

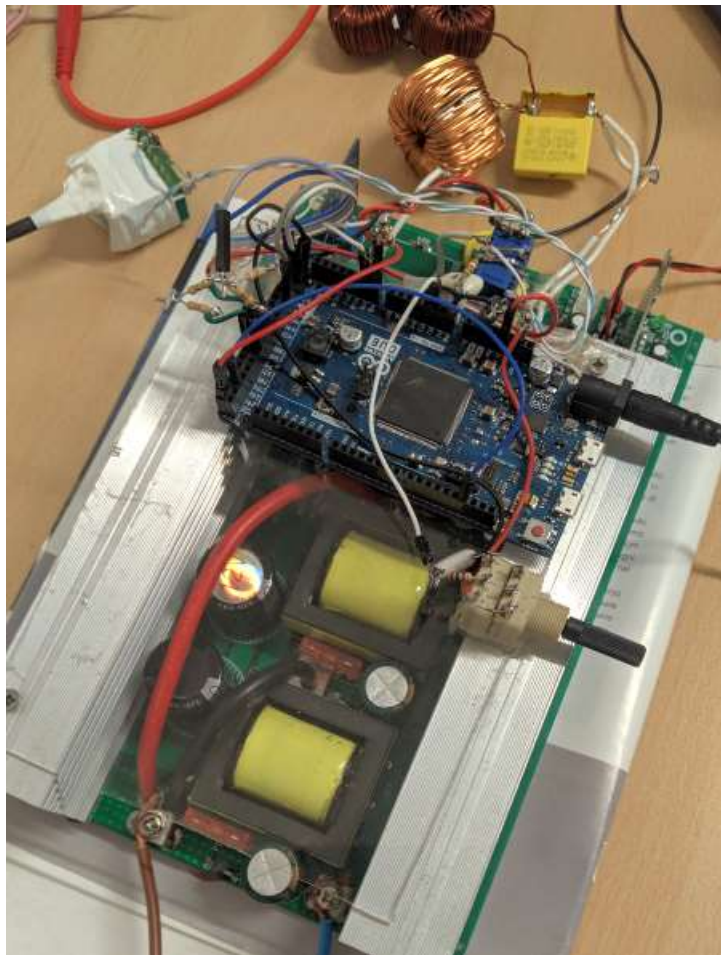
Antonio Previtali 31/01/2022 Bergamo.

<https://github.com/AntonioPrevitali/Ardu2GridTied>

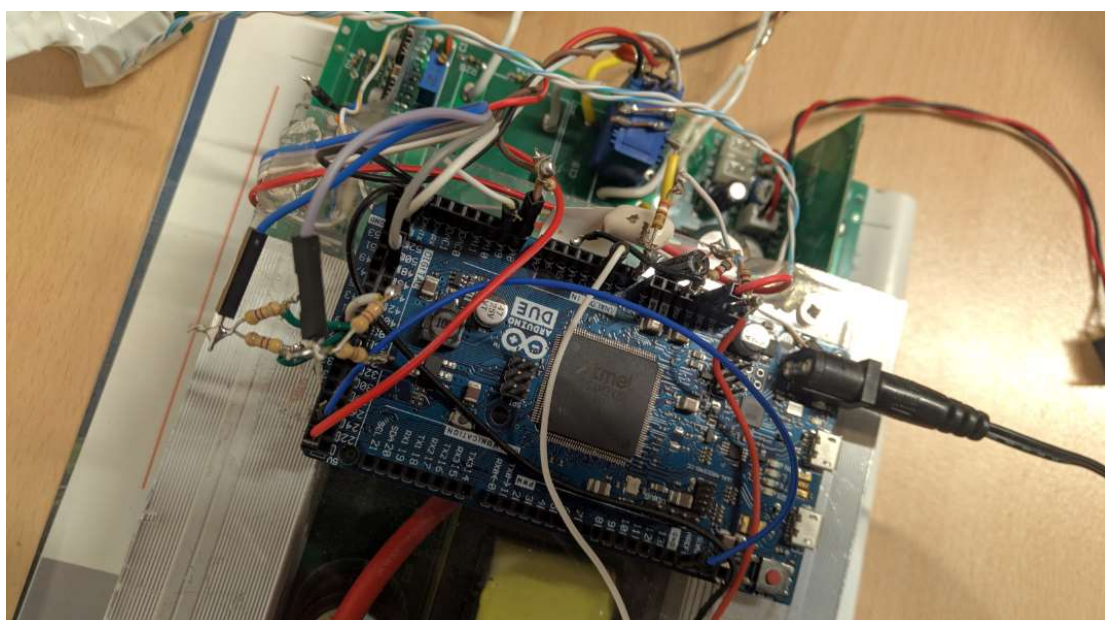
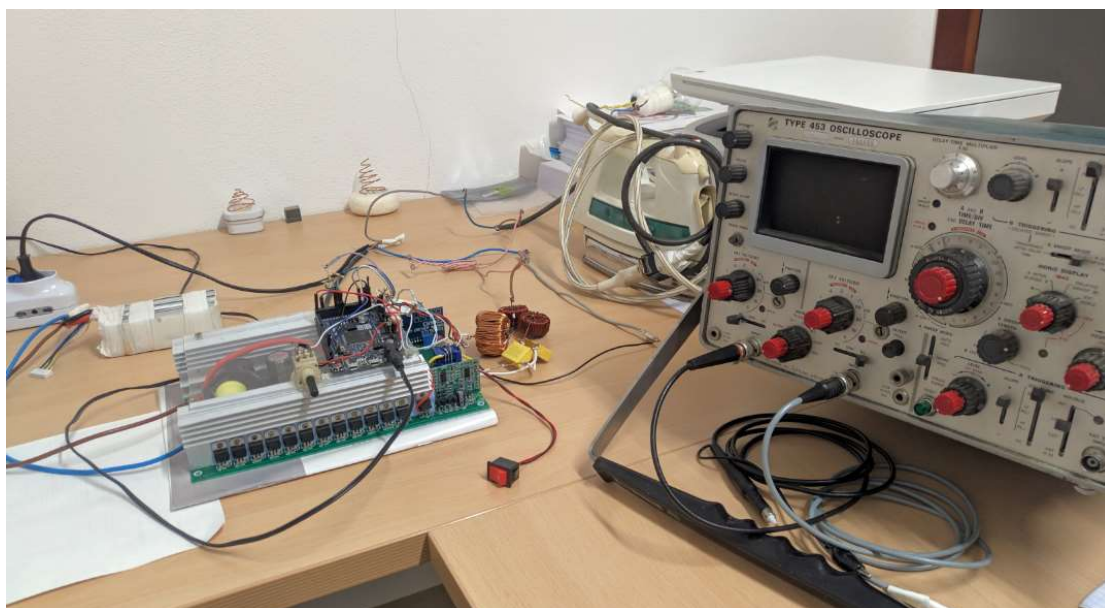
Arduino Due grid tied inverter experiens (Only test, not for production)

Attenzione pericolo, tutto questo è molto pericoloso, con la corrente non si scherza, si può perdere la vita. Inoltre questo è solo un esperimento e manca ancora tantissimo prima che sia realmente un inverter grid tied. Inverter grid tied che sarebbe comunque illegale.

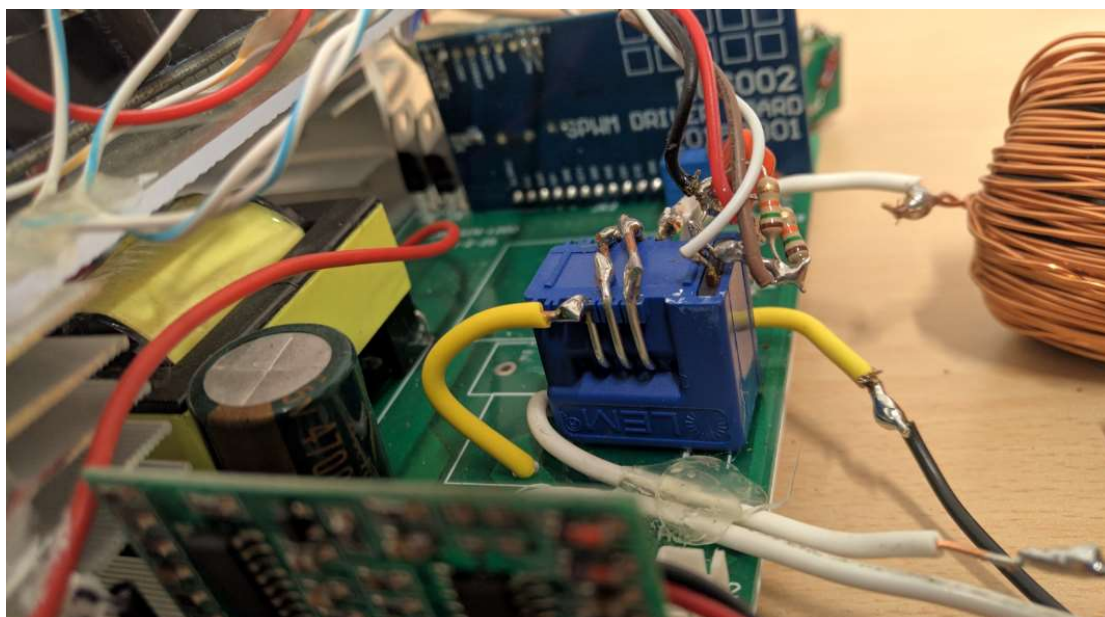
Quello che aveva senso provare a fare con questo hardware è stato fatto. Qui sotto descrizione dei risultati.



L'hardware di partenza è un inverter cinese non grid che tramite il solito modulino EGS002 generava un segnale sinusoidale. inverter originale decisamente modificato.

