

Nome e Cognome:

☐ LUN ☐ MER ☐ GIO

Data:

8

Curva caratteristica I - V del diodo (con Arduino)

Obiettivo dell'esercitazione pratica è la ricostruzione automatizzata (con Arduino) della curva caratteristica I - V di un diodo a giunzione p-n in silicio.

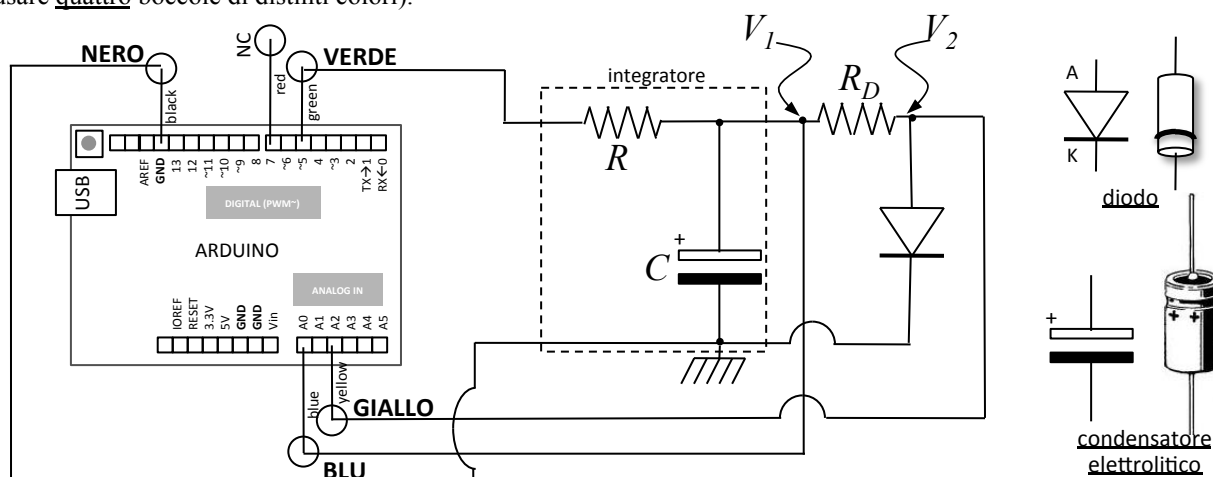
1. Prima di iniziare con la ricostruzione della curva caratteristica, “provate” la funzionalità del diodo usando il multimetro digitale configurato come ohmetro usando diverse portate. Commentate qui sotto le vostre osservazioni.

Commenti sul “test” del diodo con l'ohmetro (a diverse portate) e spiegazioni di quanto si osserva:

Preparate ora l'esperimento con Arduino. Nell'esperimento la d.d.p. di polarizzazione V applicata al diodo esce da un integratore RC che riceve in ingresso il treno di impulsi generato dalla porta ~5 (PWM) di Arduino e fornisce in uscita una d.d.p. “quasi-costante”, proporzionale al duty-cycle del treno di impulsi. Essendo preferibile avere una costante tempo molto lunga per questo circuito, potrebbe essere opportuno impiegare un condensatore elettrolitico (disponibile con capacità piuttosto elevate): si tratta di un componente polarizzato che va montato rispettando il senso (vedi figura per informazioni).

La corrente I che circola nel diodo è valutata in modo indiretto a partire dalle tensioni V_1 e V_2 ai capi della resistenza “di polarizzazione” R_D ; tali tensioni sono lette dalle porte rispettivamente A0 e A2 di Arduino. È ovviamente necessario riferire i potenziali alla linea di massa, o terra (piedino GND), di Arduino.

Lo schema dell'esperimento è mostrato in figura: fate attenzione a realizzare correttamente i collegamenti con la scheda (dovete usare quattro boccole di distinti colori).



