



Università degli Studi di Brescia
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni

Anno accademico 2022/2023

Sistema wireless distribuito per il monitoraggio di elettrodomestici alimentati a batteria

Laureando: Stefano Molari

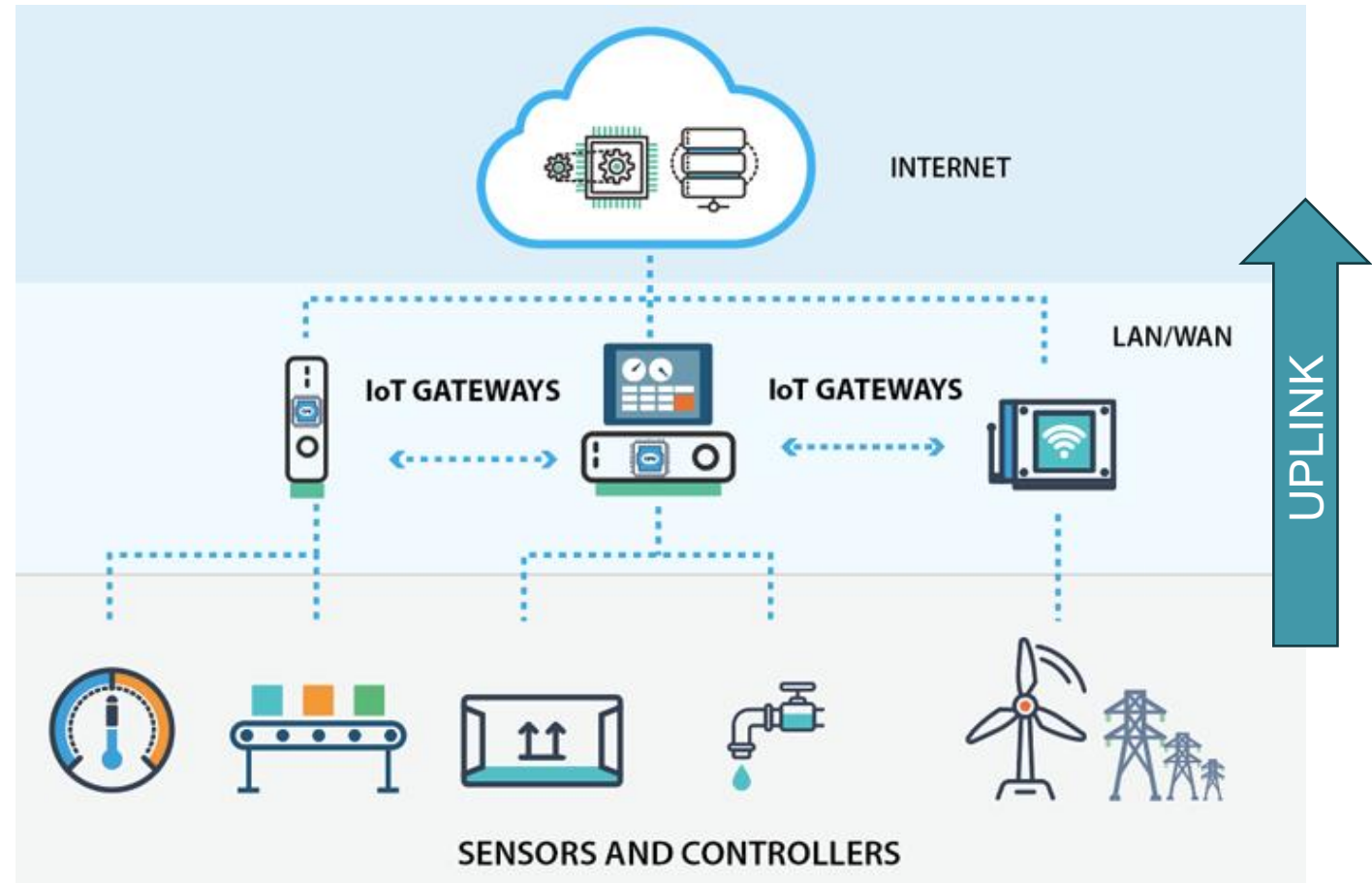
Matricola: 727197

Primo Relatore: Prof. Emiliano Sisinni

Secondo Relatore: Prof. Alessandro Depari

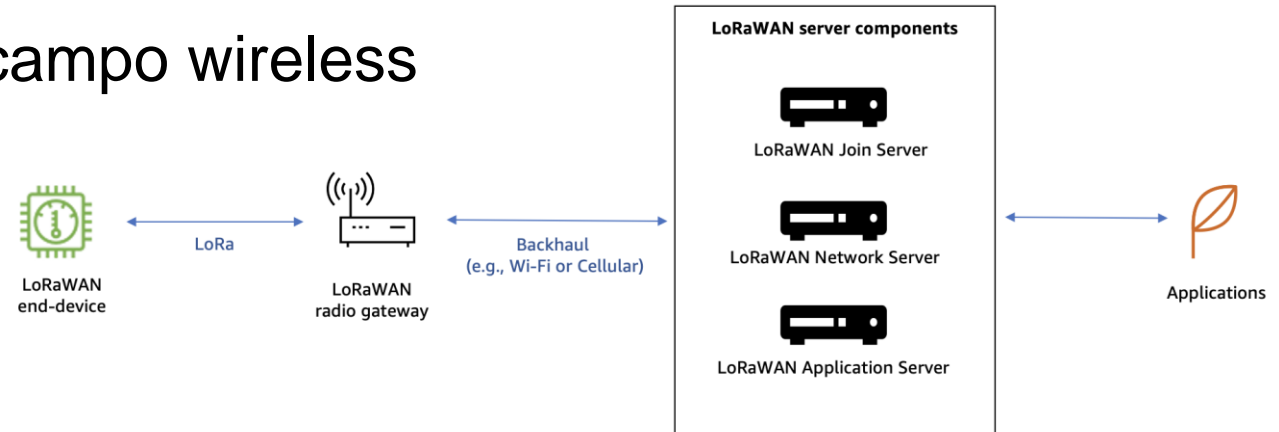
INTERNET OF THINGS - IoT

- Smart things: offrono capacità di elaborazione e di comunicazione
- Campi di impiego
 - ✓ Industria (IIoT)
 - ✓ Agricoltura
 - ✓ Domotica
 - ✓ ...
- Architettura a tre livelli
- Flusso bidirezionale (uplink direzione preferenziale)
- Eterogeneità delle applicazioni e dei protocolli di comunicazione a livello di campo

