

Grande lavoro, Riccardo. Ecco **il resoconto ordinato e lineare** dell'esperimento e del perché i numeri tornano.

Obiettivo

Stimare la **capacità del pin** di un Arduino, separandola dalla **capacità della sonda** dell'oscilloscopio.

Setup

- Oscilloscopio BSIDE ZT-702S, **sonda 10×, DC coupling**.
- Step 0→Vcc tramite sorgente veloce; serie **R** variabile (1 kΩ ... 15 kΩ).
- Nodo misurato: uscita step → R → **(pin + sonda 10× in parallelo)** → GND.
- Baseline della sorgente (Step A): **rise-time 10-90% ≈ 50 ns**.

Modello e formule

- In 10× l'ingresso è $R_{in} \approx 10\text{ M}\Omega // C_{probe}$.
- Costante di tempo del nodo: $\tau \approx (R // R_{in})(C_{pin} + C_{probe}) \approx R(C_{pin} + C_{probe})$ perché $R_{in} \gg R$.
- Dalla traccia si misura **t_{10-90}** ; $\tau \approx t_{10-90}/2.2$.
- Correzione dello slew della sorgente: $t_{10-90,RC} \approx \sqrt{t_{10-90,mis}^2 - t_{10-90,src}^2}$.
- Capacità: $C_{tot} = \tau/R$ e $C_{pin} = C_{tot} - C_{probe,eff}$.

Misure “solo sonda” (per stimare $C_{probe,eff}$)

- **R = 10 kΩ** → $t_{10-90} \approx 0.35\text{ }\mu\text{s}$ → $C_{probe,eff} \approx 15.7\text{ pF}$
- **R = 15 kΩ** → $t_{10-90} \approx 0.52\text{ }\mu\text{s}$ → $C_{probe,eff} \approx 15.7\text{ pF}$ (coerente con i **16 pF** nominali)

Misure con il pin

(valori già corretti per i 50 ns della sorgente)

- **R = 10 kΩ** → $t_{10-90} \approx 0.95\text{ }\mu\text{s}$ → $\tau \approx 0.431\text{ }\mu\text{s}$ $C_{tot} \approx 43.1\text{ pF}$ → $C_{pin} \approx 27.4\text{ pF}$
- **R = 15 kΩ** → $t_{10-90} \approx 1.40\text{ }\mu\text{s}$ → $\tau \approx 0.636\text{ }\mu\text{s}$ $C_{tot} \approx 42.4\text{ pF}$ → $C_{pin} \approx 26.7\text{ pF}$
- **R = 5 kΩ** → $t_{10-90} \approx 0.50\text{ }\mu\text{s}$ → $C_{tot} \approx 45.2\text{ pF}$ → $C_{pin} \approx 29.5\text{ pF}$
- **R = 2 kΩ** → $t_{10-90} \approx 0.20\text{ }\mu\text{s}$ → $C_{tot} \approx 44.0\text{ pF}$ → $C_{pin} \approx 28.3\text{ pF}$

- **R = 1 k Ω** $\rightarrow t_{10-90} \approx 0.13 \mu s$ (limite strumento/sorgente) $\rightarrow C_{pin} \approx 38.5 pF$ (*outlier*)

Risultato

Le misure più affidabili sono con **R = 10–15 k Ω** (τ ben sopra lo slew della sorgente, poco sensibili alle “code”). **Stima finale:** $C_{pin} \approx 27 \pm 3 pF$.

Controlli fatti e coerenza

- $C_{probe,eff}$ misurato **in situ** $\approx 15.7 pF$ (in linea col manuale).
- Scalatura con R: i tempi crescono proporzionalmente, come previsto.
- Stime con 10 k Ω e 15 k Ω concordano entro $\sim 1 pF \rightarrow$ setup pulito.

Nota operativa

Durante le prove: **sonda 10 \times** , **molla di massa**, step entro le **rail** (niente clamp dei diodi), pin in **INPUT** senza pull-up/down/ADC attivo.