FUJITSU

shaping tomorrow with you

FUJITSU非易失性存储器，是高性能和高耐久性设计要求的应用电子系统的理想解决方案

Nov. 2019

Fujitsu Electronics (Shanghai) Co.,Ltd.

Fujitsu Semiconductor Limited

Agenda

- FUJITSU公司介绍
- FUJITSU三类存储器FRAM, ReRAM, NRAM
- FRAM
- ReRAM
- NRAM
- Spectrum authentication solution
- Summary

Contents

FUJITSU

shaping tomorrow with you

About Fujitsu

FUJITSU

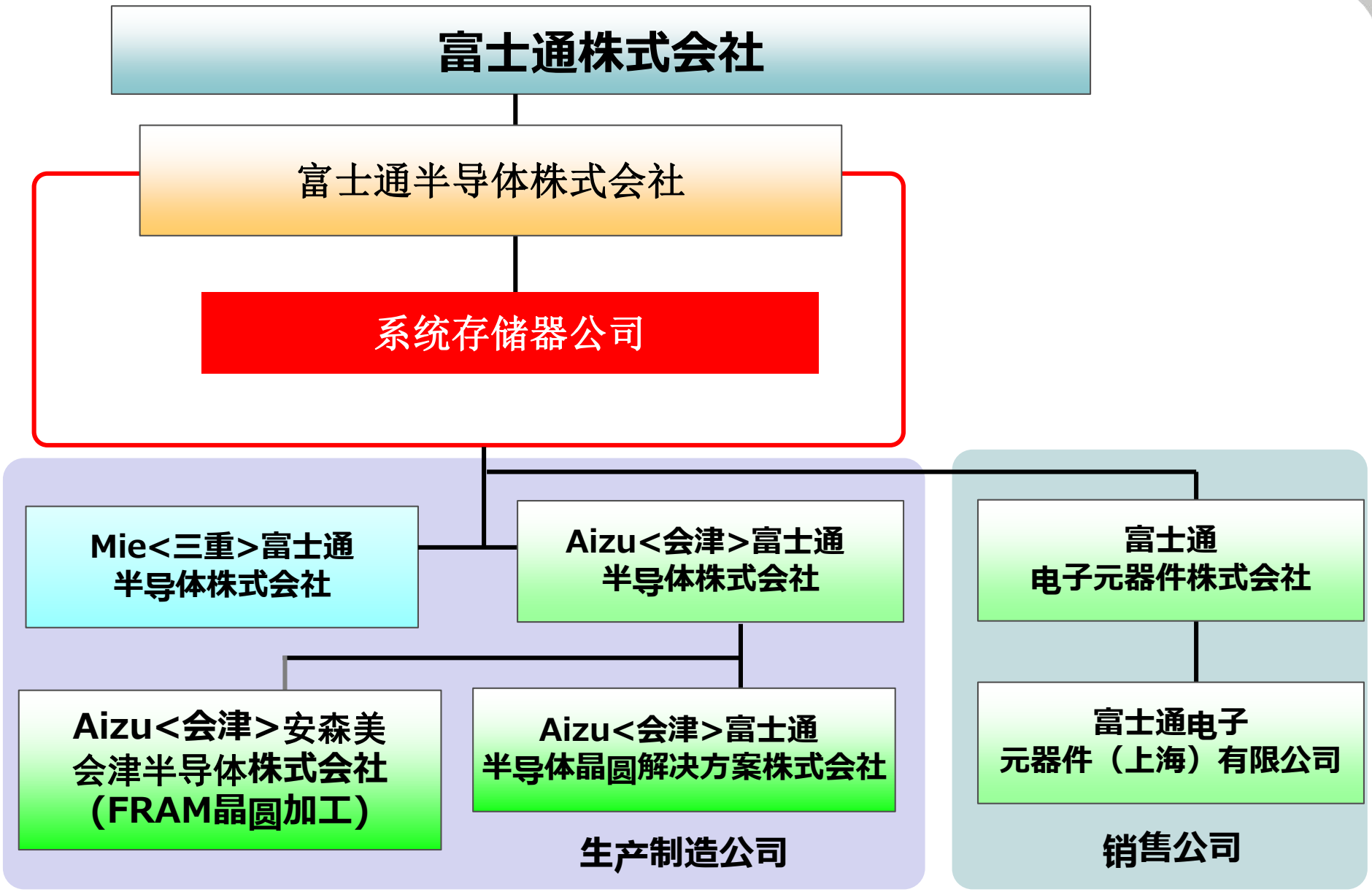
富士通株式会社

代表取締役社长：时田隆仁
成　立　时　间：1935年6月20日
员　　工　　数：132,000（集团全部,截至2019年3月31日）
销　　售　　额：4兆983亿日元（2017年度）
业　务　内　容：技术解决方案，泛在产品解决方案，
半导体及电子元器件解决方案

	技术解决方案	泛在产品解决方案	半导体及电子元器件解决方案
业务范围	技术解决方案	泛在产品解决方案	半导体及电子元器件解决方案
销售额（2017年度）	3兆527亿日元（74.4%）	6,639亿日元（16.1%）	5,600亿日元（13.5%）
主要产品及服务	・IT系统集成，开发和咨询 ・离岸开发	・计算机产品 ・手机电话 ・移动佩戴产品 (Car navigation)	・电子器件 ・ＬＳＩ

FUJITSUSEMICONDUCTOR LIMITED
富士通半导体株式会社

富士通半导体集团



业务范围

FUJITSU

■ 系统存储器， 晶圆代工, 市场策略与销售

系统集成LSI产品
(系统存储器)

Fujitsu Semiconductor Limited
富士通半导体株式会社

晶圆代工

Mie Fujitsu Semiconductor Limited
(Mie<三重>富士通半导体株式会社)
Aizu Fujitsu Semiconductor Limited
(Aizu<会津>富士通半导体株式会社)

市场策略与销售

Fujitsu Electronics Inc.
富士通电子元器件株式会社

系统存储器公司

F R A M

Ferro-electric
<铁电>RAM

R e R A M

Resistive
<可变电阻式>RAM

N R A M

应用碳素纳米管技术
的非易失性RAM

FRAM
通用存储器

主要应用:
表计，工控

FRAM内置
RFID 芯片

主要应用:
医疗电子标签

FRAM内置嵌入
式验证 IC

满足客户各种定制
要求的验证LSI

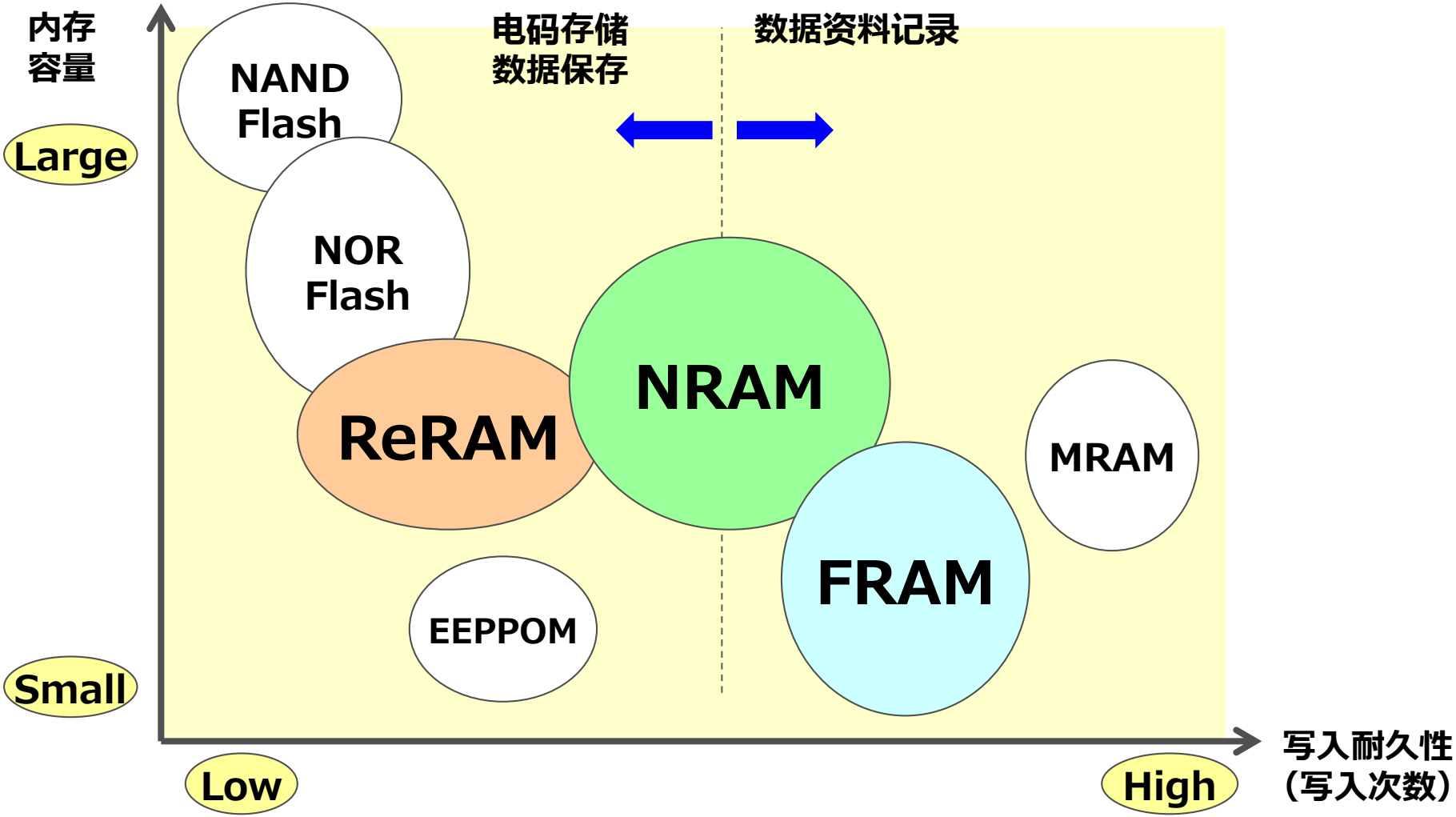
Contents

FUJITSU

shaping tomorrow with you

简介 – 存储器产品：市场定位

- 量产产品：**FRAM，ReRAM.**
- 新开发产品：**NRAM.**



简介 – 富士通三类存储器的产品定位

FUJITSU

简略地讲

- ✓FRAM ： 用于数据记录
- ✓NRAM ： 用于数据记录和电码储存，还可替代NOR Flash。
- ✓ReRAM ： 可替代大容量EEPROM

简介 – 富士通三类存储器的规格比较

FUJITSU

Spec		EEPROM	NOR Flash	FRAM	ReRAM	NRAM
Product Available		Available	Available	Available	Available	2020 -
Density		- 2Mbit	**- 1Gbit**	- 4Mbit	- 4Mbit	- 256Mbit
Die Size		Big	**Very Small**	Big	Medium	Small
Writing	Speed (*)	10ms	3ms (+500ms for Erase)	**0.005ms**	- 25ms	**0.005ms**
	Power Consumption (*)	90uJ	200uJ (+10mJ for Erase)	**0.6uJ**	200uJ	T.B.D.
	Endurance	10^6	10^5	**10^{13}**	10^6	10^8
	Erase	**NO NEED**	Required	**NO NEED**	**NO NEED**	**NO NEED**
Reading	Speed	5Mbps	**400Mbps**	**400Mbps**	5Mbps	**400Mbps**
	Power Consumption (*)	4uJ	**0.4uJ**	0.6uJ	0.6uJ	T.B.D.
	Endurance	**Unlimited**	**Unlimited**	10^{13}	**Unlimited**	**Unlimited**

*: 256Byte Write or Read

Contents

FUJITSU

shaping tomorrow with you

FRAM的概念

Next⇒

FRAM = Ferroelectric Random Access Memory

DRAM, SRAM

- Volatile
  Need Voltage
- RAM (Random Access)

Flash E2PROM

- Non Volatile
- ROM (Read Only)
  Boost +Erase

FRAM

- RAM (Random Access)
- Non Volatile

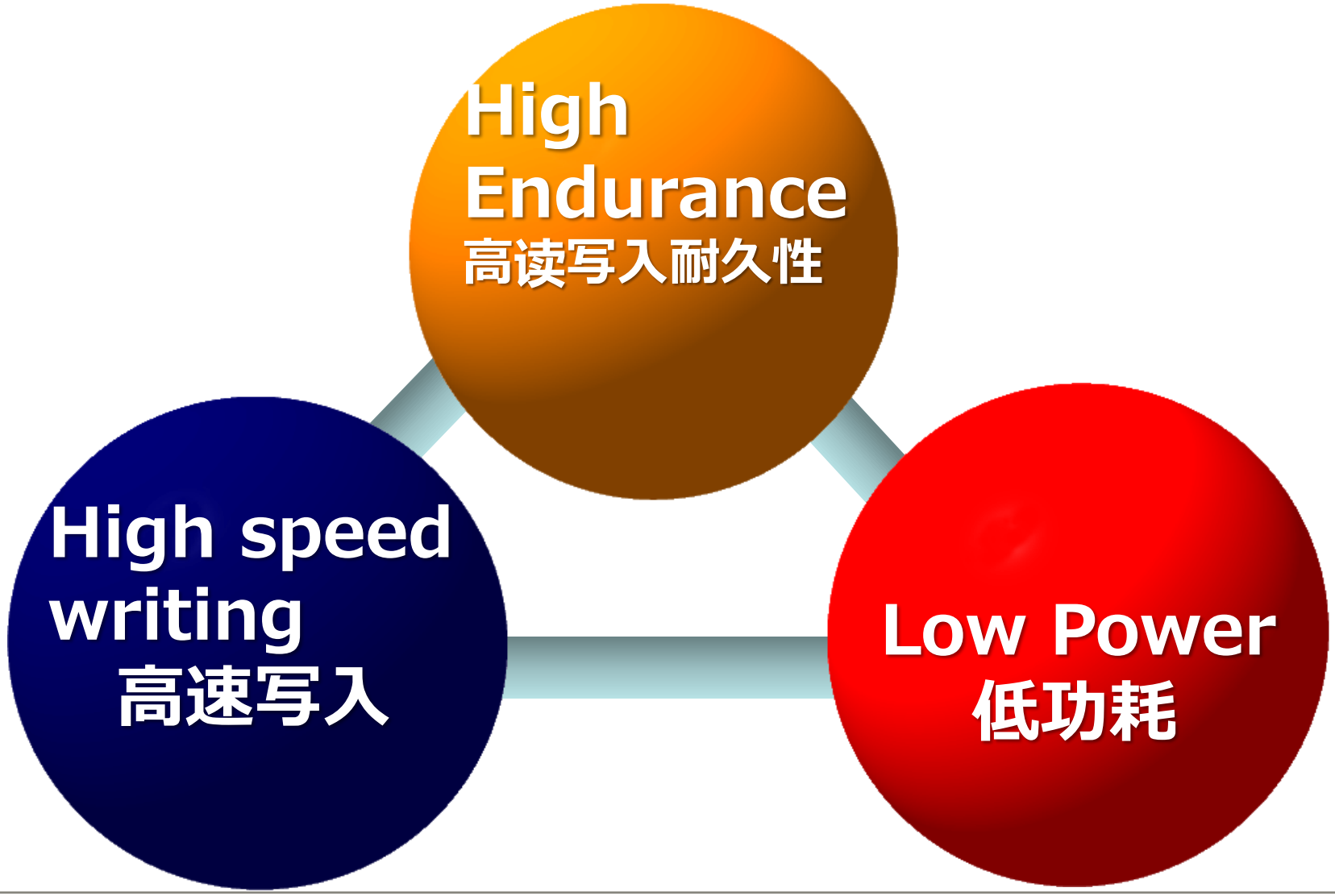
FRAM has a very well balanced combination of features of RAM & ROM