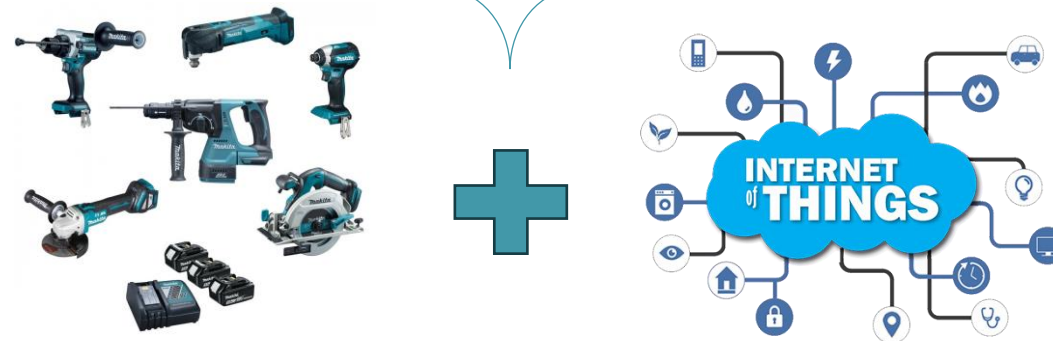


NODI AUTONOMI: ELETTROUTENSILI

- Comunicazione a livello di campo wireless
 - ✓ E.g. LPWAN: LoRaWAN



- Alimentazione a batteria
 - ✓ Importanza della conoscenza dello stato di carica



OBIETTIVI

Conoscere

- Modellazione delle batterie
- Misura di segnali di tensione e corrente

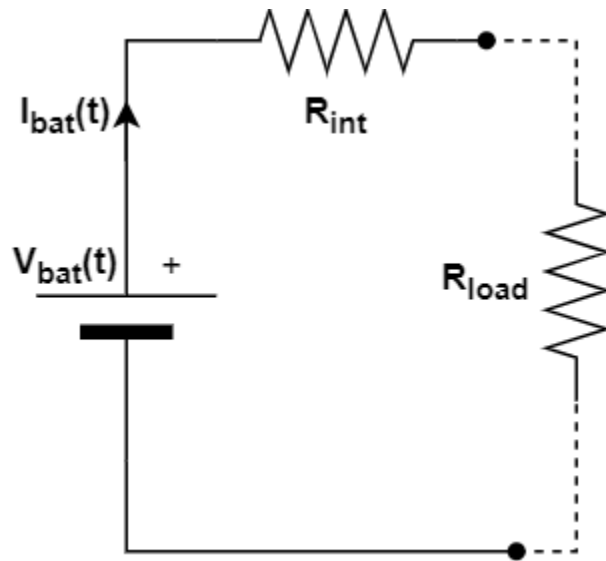
Progettare

- Frontend di acquisizione
- Sistema a microcontrollore + modulo LoRaWAN

Verificare

- Caratterizzazione di alcuni sensori
- Caratterizzazione del sistema realizzato (tramite carico programmabile)
- Software per la raccolta dei dati su PC

BATTERIA - MODELLO MATEMATICO



- **Corrente:** $I_{bat}(t) = \frac{V_{bat}(t)}{R_{load} + R_{int}}$ $I_{bat}(t) = \frac{d(C_{bat}(t))}{dt}$
- **Capacità:** $C_{bat}(t) = \int_{t_{in}}^{t_{end}} I_{bat}(t) dt$
- **Energia:** $E_{bat} = \int_{t_{in}}^{t_{end}} P_{bat}(t) dt = \int_{t_{in}}^{t_{end}} V_{bat}(t) \cdot I_{bat}(t) dt$

t_{in} : istante iniziale (batteria completamente carica)

t_{end} : istante finale (batteria completamente scarica)

BATTERIA UTILIZZATA

- La batteria di riferimento è una Makita BL1850B
- Il caricabatteria è un Makita DC18RD

Batteria LXT® BL1850B 5,0 Ah 197280-8

LXT® • 18 V • Li-ion • 5,0 Ah
BL1850B

Batteria per utensili Li-ion LXT® da 18V.

Batteria agli ioni di litio con capacità di 5,0 Ah e indicatore del livello di carica. Batteria potente per uso generale per utensili Makita LXT® da 18V. Ideale per utensili ad alto consumo energetico. Tempo di ricarica circa 45 minuti con caricabatterie rapido.

