

Three Phase Multi-Function Energy Metering IC with Serial Port Using ADE7754 Integrated Circuit

**Ing. Cătălin Galu, Asist.drd.ing. Mihai Timiș
and Ing. Adrian Cosmici
Technical University “Gh.Asachi” Iași
mtimis@cs.tuiasi.ro, adi@cs.tuiasi.ro**

ABSTRACT. The ADE7754 is a high accuracy three-phase electrical energy measurement IC with a serial interface and a pulse output. The ADE7754 incorporates second order sigma delta ADCs, reference circuitry, temperature sensor, and all the signal processing required to perform Active Energy measurement, Apparent Energy measurement and RMS calculation. The ADE7754 provides different solutions to measure Active and Apparent Energy from the six analog inputs thus enabling the use of the ADE7754 in various Power meter services as 3-phase 4-wire, 3-phase 3-wire but also 4-wire delta. In addition to RMS calculation, Real and Apparent power informations, the ADE7754 provides system calibration features for each phase, i.e., channel offset correction, phase calibration and power calibration. The CF logic output gives instantaneous real power information. The ADE7754 has a waveform sample register which enables access to ADC outputs. The part also incorporates a detection circuit for short duration low or high voltage variations. The voltage threshold levels and the duration (no. of half line cycles) of the variation are user programmable.

Keywords: ADE7754, I2C, Active Energy, Apparent Energy, Micro-controllers, Serial Interface, Real Power, Apparent Power

Circuitul ADE7754 oferă performanțe mai bune decât specificațiile IEC1036, eroare mai mică de 0,1% peste tot domeniul. Acesta furnizează energie reactivă, semnal energie reactivă, energie aparentă, calcularea simultană a valorii efective (RMS) pentru cele 6 canale de intrare (3 curenți și 3 tensiuni), detecție vârfuri (de curent, de tensiune), SAG (detecție pentru

limite de tensiune), perioada tensiunii de linie, temperatura. Pentru aceasta, circuitul dispune de 24 pini, tensiunea de alimentare este de +5V, frecvența de operare este $\partial = 10MHz$, domeniul de intrare de 500mV cu PGA=1,2 sau 4 pentru toate canalele.

Analog front end:

- ADC-uri $\epsilon\Delta$ de ordinul II pe 16 biți
- Eroare de liniaritate mai mică de 0,1% pe tot domeniul
- Banda de frecvență: 14KHz.

Current sensor connection:

- Factorul de amplificare de pe intrare până la 4
- Compuere de fază pentru traductoarele de curent de $\pm 0,5^\circ$ max. cu un increment de $0,02^\circ$ la 50Hz.

Digital solution:

- Configurabilitate maximă prin intermediul comunicării seriale și a regiștrilor interni
- Necesitatea doar a unui singur punct de calibrare pentru a se atinge o acuratețe de 0.5% din energia activă.

RMS measurement:

- Măsurarea simultană a 3 tensiuni și 3 curenți prin intermediul unor regiștri de 24 de biți

$$\begin{matrix} \text{tensiuni} & \begin{bmatrix} AIRMS \\ BIRMS \\ CIRMS \end{bmatrix} & \text{curenti} & \begin{bmatrix} AVRMS \\ BVRMS \\ CVRMS \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- Posibilitatea de compensare a offseturilor și zgomotului pentru a se obține o măsurare precisă a RMS.

$$\begin{matrix} \text{tensiuni} & \begin{bmatrix} AIRMSOS \\ BIRMSOS \\ CIRMSOS \end{bmatrix} & \text{curenti} & \begin{bmatrix} AVRMSOS \\ BVRMSOS \\ CVRMSOS \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- Eșantionarea în timp real a formelor de undă la 4 frecvențe de eșantionare diferite.

Energia Activă (Active Energy) [W]