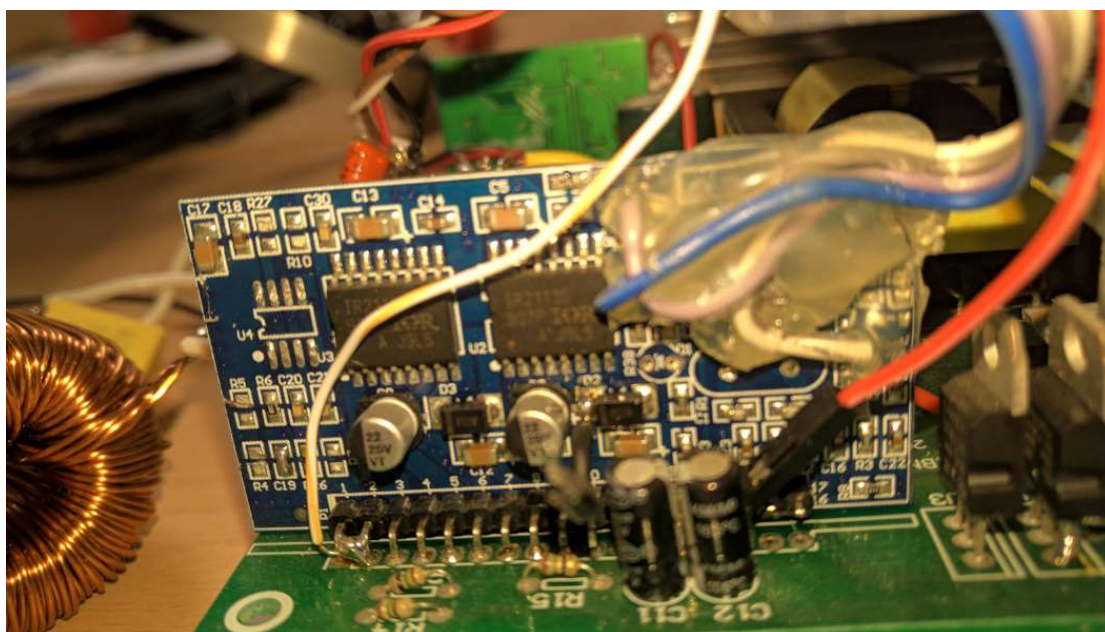


Qui sotto aggiunto un sensore di corrente LEM. Attualmente non usato nel codice o meglio per ora usato solo come protezione se scorre più di 5A il codice ferma la generazione del segnale in uscita dal ponte ad H.



Qui sotto dall' EGS002 è stato eliminato EG8010 ed anche LM393 rimasti solo i 2 IR2113S e ricavato (sotto alla colla!) i 4 fili che vanno all' arduino2. Ora è arduino2 a comandare tramite gli IR2113S gli IGBT del ponte ad H.

LM393 a posteriori lo lascierei...



Agito anche su un trimmer inverter per aumentare la tensione bus Vcc da 340Vcc a 380vcc per poter generare tensione alternata superiore alla tensione rete 230 vca.

Cambiato anche alimentazione all' EGS002 non piu i 5 volt originali inverter ma i 3.3V generati dall' arduino due.

Come riportato nel codice è un generatore quindi NON collegare direttamente alla

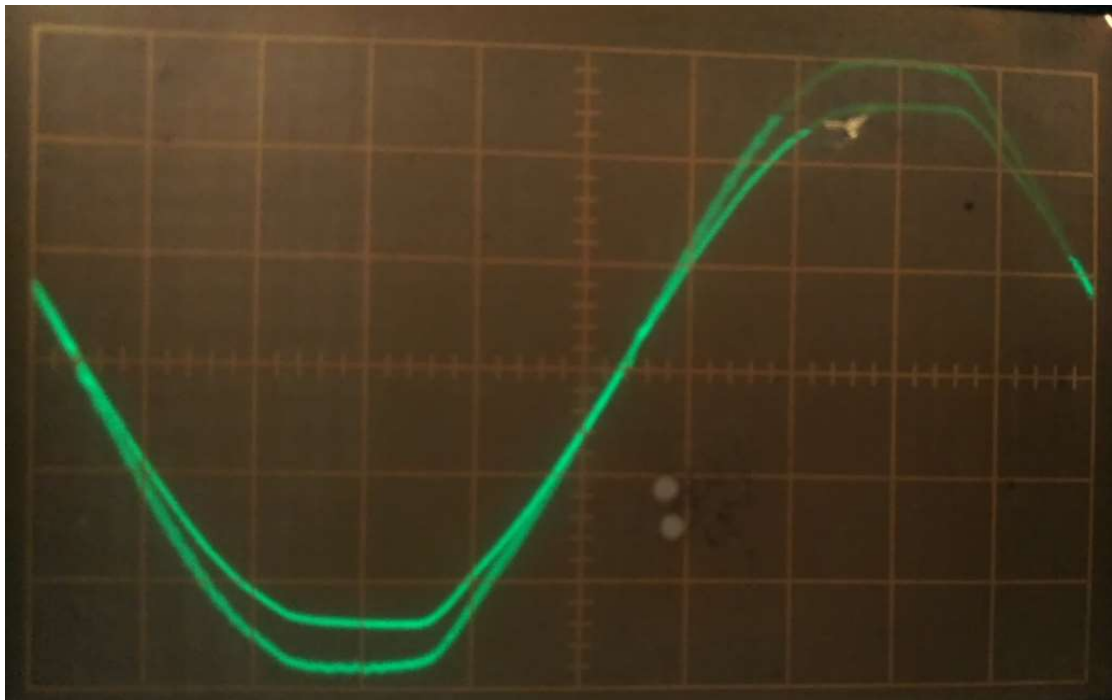
rete. Se lo fate bruciate di sicuro il tutto !

E' un generatore che rimane sincrono con la rete e che produce un segnale perfettamente sinusoidale oppure con la stessa forma della tensione di rete.

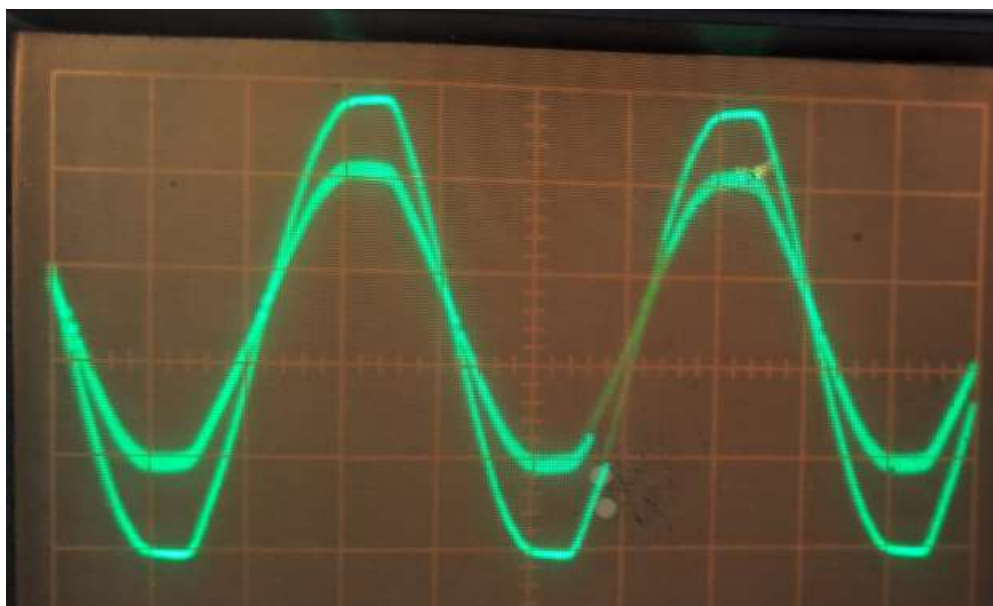
Previsto anche la possibilità di introdurre uno sfasamento a piacere.

Cioè sincronizzato con la rete ma sfasato di un tot. Sfasamento solo in ritardo e massimo di 90 gradi.

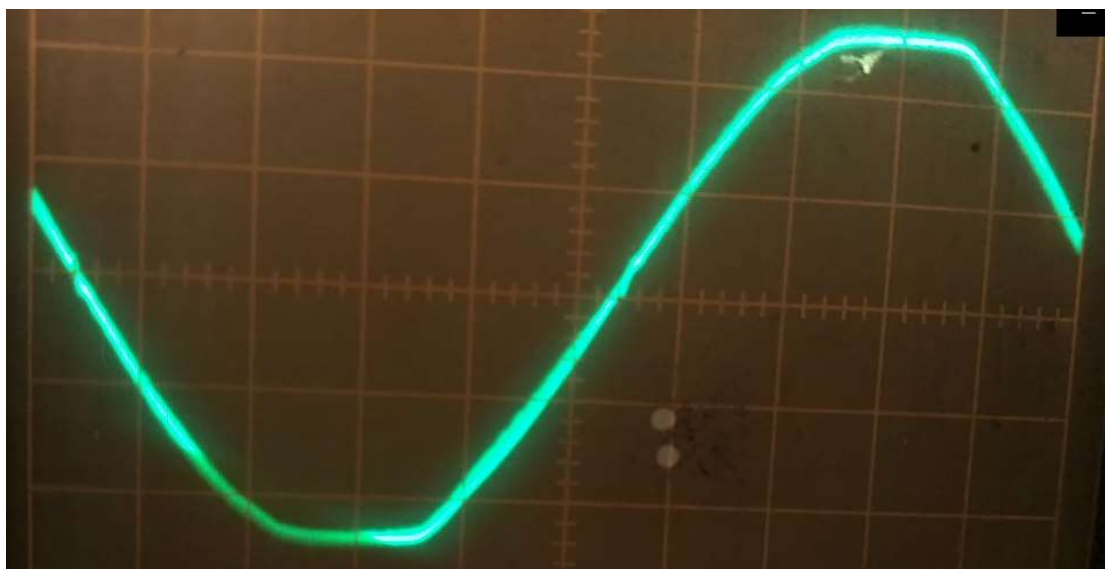
Qui sotto segnale di rete e segnale generato dall'inverter (quello con ampiezza minore è la rete, ampiezza regolabile con potenziometro...)