■ SPECIFICHE TECNICHE

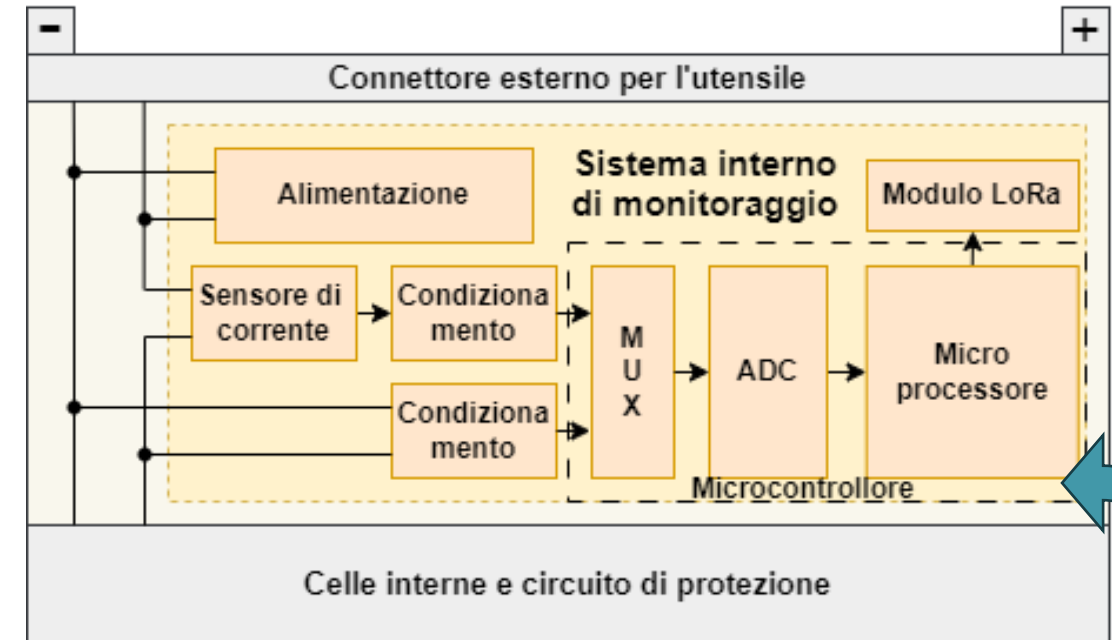
Piattaforma LXT	✓
Tensione nominale della batteria	18 V
Capacità batteria	5,0 Ah
Capacità energetica	90 Wh
Tipo batteria (Ni-Cd / Ni-MH / Li-ion)	Li-ion
Peso netto	0,60 kg
Dimensioni prodotto	113 x 75 x 62 mm



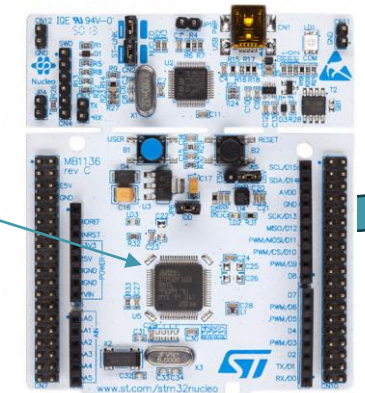
BL1850B

LA SOLUZIONE PROPOSTA

- Soluzione di acquisizione della corrente erogata e della tensione ai capi della batteria
- Sensore di corrente ad effetto Hall (ampio range di corrente)
- Conversione AD ed elaborazione tramite microcontrollore
 - ✓ STM32L152RE ospitato a bordo di una scheda Nucleo
 - ✓ Core ARM-M3 Cortex
- Modulo LoRaWAN
 - ✓ Es Microchip RN2483 (connessione SPI/USART)



STM32L152RE



IL SISTEMA REALIZZATO

- Realizzazione del PCB che ospita il frontend di condizionamento
- Realizzazione con tecnologia di stampa additiva del contenitore

■ OPA360

- Rail to rail
- Configurazione buffer di tensione

■ Allegro ACS758-050B

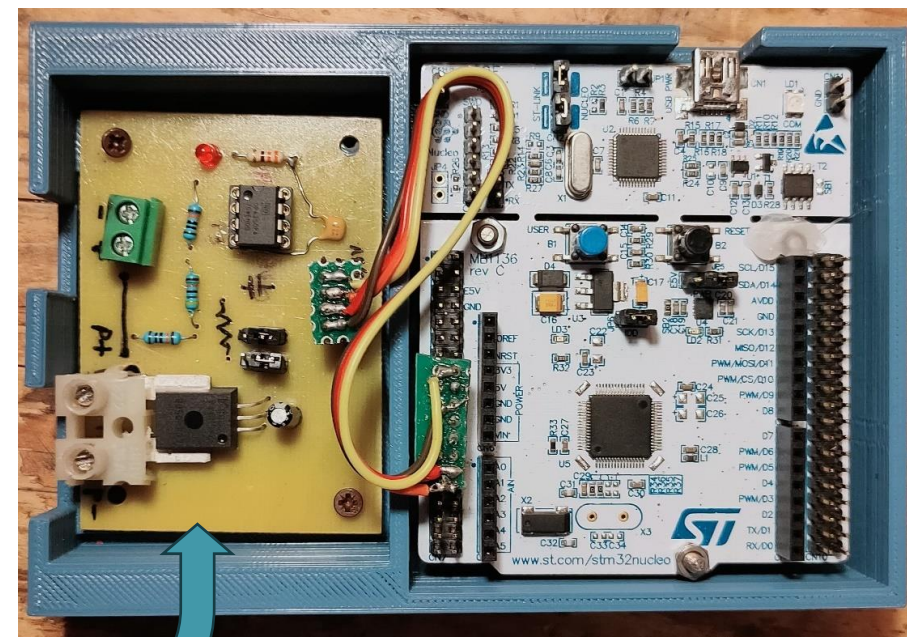
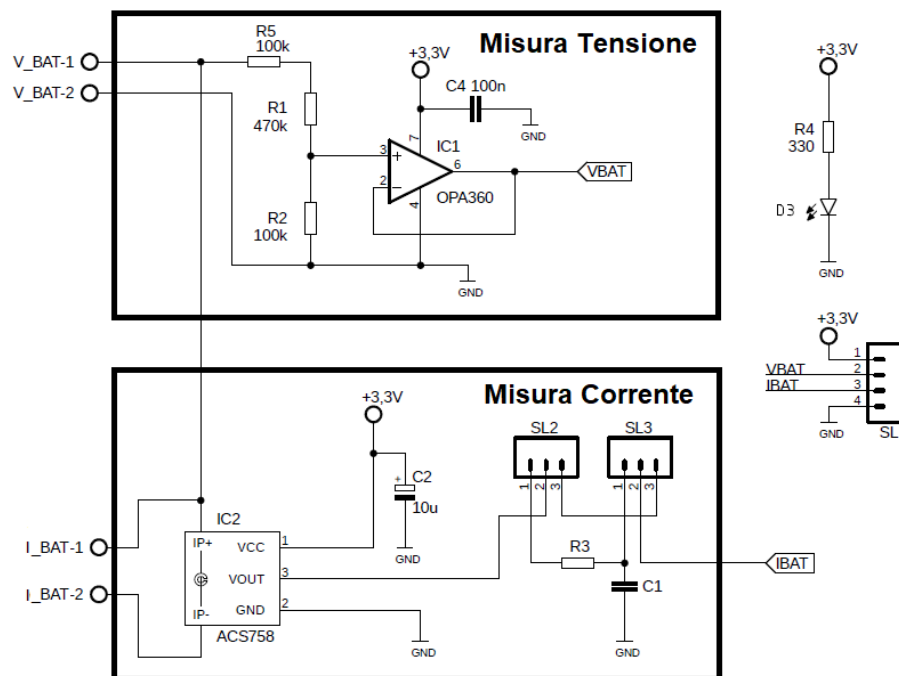
- Bidirezionale
- Range $-50A \div 50A$
- Sensibilità $40mV/A$