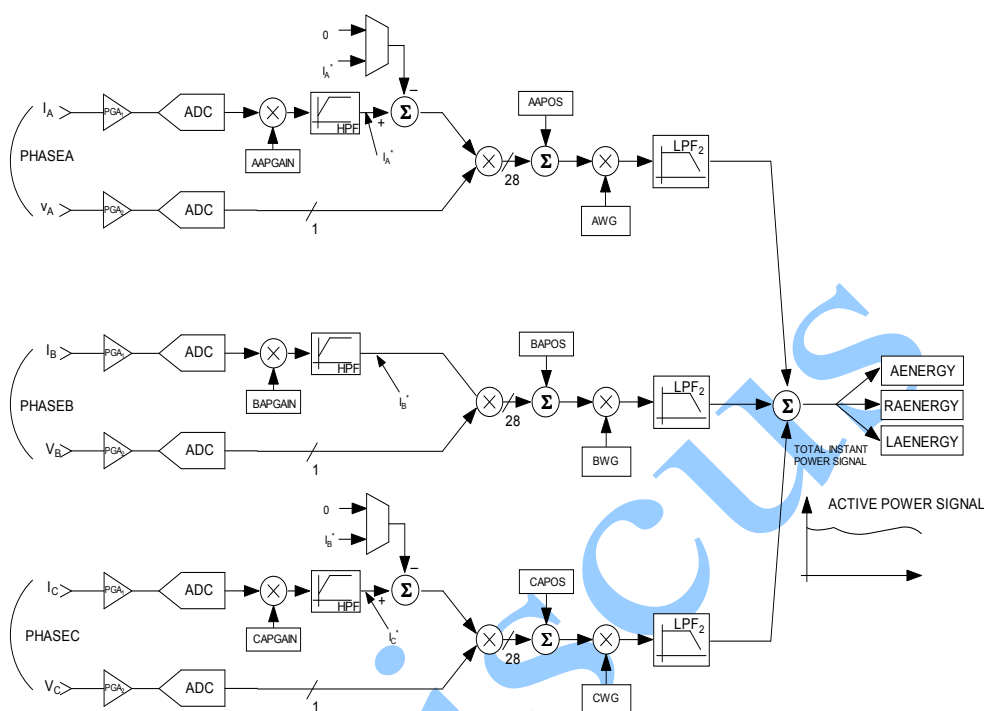


Fig.1

ANSI	FORM	WATNOD	WATSEL
5S/13S	3 WIRE DELTA	0	3 sau 5 sau 6
6S/14S	4 WIRE WYE	1	5
8S/15S	4 WIRE DELTA	2	5
9S/16S	4 WIRE WYE	0	7

Fig.2

- Total Active Energy acumulată într-un registru de 24 de biți => echivalentul a 88S of Energy at Full Scale
- HPF- activat elimină orice offset DC
- Câștig reglabil pentru calibrare => se pot implementa mai multe regimuri de plată a consumului
- Diferite moduri de integrare a energiei active în diferite configurații de măsură:
 - Mod 1: 3F cu 4 fire
 - Mod 2: 3F cu 4 fire – cu 2 senzori de tensiune
 - Mod 3 : 3F cu 3 fire Δ
 - Mod 4 : 3F cu 4 fire Δ .

Energia Aparentă (Apparent Energy)[VA]