Random-Access (Read/Write)

FRAM的优势

FUJITSU

三大主要优势



High Endurance/读写耐久性-1-

FUJITSU

◻条件

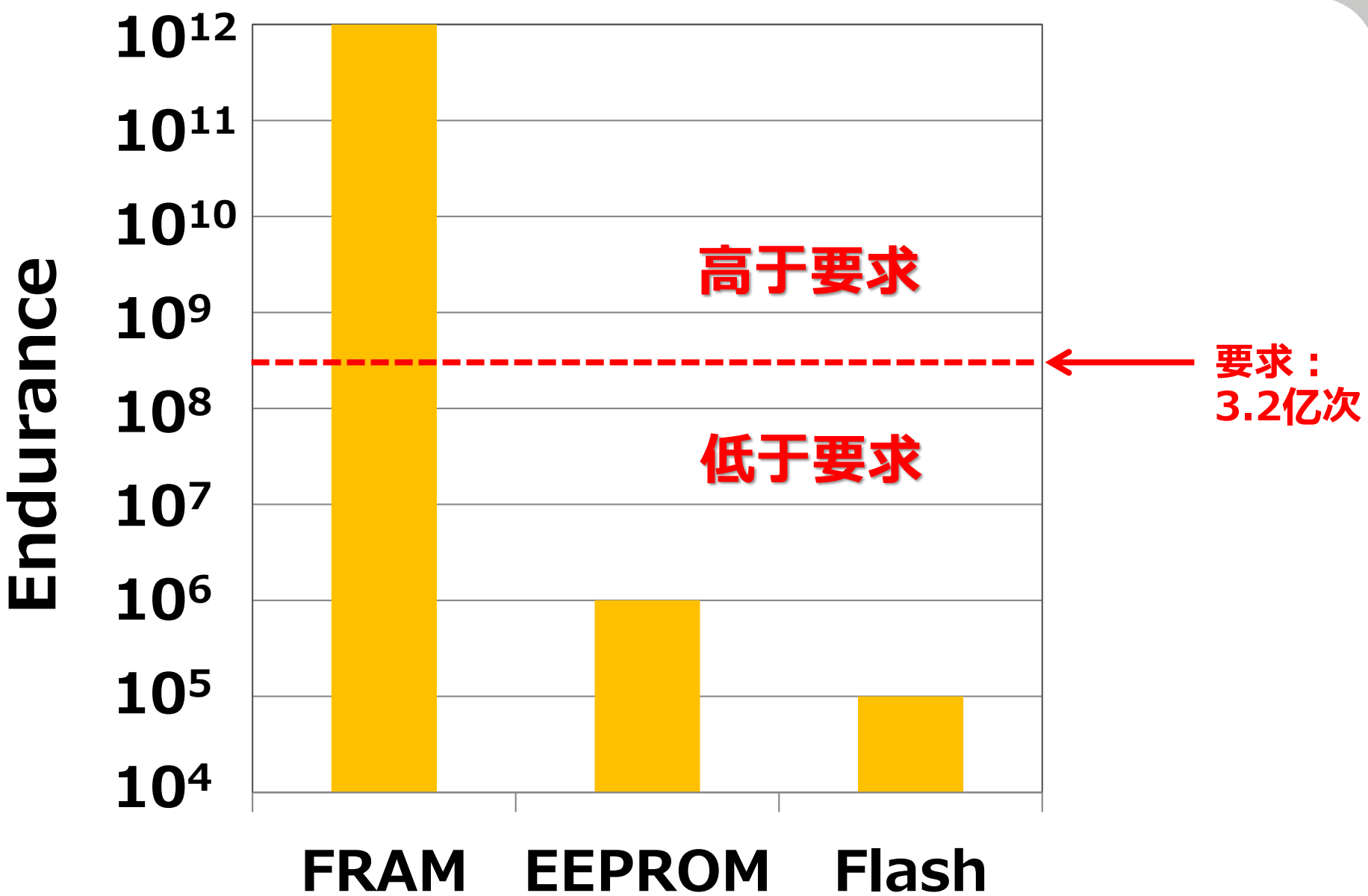
- ✓数据写入频率:1次/秒
- ✓**产品寿命：10年**

◻所需的烧写耐久性(次数)

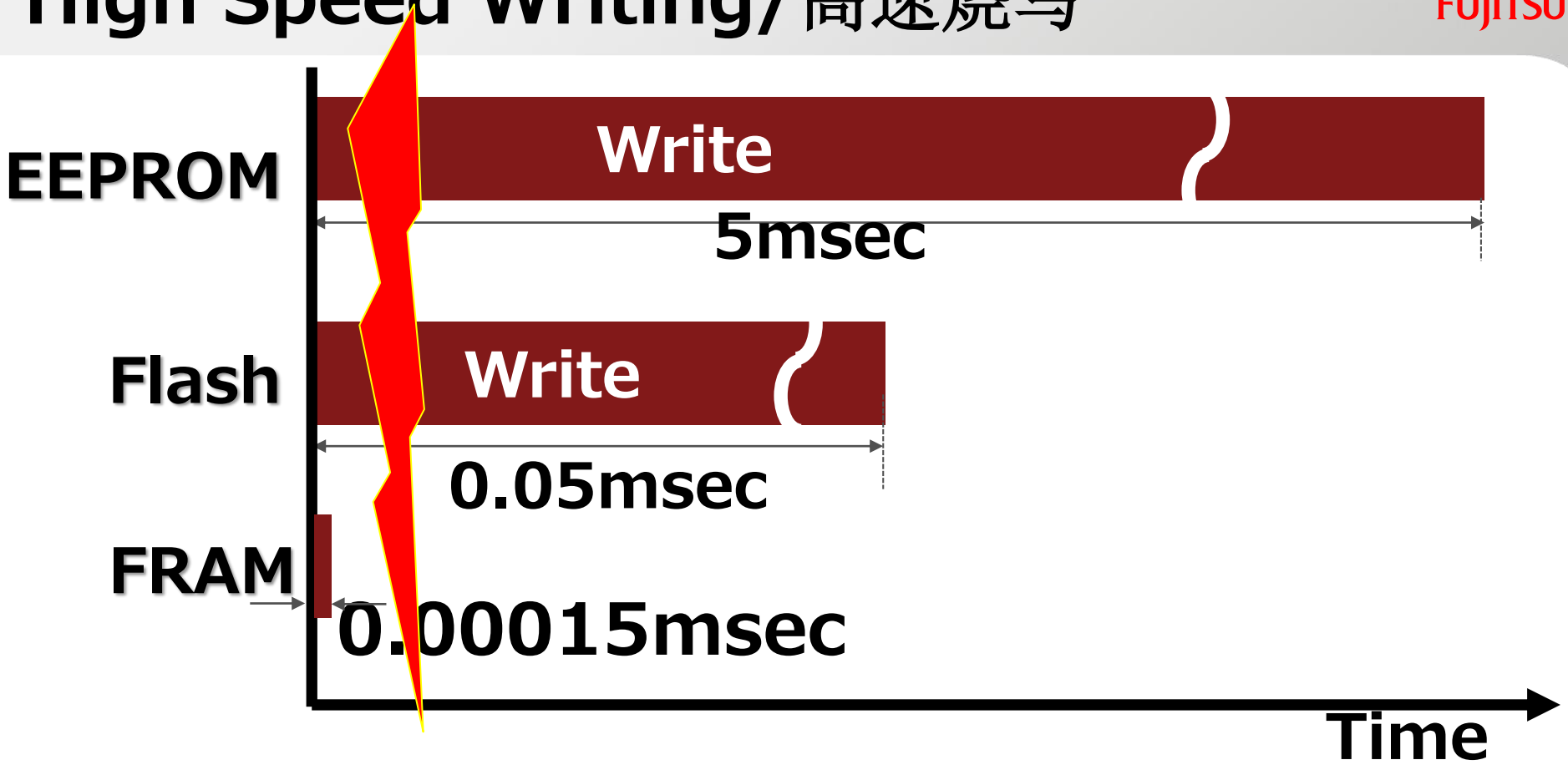
320,000,000(3.2亿次）/10年

(60sec x 60min x 24 hour x 365 days x 10 years)

High Endurance/读写耐久性-2-



High Speed Writing/高速烧写



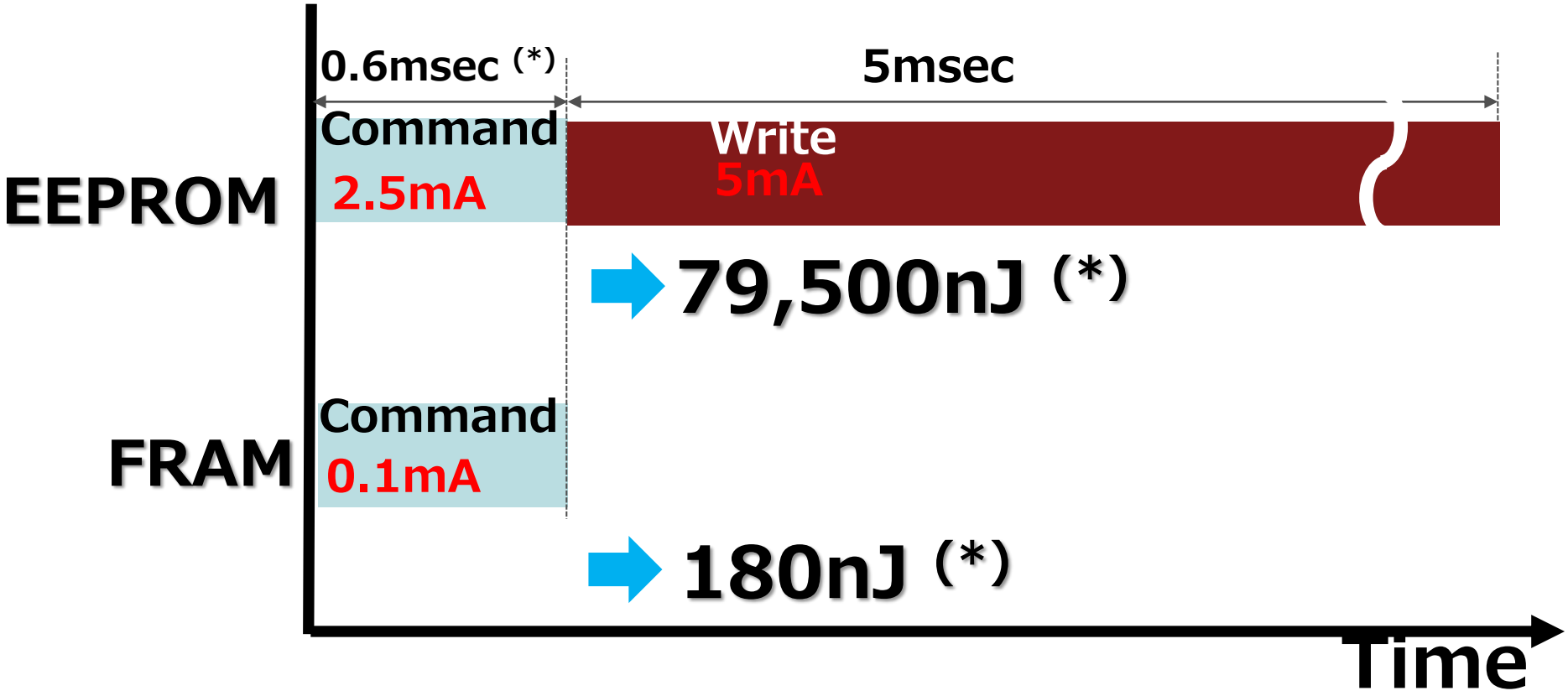
写入数据操作当中，发生掉电时

- FRAM ： 数据实时完整记录
- 传统存储器 ： 数据丢失

Low Power/低功耗

FUJITSU

Example: 64Byte data writing (I2C I/F)



FRAM仅仅是EEPROM的1/400 的功耗。低功耗的优势大大延长电池寿命。

* 1MHz, 3V Operation

FRAM优势总结

FUJITSU

	FRAM	EEPROM	Flash
1. 读写耐久性	✔ 10^{13} times	✕ 10^{6} times	✕ 10^{5} times
2. 数据写入周期时间 (1Byte)	✔ 0.00015msec (Figure 1)	✕ 5ms	✕ 0.05msec
3. 功耗 (1Byte Writing)	✔ 0.0007uJ (Figure 2)	✕ 83uJ	✕ 3uJ
4. 数据写入方法	✔ 覆盖式写入	✕ 字节单元擦除+写入	✕ 扇区单元擦除+写入