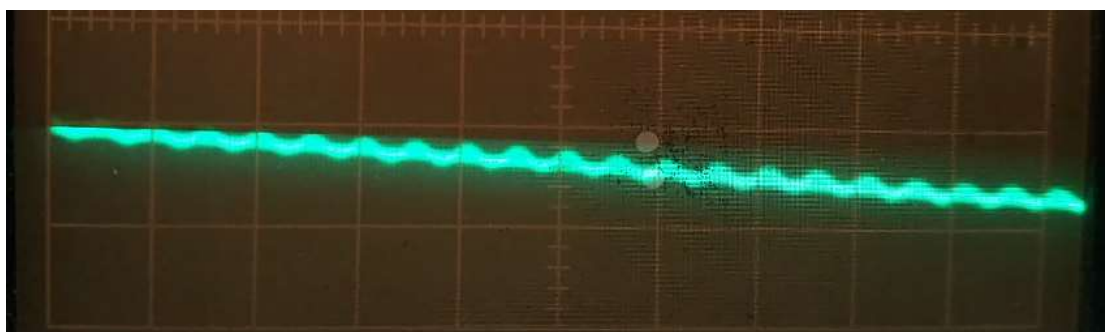
Qui sotto tensione inverter regolato su valore minore di quella di rete.



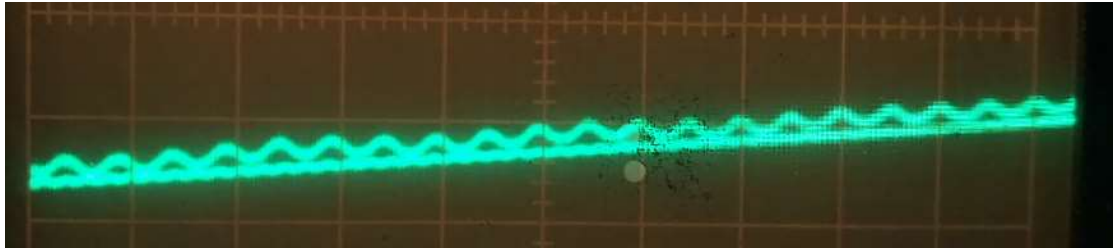
regolato inverter a circa la stessa ampiezza e segnali sovrapposti.



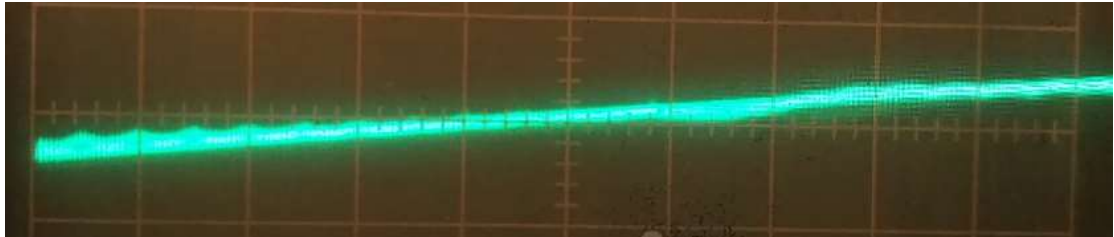
dettaglio ingrandito si vede ondulazione prodotta dal pwm... i segnali sono sovrapposti rete e inverter.



sempre dettaglio dei 2 segnali sovrapposti



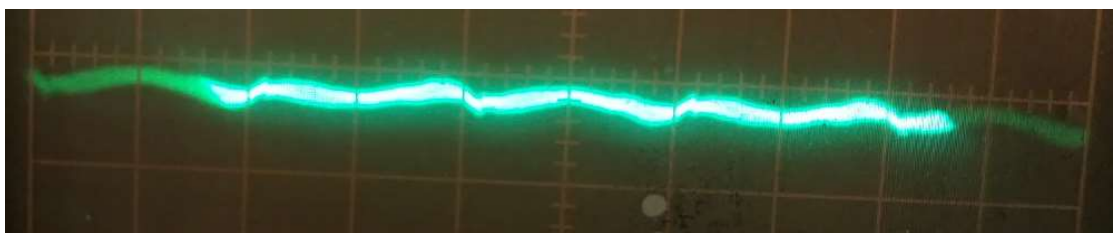
dettaglio del passaggio per lo zero.



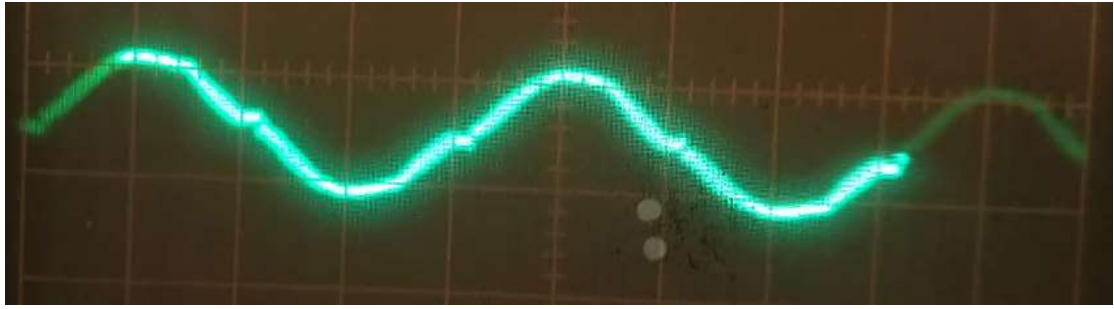
sempre dettaglio dopo il passaggio per lo zero tensione positiva che risale...



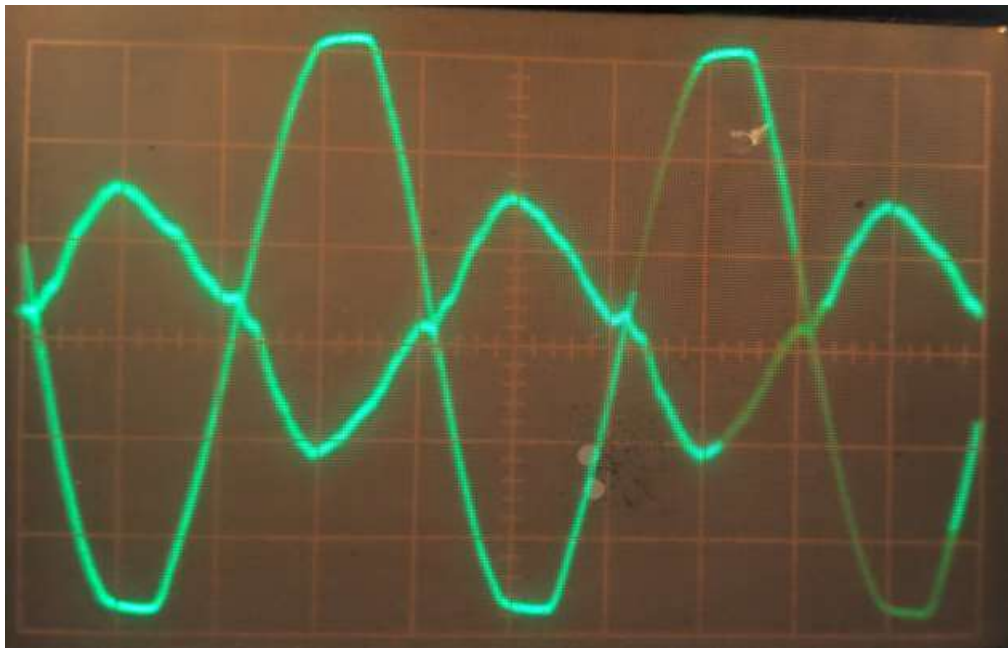
Qui sotto un solo canale su oscilloscopio e collegato per misurare la differenza tra tensione di rete e tensione inverter (diciamo la tensione a cui si troverà soggetta la resistenza di accoppiamento con la rete, resistenza non collegata) Tensione inverter regolata alla stesso valore della tensione rete. Si vede che non è una riga, il segnale prodotto non è esattamente uguale alla rete...



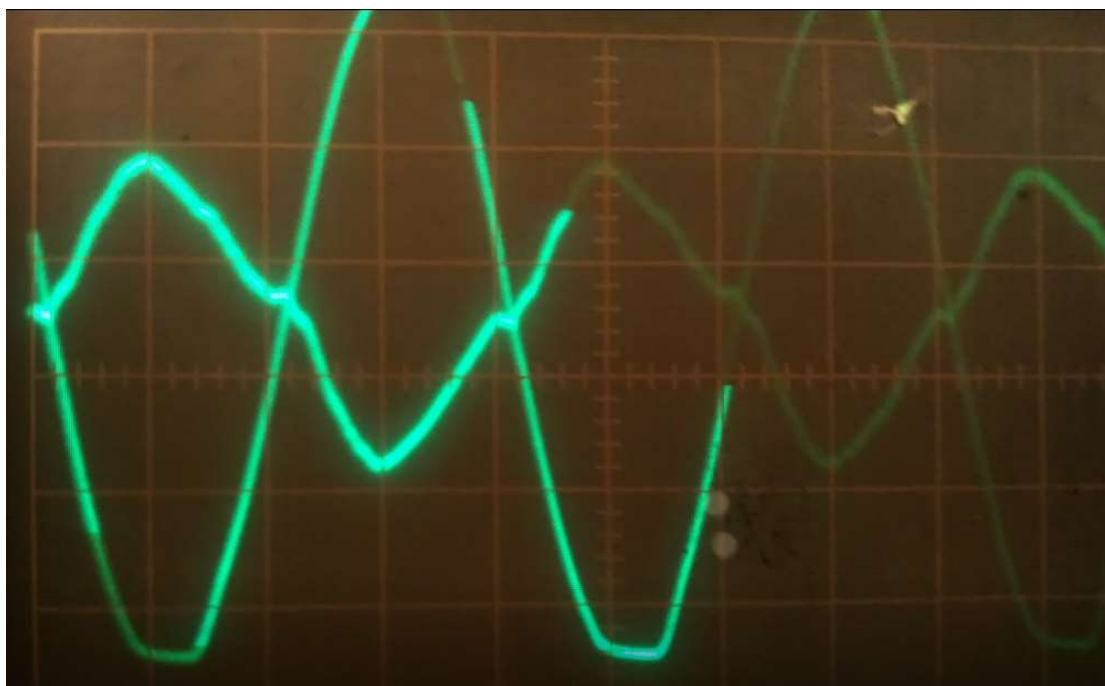
Qui sotto differenza quando la tensione inverter è superiore alla rete e se ci fosse la resistenza collegata immetterebbe corrente secondo la relazione questa tensione diviso per la resistenza.



