

Rancang Bangun Alat Ukur Kapasitor dan Induktor Digital

Muchamad Taufik

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
E-mail: m_taufik@elect-eng.its.ac.id

Abstrak -- Bagi para mahasiswa yang melakukan penelitian dibidang pemancar dan Antenna akan mempunyai kendala dalam mengetahui nilai kapasitor dan induktor yang akan digunakan, terutama kapasitor variabel yang pada umumnya tidak ditulis nilai kapasitansi pada body kapasitor tersebut. Sedangkan induktor biasanya dibuat sendiri menggunakan kawat email yang dililitkan pada media tertentu sehingga kesulitan dalam mengetahui nilai induktansinya. Peralatan yang ada dipasaran tidak cukup mewadahi kebutuhan para mahasiswa karena tidak dapat mengukur dibawah 100pF untuk kapasitor dan dibawah 200 µH untuk induktor. Dengan bantuan mikrokontroler PIC16F628a pekerjaan pengukuran menjadi mudah. Hasil pengukuran langsung di tampilkan pada LCD. Akurasiya mendekati 100%. Alat ukur yang dibuat ini mempunyai rangkaian yang sederhana, kompo nennya mudah didapat dipasaran dan harga pembuatannya sangat murah. Penggunaan daya listriknya sangat hemat hanya menggunakan bateray 9 Volt alat ini dapat bekerja dengan baik dan stabil, sangat baik digunakan pada pengukuran outdoor.

Kata kunci : Alat ukur Kapasitor dan induktor, Kapasitor Variabel, PIC16F628a

I. PENDAHULUAN

Bagian terpenting dari sebuah pemancar adalah kapasitor dan induktor, kedua komponen ini berfungsi sebagai resonator (*Tank Coil*), filter atau matcher pada pemancar [1]. Kadang kala menemui sebuah kapasitor tanpa identitas sehingga kesulitan untuk tahu nilai aktual dari kapasitor tersebut. Demikian juga dengan Induktor, Kebanyakan para amatir bereksperimen dengan metode coba-coba karena keterbatasan peralatan.

Peralatan yang akan kami buat adalah alat ukur LC atau biasa disebut digital LC meter. LC meter yang dibuat juga dapat diguna kan untuk mengukur kapasitansi pada varactor dengan teknik tertentu. LC meter dirancang sepraktis mungkin hingga Portabel dengan ko sumsi daya 9-12V 0,1 A dan dapat di operasikan dengan satu batere kering 9 Volt.

A. Frekwensi Resonansi

Pada keadaan resonansi maka reaktansi

$$X_L = X_C \quad (1)$$

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC} \quad (2)$$

$$f^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 LC} \quad (3)$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4)$$

Disini terlihat ada tiga variable, jika dua variable diketahui maka variable ketiga dapat dihitung. Misal frekwensi resonansi adalah 5,8 MHz dan kapasitor yang digunakan adalah 50 pF maka Induktansi dapat dihitung:

