

# МНОГОКАНАЛЕН ШИРОКОЧЕСТОТЕН ИЗМЕРВАТЕЛ НА БИОИМПЕДАНС С ЛОГАРИТМИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Иво Цветанов Илнев – Технически Университет, София

Серафим Димитров Табаков – Технически Университет, София

**Abstract: Multichannel device for bioimpedance measurement with logarithmic characteristic.** *Bioelectrical impedance measurement has become widely used method with various applications in physiological and clinical investigations. Its measurement results are often analyzed using the Cole-Cole model in an attempt to relate its parameters to structural or physiological characteristics of the studied object.*

*A new approach by using specific hardware solution is presented. The implementation of the LOG AMP (AD640), increase measurement accuracy of the impedance in low range ( $<10 \Omega$ ).*

## Увод

Голям брой биомедицински изследвания се основават на измерването и регистрирането на промени на биоелектричния импеданс на органи и тъкани [1,2]. Като предимства на метода могат да бъдат посочени удобството, простотата и неинвазивността на метода, подобно на електрокардиографията. Биоелектричния импеданс има постоянна компонента  $Z_0$  и променливи компоненти  $\Delta Z$  и  $dZ/dt$ . Последните зависят от различни фактори, като например от дишането, сърдечната дейност и др. Най-разпространени от методите за изследване са целотелесната импедансметрия - за оценка баланса на течностите, импедансната респирография - за изследване на дишането, мозъчната реография и импедансната кардиография.

Едно от най-честите и важни приложения на метода е за оценка баланса на течностите в организма [3], което се реализира чрез измерване на биоимпеданс в широк честотен обхват - от няколко до няколкостотин килохерца - т.н. импедансна спектроскопия. Течностният баланс се променя при някои метаболитни заболявания свързани с храненето, при диабет, при бъбречни заболявания и др.

При измерване импеданса на тялото или отделни негови части в широк честотен обхват точността намалява при ниските стойности на  $Z_0$ ,

поради отслабването на полезния сигнал , като проблем представлява и поддържането на точността в широк честотен обхват. Обикновено се споменава за точност до и под 1% но тя се отнася към максималния измервателен обхват който е около 100Ω.

### Схемно решение

Измерването на импеданс се извършва по четиризондов метод , като по две от сондите се пропуска ток през измервания обект , а от другите две сонди (за един канал) се снима напрежение което подлежи на измерване.

Генераторната част включва управляем по напрежение генератор на напрежение , като задаващите напрежения за избор на честота се получават от 8-битов ЦАП. Сигналът от генератора се подава на усилвател-преобразувател напрежение-ток. Получения по този начин сигнал може да променя честотата си в интервала от 5KHz до 500KHz.

Особеност на предложеното в доклада схемно решение на входната част на усилвателя на напрежение е да се използва в измервателя интегрален логаритмичен широкочестотен усилвател (AD640 производство на Analog Device) [4]. Блоквата схема на усилвателя е показана на фиг. 1 и включва пет последователни усилвателни стъпала със свързан към изхода на всеки един от тях демодулятор. Сигналът от изходите на всички демодулатори след подходяща филтрация се използва при измерване на постоянната съставна на импеданса. Изходния усилен сигнал , който след преминаване през петте стъпала на усилвателя е силно ограничен поради големия коефициент на усиление се използва за измерване на фазата на сигнала спрямо еталонния от генератора , като за целта двата сигнала се сравняват в компаратор изхода на който е свързан към RC група. Така полученото постоянно напрежение също както и напрежението от детекторните изходи на усилвателя се измерва от АЦП (фиг.2).

Прилагането на логаритмична скала за измервателния обхват дава едновременно две предимства - широк диапазон на измерваните съпротивления (от единици омега до към 500Ω) без да се налага превключване на обхватите на апаратурата и висока точност на измерването в областта на ниските съпротивления. От фигура 3 се вижда , че прилагането на линейна скала за измервателния обхват би довела или до ограничаване на точността в долния диапазон на скалата (кривата 1), или , ако за цел бъде поставена високата точност на измерване - до силно свиване на обхвата на измервания импеданс- кривата 2.

## Резултати

Благодарение на широката честотна лента на усилвателя (до 350MHz) се постига висока точност при измерване както на амплитудата на сигнала, така и на неговата фаза спрямо еталона. За измерване на импеданс при експериментите с апарата бе използвана схема съответства на модела на Cole-Cole с параметри  $80\Omega$  и фазов ъгъл 10 градуса при честота на сигнала от генератора 50KHz. Резултатите от измерванията са показани в Таблица 1.