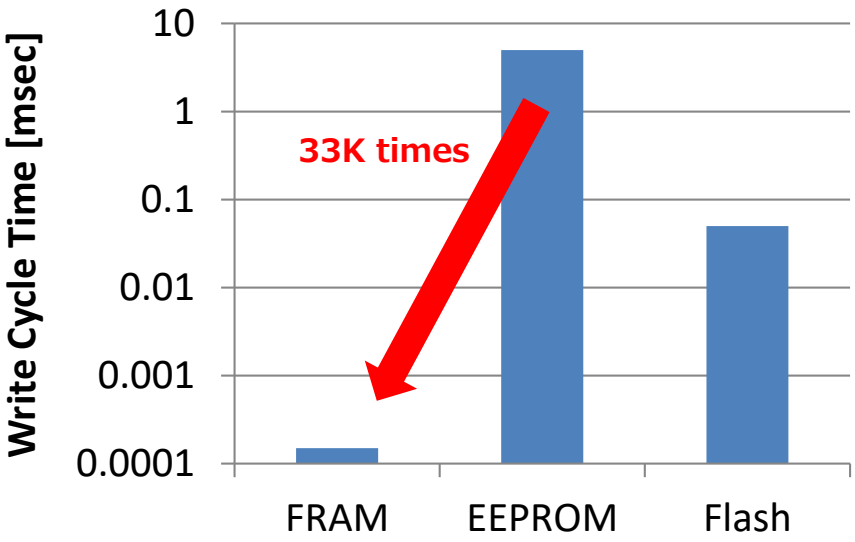


Figure1 Write Cycle Time

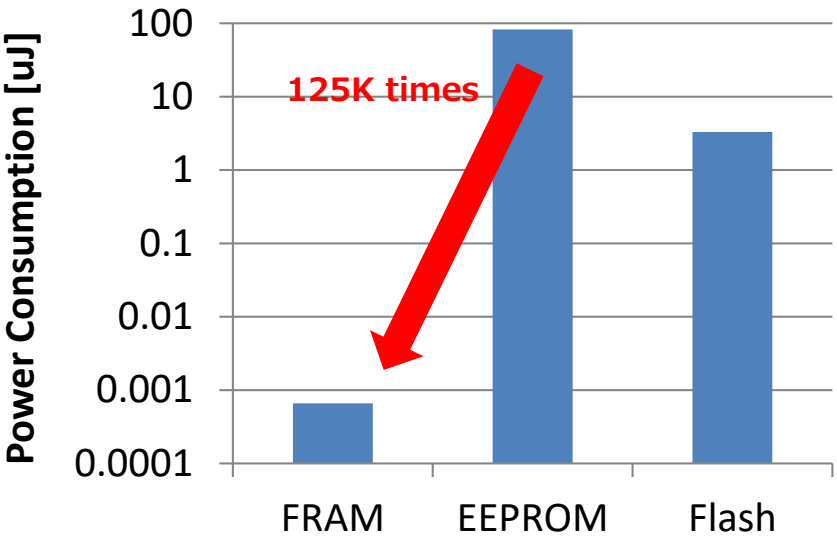
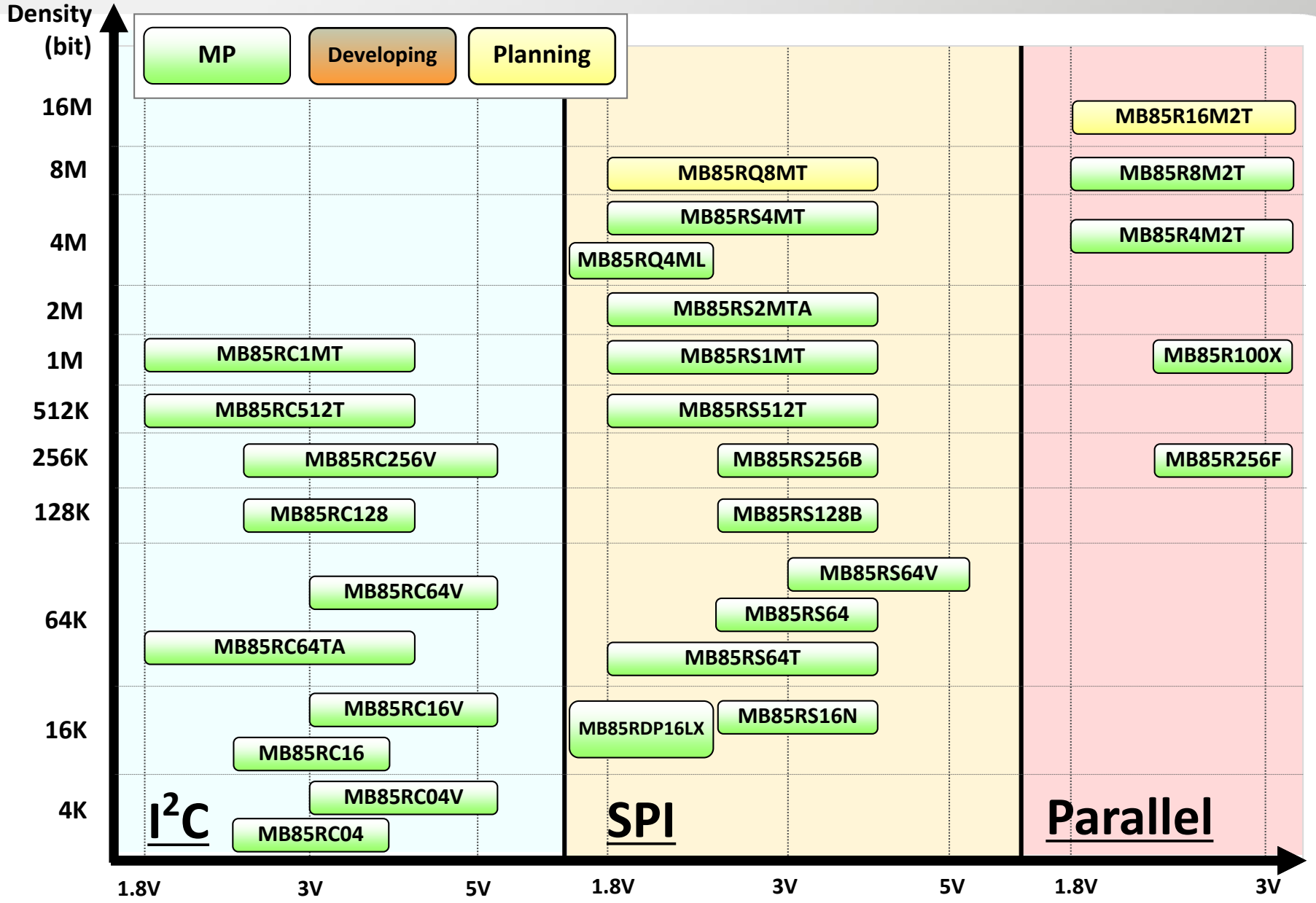
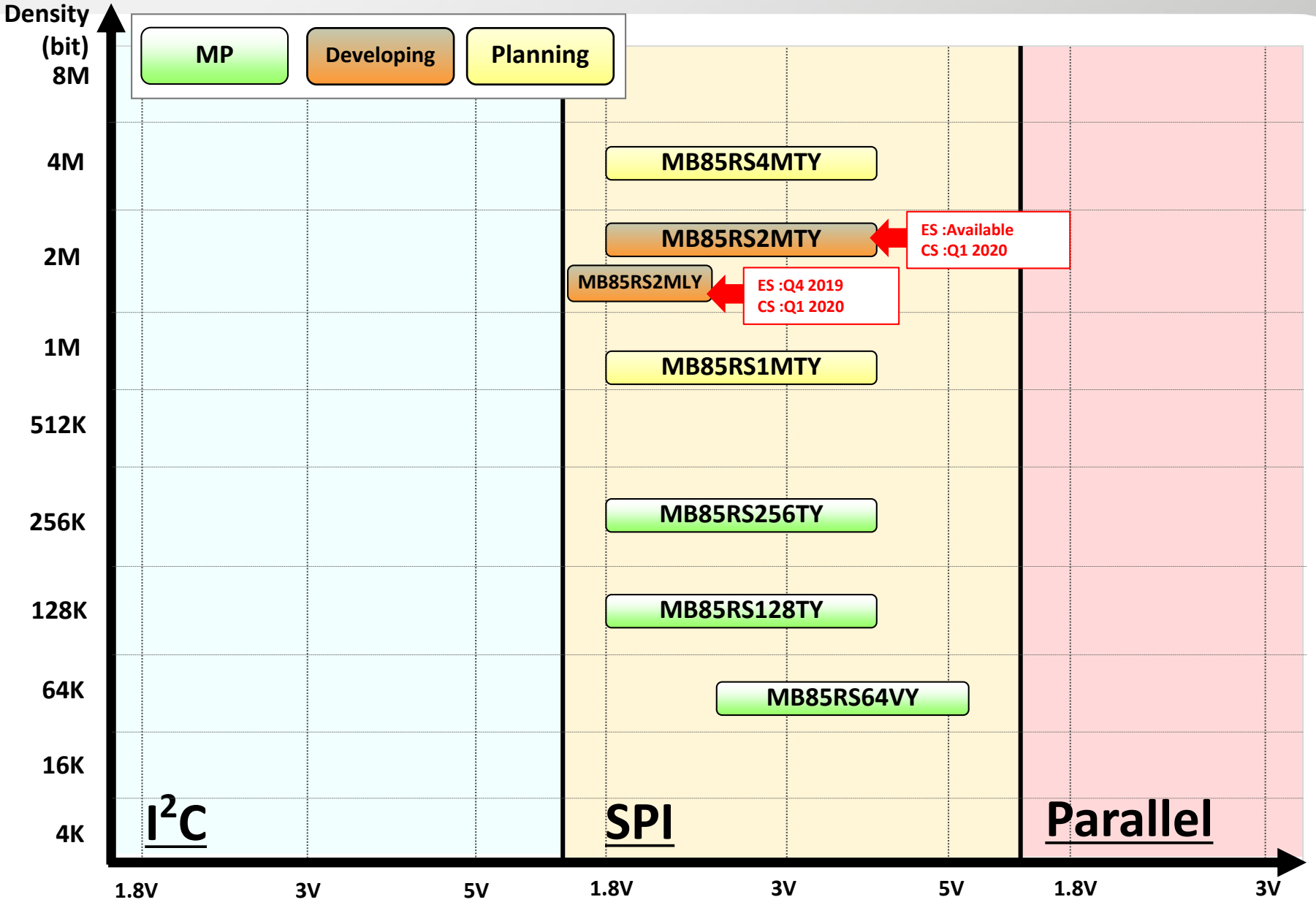


Figure2 Power Consumption

工业级FRAM产品线



AEC-Q100 Grade 1车规级FRAM产品线



FRAM RFID（芯片）产品线

量产 开发中 ES: Available CS: Jun. 2018

UHF *(EPC global C1G2, 860 - 960MHz)*

MB97R8050
-No User memory

Medical
Sterilization

MB97R8110
-FRAM 64kbit
-Dual IF (RF/Master Slave SPI/Key scan)
-APP: Keyboard, EPD, Sensor tag…

MB97R8130
-FRAM 64kbit
-Dual IF (RF/Slave SPI)
-APP: Meter, Data logger…

MB97R8120
-FRAM 64kbit
-APP: Data carrier tag

HF *(ISO/IEC 15693, 13.56MHz)*

MB89R119B
-FRAM 2kbit

MB89R118C
-FRAM 16kbit

Embedded/IoT
FA

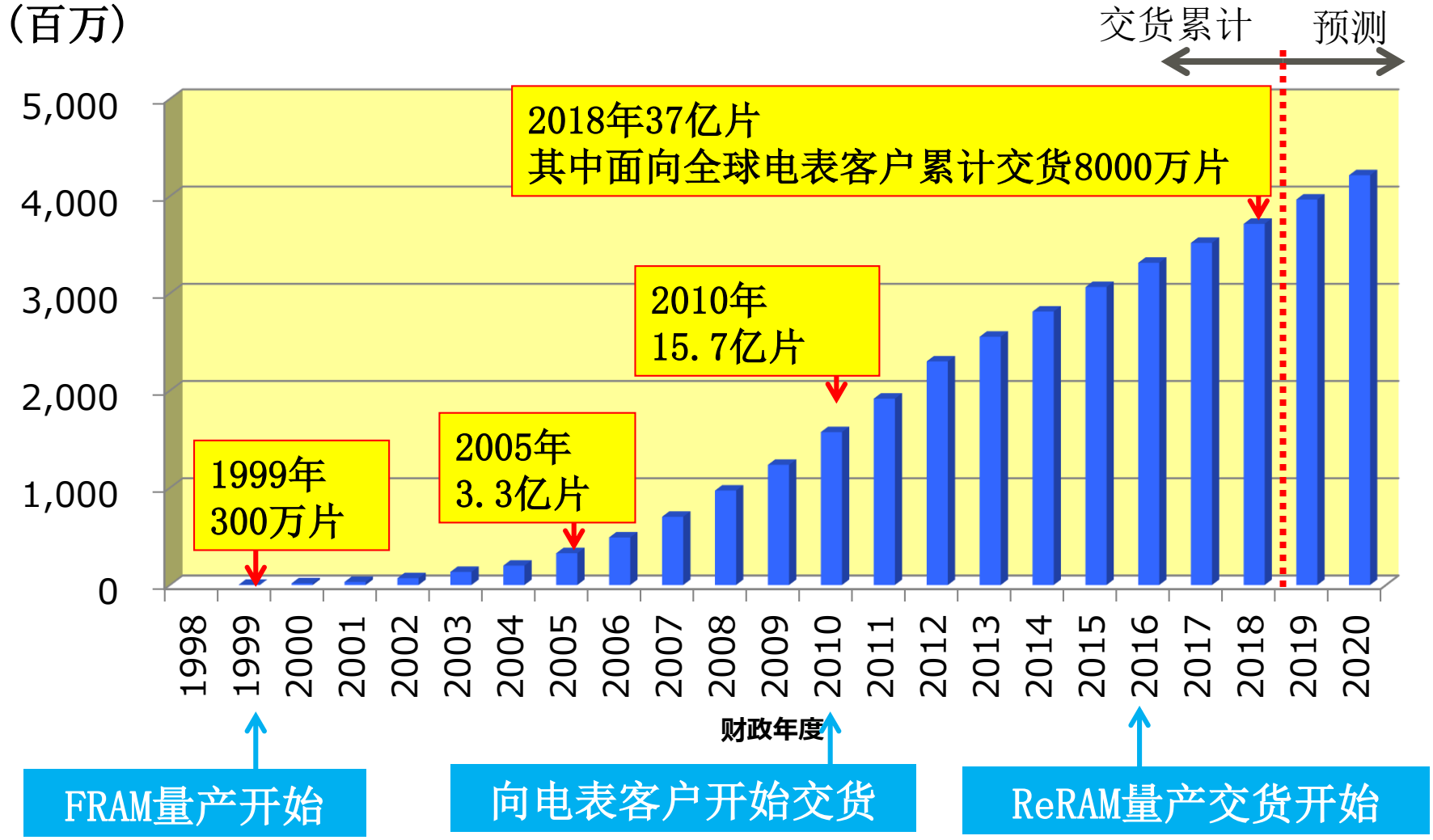
MB89R112A
-FRAM 64kbit

None to 512bit 2kbit to 16kbit 64kbit

富士通FRAM产品的量产历史

FUJITSU

FRAM累计交货数（2019年5月现在）



FRAM主要应用

FUJITSU

高读写耐久性


(耗材/配件)产品验证


表计


汽车电子
(BMS/Airbag/Infotainment)


无人机


可穿戴产品


远程抄表


电机控制


电力控制

低功耗


Encoder


汽车电子
(胎压监测)


工艺操作监控装置


工艺操作控制器

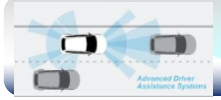
高速写入操作


CPAP


智能IC卡


POS


游戏机


汽车电子
(自动辅助驾驶)

目标市场-1-：汽车电子系统

FUJITSU

■ 车规级FRAM,是满足汽车电子**可靠性和无迟延**要求的最佳存储器选择。

车载信息娱乐系统（Car Infotainment）

系统受到发动机关闭，倒车摄像，电话进入等干扰或汽车进入隧道时，实时和连续记录当前模式，操作履历和GPS data等当前信息。

电池管系统(BMS)

系统以每秒或每0.1秒的频率实时频繁记录电池单元故障，健康状态SOH和电量计量SOC等当前数据信息，监控电池的短期和长期的性能状态。

安全气囊（Air Bag）

系统连续记录空座位信息和乘客的体重，以确保准确及时启动气囊。气囊启动后，系统连续记录气囊是否正常动作，气囊的动作履历数据。

车载T(Telematics)-BOX

系统以1次/0.15秒或1次/1秒的速度记录CAN通信，汽车位置和汽车行驶的当前(刹车，发动机转速，油门等）数据。

胎压监测系统（TPMS)