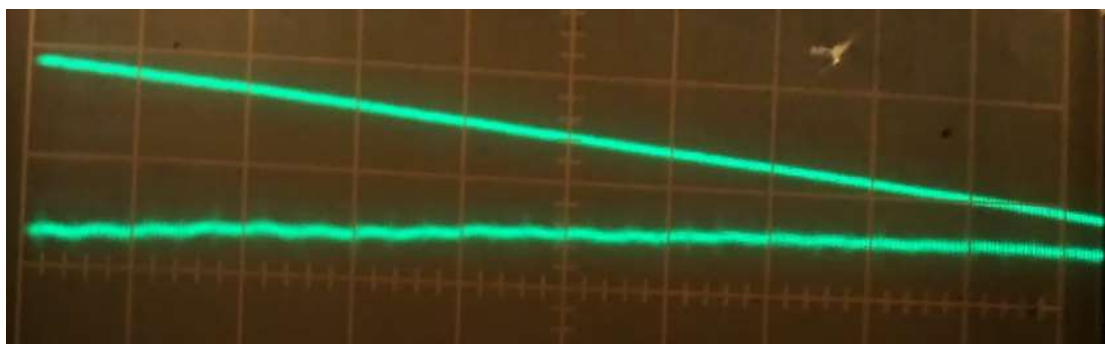
Qui sotto la resistenza è realmente collegata ($R=30\ \Omega$) e inverter sta realmente immettendo corrente in rete. segnale grande è la tensione di rete, segnale piccolo è la corrente, 1 div = 1 Ampere.



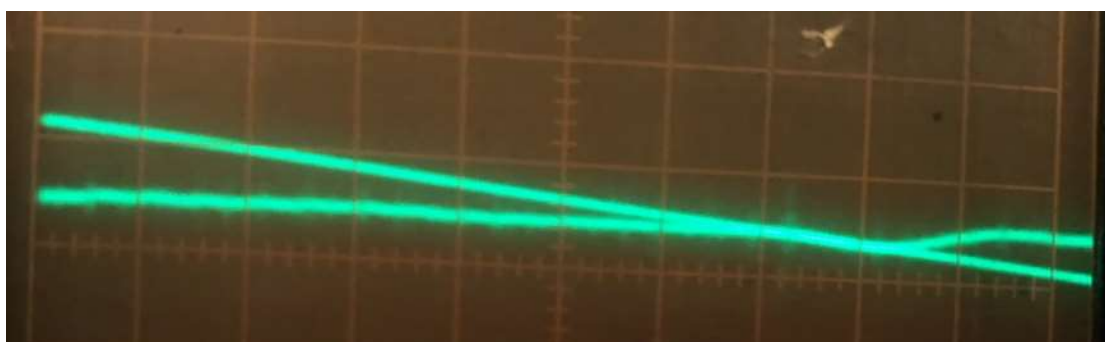
idem ma sotto a questa il dettaglio.



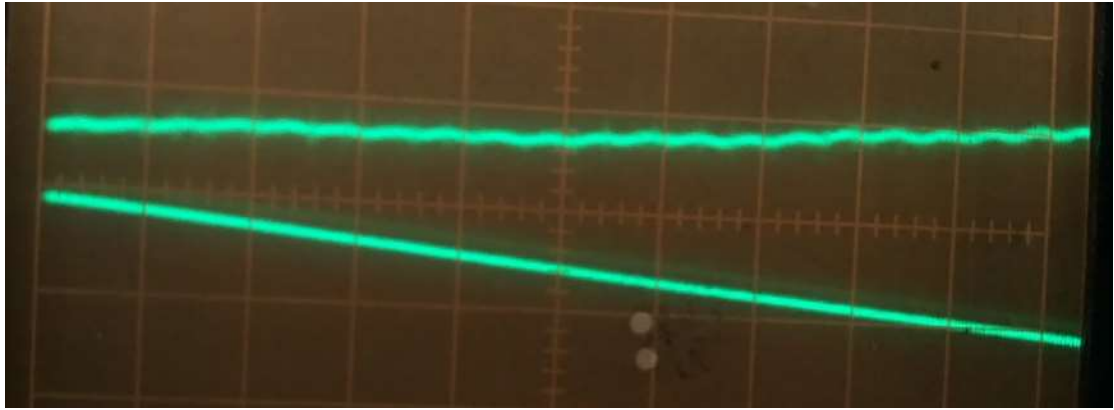
Dettaglio del passaggio per lo zero di tensione e corrente.



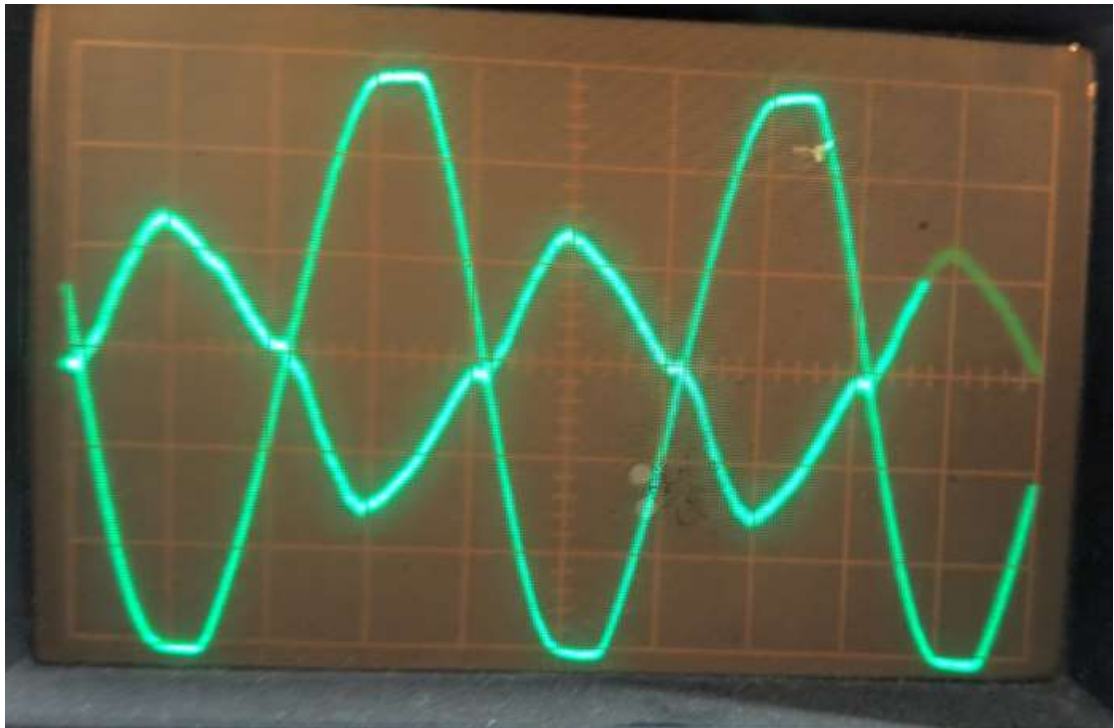
come sopra.



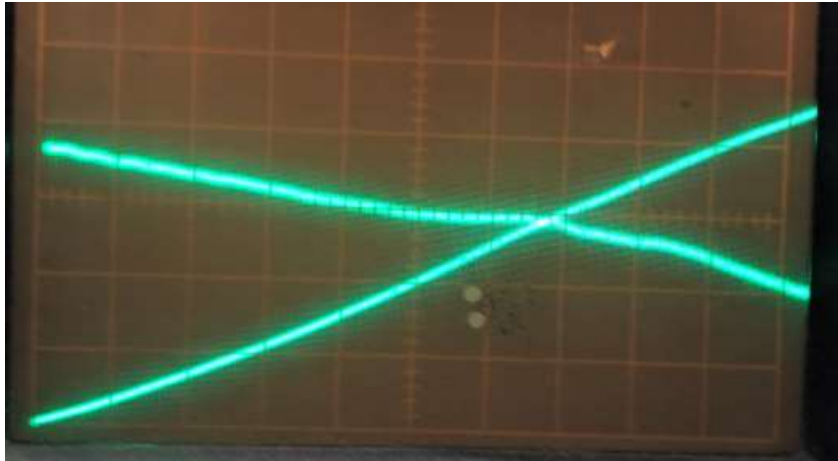
idem tensione scende e corrente sale...



Qui sotto sempre tensione corrente immessa.

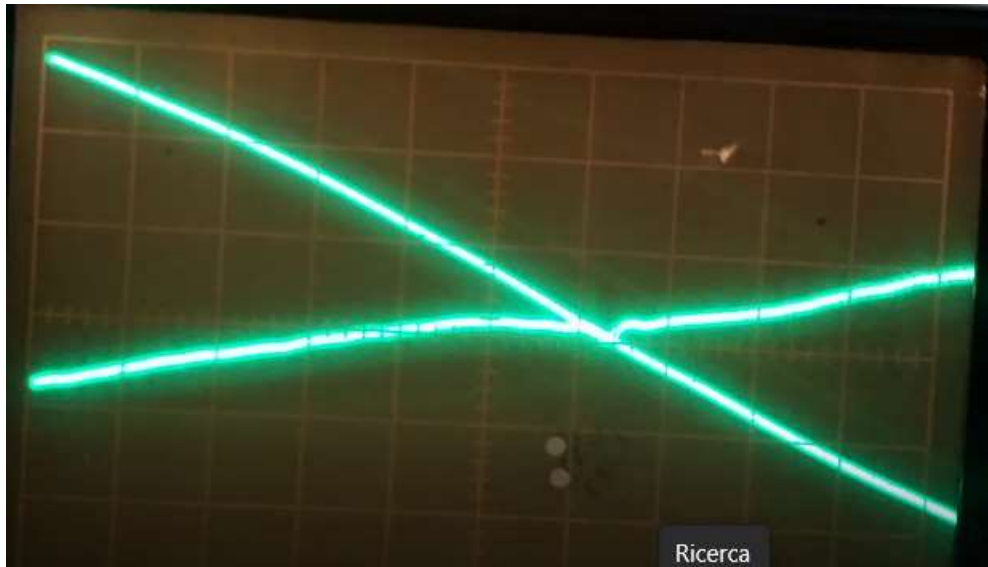


qui sotto sempre un dettaglio nota che la corrente assume un tratto orizzontale..