■ (Allegro ACS758-050U)

- Unidirezionale
- Range $0A \div 50A$
- Sensibilità $60mV/A$

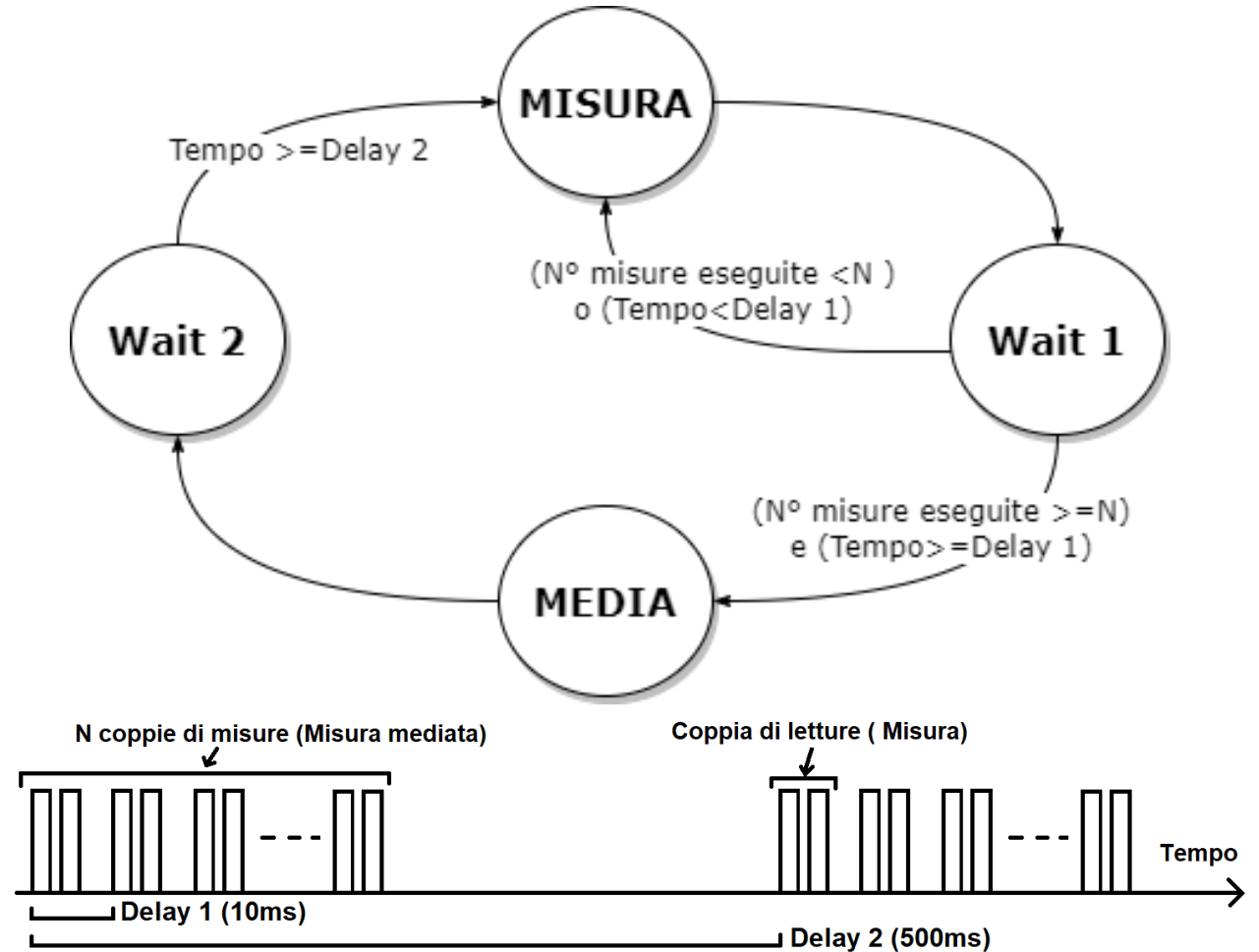
■ (AKM CZ3A03)