系统及时和连续地监测轮胎内部压力，温度和随时间变化加速度，负荷等信息(数据采集频率：1 次/0.5msec)。在高温，高压的苛刻环境中，大大延长电池寿命，实现轮胎供应商的保证参数120km/电池5年。

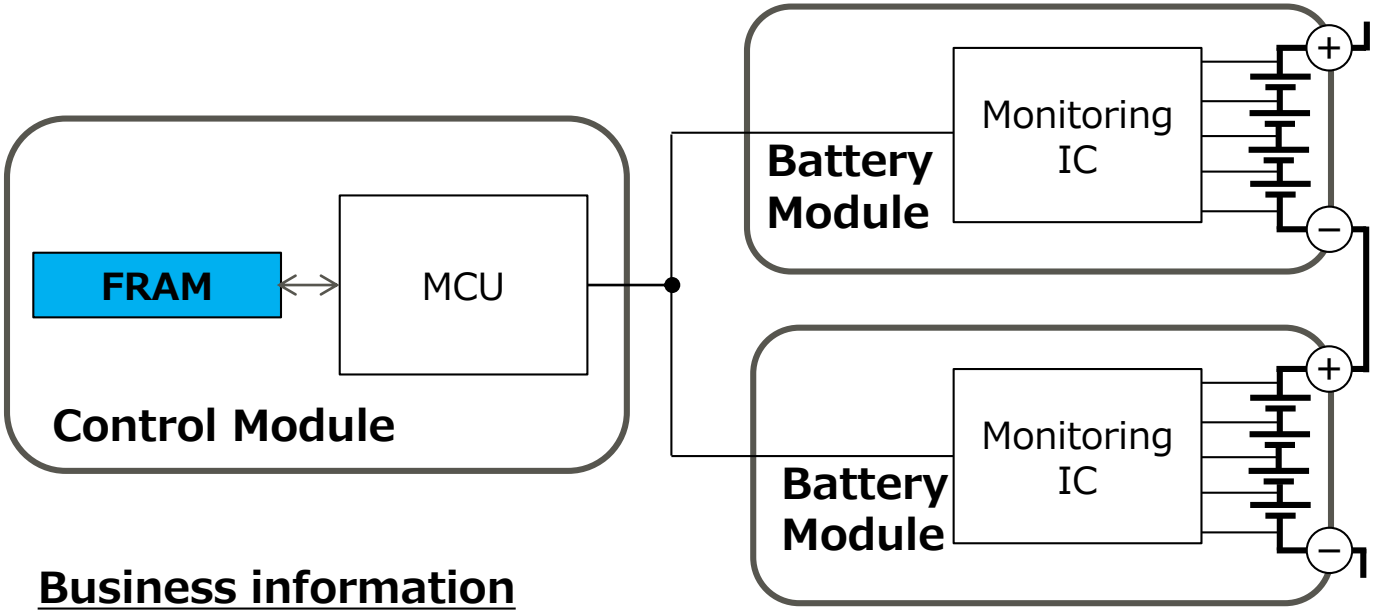
应用举例：FRAM在电池管理系统BMS应用

FUJITSU

Why FRAM?-高烧写耐久性，高速写入操作

- 系统每0.1或1秒，实时和连续地记录电池单元的重要数据（故障信息，健康状况SOH,电量计量SOC等）。
- 系统要监控短期(最后几个充电周期，60次/秒)和长期(整个电池寿命)电池性能。

Diagram block



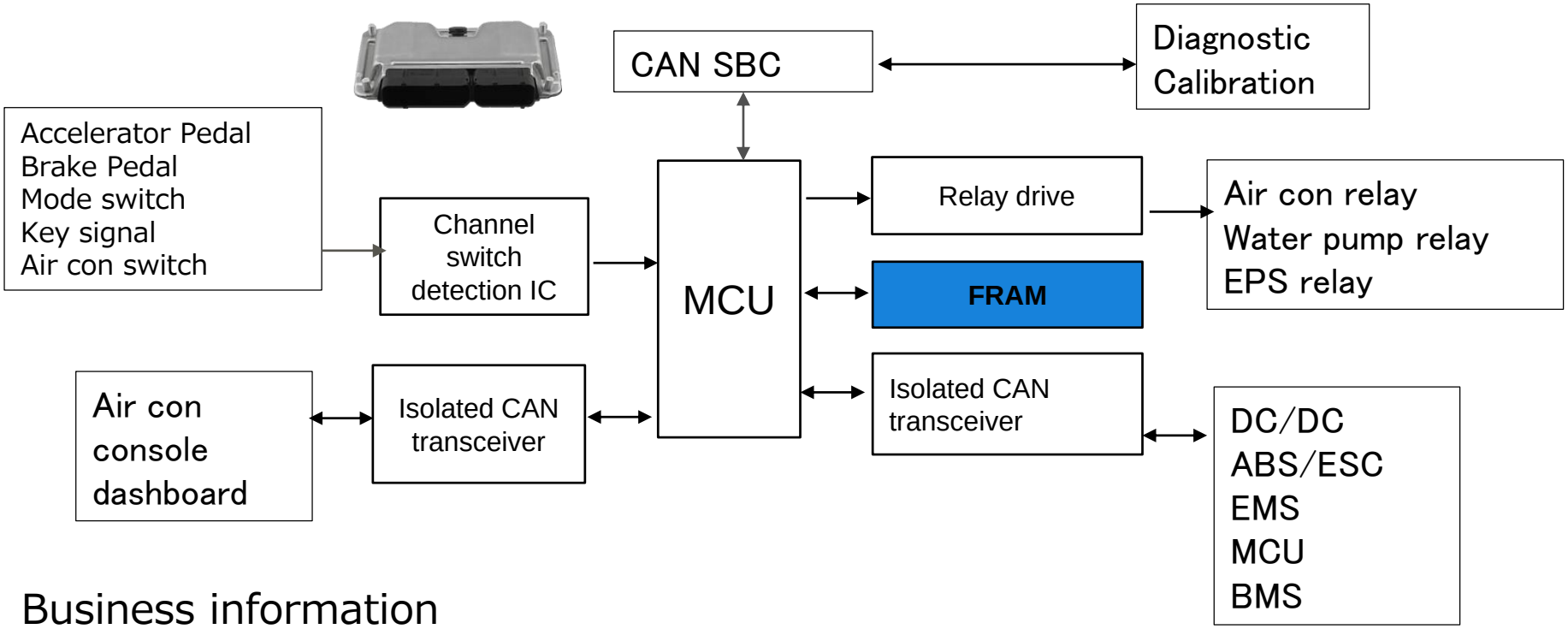
Business information

- **中国的一些客户已经开始使用SPI 256Kbit 和I2C 256Kbit的FRAM。**
- 中国政府计划在2020年以前普及新能源汽车到500万辆。
- 主要国家(法国，印度，挪威和丹麦陆续发表减少燃油汽车，大力发展新能源汽车。

应用举例：FRAM在整车控制单元VCU中的应用

FUJITSU

- Why FRAM?-**高烧写耐久性，高速写入操作**
  - 系统需要以每秒一次的频率去记录汽车行驶的当前状态和发生故障时的变速器挡位，加速状况，刹车和输出扭矩等信息。
- Block diagram

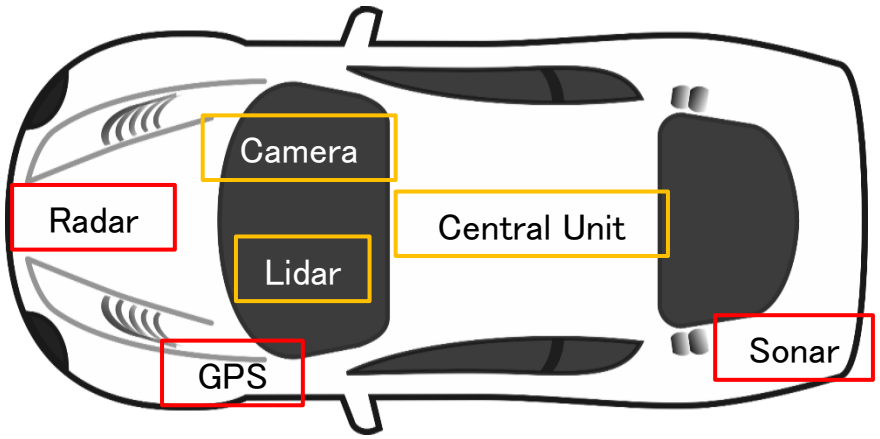


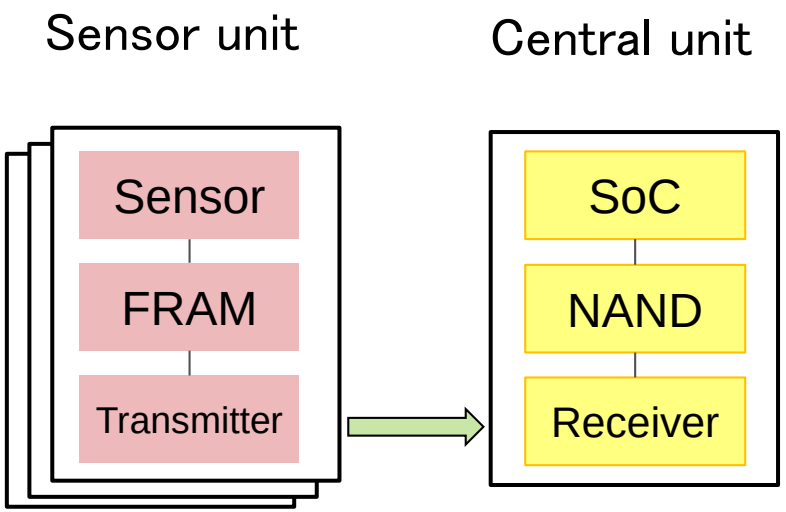
- Business information
  - **中国的新能源汽车和低速代步车开始使用64Kbit SPI FRAM.**

应用举例:FRAM在ADAS 中的应用

FUJITSU

■ Where is FRAM needed?





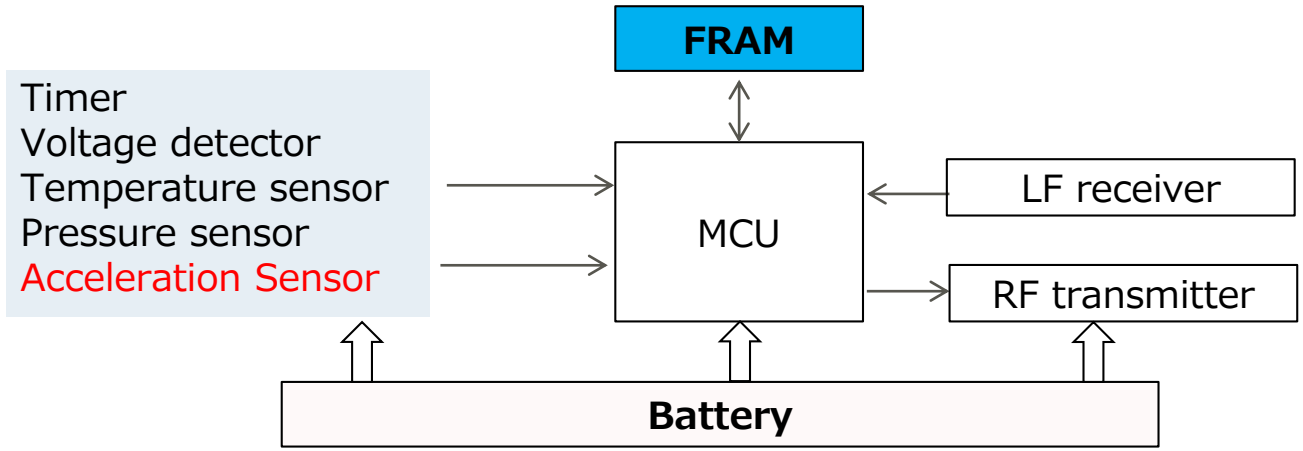
应用	Requirement Spec	FRAM Spec (33Mbps = 4MB/s)
Radar	10-100KB/s	Perfect matching
Sonar	10-100KB/s	Perfect matching
GPS	50KB/s	Perfect matching

为提高中央处理单元的数据处理效率，所有传感器的数据在输送到中央处理器之前，需要用高速和高耐久性的memory作为buffer memory对采集到的传感器数据进行缓冲处理,高性能FRAM是理想的存储选择。

应用举例：FRAM在胎压监测TPMS中的应用

FUJITSU

- **Why FRAM**?-**高烧写耐久性，高速写入速度，低功耗**
  - 新一代TPMS系统要求**及时**和**连续**地监测轮胎内部压力，温度和随时间变化加速度信息，数据采集频率为 1 次/0.5msec。
  - 新一代TPMS应用于高温，高压的苛刻环境中，电池不易更换。轮胎供应商的保证参数是轮胎120km/电池5年。（如果用EEPROM的话，电池寿命仅为2年）
  - 未来富士通将推荐TPMS将使用以FRAM的无电池方案-能源采集(energy harvesting)
- **Diagram block**



- **Business information**
  - 意大利和德国的轮胎制造商，在轮胎的TPMS中采用4Kbit FRAM，以确保高质量产品。
  - 美国，欧洲和韩国分别与2007年，2012年和2012年开始，规定所有汽车必须安装有TPMS。

目标市场-2- : Smart Grid

FUJITSU

Why FRAM?