2. Dimensionate opportunamente i valori di R e C , cioè la frequenza di taglio del filtro passa-basso da essi costituito, in modo tale che esso si comporti da (“ottimo”) integratore; tenete presente che il treno di impulsi generato da Arduino in modalità PWM ha frequenza $f \sim 1$ kHz. Riportate qui sotto i valori nominali di R e C prescelti, assieme alla frequenza di taglio attesa f_T . Indicate anche il valore misurato di R_D che avete scelto (consigliati valori di qualche centinaio di ohm).

| R [] | nominale | C [] | nominale | f_T [] | atteso | R_D [] | misurato |
|---------|----------|---------|----------|-----------|--------|-----------|----------|
| | | | | | | | |

3. Preliminarmente ai cicli di acquisizione, dovete eseguire l'upload dello sketch `diodo2016.ino` nella memoria di Arduino utilizzando il programma Arduino (o Arduino IDE) nel computer di laboratorio.
4. Quindi dovete modificare lo script di Python (nome `diodo2016.py`) che serve per gestire la comunicazione seriale via USB, scegliendo il nome (eventualmente la directory) del file generato. Lo script prevede anche l'impostazione dell'intervallo di tempo Δt fra due campionamenti successivi, che non è critico (default $\Delta t = 50$ ms).

5. Prima di partire con le acquisizioni vere e proprie, dovete verificare qualitativamente il funzionamento dell'integratore. Si consigliano le seguenti prove, tutte da eseguire lanciando cicli di acquisizione "a vuoto" (cioè non utili per le misure): (i) osservare all'oscilloscopio la porta ~5 di Arduino mantenendo tutto il resto del circuito scollegato per vedere il treno di impulsi; (ii) osservare all'oscilloscopio il segnale V_I con il diodo scollegato (significa senza collegare il diodo!); (iii) ripetere l'osservazione con il diodo collegato (cioè con tutto il circuito montato come da schema). Riportate osservazioni e qualche commento di interpretazione.

Commenti sulle osservazioni preliminari all'oscilloscopio:

6. A questo punto siete pronti per le misure. Si ricorda che il lancio dello script di Python fa partire l'acquisizione, al termine della quale viene registrato un file di 256 righe e due colonne, V_I e V_2 in unità arbitrarie ("digit").
7. Per convertire le letture digitalizzate in unità fisiche [V] dovete determinare il fattore di calibrazione ξ (in [mV/digit]) secondo il metodo "alternativo" a voi noto. A questo scopo, ricordate che al termine delle acquisizioni si suppone che la porta ~5 si trovi al valore $V_{I,end} = V_{ref}$, da misurare a circuito aperto (basta scollegare il diodo), e che la dinamica di digitalizzazione di Arduino è di 10 bit. Si consiglia di eseguire la lettura di $V_{I,end}$ anche con il diodo collegato per verificare l'eventuale discrepanza, commentando (nei commenti) sul motivo.

| $V_{I,end}$ [V] = V_{ref} [V] (alla fine del ciclo con <u>diodo scollegato</u>) | ξ [mV/digit] | $V_{I,end}$ [V] (alla fine del ciclo con diodo collegato) |
|---|------------------|--|
| | | |

8. Determinate la relazione che lega l'intensità di corrente I che scorre nel diodo alle letture di V_I e V_2 .

Espressione

$I =$

9. Costruite il grafico I - V (dove per I userete il risultato dell'espressione precedente, e per V il valore di V_2) con le debite barre di errore. Dovete poi (dopo aver verificato la qualità dei dati e la corretta stima delle barre di errore!) fare un best-fit a due parametri secondo l'"equazione di Shockley". Riportate tutto quello che serve a interpretare il best-fit nel riquadro qui sotto (se non basta, usate il foglio del grafico), commentando per quanto possibile sull'accordo con le aspettative. Nel fit (e solo nel fit!) siete autorizzati a non considerare i dati frutto di palesi disturbi (potenziali outliers), se ce ne sono.

Commenti sulla discrepanza con diodo collegato/scollegato e sul best-fit:

"Equazione di Shockley"

$I(V) =$