- Bidirezionale
- Range $0A \div 22,1A$
- Sensibilità $70mV/A$



IL FIRMWARE REALIZZATO (linguaggio C)

- **Misura:**
 - ✓ Singola lettura dei canali IN0 e IN1 dell'ADC («Misura»)
- **Wait 1:**
 - ✓ Attesa di un tempo «Delay1»
- **Media:**
 - ✓ Media gli «N» campioni raccolti (detta «Misura mediata»)
- **Wait 2:**
 - ✓ Attesa di un tempo «Delay2»:
 - tempo di campionamento
 - ✓ Comunicazione



L'APPLICATIVO DI TEST (linguaggio Python)

- Comunicazione con i device
 - ✓ Sistema realizzato
 - ✓ Carico programmabile (Keysight N3300A)
 - ✓ Multimetro da banco (Agilent 34411A)
- Procedura di test automatizzata configurabile
- Salvataggio dei dati su foglio Excel

```
Electronic load N3300A software - version 1.5 - August 2023
by Molari Stefano

-----
trying to connect to the electronic load and the stm32..
trying connection with the multimeter..
multimeter connected on 169.254.4.10 !

configuring the multimeter..

stm32 connected on COM5!
load connected on COM6!

Device info: Agilent Technologies,N3300A,0,A.00.08

ELOAD INPUT OFF!!

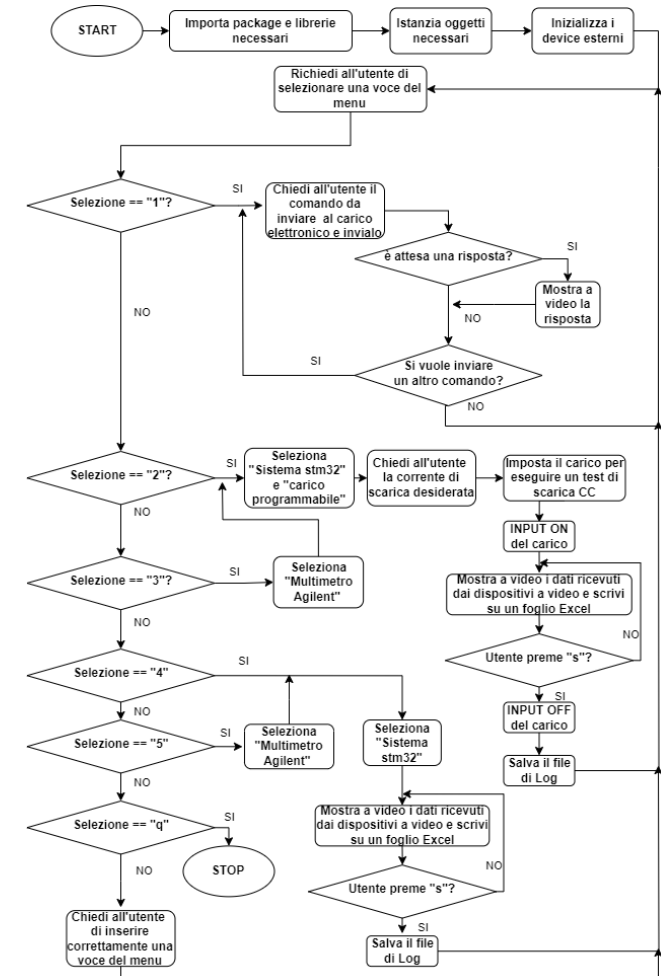
-----
MENU
-press "1" to send commands manually to the eLoad
-press "2" to use: eLoad (CC mode) + stm32 + EXCEL logger
-press "3" to use: eLoad (CC mode) + stm32 + DM + EXCEL logger
-press "4" to use: stm32 + Excel logger
-press "5" to use: stm32 + DM +Excel logger
-press "q" to exit and close the program
```



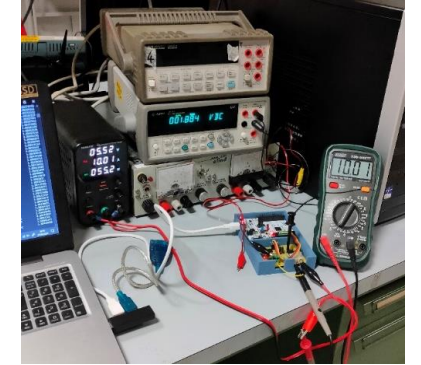
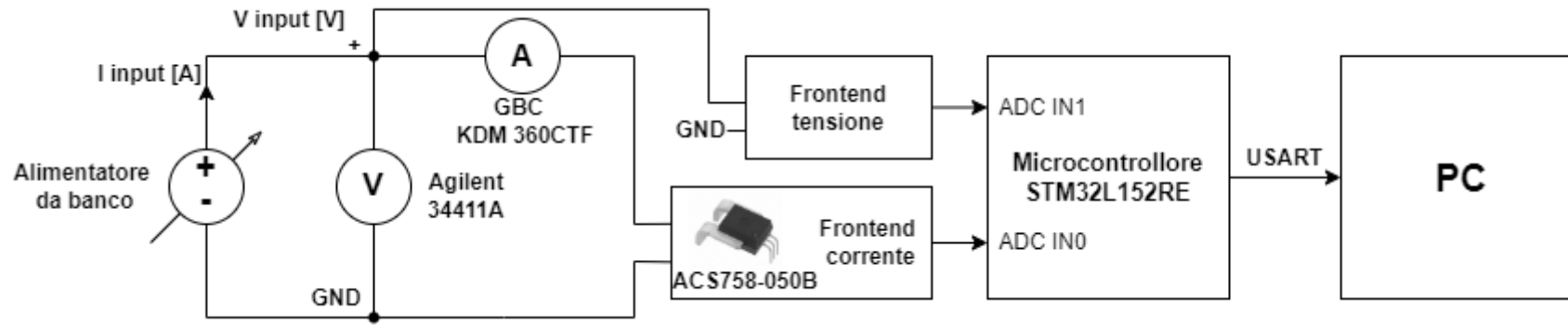
Keysight N3300A