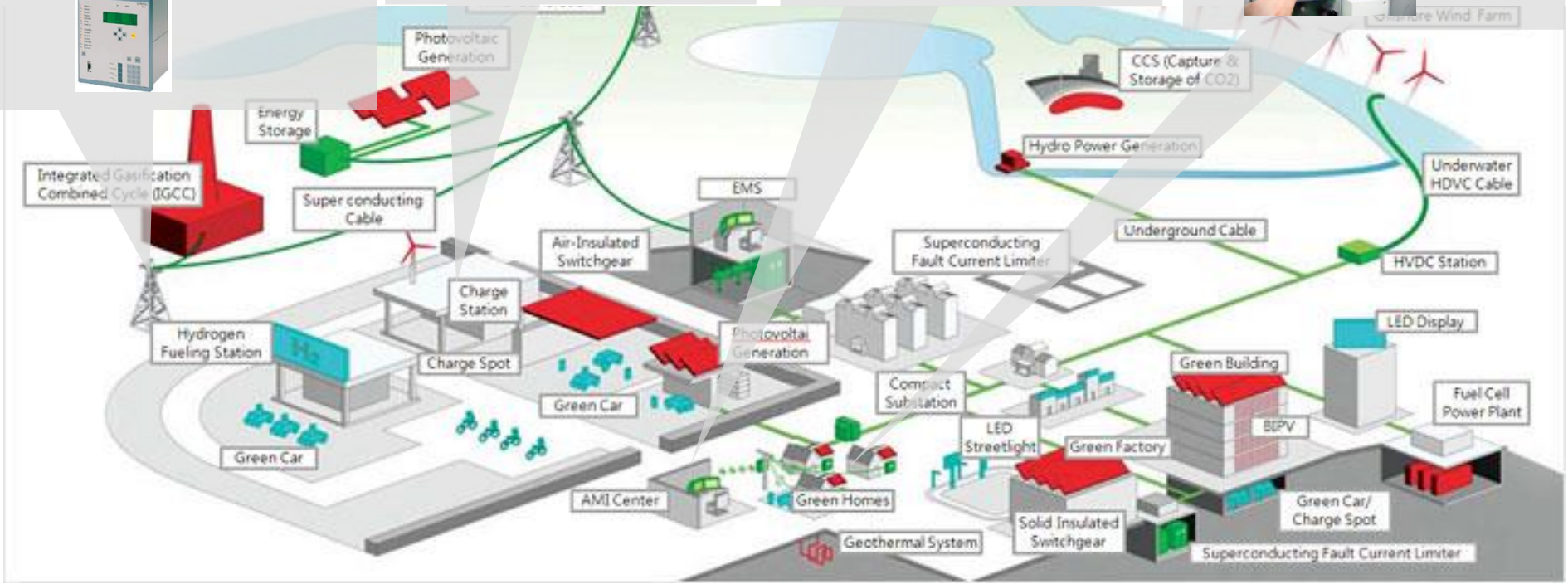
- **Frequent logging in preparation for power down and writing data in short time when power down happens.**

EV Charger

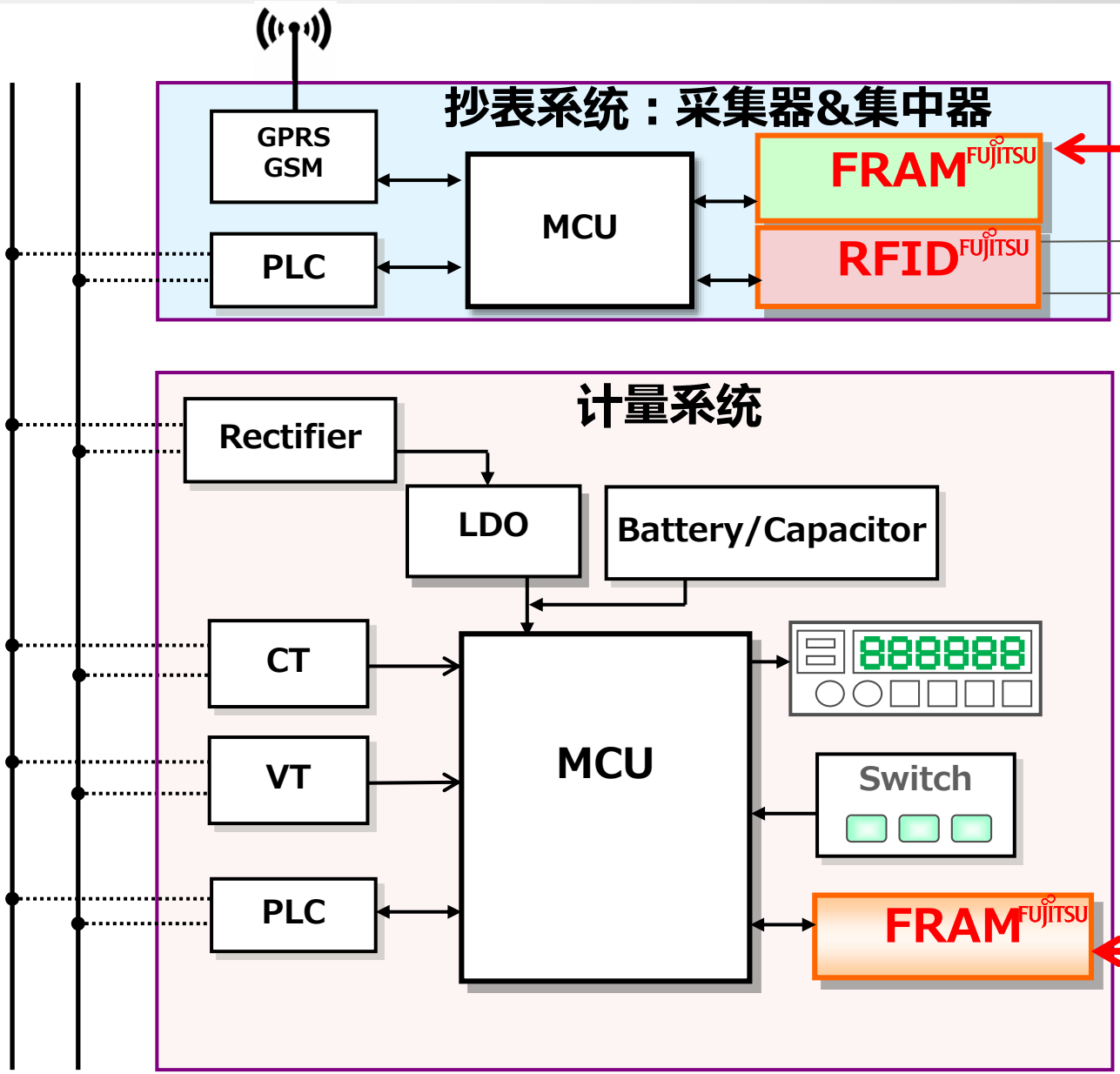
AMI / AMR

Meter

Protection Relay



应用举例：智能表计系统



FRAM实时储存通信历史数据

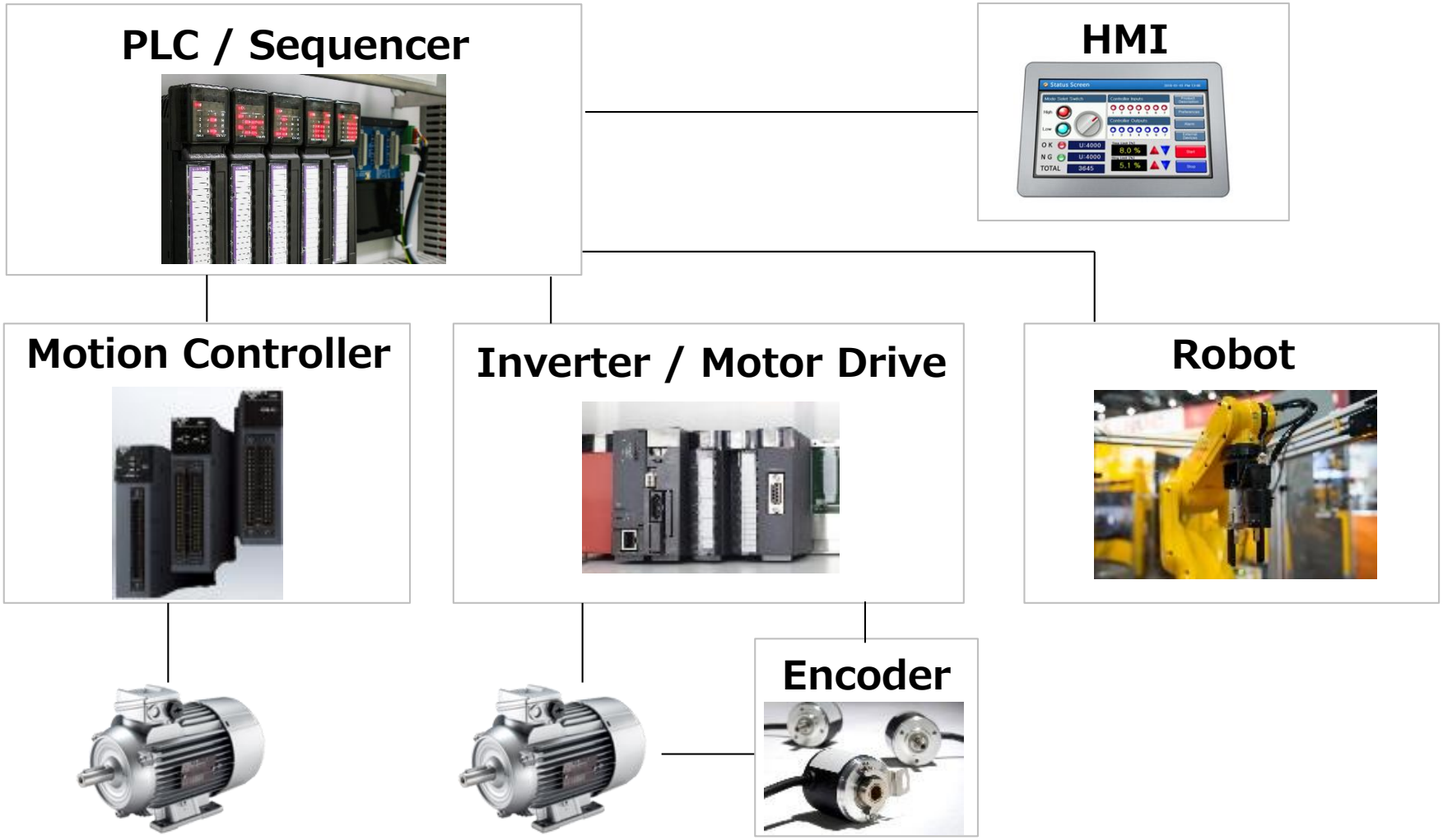
RFID无线抄表算法，安全加密算法

FRAM 存储电能累计历史数据.

目标市场-3-：Factory Automation

FUJITSU

- FRAM is widely used in various kind of instruments for FA.
- They need high reliability even if power down happens.

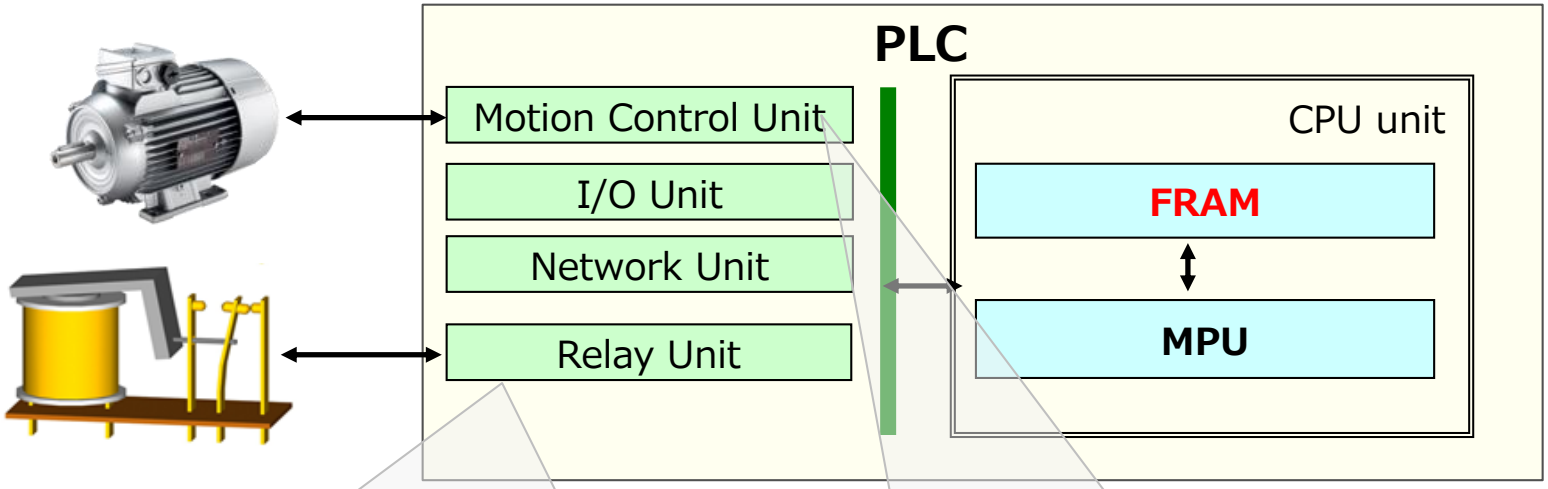


应用举例： PLC

FUJITSU

■ Why FRAM?

FRAM enables PLC to implement high reliability, safety, and failure prediction, even if unexpected power down happens.



继电开关单元

系统为了在故障发生之前，及时预测继电器的故障，需要实时记录继电器通断次数，监测继电器磨损程度，

运动控制单元

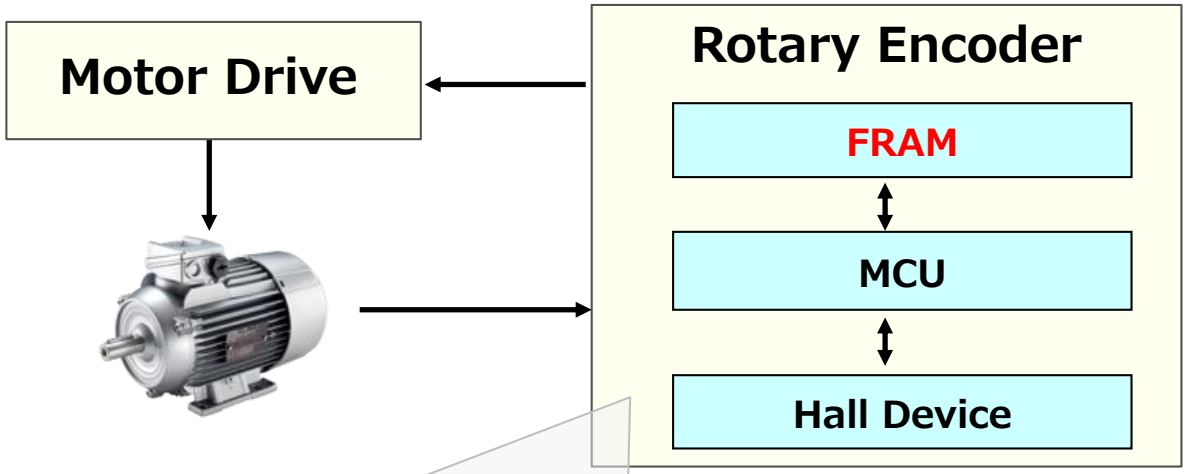
系统为了在上电后，电机正常恢复运转，需要实时记录电子运动的坐标数据信息

应用举例：Rotary Encoder

FUJITSU

Why FRAM?

FRAM enables battery free rotary encoder, or minimize the size of battery.