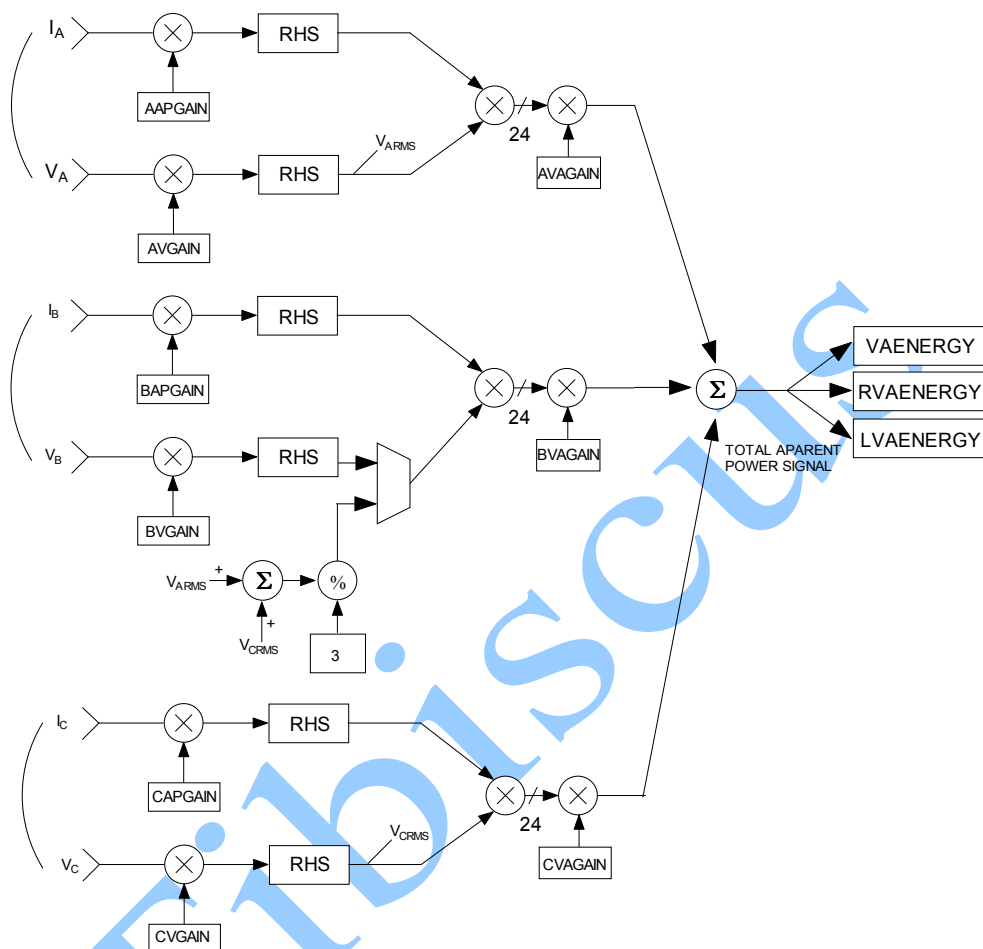


Fig.3

- Puterea aparentă este calculată utilizând formula: $VA = V_{RMS} * I_{RMS}$
- Toatal Apparent Energy într-un registru de 24 biți => echivalentul a 131S of Energy at Full Scale
- Câștig regabil pentru calibrare => se pot implementa mai multe regimuri tarifare
- Diferite moduri de integrare a energiei aparente în diferite configurații de măsură:
 - Mod 1: 3F cu 4 fire
 - Mod 2: 3F cu 4 fire – cu 2 senzori (traductori)de tensiune

- Mod 3 : 3F cu 3 fire Δ
- Mod 4 : 3F cu 4 fire Δ .

Energia Activă și Aparentă - Calibrare

- Principiu: Acumularea de energie activă (reală) și Energie aparentă pe parcursul a N perioade ($N < 16384$) și la sfârșit activarea întreruperii IRQ prin care se citește rezultatul integrării.

Avantaje:

- rejectează efectul de ripple al frecvenței ($2 * v$ liniei) în cadrul măsurării energiei
- timp scurt de calibrare.

Energia Reactivă (VAR)

- Se poate citi direct semnul energiei reactive (din LVARENERGY [23:0])
 $PF = \text{sign}(LVARENERGY) * LAENERGY / LVAENERGY$
- Semnul energiei reactive indică tipul sarcinii, inductive sau capacitive
- Pentru îmbunătățirea preciziei, LVARENERGY este reîmprospătată (update) în mod sincron cu un număr programat egal cu 1/2 perioadă de rețea.

Metodă de măsurare a Energiei Reactive și a Factorului de putere incluzând armonicile

Vom aborda metoda de măsurare prin utilizarea sincronă VAh și Wh, descrise în ecuațiile de mai jos:

$$Varh = \sqrt{(VAh^2 - Wh^2)} = \sqrt{LVAENERGY^2 - LAENERGY^2}$$

$$PF = \text{sign}(LVARENERGY) * LAENERGY / LVAENERGY$$

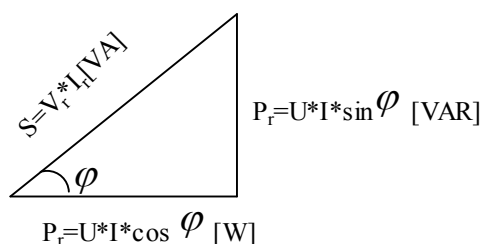


Fig.4

unde unghiul φ are următoarea ecuație: $tg(\varphi) = \frac{PutereaActiva}{PutereaReactiva}$

Sarcina inductivă pentru $PF > 0$, iar sarcina exponență pentru $PF < 0$, după cum reiese din figura de mai jos.

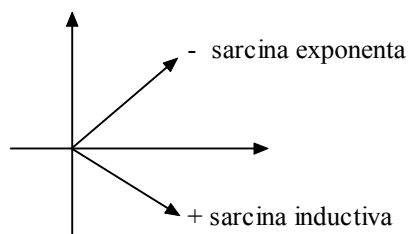


Fig.5

Masurarea Temperaturii

Registru de temperatură (TEMP) are dimensiunea de 8 biți și se găsește la adresa 0x08.