$$5,8 \cdot 10^6 = \frac{1}{2,3,14\sqrt{L(50 \cdot 10)^{-12}}}$$

$$\sqrt{L(50 \cdot 10)^{-12}} = \frac{1}{6,28 \cdot (5,8 \cdot 10^6)}$$

$$L \cdot (50 \cdot 10)^{-12} = \frac{1}{36,424 \times 10^{12}}$$

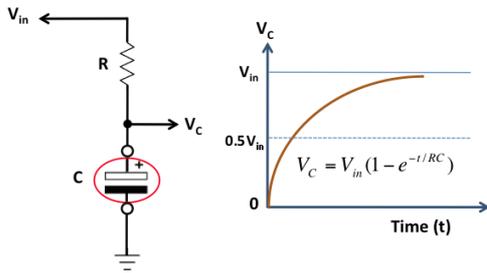
$$L = 54,91 \text{ mH.}$$

B. Osilator

Prinsip kerja osilator berdasarkan pengisian dan pengosongan kapasitor dalam hubungan seri seperti di tunjukkan gambar 1 [1]. Jika V_{in} diberikan maka kapasitor C mulai diisi melalui tahanan R, jika tegangan V_c mencapai puncak ($V_c = 0,5V_{in}$) pengisian C akan berhenti. Kemudian C mulai mengosongkan muatan melalui output V_c menuju rangkaian penguat berikutnya. Pada gambar tampak bahwa R2 dan R3 (picu Schmitt) membuat op-amp bekerja sebagai komparator oleh karena umpan balik yang diberikan oleh R2 dan R3 ber sifat positif. Akibatnya bila tegangan kapasitor sedikit melebihi tegangan

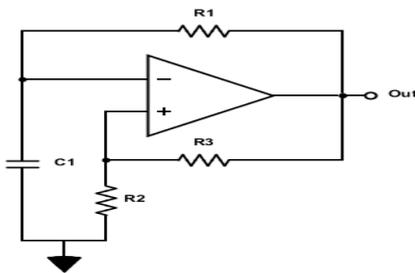
Rancang Bangun Alat Ukur Kapasitor dan Induktor Digital

masukannya non-inverting (+) keluarannya akan berubah keadaannya, yaitu menjadi negatif.

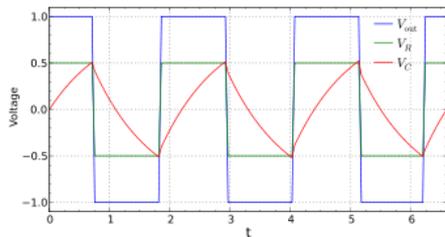


Gambar 1. Prinsip osilator [1]

Kapasitor C1 akan diisi muatan negatif melalui R1. Pada waktu tegangan kapasitor turun di bawah masukan non-inverting (+) keluarannya berubah keadaannya lagi, yaitu menjadi positif. Kapasitor C1 kiri diisi dengan muatan positif. Peristiwa ini terjadi secara berulang dengan periode kira-kira sebesar $T = R_1 C_1$ [1].



Gambar 2. Osilator Relaksasi [1]



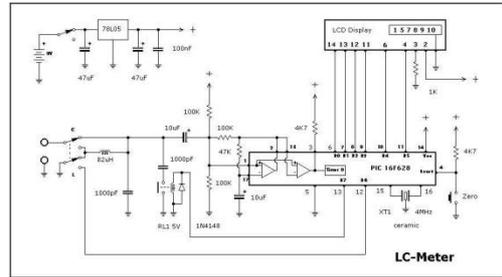
Gambar 3. Bentuk gelombang output Vc dan Vref.

III. PERENCANAAN ALAT

Alat yang akan dibuat ini diharapkan menggunakan konsumsi daya yang rendah dan portabel. Untuk komponen pilihan kami jatuh pada mikrokontroler PIC 16F628a dan LCD 2x16 kedua komponen ini hanya butuh tegangan 5V dc dengan konsumsi arus 50mA.

Bagian utama dari rangkaian diatas adalah osilator unit dan penghitung perbedaan frekwensi yang kemudian di konversi ke nilai kapasitansi dan induktansi. Osilator unit dibentuk oleh dua buah komparator sejenis merupakan bagian dari op-amp internal didalam PIC dimana komponen yang sedang diukur baik C atau L merupakan bagian dari tank coil osilator

tersebut, sehingga dengan mengetahui frekwensi osilasi dan nilai salah satu komponen (L/C) maka nilai komponen yang diukur dapat diketahui.



Gambar 4. Skema LC meter

A. Cara kerja rangkaian

Pada saat tegangan diberikan, pertama PIC akan mencatat frekwensi osilasi F_1 menggunakan Persamaan (5) PIC akan mengaktifkan relay dan melakukan kalibrasi secara otomatis pada saat kalibrasi ini akan diperoleh frekwensi osilasi F_2 menggunakan persamaan (6). Nilai F_1 berbeda dengan F_2 karena ada tambahan C_{cal} sebesar 1000 Pf. Dengan adanya tiga variabel F_1 , F_2 dan C_{cal} maka kita akan mendapat nilai L_1 dan C_1 melalui persamaan (7) dan (8). Nilai F_1 , L_1 dan C_1 tersebut kemudian disimpan oleh PIC dalam memori.