系统使用韦根丝(wiegand wire)和低功耗的FRAM，驱动无源旋转式编码器，系统在微小功耗环境中，实时频繁记录编码器的旋转次数。

Contents

FUJITSU

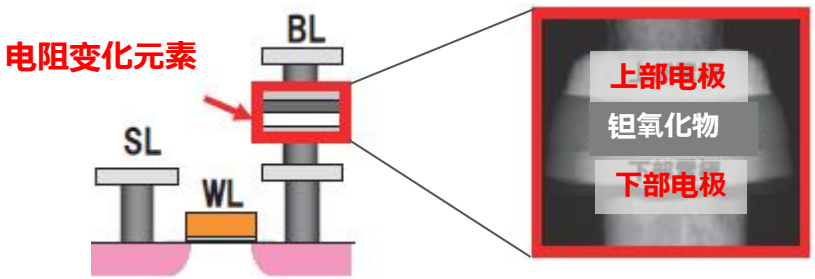
shaping tomorrow with you

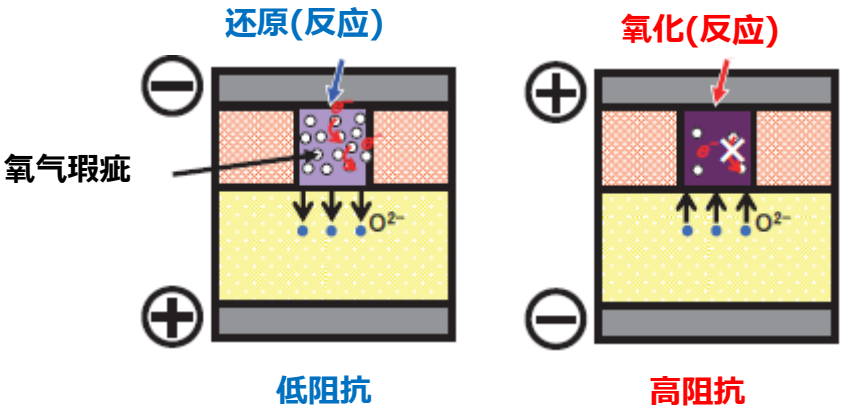
ReRAM(阻变式随机存储器)-原理

FUJITSU

◆ReRAM：基于钽氧化物的非易失性存储器.

- 富士通和松下合作开发了ReRAM.
- **阻变式非易失性RAM，非破坏读出操作**.
- 类似于EEPROM规格,但ReRAM内存容量更大，未来会有**1.2**V低电压操作产品.





- 动作原理

➢ **Data "1" (低阻值状态)**:正电压脉冲促进在钽氧化物薄膜里发生**还原反应**，从而使氧气瑕疵传导电流,电阻为最低值。

➢ **Data "0" (高阻值状态)** :负电压脉冲促进在钽氧化物薄膜里发生**氧化反应**，从而消除氧气瑕疵，电阻为最高值。

Spec of ReRAM

FUJITSU

	EEPROM	Existing 180nm ReRAM	New 40nm ReRAM
Supplier P/N	ST Micro M95M02	Fujitsu MB85AS4MT	Fujitsu MB85AS8MT
Density	2Mbit	4Mbit	8Mbit
Voltage	1.8 to 5.5V	1.65 to 3.6V	1.6 to 3.6V
Frequency	5MHz	5MHz	10MHz
Page write	256Byte	256Byte	256Byte
Write Cycle (tWC)	10ms	16ms typ. 25ms max.	5ms typ. 10ms max.
Write current	3mA@tWC	1.3mA@tWC	1.5mA@tWC
Read current	3mA@5MHz	0.20mA@5MHz	**0.15mA@5MHz**
Write endurance	1.2E+6 times	1.2E+6 times	1E+6 times
Standby Current	5uA	10uA typ. 45uA max.	60uA
Power down (Sleep) Current	N/A	5uA	6uA
Package	WLCSP, SOP8	SOP8	WLCSP, SOP8
Availability	Available	Available	Available (WLCSP) ES Available (SOP8)

ReRAM - 特点总结

FUJITSU

- 一种新型阻变式的非易失性随机存储器
- 规格类似于EEPROM
- 内存容量高于EEPROM
- 硅片核心尺寸(Die size)小于EEPROM

ReRAM - 应用优势

FUJITSU

■ 应用优势

1. 易于写入操作

✓写入操作之前，不需要擦除操作.

2. 中密度存储的产品线

✓4Mbit：量产

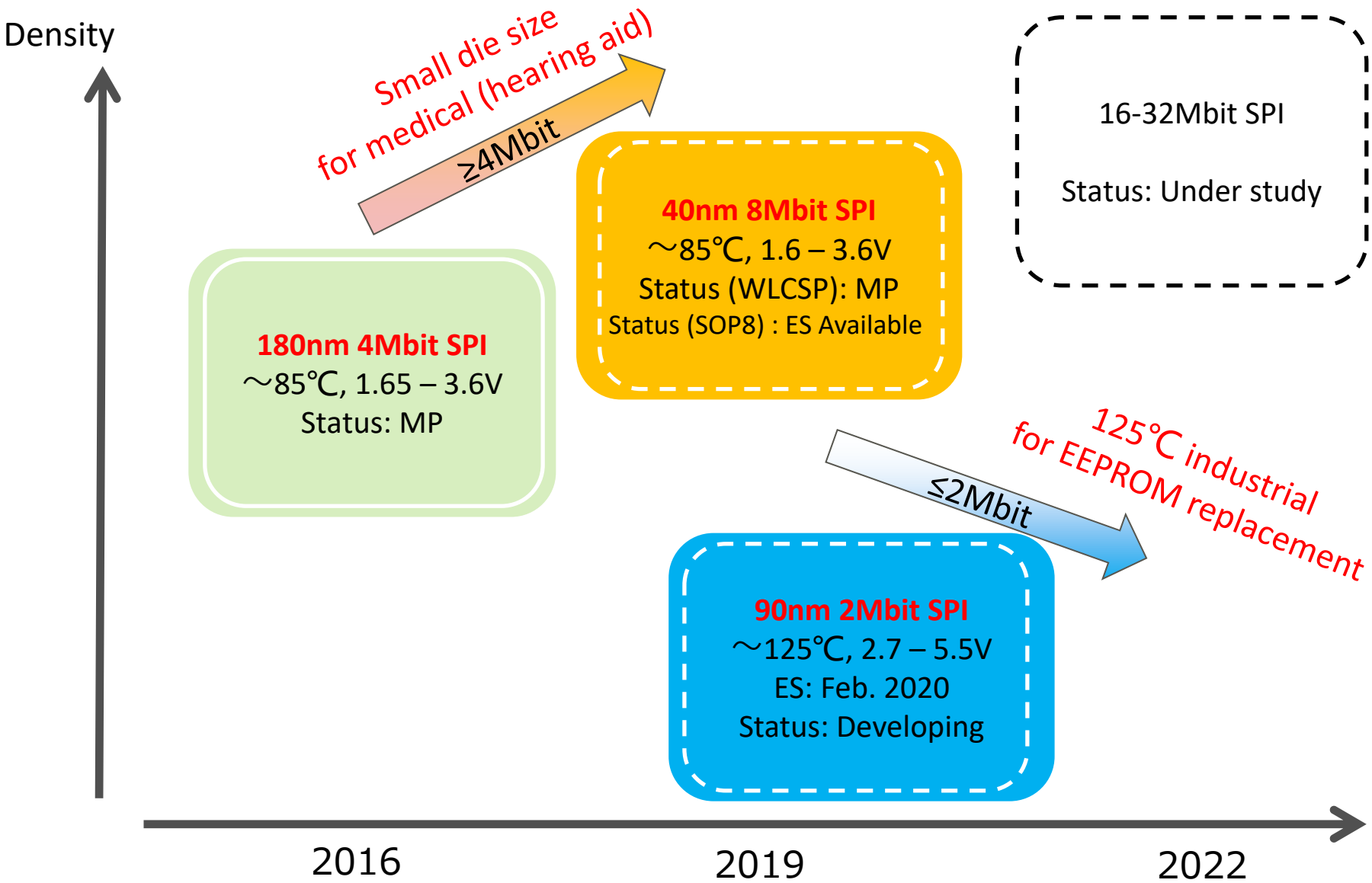
✓8Mbit：2019年量产

✓32Mbit：2021年量产

3. 低功耗读出操作

✓5MHz的读出操作最大电流仅为0.5mA，远远低于同样条件的EEPROM(3mA@5MHz).

Roadmap for ReRAM



ReRAM - 主要应用

■可穿戴设备

■小型医疗设备

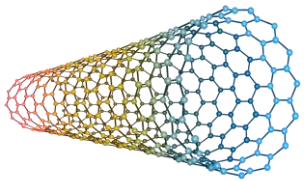
Contents

NRAM(Nano-RAM,碳纳米管随机存储器)-原理

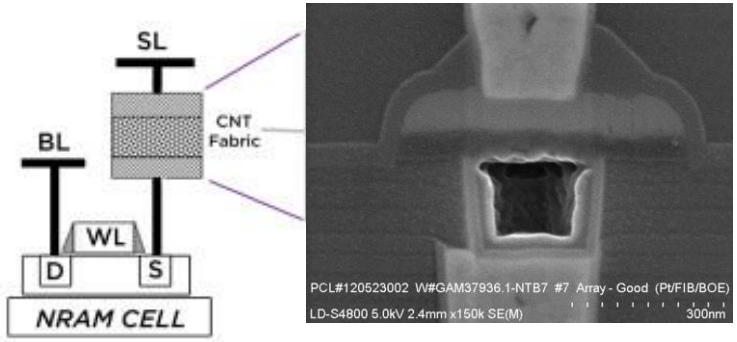
FUJITSU

◆NRAM：**基于碳纳米管(Carbon Nano Tube<CNT>)的非易失性存储器.**

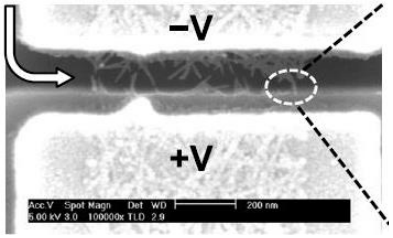
- 富士通已从美国Nantero公司取得了NRAM的设计，生产和销售的许可。
- **阻变式非易失性RAM，非破坏读出操作**。
- 数据写入周期时间为200ns，1亿次的读写耐久性<写入次数>.

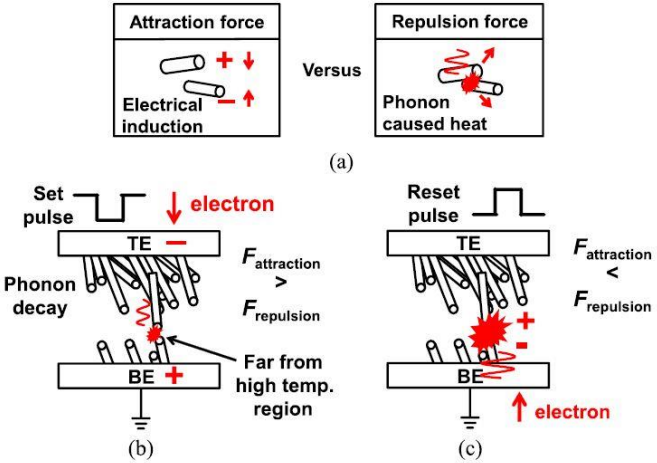


Carbon Nanotube used to create Nantero's NRAM®
50 times stronger than steel
1/50,000th the diameter of a human hair



NRAM™ cell with CMOS select transistor and CNT resistive change memory element shown in SEM cross-section.





- 动作原理

➢ **Data "1" (低阻值状态)**：设定正电压脉冲，通过范德华力让相邻的CNT进行接触而产生电流，阻抗值达到最低状态。

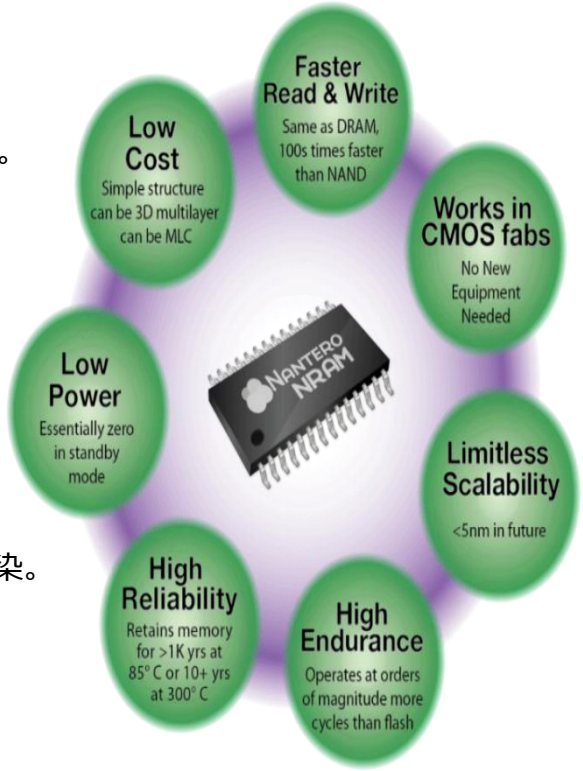
➢ **Data "0" (高阻值状态)**：设定反方向电压脉冲，通过晶格振动让相邻的CNT分离，而导致电流不流动，使上部电极和下部电极之间的阻抗达到最大值。

NRAM® 技术

FUJITSU

◆NRAM® :基于CNT(Carbon，NanoTubes,碳素纳米管）的非易失性RAM

- **Nantero：开发了NRAM® 专利技术，并授权于富士通为NRAM的第一个商业合作伙伴。**
  - 其它授权（MCP,晶圆代工和电子元器件合作）等在讨论之中。
- **完美的性能**
  - 高 速 读 写： 速度接近于DRAM, 比NAND Flash快 100倍。
  - 高读写耐久性： 多于Flash1000倍以上的读写次数。
  - 高 可 靠 性：存储信息能保持更长久：85℃时可达1千年，300℃时可达10年。
  - 低 功 耗：待机模式的功耗接近于零。
- **无线的可扩展性**
  - 未来生产工艺技术将低于5nm。
  - 富士通目前与Nantero，使用Mie富士通300mm晶圆，共同开发55nm CMOS技术的NRAM. 未来电路片尺寸将进一步缩小。
- **与CMOS晶圆厂的亲和力(CMOS:互补金属氧化物半导体存储器)**
  - 只有CNT工艺可以直接放入CMOS工艺里，二者有极高的亲和力。
  - 唯一增加的元素就是碳，使用碳的话，没有必要担心材料的短缺和工厂的金属污染。



NRAM – 特点

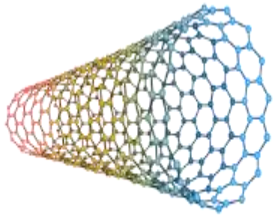
- NRAM—Nanotube Random Access Memory,一种新型的非易失性存储器。
- 规格类似或接近于FRAM。
- 存储密度远高于FRAM.
- 硅核心尺寸(Die size)比FRAM更小。

NRAM® 的竞争格局

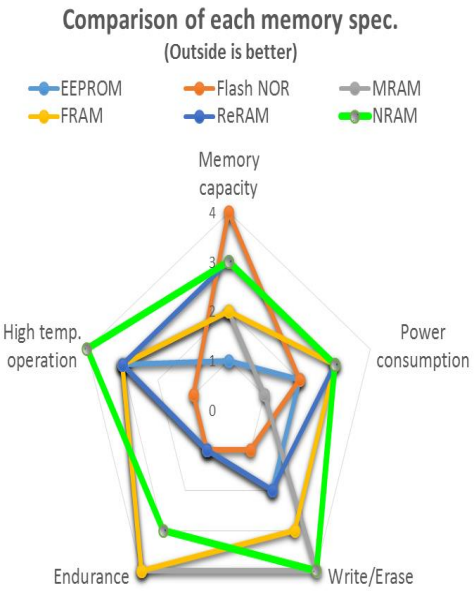
FUJITSU

Memory	EEPROM	Flash	MRAM	FRAM	ReRAM	NRAM
存储密度	🔴	🟢	🟡	🟡	⚪	⚪
数据写入周期时间	🟡	🔴	🟢	⚪	🟡	🟢
读写耐久性	🔴	🔴	🟢	🟢	🔴	⚪
低功耗	🟡	🟡	🔴	⚪	⚪	⚪
高温操作	⚪	🔴	⚪	⚪	⚪	🟢