Configuratia Sistemului de Măsurare

Mode 1: 3 Phase 4-Wire Wye service

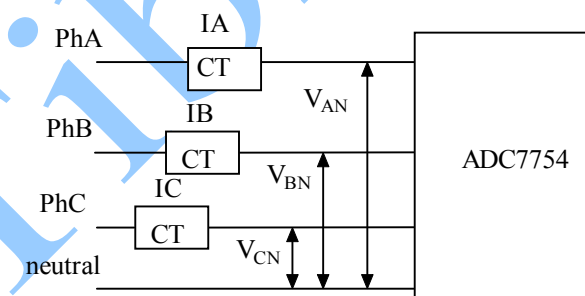


Fig.6

$$TotalActivePower = V_{AN} \cdot I_A + V_{BN} \cdot I_B + V_{CN} \cdot I_C$$

$$TotalApparentPower = V_{ANrms} \cdot I_{Arms} + V_{BNrms} \cdot I_{Brms} + V_{CNrms} \cdot I_{Crms}$$

Mode 2: 3 Phase 4 Wire Wye service + 2 voltage sensors

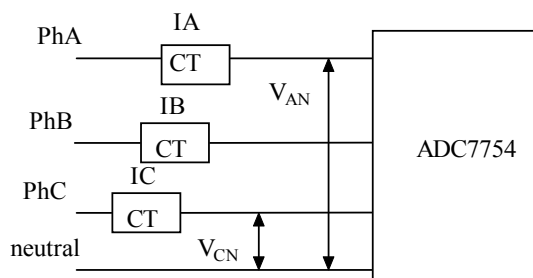


Fig.7

$$TotalActivePower = V_{AN} \cdot (I_A - I_B) + V_{CN} \cdot (I_C - I_B)$$

$$TotalApparentPower = V_{ANrms} \cdot I_{Arms} + \frac{V_{ANrms} + V_{CNrms}}{2} \cdot I_{Brms} + V_{CNrms} \cdot I_{Crms}$$

Mode 3: 3 Phase 3 Wire Delta service

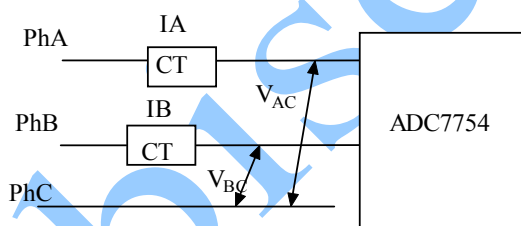


Fig.8

$$TotalActivePower = V_{AN} \cdot I_A + V_{BC} \cdot I_B$$

$$TotalApparentPower = V_{ACrms} \cdot I_{Arms} + V_{BC} \cdot I_{Brms}$$

Mode 4: 3 Phase 4Wire Delta service

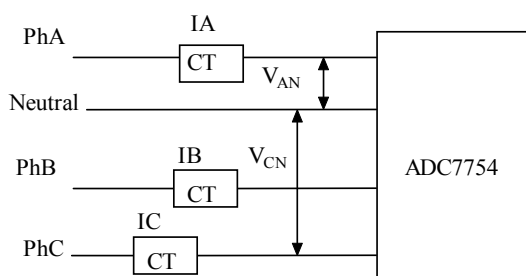


Fig.9

$$TotalActivePower = V_{AN} \cdot I_A - V_{AN} \cdot I_B + V_{CN} \cdot I_C$$

$$TotalApparentPower = V_{ANrms} \cdot I_{Arms} + V_{BNrms} \cdot I_{Brms} + V_{CNrms} \cdot I_{Crms}$$

Schema generală a sistemului

ADE7754: A programmable solution for Polyphase Energy measurement

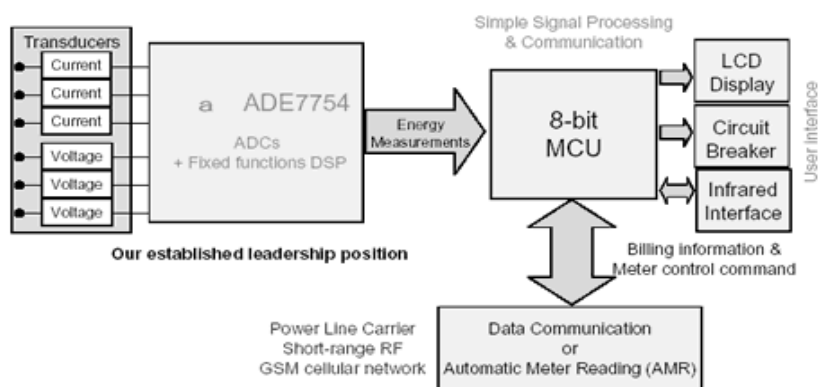


Fig.10

Bibliografie

- [ADB02] *Analog Devices Databook*, 2002 - www.analog.com
- [Ana**] www.analog.com/devices
- [Cla93] **C. R. Clare** – *Designing Logic Systems Using State Machine*, 1993
- [PFL95] *Principles of Fundamental Logic Design*, New York, 1995