不一样、SMT管控不一样，所以每一个项目都需要校准CAR_TUNE_VALUE。

```
103
104  #define OSR_SELECT_7      0
105
106  #define CAR_TUNE_VALUE    104 //1.04
107
108  //////////////////////////////////////
109  // <DOD, Battery Voltage> Table
110  //////////////////////////////////////
```

CAR_TUNE_VALUE 校准方式

■ CAR_TUNE_VALUE 校准有两种方式：

- 实验室校准(**must**)：由于该CAR_TUNE_VALUE会应用到项目所有手机中。因此，需随机挑选10支整机，对每一支手机的CAR_TUNE_VALUE进行计算，然后将10支手机的CAR_TUNE_VALUE 求和取平均，然后使用这个平均值作为最终的CAR_TUNE_VALUE 写到软件代码中。修正方法请参考： Page 23-26
- 产线校准(GM2.5/GM3.0 optional)： 使用Multi ATE tool，在产线SMT校准工位上对每一台手机进行校准，使每支手机的CAR_TUNE_VALUE值达到更好的准确度。修正方法请参考：《GM2.5 and 3.0 Customized Setting Flow》。

CAR_TUNE_VALUE 的修正方法(1/4)

- 第一步：先将#define CAR_TUNE_VALUE 改为100, 然后build 一版测试的软件, 再接着进行后续步骤。（此步骤必须进行，否则后面的修正值就不正确）

```
103
104  #define OSR_SELECT_7      0
105
106  #define CAR_TUNE_VALUE    100 //1.00
107
108  //////////////////////////////////////
109  // <DOD, Battery_Voltage> Table
110  //////////////////////////////////////
```


CAR_TUNE_VALUE 的修正方法(2/4)

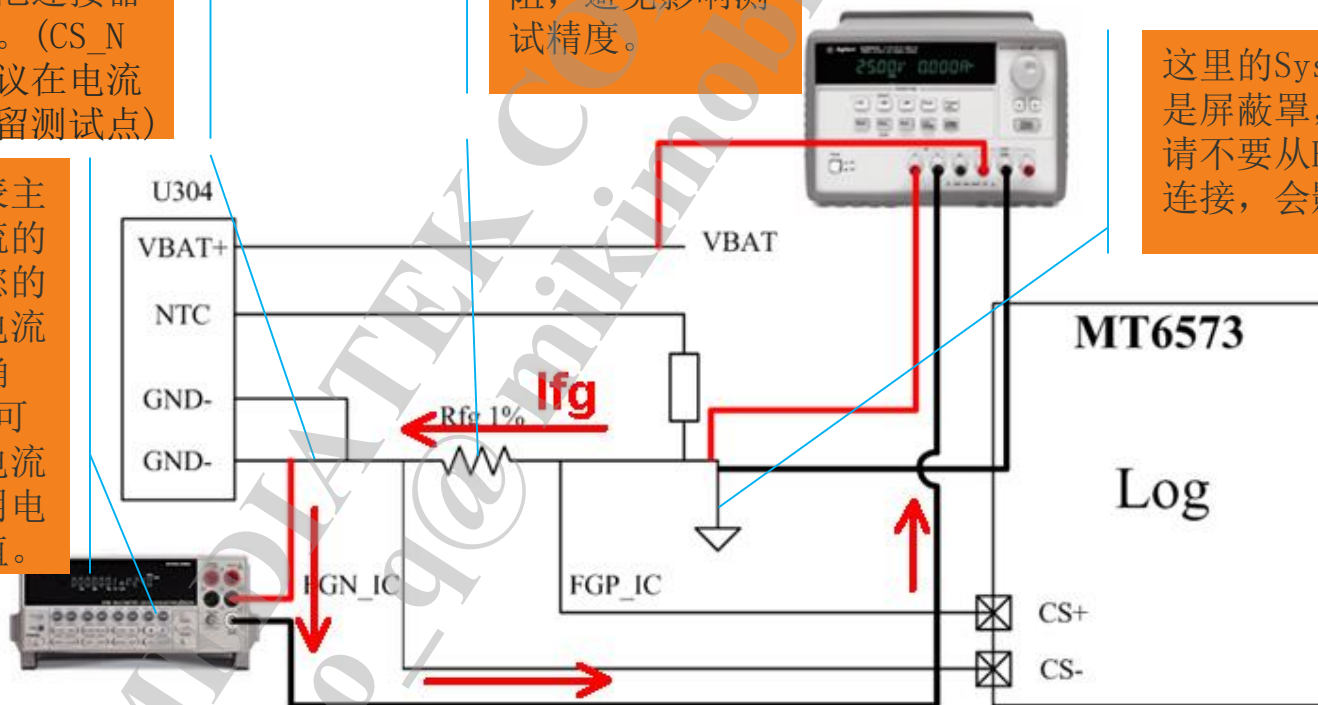
- 第二步：在VBAT 与System GND之间给3.8V的电压，给手机供电。
 - 注意：给Rfg 加电流的通道，请不要在Rfg两端焊线，焊线会影响Rfg电阻，所以直接连接到任意系统地（如：屏蔽盖）与电池连接器的负极。