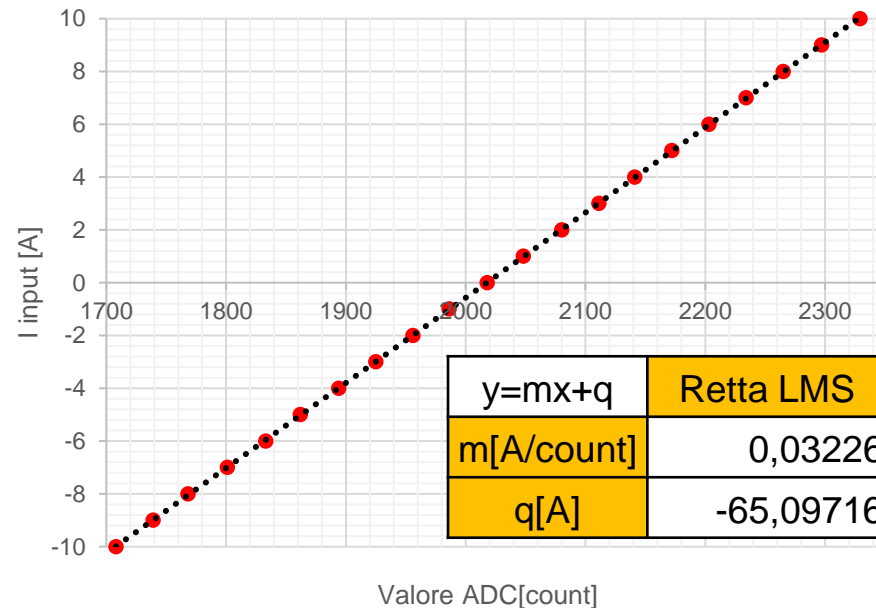
Agilent 34411A



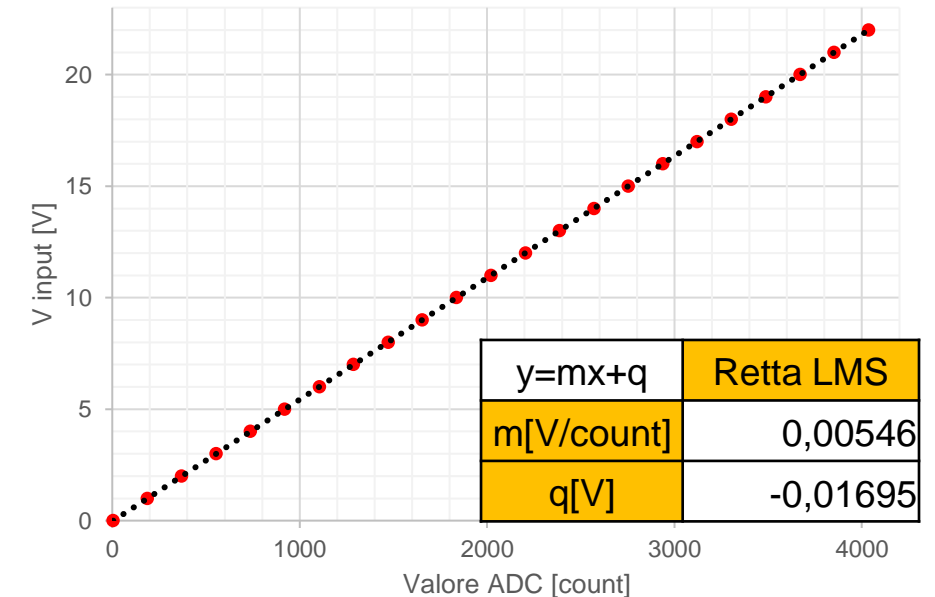
CARATTERIZZAZIONE SPERIMENTALE



Curva di taratura (corrente)