Таблица 1

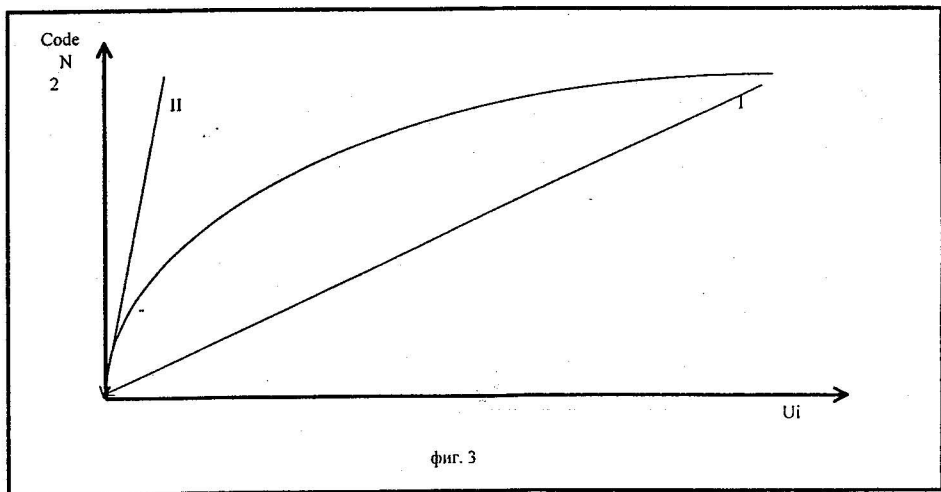
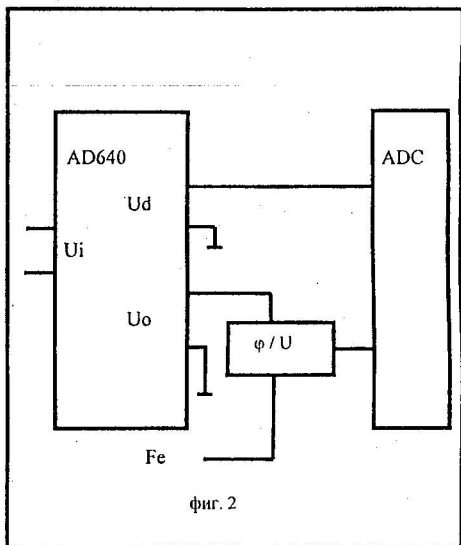
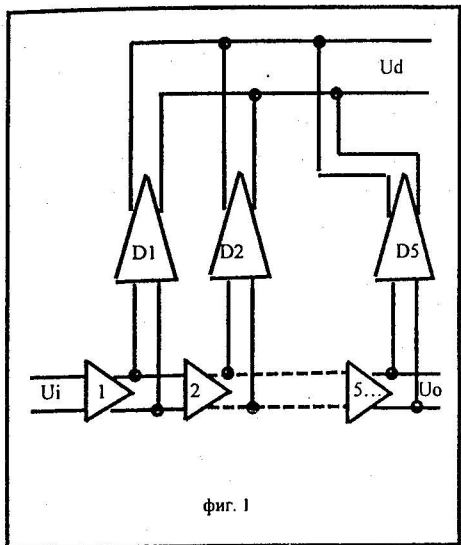
Еталон  $Z=80\Omega$ ,  $F=10$  degree

Z( $\Omega$ )	F(degree)
80.14	10.1
79.82	10.0
79.80	10.2
80.24	10.1
79.86	10.2
80.02	10.1
79.92	10.1
80.14	10.1
80.26	10.1

В Таблица 2 са показани резултати от измерването на активно съпротивление за три различни стойности на съпротивленията в измервателния обхват. Забелязва се високата точност (грешка <1%) при ниските стойности на измерваното съпротивление

Таблица 2

Еталон ( $\Omega$ ) +/- 0.1%		
238	45	3.4
237.6	45.06	3.42
237.6	44.96	3.36
238.2	45.06	3.48



238.6	44.80	3.40
237.8	45.06	3.44
238.3	44.80	3.40

### Заклучение

Предложеното схемно решение показва много добри резултати по отношение на електрическите параметри на системата, като предлага и минимизиране на апаратната част. Високата точност при ниските стойности на импеданса е особено необходима при измерването на биоимпеданс на малки части от тялото, наложително при контрола на баланса на течности в организма.

Освен за измерване на биоимпеданс апаратът би могъл да се използва и като измервател на импеданс за други цели.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kushner R.F., 1992. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J. Am. College Nutr.* 11, 199-209.
- [2] Cornish B.H., Ward L.C., Thomas B.J., Jebb S.A., Elia M., 1996. Evaluation of multiple frequency bioelectrical impedance and Cole-Cole analysis for the assessment of body water volumes in healthy humans. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 50, 159-164.
- [3] Nentchev N., Hatib F., Daskalov I., 1998. Monitoring Relative Fluid Balance alternations in haemodialysis of diabetic patients by electrical impedance. *Physiol. Meas.*, 19, 35-52.
- [4] Analog Devices, 1992. Special Linear Reference Manual.