这里测试连接的时候，请直接连接到电池连接器的负极。（CS_N网络建议在电流通路上留测试点）

注意：请不要Re-work到Rfg电阻，避免影响测试精度。

这里的System GND可以是屏蔽罩，T-card的地，请千万不要从Rfg 两端焊线连接，会影响量测结果。

这里的电流表主要是用于电流的确认，如果您的数字电源的电流指示比较准确（1mA偏差），可以不用串该电流表，直接使用电源指示电流值。



CAR_TUNE_VALUE 的修正方法(3/4)

- 第三步：再将System GND连接到电源另一通道的正极，然后在该电源通道的负极与电池连接器的GND之间串联一个电流表，连接的时候，请注意电流的方向和极性。
 - 注意：在连接的时候，请确认该信道输出电压为0V，避免连接时候大电流将电流表损坏。如果您的电源能准确(1mA以内)的显示电流值，则可以用不用串电流表，直接使用电源显示的电流值即可。请不要在Rfg两端焊线，焊线会影响Rfg电阻，所以直接连接到任意系统地（如：屏蔽盖）与电池连接器的负极。
- 第四步：设定电源为恒电流模式，限制输出电流为1000mA，用串联的电流表确认实际的电流值。如果电源无法支持恒电流输出方式，则可以通过调整电源的输出电压，使电流表的电流数值为1000mA。（我们推荐使用恒电流的方式）
 - 注意：在确认电流过程中，尽量不要移动测试电路，避免电流变化，导致读数不准确。

CAR_TUNE_VALUE 的修正方法(4/4)

- 第五步：按power key 让手机开机，进入操作界面之后，选择拨号界面，输入工程模式密码*##3646633#*##* 进入工程模式菜单。然后选择Power->Charge Battery ,读取第五行，FG_Battery_CurrentConsumption的电流值Ifg。
- 第六步：然后使用1000mA除以Ifg ，修正 $CAR_TUNE_VALUE = 1000 / Ifg$ 。例如：Ifg=1064mA，那就填写为 94 ，对小数的第三位进行四舍五入操作。（该修正值大于或小于100 都是合理的）。

```
100 #define R_FG_VALUE      20 // mOhm, base is 20
101 #define CURRENT_DETECT_R_FG 100 //10mA
102
103 #define OSR_SELECT_7    1
104
105 #define CAR_TUNE_VALUE   94 //0.94
106
107 //////////////////////////////////////
```

Fuel gauge电流精度确认测试

- 前提: 已经完成CAR_TUNE_VALUE 的修正, 并将此档案update到load后, 再进行后续测试步骤。
- 第一步: 利用CAR_TUNE_VALUE 的修正的环境 (参考page19), 外灌电流。
- 第二步: 按power key 让手机开机, 进入操作界面之后, 选择拨号界面, 输入工程模式密码*##3646633#*##* 进入工程模式菜单。然后选择Power->Charge Battery, 读取第五行, FG_Battery_CurrentConsumption的电流值Ifg
- 第三步: 查看电流准确度 $= (I_{set} - I_{fg}) / I_{set}$ 是否为 $\pm 3\%$ 以内。
 - 说明: I_{set} 为外灌电流值, I_{fg} 为Fuel gauge工模读取的电流值。
- 第四步: 分别变化定电流值
200/500/800/1000/1200/1500/2000, 重复2~3步骤。例:

CAR_TUNE_VALUE=99							
外灌电流(mA)	200	500	800	1000	1200	1500	2000
工模里面读数	201.7	501.8	...				
误差	0.85%	0.36%	...				