Selanjutnya PIC akan mengirimkan pesan bahwa alat siap melakukan pengukuran. Misalnya kita akan melakukan pengukuran L_x maka switch pengukuran harus dipindahkan ke posisi L, akan diperoleh frekwensi osilasi akibat hubungan seri $L_1 + L_x$ sebesar F_2 ditunjukkan dengan persamaan (9). Dengan mensubstitusikan nilai L_1 dan C_1 ke persamaan (9) maka nilai L_x dapat diselesaikan dengan persamaan (10).

Demikian juga untuk pengukuran C_x maka switch pengukuran harus dipindahkan ke posisi pengukuran C, akan diperoleh frekwensi osilasi akibat $C_1 + C_x$ di dapat F_2 ditunjukkan dengan Persamaan (7), dengan cara yang sama C_x diperoleh dengan persamaan (8).

Proses perhitungan tersebut dilakukan secara periodik oleh PIC sehingga hasil pembacaan selalu ter-update ke LCD.

Saat kalibrasi Berlaku persamaan:

$$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \tag{5}$$

$$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 (C_1 + 1000)}} \tag{6}$$

$$C_1 = \frac{1}{4\pi^2 L_1 F_2^2} - 1000 \tag{7}$$

$$L_1 = \frac{1}{2\pi F_1^2 C_1} \tag{8}$$

Saat Pengukuran L_x berlaku persamaan :

$$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_x)C_1}} \quad (9)$$

$$L_x = \frac{1}{4\pi^2 C_1 F_2^2} - L_1 \quad (10)$$

Saat Pengukuran C_x Berlaku persamaan :

$$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1(C_1 + C_x)}} \quad (11)$$

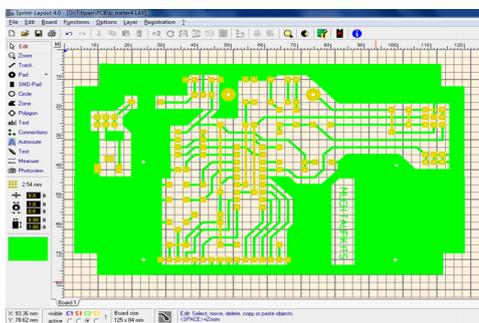
$$C_x = \frac{1}{4\pi^2 L_1 F_2^2} - C_1 \quad (12)$$

Ketelitian pengukuran ditentukan oleh penggunaan C dan C_{cal} sebesar 1000 Pf dianjurkan menggunakan kapasitor jenis Polys tyrene atau MKM atau jenis NPO (ada tanda hitam dibagian kepala) jangan menggunakan jenis keramik. Dua kapasitor polar dianjurkan menggunakan jenis Tantalun agar di peroleh induktansi dan resistansi dalam yang kecil.

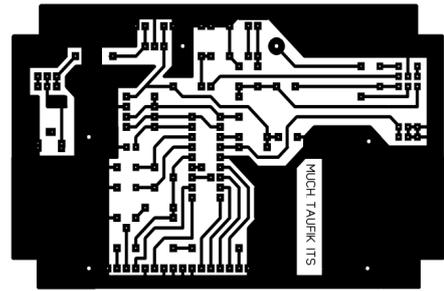
Kristal 4 MHz harus dipilih yang tepat terbaca 4,000 MHz kesalahan sebesar 1% pada Kristal akan mengakibatkan kesalahan pada pengukuran sebesar 2%. Untuk mengurangi beban PIC dianjurkan menggunakan Relay dengan kosumsi arus yang rendah karena PIC hanya mampu mengeluarkan arus Max 30 mA.