qui sotto sembra partire una piccola risonanza sulla corrente.





```

InizProd = false;
if (InizReale)
{
  TimCntPrd = 0;
  InizPrdOne = true; // solo una volta dopo InizReale

  // provo a mettere un ritardo di sfasamento di 45 gradi
  TimRitPrd = RetSemiTime / 4;

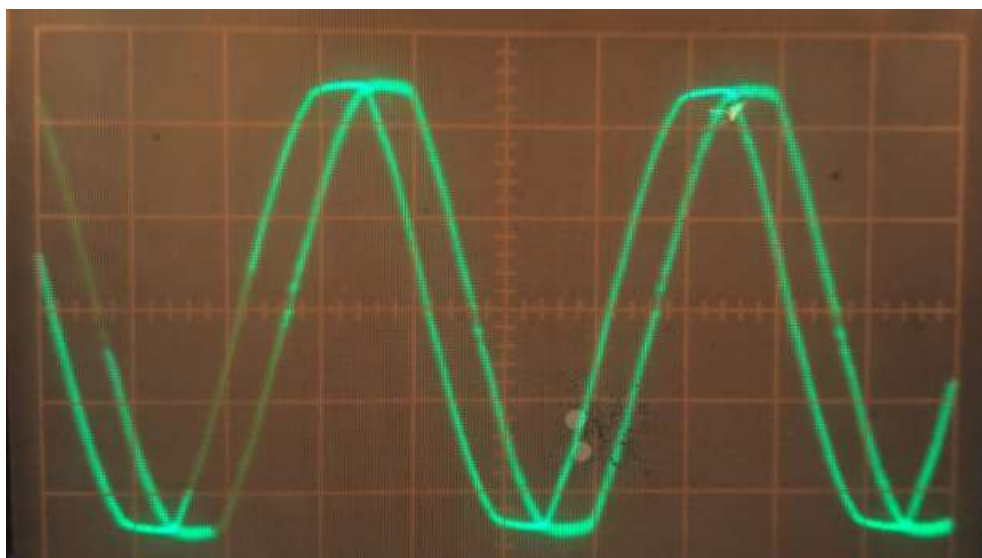
  // è così di 90 gradi non andare oltre...
  // TimRitPrd = RetSemiTime / 2;

}
if (InizPrdOne && TimCntPrd >= TimRitPrd)
{
  InizProd = true; // ok rilevato inizio x semionda ritardata
}

```

< Sta compilando lo sketch...

Qui sotto tensione inverter e tensione rete sfasate di 45 gradi, ovviamente resistenza non collegata! non sta immettendo nulla, brucierebbe !

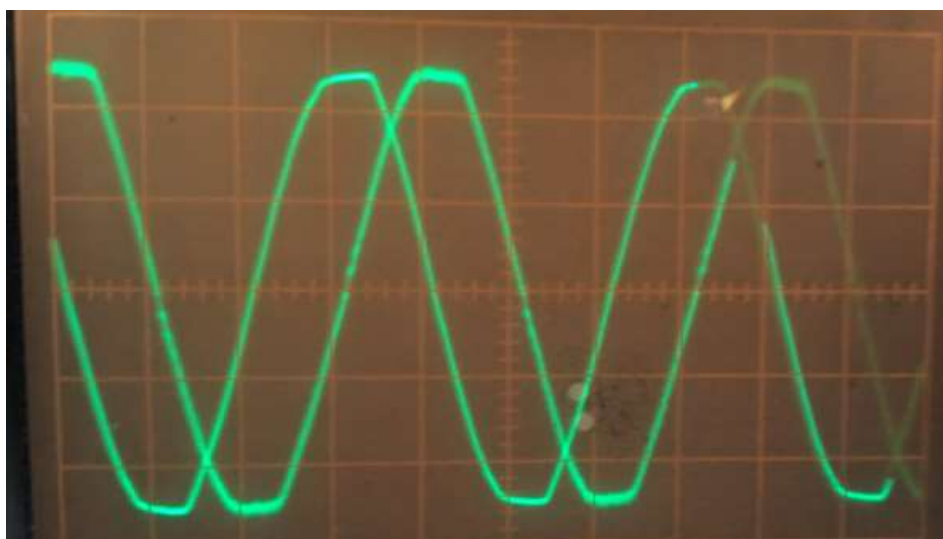


```
// provo a mettere un ritardo di sfasamento di 45 gradi
// TimRitPrd = RetSemiTime / 4;

// è così di 90 gradi non andare oltre...
TimRitPrd = RetSemiTime / 2;

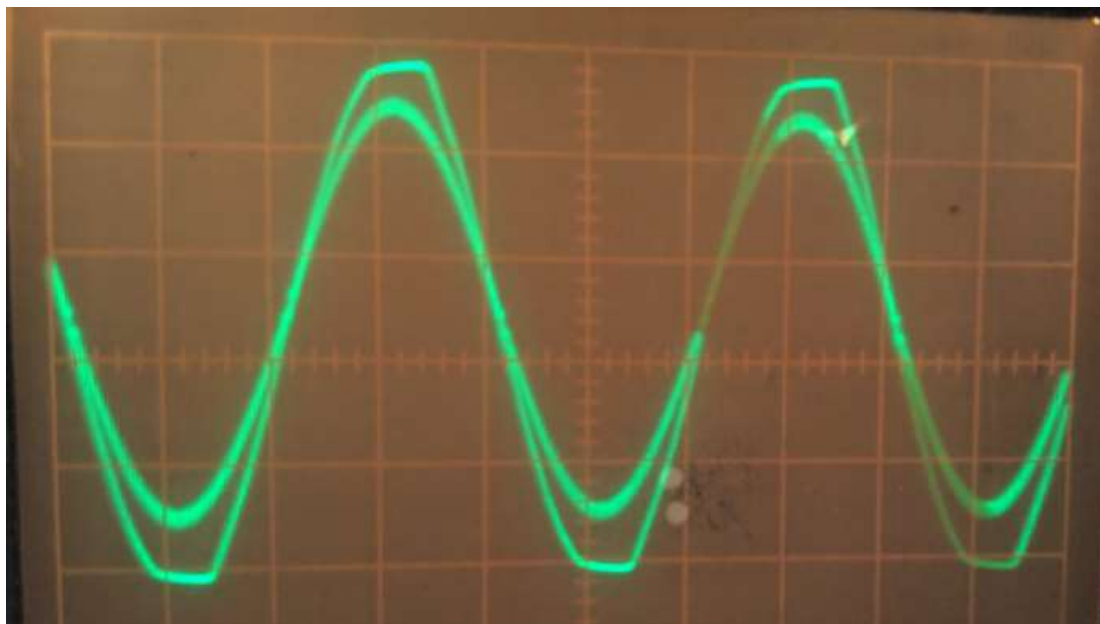
}
if (InizPrdOne && TimCntPrd >= TimRitPrd)
{
    InizPrd = true; // ok rilevato inizio x semionda ritardata
}
<
Cancamento completato
done in 8.009 seconds
```

Qui sotto segnale sfasato di 90 gradi.

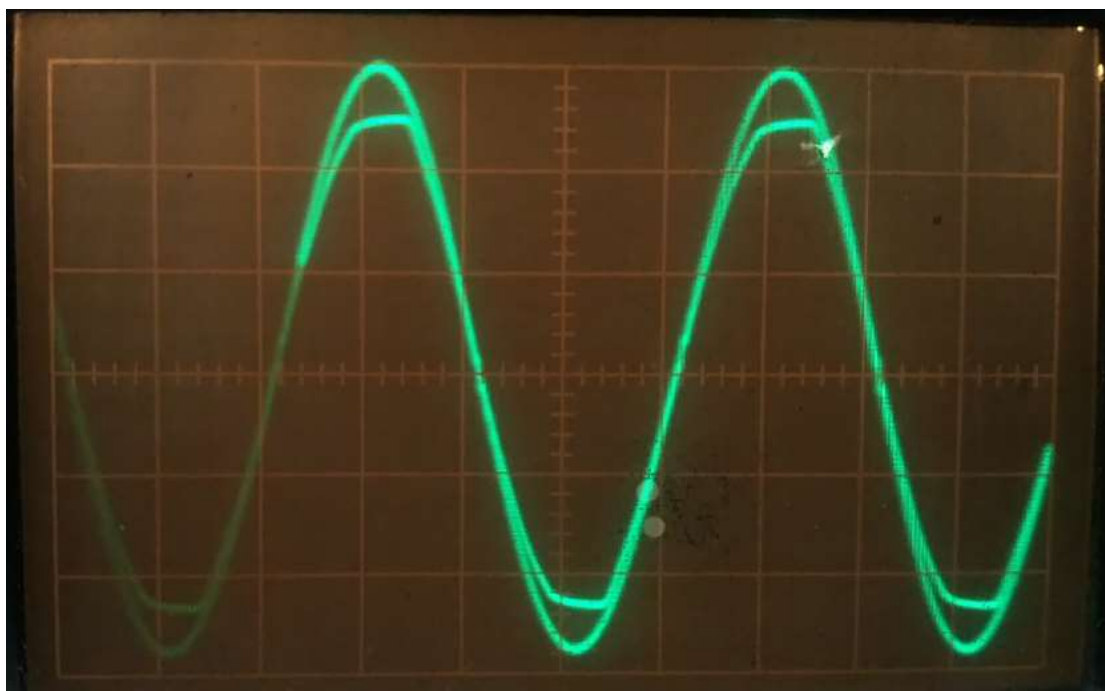


```
Z_51_inv14$ // quando tester su rete indica 230vca la MyTabVret arriva a 1415
if (xvtmp1 < 0) xvtmp1 = 0; // se negativa in tabella allora 0.
xvtmp1 = xvtmp1 * xPCur;
xvtmp1 = xvtmp1 / 1658; // in pratica qui ottiene già il valore pwm che produce la tensione di
*/
// -- Se invece si vuole un onda sinusoidale commenta le righe sopra e scommenta queste 3 righe
xvtmp1 = 1415 * xPCur;
xvtmp1 = Tbsinf[xtid] * xvtmp1;
xvtmp1 = xvtmp1 / 1658;
// passo da V1Pot ad un valore da 500 a 1400 a fare un moltiplicatore da 0.5 a 1.4
xvtmp2 = V1Pot;
xvtmp2 = xvtmp2 * 900;
<
Caricamento completato
Verify 39596 bytes of flash
[=====] 100% (155/155 pages)
Verify successful
done in 8.009 seconds
```