🔴 : Poor
🟡 : Middle
⚪ : Good
🟢 : Excellent



Carbon Nanotube used to create Nantero's NRAM®
50 times stronger than steel
1/50,000th the diameter of a human hair

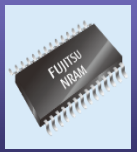


NRAM® 在高温操作，数据保持时间及高速读写方面都具有极高的优越性。

NRAM® 产品Roadmap

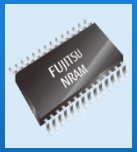
FUJITSU

40nm
高速/大容量



512Mbit
DDR4+SPI
125℃

55nm
第二代技术



128-256Mbit
DDR3+SPI
125℃

64Mbit
DDR3+SPI
125℃

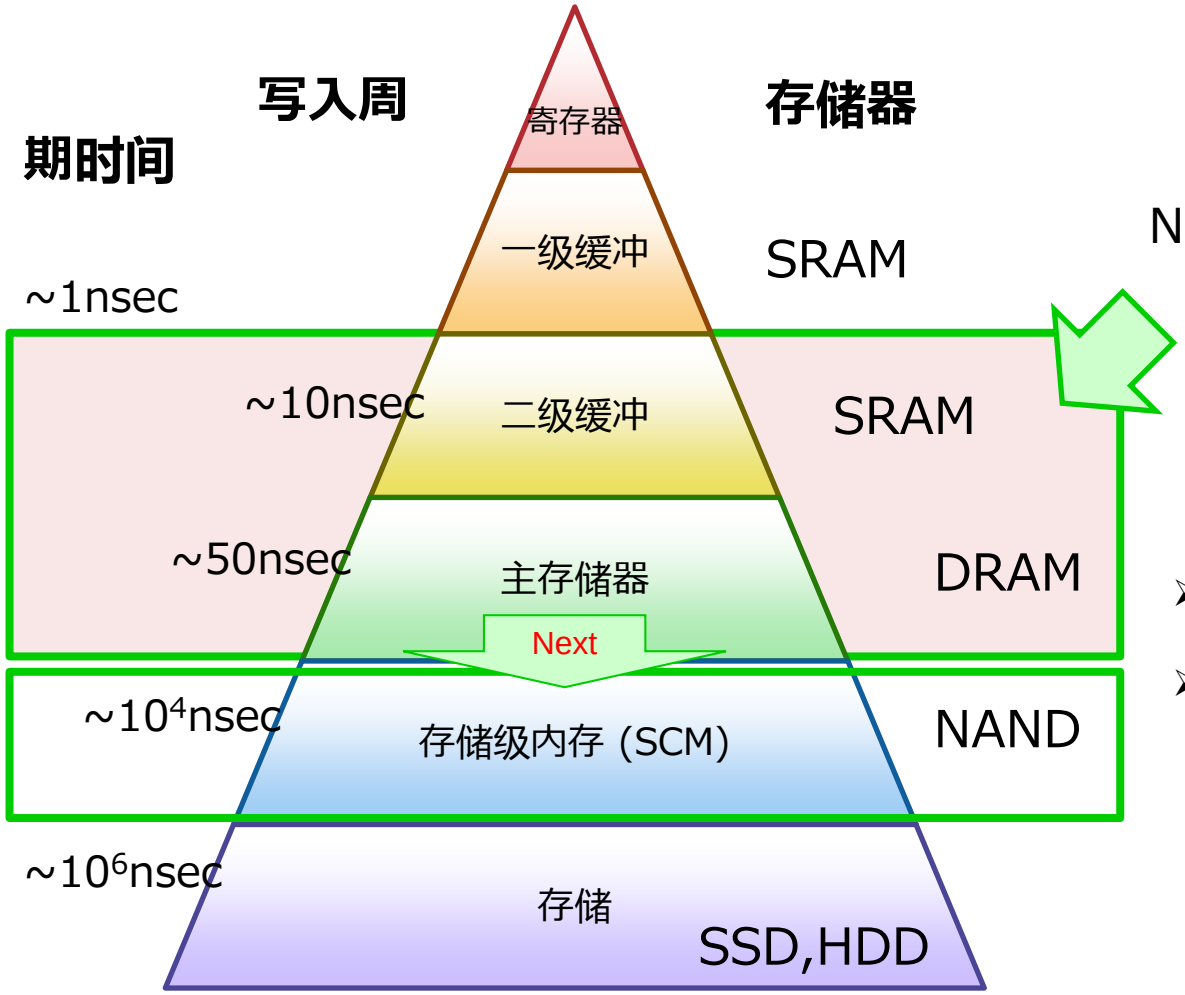
55nm
第一代技术

8-16Mbit
SPI
125℃

32Mbit
SPI
125℃

2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024

NRAM®的价值之一：让系统简单化

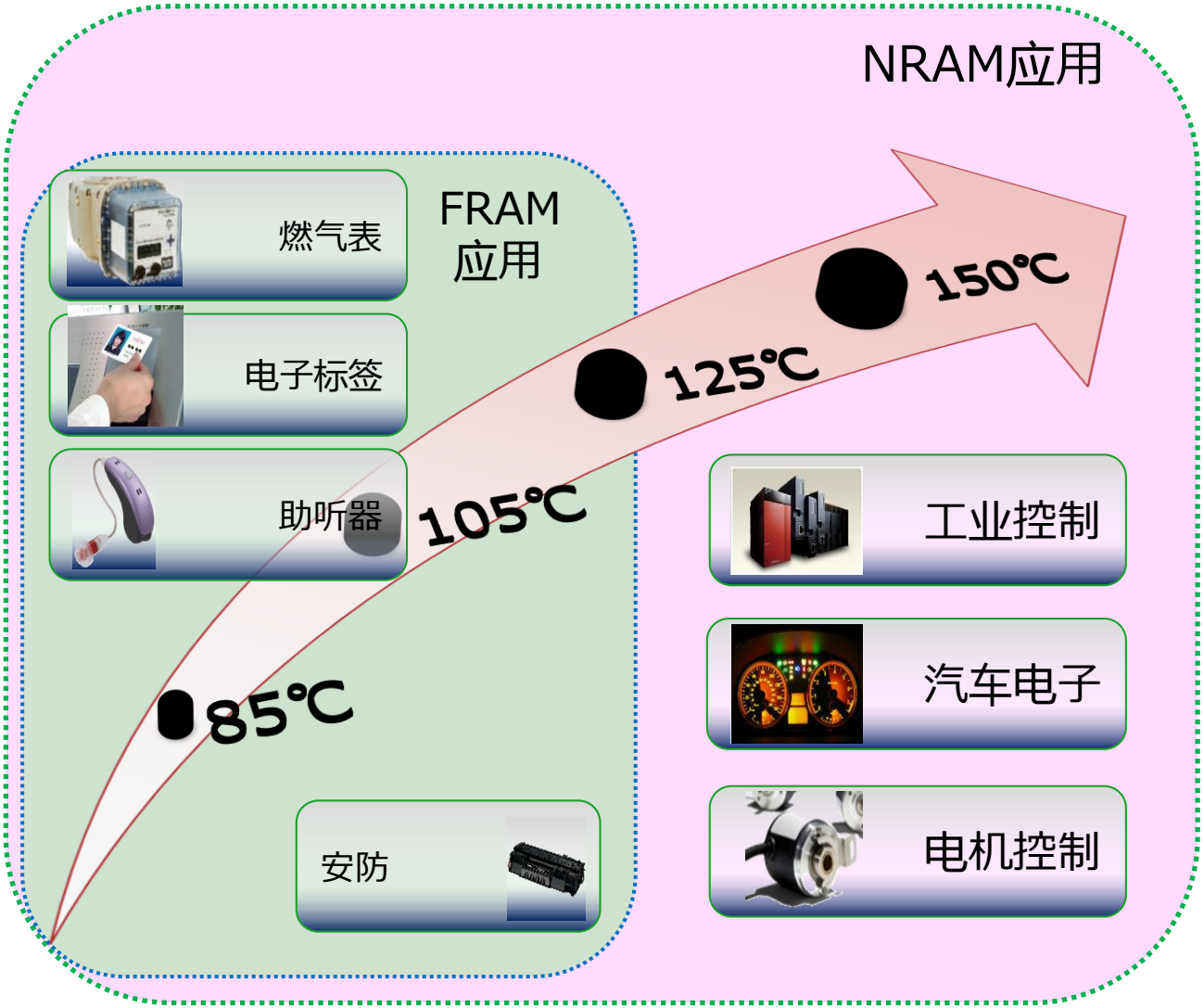


分级存储器体系

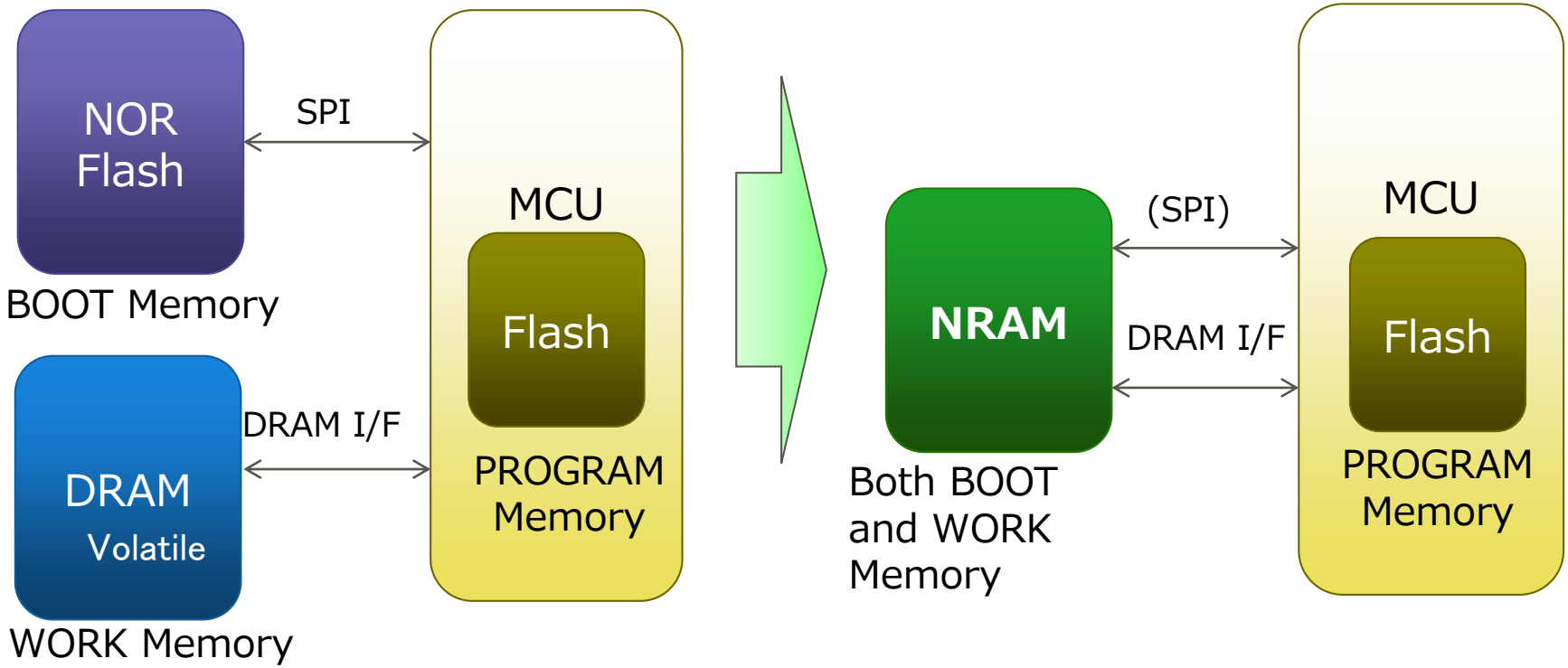
NRAM® 初期目标
(中密度存储)

- 初期应用目标：二级缓冲和主存储器
- 下一步目标：等得到市场认同后，由于NRAM的灵活的扩展性，将应用范围扩大到存储级内存。

NRAM®的价值之二： 创造高温市场需求

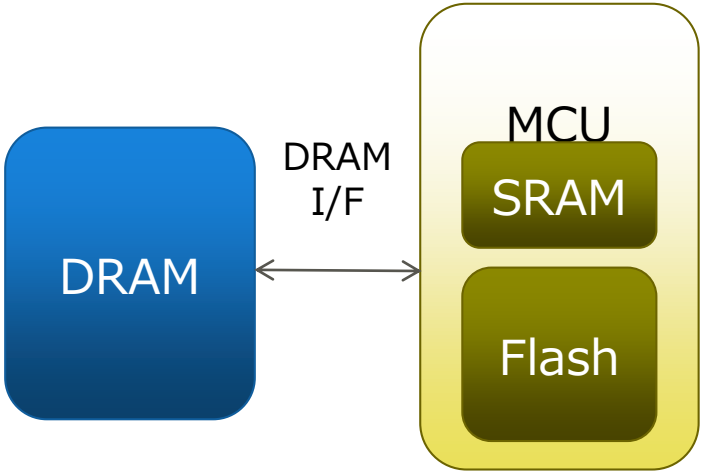


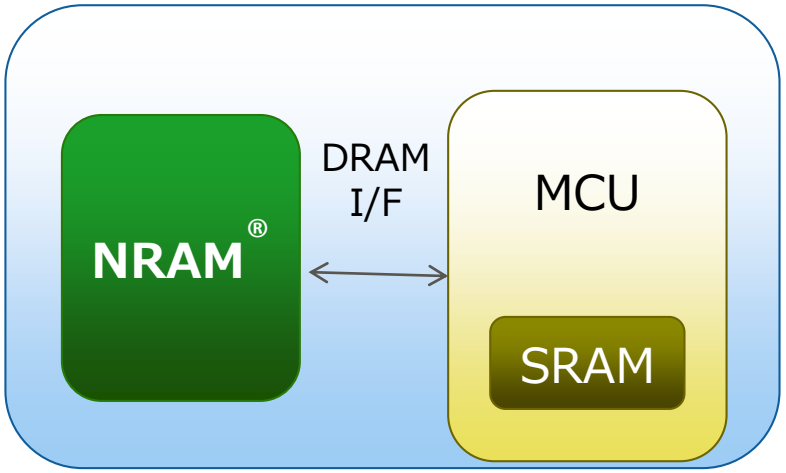
NRAM®的价值之三：简化系统同时提高启动速度



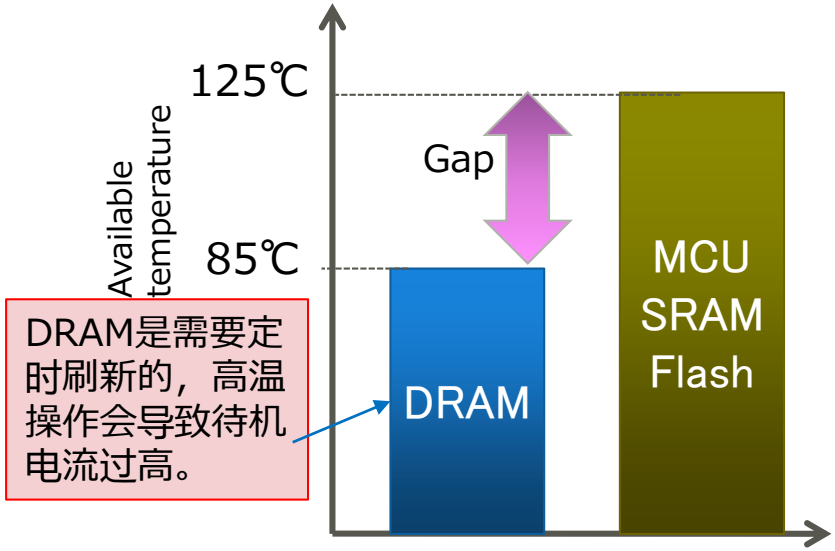
- NRAM可以同时替代启动存储的NOR-Flash，和工作记忆存储器DRAM<易失性存储器>.
- 非易失性工作记忆存储器，无需数据传送就可实现高速启动。