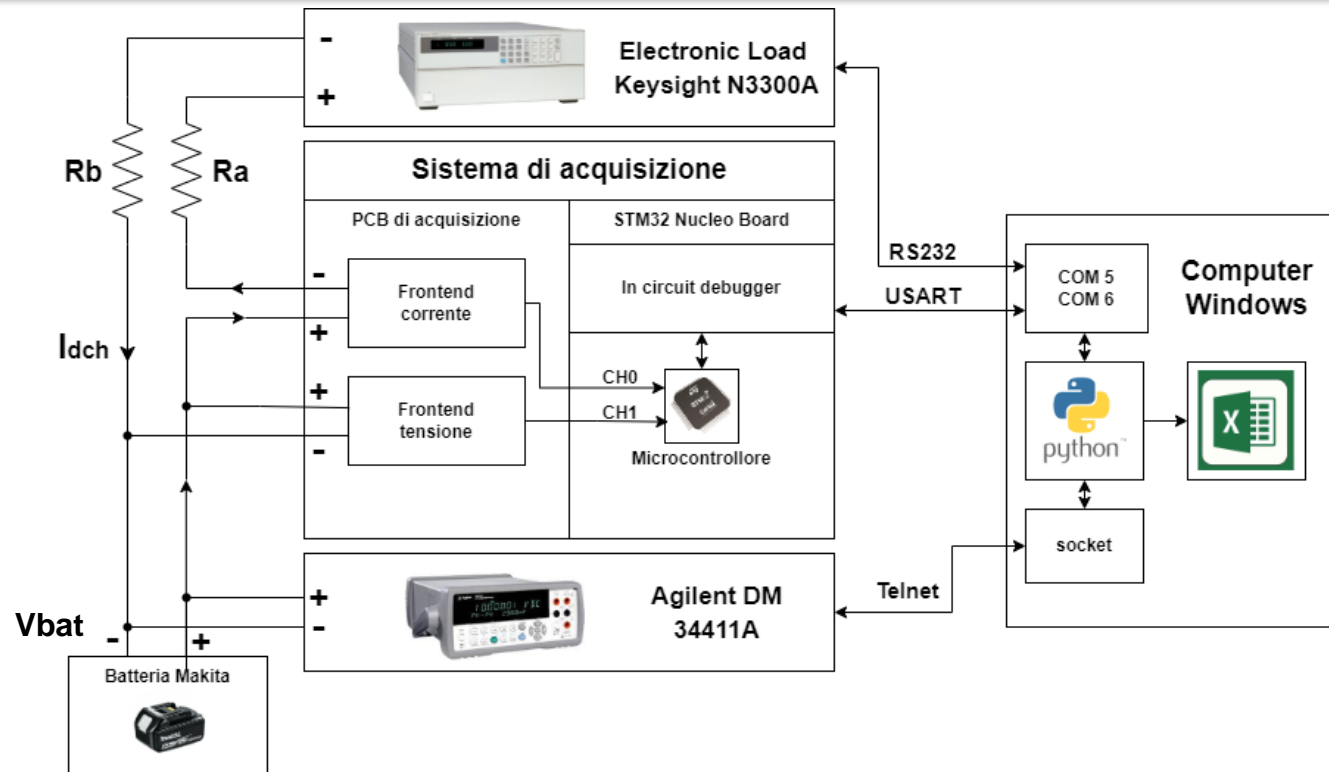


Curva di taratura (tensione)

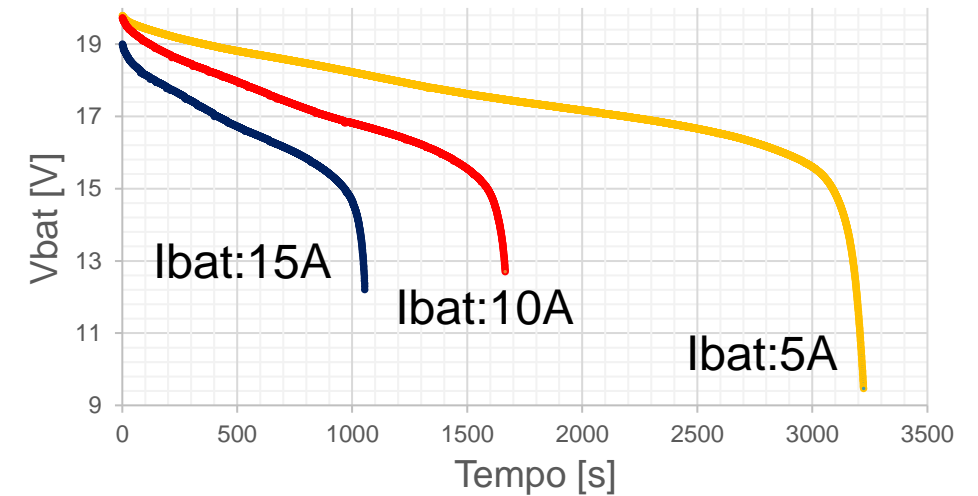


- Singola misura ottenuta mediando N=50 campioni
- Errore massimo di linearità
 - ✓ 53,829mA
 - ✓ 9,318mV