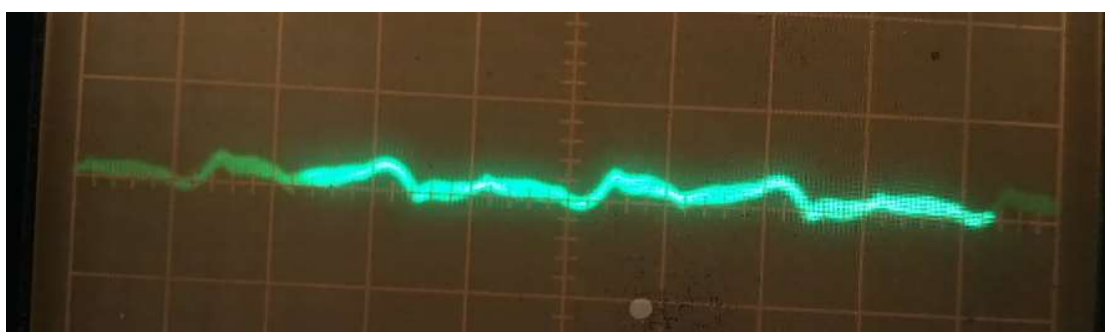
Tensione di rete e segnale sinusoidale prodotto.



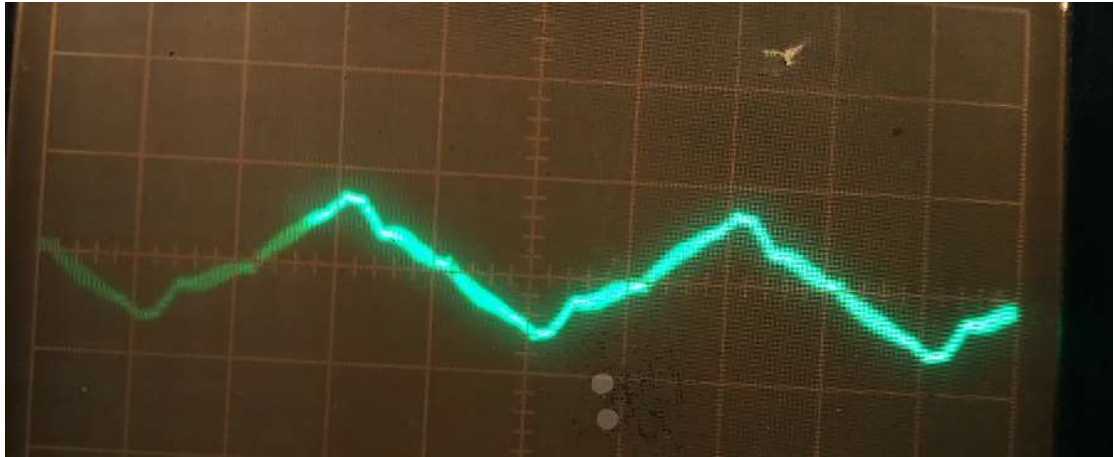
Qui sotto, potenziometro regolato per tensione generata superiore a quella di rete.
(con resistenza collegata immetterebbe)



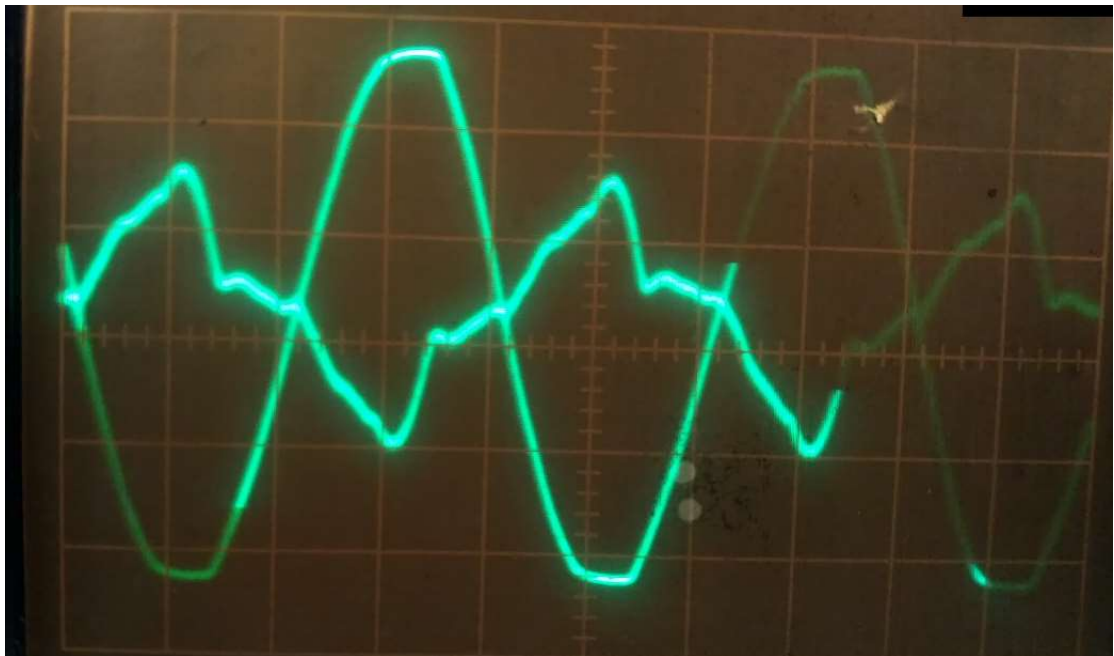
Qui sotto un solo canale su oscilloscopio e collegato per misurare la differenza tra tensione di rete e tensione inverter (potenziometro regolato per cercare di far venire il più a zero possibile il segnale) tensione generata il più possibile coincidente con la rete..



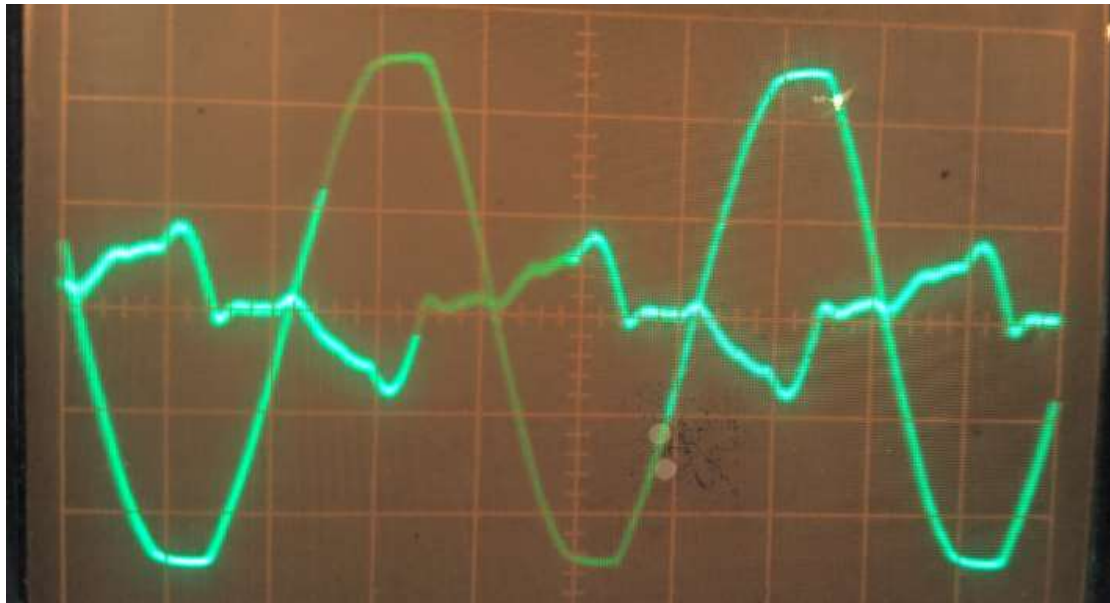
qui sotto è con tensione sinusoidale inverter superiore a quella di rete.



qui sotto resistenza collegata e corrente immessa. (segnale sinusoidale quasi al massimo possibile, ma non in sovramodulazione)



idem abbassato un pochino il potenziometro.