NRAM®的价值之四：更小电路，高温操作

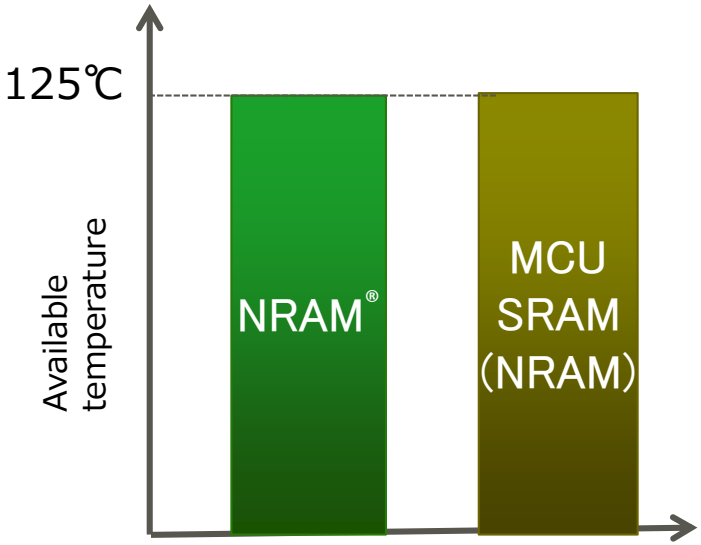




可将MCU和NRAM集成到单一Die，无需MCM (多芯片模块Multi Chip Module) or SiP(封装内系统)



DRAM是需要定时刷新的，高温操作会导致待机电流过高。



NRAM® 目标应用

FUJITSU

■ 目标应用

1. 替换大容量EEPROM；容量低于8Mb

目前EEPROM的最大容量是2Mbit, NRAM可支持超过16Mbit的要求，并可是告诉操作。

2. 替换小容量NOR Flash ;容量大于16Mb

NOR Flash的写入操作受限于扇区，NRAM是高速随机写入操作。

MFP

Server, Networking

ICT

Meter

Motor

FA

Robot

Industrial

Hearing aid

Medical

Automotive

Contents

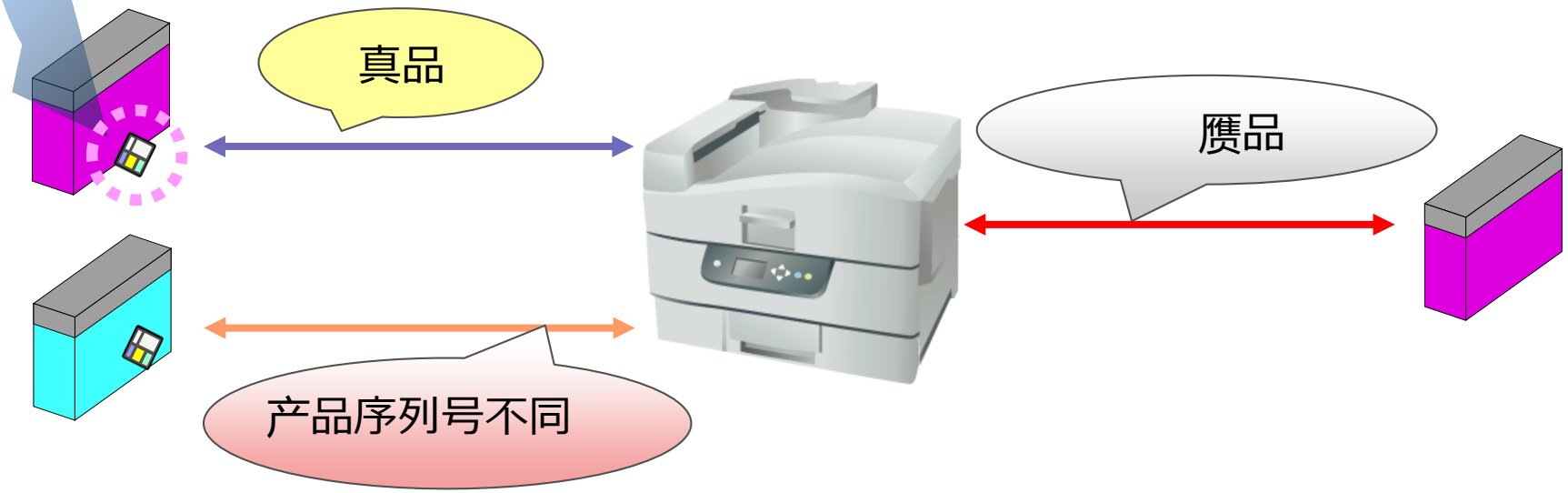
FUJITSU

shaping tomorrow with you

验证芯片的原理

FUJITSU

■ 位于主机和外围设备之间的验证 IC



■ 使用验证芯片的目的

- 保护使用者避免误用劣质仿造品以及带来的麻烦。
- 防止由于使用仿造品造成的设备的损坏和性能低下。

传统密钥验证 vs 无加密/无密钥频谱验证

FUJITSU

为了Money攻击验证芯片，替代芯片制造商！

传统解决方案

FSL新一代频谱验证解决方案

传统验证方式(挑战/应答)

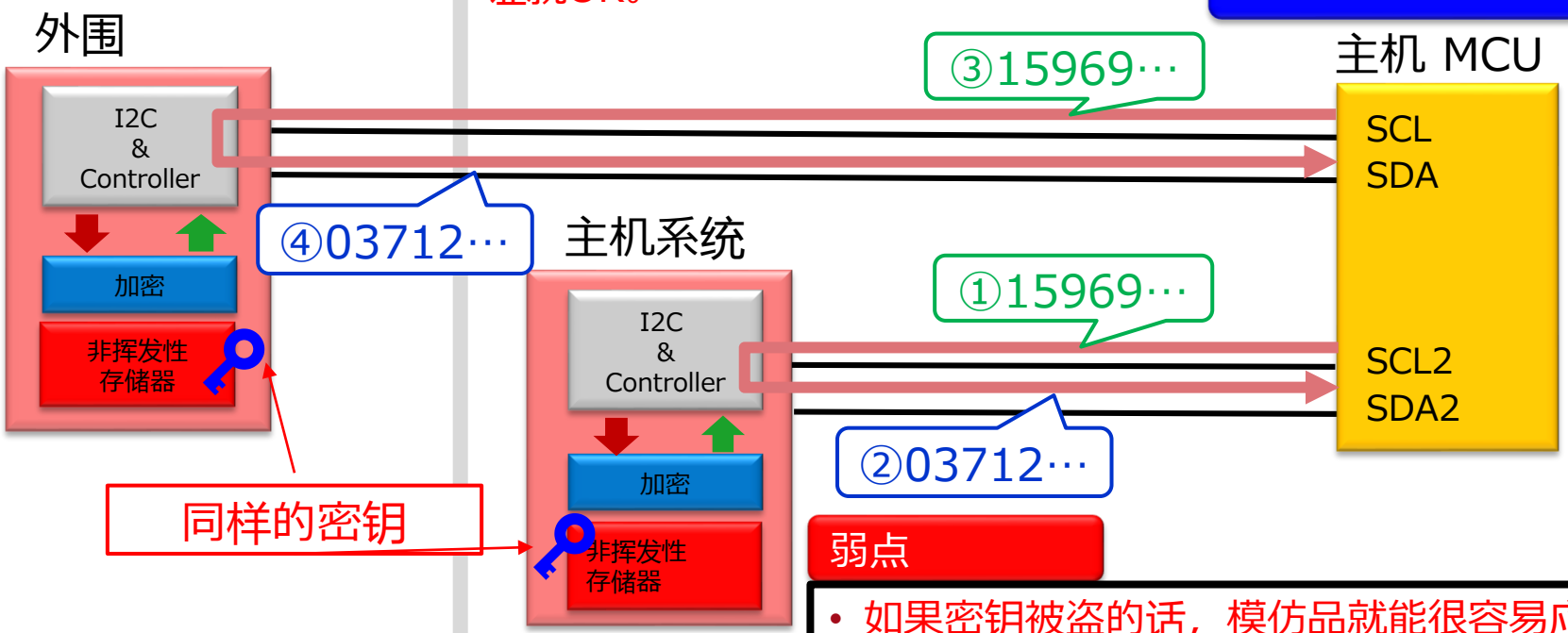
FUJITSU

被验证物体
（墨盒）

主机系统(打印机)

如果我们传送同样的值给主机和外围的加密电路并返回同样的乱数（搅拌值），验证就OK。

数字逻辑加密



※高度抄袭
IC封装被打开后从集成电路版图模式抽取电路来仿造的方法

弱点

- 如果密钥被盗的话，模仿品就能很容易应答同样的信息。
- 如果逻辑电路被高度抄袭的话，模仿品也能被制造出来。

非加密算法(频谱验证方式)

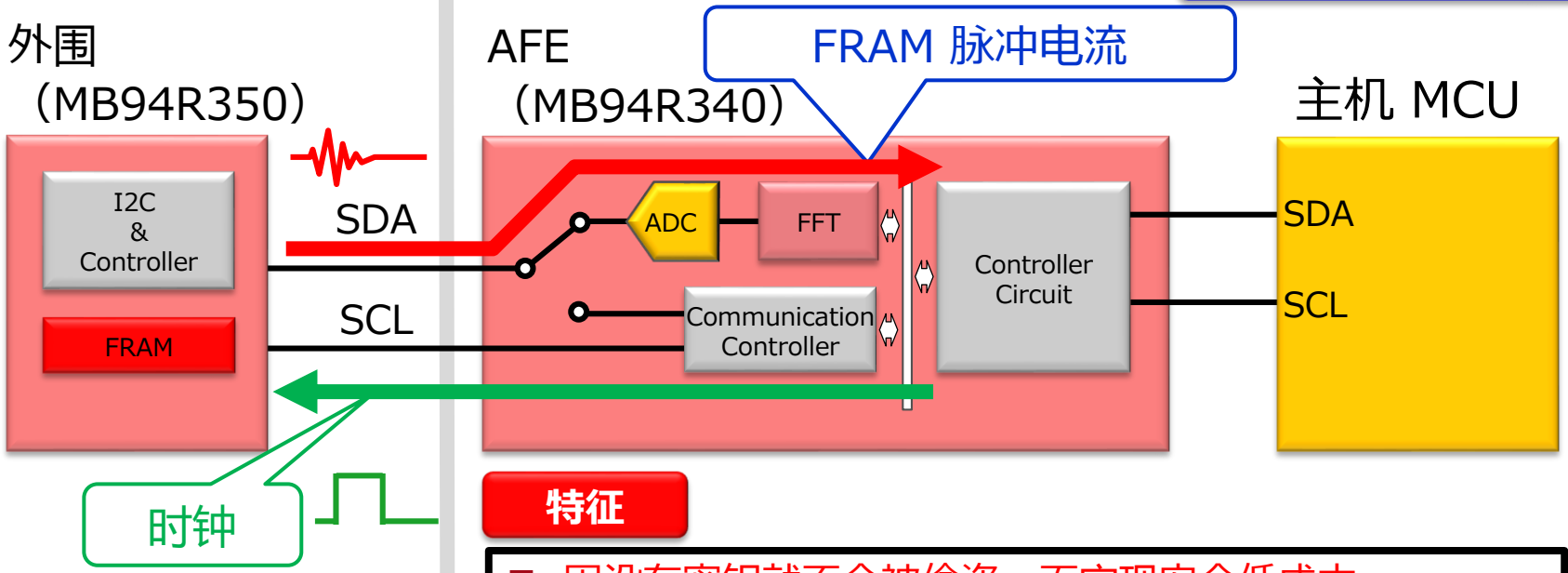
FUJITSU

被验证物体（墨盒）

主机系统(打印机)

如果来自外围设备的脉冲电流如期待值被检测到，验证就OK。

模拟验证



特征

- 因没有密钥就不会被偷盗，而实现安全低成本。
- 因为FRAM脉冲电流的唯一性能防止被高度抄袭，而别的存储器不能用在仿造品上。

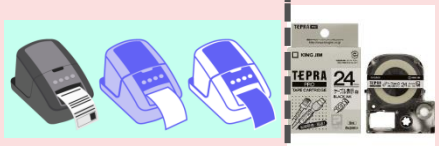
Spectrum authentication IC应用目标

FUJITSU

可用于各种主机和耗材的验证

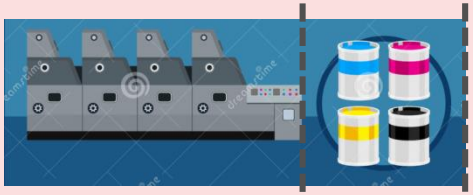
Printer

Label printer



Inkjet printer
<OA>

Inkjet printer
<Industrial>

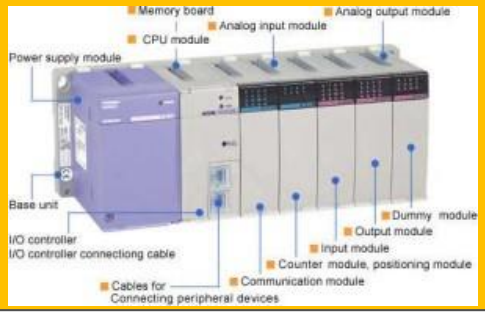


NB PC Battery

Smart phone battery

STB smart Card

PLC



Contents

FUJITSU

shaping tomorrow with you

Summary

- ✓**FRAM**：用于数据记录
- ✓**NRAM**：用于数据记录和电码储存, 还可替代NOR Flash。
- ✓**ReRAM**：可替代大容量EEPROM
- ✓Spetrum authentication：无密钥新型安全认证芯片，低成本高可靠性

FUJITSU

shaping tomorrow with you