TEST DI SCARICA

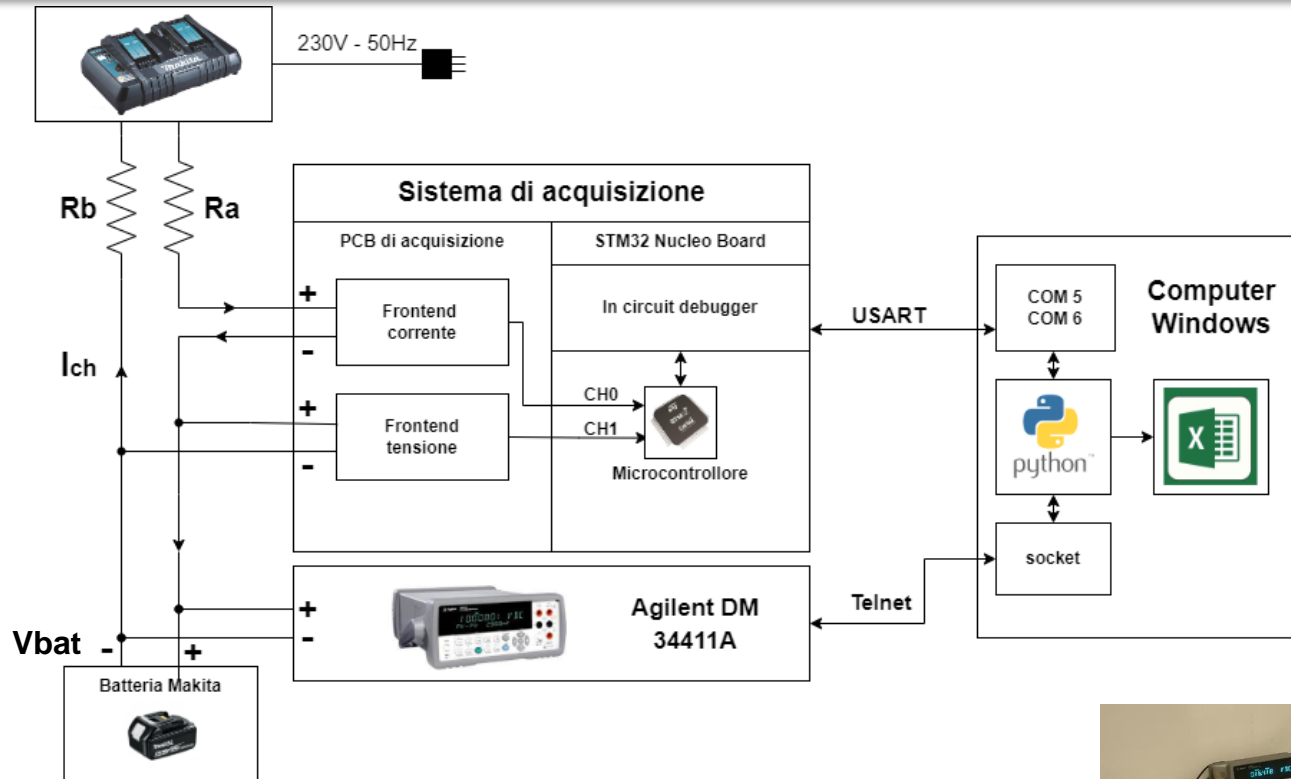


- Test a corrente costante, 3 valori
- Sistema di acquisizione, $T_c=0,5s$
- Riferimento: N3300A
- Software in Python per la raccolta dati

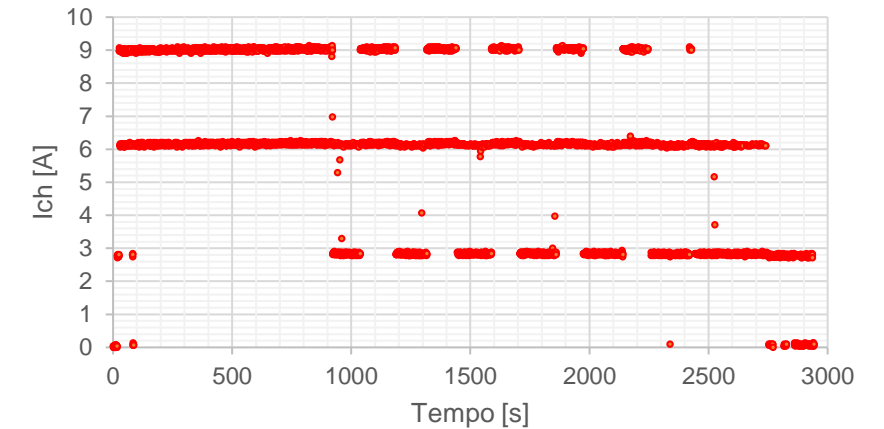
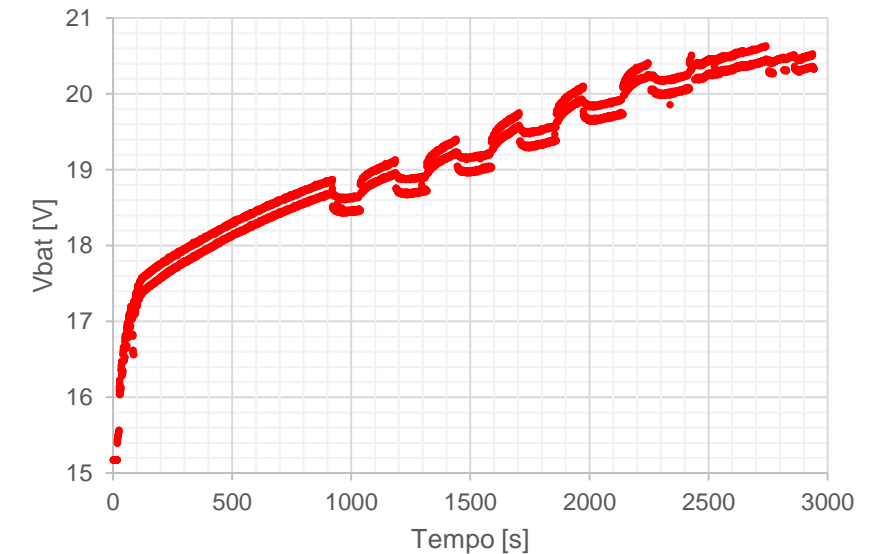
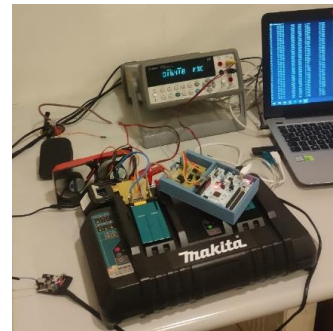


Corrente impostata [A]	5	10	15
Corrente media sistema [A]	5,0078	10,0689	15,0830
Corrente media carico [A]	5,0129	10,0133	15,0140
Tempo trascorso [s]	3210	1659	1049
Carica fluita secondo il sistema [Ah]	4,4653	4,6401	4,3950
Carica fluita secondo il carico [Ah]	4,4699	4,6144	4,3749
Errore del sistema rispetto al carico [Ah]	-0,0046	0,0256	0,0201
Errore sistema %	-0,10	0,56	0,46

TEST DI CARICA



- Carica di tipo «pulsed current»
- Carica completa in 45 min
- $\int I_{ch}(t) dt = 4436 \text{ mAh}$



CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

- Realizzato un sistema di acquisizione per il monitoraggio delle batterie
 - ✓ Sviluppo del firmware in C (microcontrollore STM32)
- Realizzato un setup sperimentale di verifica delle prestazioni
 - ✓ Multimetro palmare (GBC KDM-360CTF)
 - ✓ Multimetro da banco (Agilent 34411A)
 - ✓ Carico programmabile (Keysight N3300A)
 - ✓ Sviluppo del SW di test automatico (Python)
- Sviluppi futuri:
 - ✓ Politiche di risparmio energetico
 - ✓ Sensore di corrente basato su shunt a microstrip
 - ✓ Miniaturizzazione volta all'integrazione della soluzione su una singola PCB da inserire nella batteria