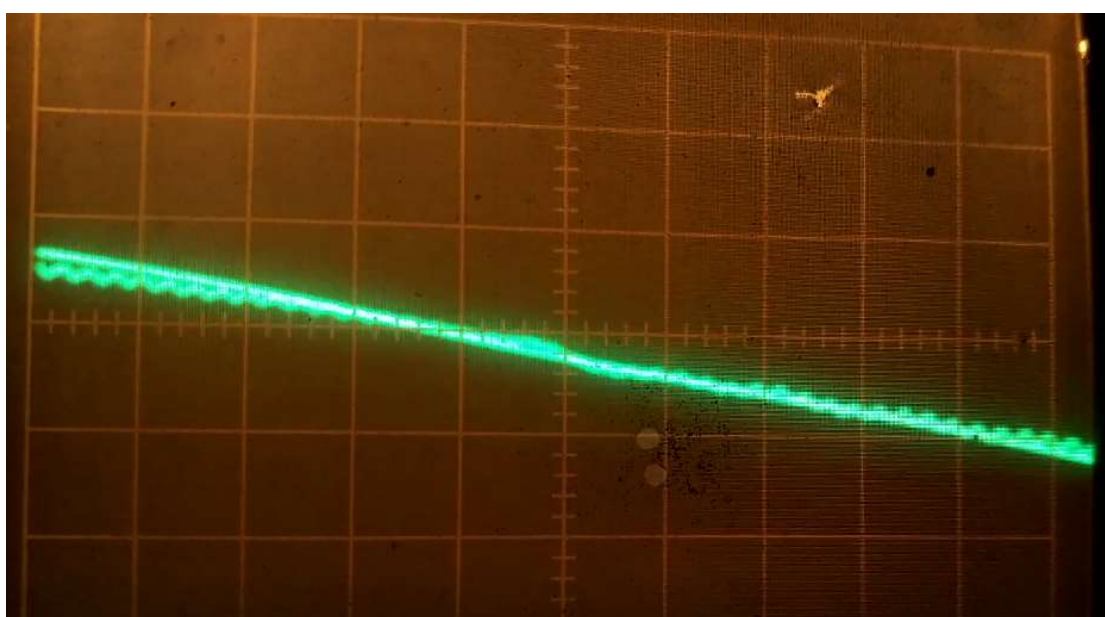
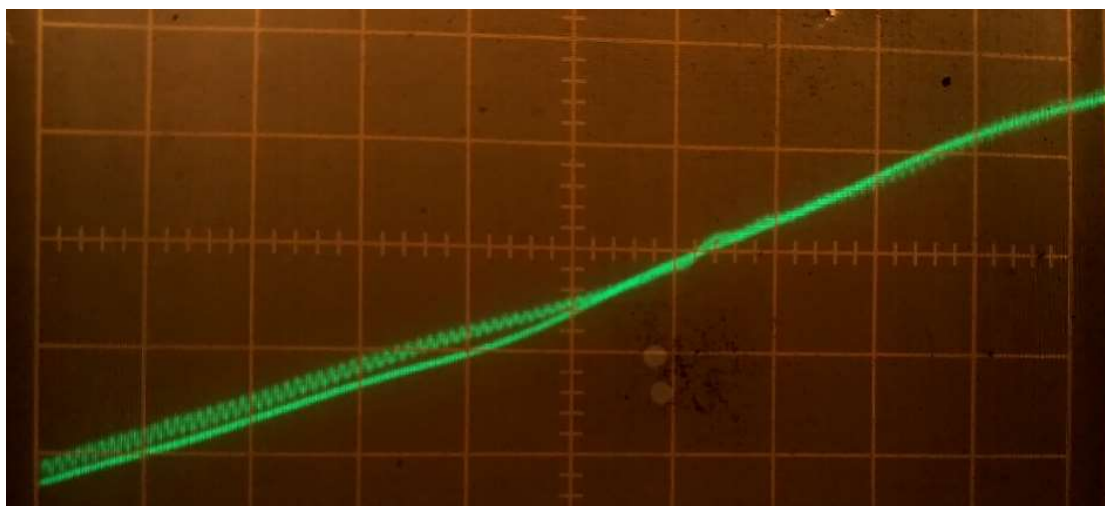
Qui sotto una sofisticazione rilevatasi controproducente in immissione. Utile visivamente nel segnale prodotto ma peggiore in immissione, è meglio durante il passaggio per lo zero avere un momentino di zero nel segnale in uscita...

```
Z_51_inv14
// applico il moltiplicatore da 0.5 a 1.4 senza usare i float..
xvtmp1 = xvtmp1 * xvtmp2;
xvtmp1 = xvtmp1 / 1000;

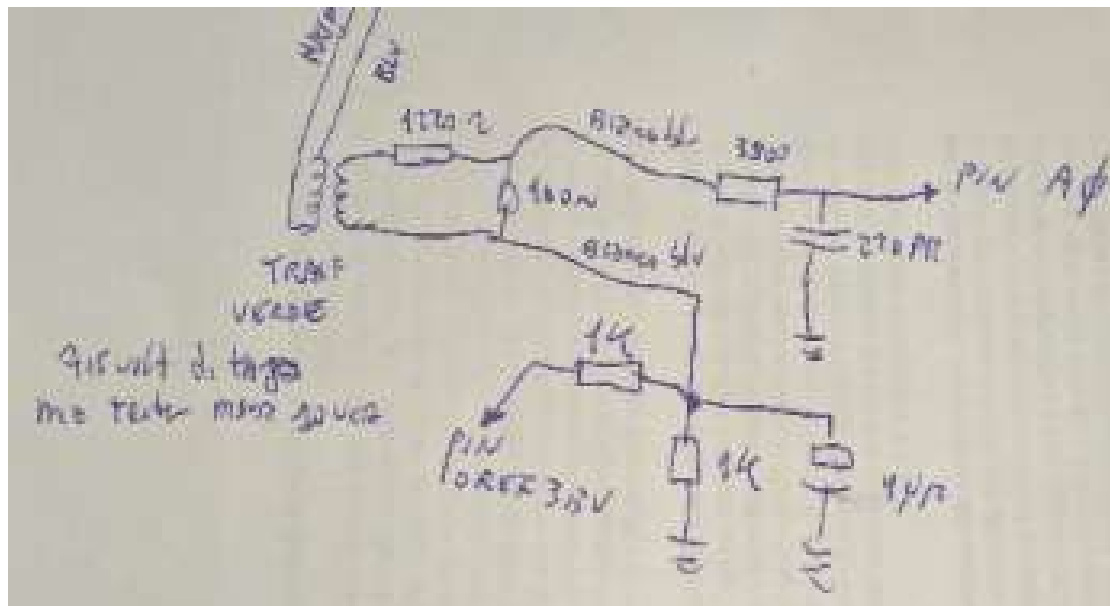
// il dead time lo ho impostato a 0.6 micros, 607 ns.
// in pratica il dead-time accorcia la durata dell'impulso.
// gli IGBT usati da datasheet mediamente allungano la durata impulso di 261 ns.
// gli IGBT usati ritardano un pochino in chiusura e ritardano molto in apertura
// in pratica succede che gli IGBT usati allungano impulso mediamente di 261ns
// avendolo accorciato con dead-time di 607 ns
// Vado qui ad applicare un correttivo di 346 ns.
// Con questo correttivo vado a migliorare il passaggio per lo zero del
// segnale prodotto.

xvtmp1 += 15; // 30 clock a 84mhz sono 357 ns. Quindi correttivo diventa 30/2=15
```

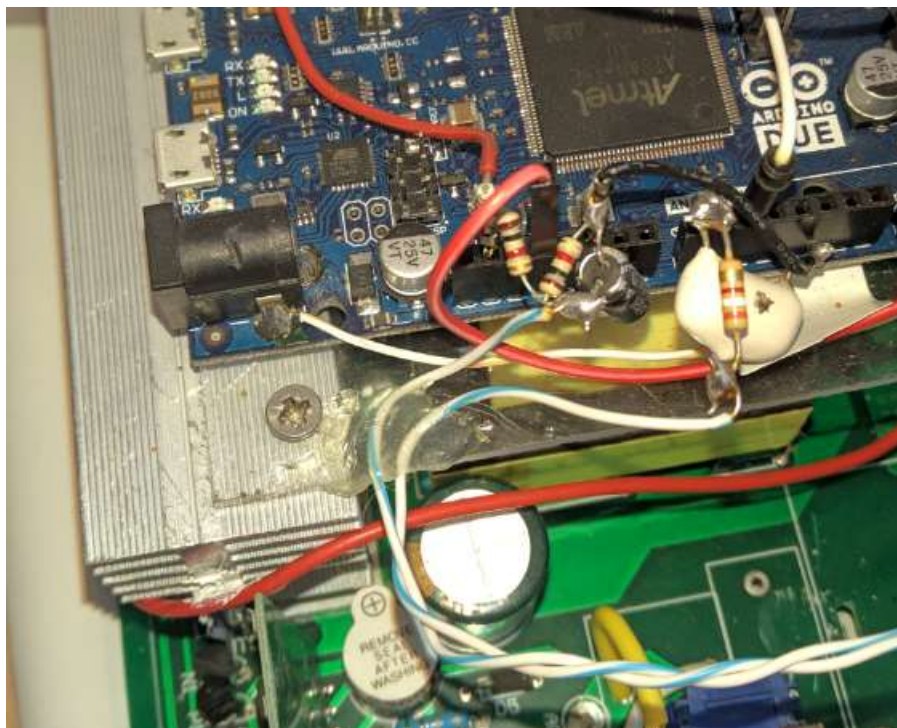
sebbene effettivamente migliora il passaggio per lo zero del segnale prodotto.



Però in immissione poi viene una skifezza ! è meglio durante il passaggio per lo zero avere un momentino di zero nel segnale in uscita... Meglio non mettere nel codice quel `xvtm1 += 15;`



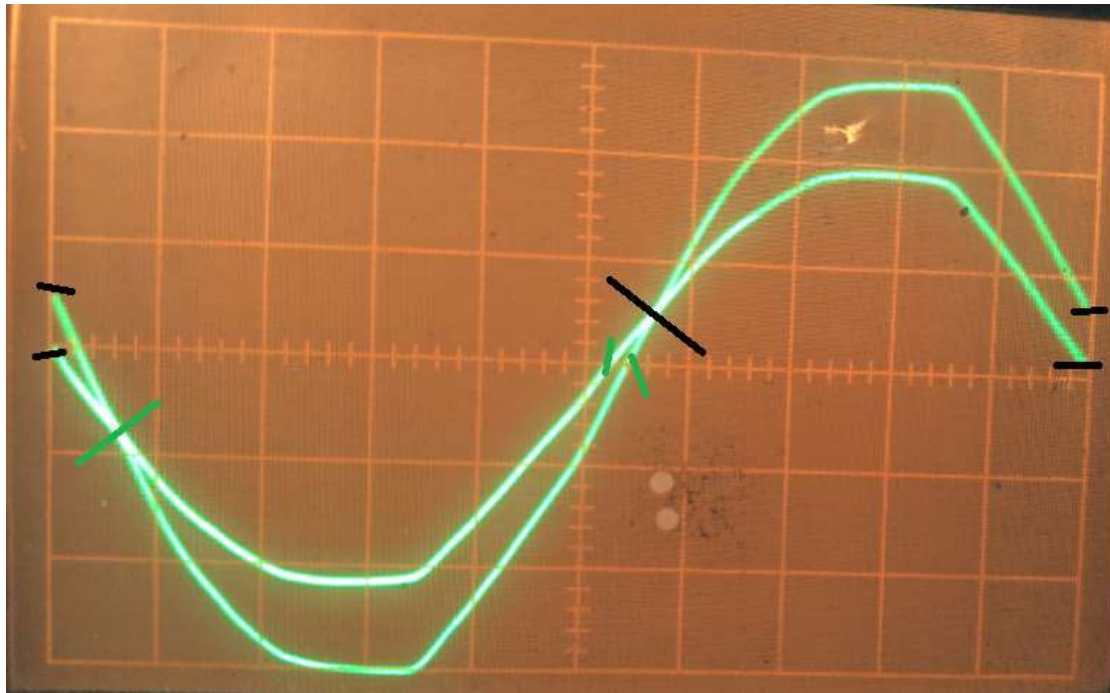
La loref 3.3V viene dimezzato e poi in serie va la tensione alternata abbassata da 10.3vca con il partitore 1220 ohm 100 ohm. Il 3900 ohm con il 220 pf è solo x sicurezza.