B. Pembuatan alat

Pertama yang dibuat adalah membuat papan rangkaian atau membuat PCB dari rangkaian yang di rencanakan, Dengan menggunakan software sprint layout 4.0 yang didapat secara gratis di internet. Dan hasilnya seperti tampak dibawah ini.



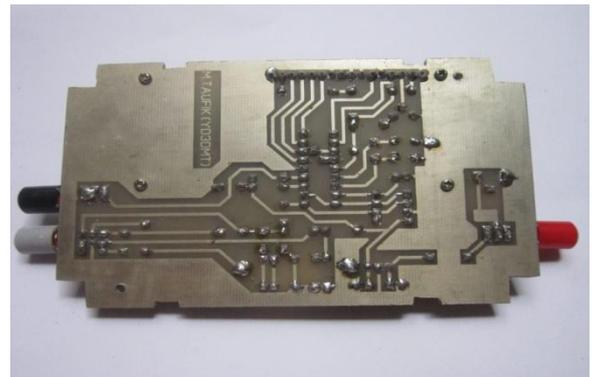
Gambar 5. Lay-out PCB software



Gambar 6. PCB Yang direncanakan



Gambar 7. Tata letak komponen



Gambar 8. Solder Side



Gambar 9. Tata letak komponen + LCD

Rancang Bangun Alat Ukur Kapasitor dan Induktor Digital



Gambar 10. Tata letak komponen dalam box



Gambar 11. Desain akhir LC meter

Untuk mempermudah pengukuran, maka harus dibuatkan tatakan penghubung (plate penghubung) yang dipasangkan dengan LC meter.



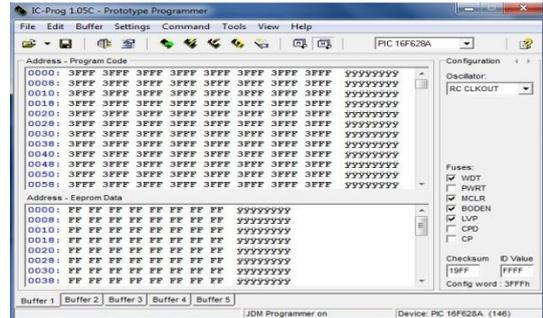
Gambar 12. Plate penghubung



Gambar 13. LC meter lengkap dengan plate penghubung

C. Software

Agar Mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan yang kita kehendaki, maka perlu software yang terinstal didalamnya, Baris baris perintah dari persamaan 5-12 ditulis dalam bahasa assemble, dari file assemble kemudian di konversikan ke file HEX, file hex ini yang akan diisikan ke Mikrokontroler menggunakan Pic Programmer, dari personal computer (PC) atau laptop yang terhubung dengan PIC writer menggunakan antar muka RS 232[2-4].



Gambar 14. PIC Programmer



Gambar 15. PIC Writer menggunakan RS232.

IV. PENGUKURAN

Sebelum melakukan pengukuran LC meter harus di kalibrasi dulu untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat.



Gambar 16. Kalibrasi sebelum pengukuran



Gambar 17. LC meter siap mengukur



Gambar 18. Pengukuran kapasitor



Gambar 19. Pengukuran Induktor

Pengukuran dilakukan dengan berbagai jenis kapasitor dan Induktor yang didapat di toko elektronik yang ada di pasaran didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Induktor.

Pengukuran Induktor		
Nilai Aktual	Toleransi ±10%	Hasil Pengukuran
10 µH	9.9 – 11 µH	10.35 µH
15 µH	13.85–16.5 µH	15.74 µH
30 µH	27 – 33 µH	27.36 µH
50 µH	45 – 55 µH	45.64 µH
100 µH	90 – 110 µH	106 µH

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kapasitor Milar

Pengukuran Kapasitor Milar		
Nilai Aktual	Toleransi ±10%	Hasil Pengukuran
1 nF	0.9 – 1.1 nF	0.998 nF
10 nF	9 – 11 nF	10.55 nF
33 nF	29.7 – 36.3 nF	32.92 nF
47 nF	42.3 – 51.7 nF	46.39 nF
100 nF	90 – 110 nF	101.1 nF