Fuel Gauge Customized Setting

Fuel Gauge 客制化

- 做好了CAR TUNE VALUE的校准并测试准确后，就可以根据项目所使用的Gauge Master方案，来对项目进行客制化，设定Gauge的基本参数。
- GM2.0请参考：
 - 《GM1.0 and 2.0 Customized Setting Flow》
- GM2.5、GM3.0请参考：
 - 《GM2.5 and GM3.0 Customized Setting Flow》

Fuel Gauge Test Way Introduction

Fuel gauge 的测试

- 完成前面的客制化修改之后，您就可以根据自己的测试方法对电池电量计进行测试验证了。电量的测试方法由客户自行确定。
- 测试说明：
 - 1: Fuel gauge 只在开机时读取电池温度，电池电压和流过Rfg的电流，来计算OCV（Open Circuit Voltage）然后进行查表得到电池的初始电量百分比。
 - 2: 开机之后，Fuel gauge 主要使用Coulomb Counter 对流过Rfg的电流进行积分，得到使用的电池电量。
 - 3: 为了用户体验，我们的软件中有许多tracking 的方法，tracking的方法请参考Design Notice中Fuel gauge的描述。避免给大家测试带来困扰。

Agenda

- 测试仪器要求
- GM2.0_Fuel Gauge Test Flow
- GM2.5/GM3.0_Fuel Gauge Test Flow

GM2.0_Fuel Gauge Test Flow

- 请参考《GM2.0_Fuel Gauge Test Flow.doc》进行GM2.0的相关测试。

GM2.5/GM3.0_Fuel Gauge Test Flow

- 请参考《GM3.0_Fuel Gauge Test Flow.doc》进行GM2.5/GM3.0的相关测试。

MTK Fuel Gauge support

Fuel Gauge Support Flow

- The Matters need attention for Fuel Gauge Related CR
- Fuel Gauge相关CR提交注意事项

The Matters need attention for Fuel Gauge Related CR(1/3)

- **Describe the issue phenomena&replica method in detail;**
 - The Platform?/Algorithm Version(GM2.0 or GM2.5/3.0)?/Customized Setting Done or not?
 - The Application scenarios/ Operant behavior...before the issue occur?
If you can, Please provide the video for it;
 - How is the Specific Phenomena?
 - The Reproduced Ratio?
 - The Abnormal behavior/Question after preliminary analysis?
 - The Car_Tuning_Value correct or not?

The Matters need attention for Fuel Gauge Related CR(2/3)

■ Submit the Integrated & Valid Log;

- The Log need include the Operation Process before the issue occur;
- Execute the ADB CMD as follows before Enable MTKLog;

adb shell

setprop persist.mediatek.fg.log.enable 1

chmod 666 /dev/kmsg

- Use the key Words to check the Log's Validity;

For GM2.5/GM3.0,Kernel log should include the key words:

MTK_FG: [FGADC_intr_end]

For GM2.0,Kernel log should include the key words :

MTK_FG: [battery_update]

- If the issue is related to Power on initialization, please provide UART Log;

The Matters need attention for Fuel Gauge Related CR(3/3)

- **Submit the Customized Parameter File;**
 - For GM2.0, mt_battery_meter.h/mt_battery_meter_table.h
 - For GM2.5/GM3.0, battery_prop_ext.dtsi/battery_table_ext.dtsi
- **Provide the HW/SW Colleague Contact Information for this issue;**

Fuel Gauge相关CR提交注意事项

- 详细描述问题现象及复现方法;
 - 项目平台/Fuel Gauge算法版本(GM2.0/2.5/3.0)/是否有做过客制化参数的调整;
 - 问题出现之前的应用场景,操作手法等细节;若可以,请提供复现过程的视频;
 - 问题具体现象是怎样;
 - 问题可复制性如何(必现/偶现/概率高低等);
 - 初步分析看到的问题点/怀疑的方向为何;
 - Car_Tune_Value值正确与否;
- 提供问题复现过程中完整且有效的Log;
 - Log需包含问题复现之前的操作过程;
 - 抓取Log之前先执行如下ADB CMD(重启之后依然有效);
adb shell
setprop persist.mediatek.fg.log.enable 1
chmod 666 /dev/kmsg
 - 透过如下关键字Check Log的有效性;
For GM2.5/GM3.0,Kernel log中包含如下关键字即可: **MTK_FG: [FGADC_intr_end]**
For GM2.0,Kernel log中包含如下关键字即可: **MTK_FG: [battery_update]**
 - 若问题有跟开机初始化过程相关,请提供UART Log;
- 提供该项目对应的客制化参数档案;
 - For GM2.0, **mt_battery_meter.h/mt_battery_meter_table.h**
 - For GM2.5/GM3.0, **battery_prop_ext.dtsi/battery_table_ext.dtsi**
- 提供该问题对应的HW/SW接口同仁联系方式;

Thanks !