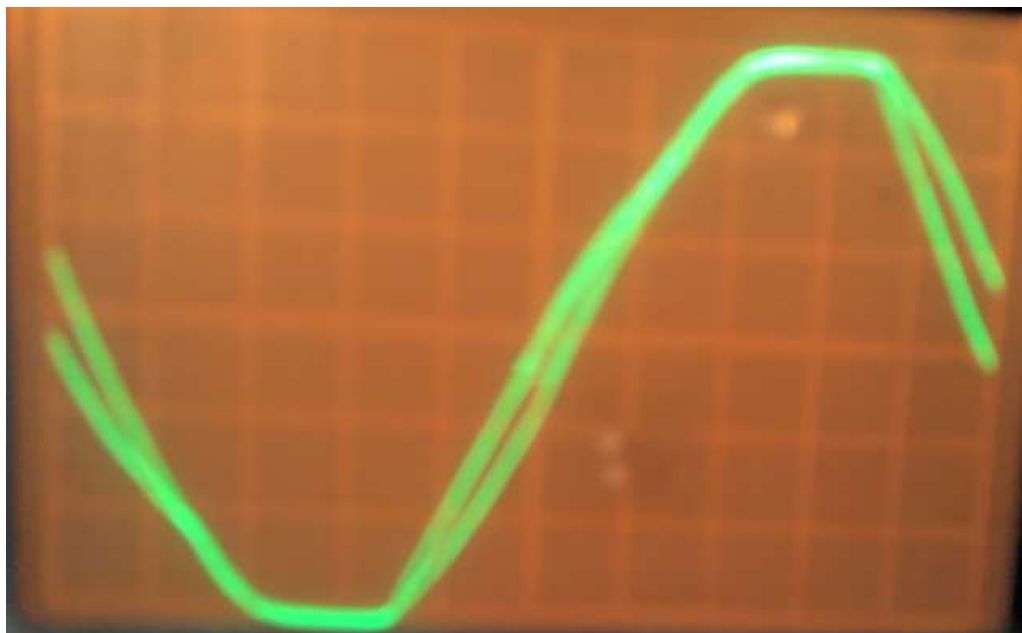
Usare un trasformatore per poter portare la tensione di rete al pin A0 di arduino mi è venuto naturale ma poi ho scoperto che non è così senza effetti collaterali.

Ogni trasformatore non è mai ideale ma sempre reale e come tale introduce delle variazioni rispetto al segnale in entrata. Provate per credere !

Qui sotto primario segnale di ampiezza maggiore, il minore è il secondario.



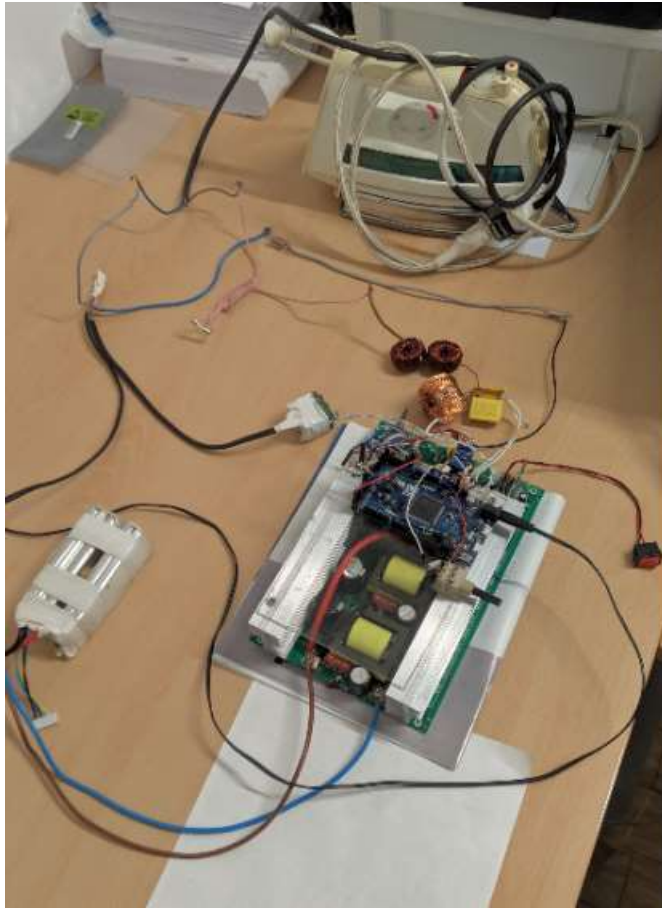
Qui sotto dopo aver calibrato per avere la stessa ampiezza, notare cosa succede al passaggio per lo zero !!!



Nel codice che ho scritto vi è tutta una parte che trasforma il segnale letto al secondario così da ricalcolare il segnale reale al primario. Sono complicazioni che ho trovato strada facendo... Nel codice trovate dei riferimenti a 400 microsecondi, tale è la differenza di tempo nel passaggio per lo zero tra primario e secondario!!

Insomma l'idea di usare un trasformatore non è delle migliori, semplice come

soluzione hardware ma complica poi il software !



E la resistenza da 30 ohm che collega la tensione generata dall'inverter con la rete ?
Quel vecchissimo ferro da stiro che vedete nella foto davanti alla stampante e vicino alle risme di carta !

Ovviamente servirebbe che arduino2 comandasse un rele per poter attaccare e staccare la resistenza.

Ma questo è solo un esperimento ! inoltre non ha senso avere una resistenza di accoppiamento che disperde una parte dell'energia che si vuole immettere in rete abbassando il rendimento!

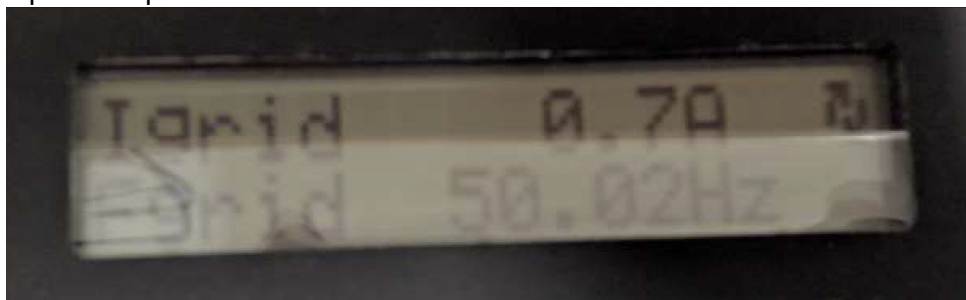
Non fatevi tentare dall'idea di cortocircuitare la resistenza, bruciereste tutto.

In questo esperimento che oramai è diventata per me un avventura ho scoperto che in questo campo vi sono molte cose che non sono esattamente come un non esperto si immagina, è tutto terribilmente più complicato. Infatti x ora non ho trovato in internet nessuno che abbia condiviso un progetto realmente completo e funzionante al 100% al pari di quelli omologati, e nemmeno questo lo è !

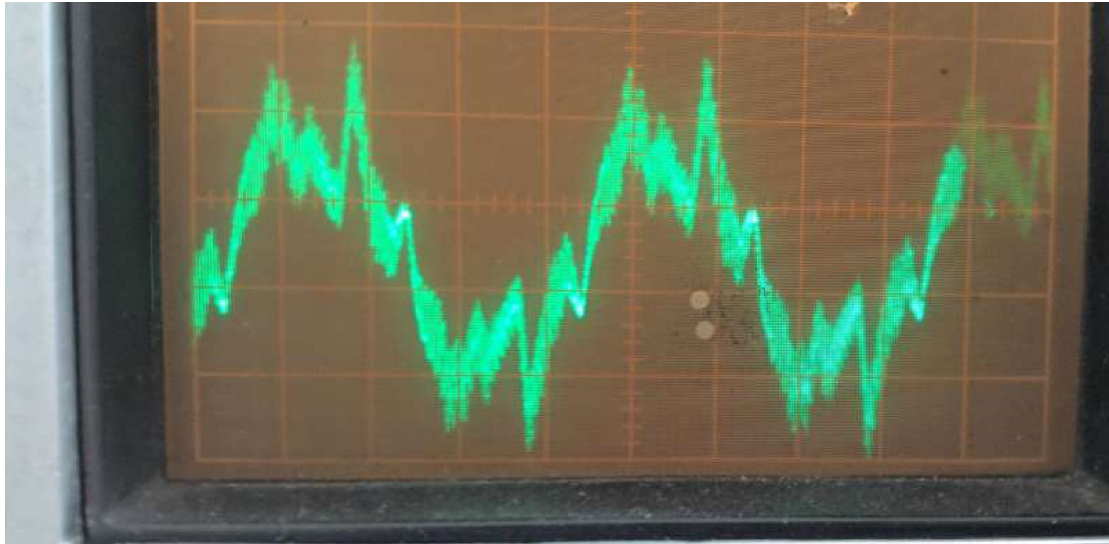
Sono andato ad analizzare come è la corrente immessa in rete di un inverter professionale omologato, ecco qui un aurora power one.



Igrid 0.7 A immette circa 250 Watt come quella immessa dal mio inverter.
Ovviamente questo inverter immette molto di più di 250W, ma qui è un confronto a parità di potenza immessa...



Eccovi la corrente immessa :



Un bel pò diversa da quello che mi aspettavo !

Come anticipato sopra per ora questo esperimento è finito, con dispiacere purtroppo devo sospendere per ora questa avventura che ha sfornato il budget.

Nel lavoro qui fatto manca ancora tutta la parte di anti islanding e molte altre cose da rivedere e rivalutare.