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kapasitor Keramik

Pengukuran Kapasitor Keramik		
Nilai Aktual	Toleransi ±10%	Hasil Pengukuran
5.6 pF	5.04 - 6.16 pF	5.600 pF
200 pF	180 - 220 pF	200.900 pF
2 nF	1.98 - 2.20 nF	1.964 nF
10 nF	9.00 - 11.0 nF	10.64 nF
22 nF	17.80–24.2 nF	21.97 nF

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kapasitor NPO

Pengukuran Kapasitor NPO		
Nilai Aktual	Toleransi ±10%	Hasil Pengukuran
1.0 pF	0.9 – 1.1 pF	0.97 pF
1.2 pF	1.08–1.32 pF	1.15 pF
1.8 pF	1.62–1.98 pF	1.78 pF
2.5 pF	2.2 2.75 pF	2.43 pF
2.7 pF	2.43–2.97 pF	2.6 pF
3.3 pF	2.97–3.63 pF	3.2 pF
43 pF	38.7–47.3 pF	42.7 pF
150 pF	135–65 pF	149.40 pF

V. KESIMPULAN

Dari pengalaman dan pengamatan yang dialami selama pembuatan peralatan ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

A. Keunggulan alat ini

1. Dapat Dibuat sendiri karena rangkaiannya sangat sederhana dan komponennya mudah didapat dipasaran.
2. Biayanya pembuatannya relatif Murah.
3. Kosumsi daya yang rendah dapat bekerja dengan bateray 9V sehingga mudah dibawa kemana-mana.
4. Mudah digunakan.
5. Hasil pengukurannya langsung ditampilkan dan Ketelitiannya mendekati 100%.

B. Kekurangan alat ini

1. Batas ukur alat ini hanya dapat untuk mengukur kapasitor antara 1 pF sampai dengan 0,9 µF sedangkan untuk mengu kur Induktor hanya dapat digunakan dari 1 µH sampai dengan 100 mH.
2. Kesting (Box) masih sederhana perlu dipercantik agar lebih menarik.

C. Pengembangan di masa akan datang

1. Dengan dukungan Mikrokontroler yang me madai maka batas ukur Alat ini dapat diting katkan sesuai dengan kebutuhan kita untuk pengukuran kapasitor antara 1 pF sampai dengan 2000 µF sedang untuk mengukur Induktor 1 nH sampai dengan 99 mH
2. Dapat diproduksi untuk kalangan terbatas.

D. Cara penggunaan peralatan.

1. Sambungkan sumber tegangan 12V.
2. Sambungkan Plate penghubung pada terminal alat ukur L-C meter.
3. On kan peralatan dengan menekan tombol on/off

Rancang Bangun Alat Ukur Kapasitor dan Induktor Digital

Untuk mengukur Kapasitor (C).

1. Atur selektor pada posisi C.
2. Tekan CAL pada peralatan untuk kalibrasi.
3. Jika display menunjuk 0.0 berarti alat siap untuk digunakan.
4. Hubungkan kapasitor yang akan diukur pada plate penghubung, hasil pengukuran akan ditampilkan pada display LCD.

Untuk mengukur Induktor (L).

1. Pindah selektor ke posisi Induktor (L).
2. Hubungkan induktor (L) yang akan diukur pada plate penghubung, hasil pengukuran akan nditampilkan pada LCD.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malvino, Albert Paul, *Prinsip-prinsip Elektronika*, Edisi Kedua, Erlangga Jakarta,1994.
- [2] Moh. Ibnu Malik, Anistardi, *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*, Elek Media Komputindo, Jakarta, 1997.
- [3] Paulus Andi Nalwan, *Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2003.
- [4] Putra, Agfianto Eko, *Belajar Mikrokontroler aT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)*, Penerbit Gava Media, Yogyakarta, 2002.