

INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

www.ifj.edu.pl/reports/2004.html

Kraków, grudzień 2004

Raport Nr 1953/E

Przedwzmacniacz ładunkowy do testowania prototypów detektorów krzemowych dla detektora LumiCal liniowego akceleratora TESLA

Krzysztof Oliwa, Wojciech Wierba

Abstract

The LumiCal calorimeter is one of the proposed detector for measurements of the events produced at low angles in high energy $e^+ e^-$ collisions at TESLA linear collider. The detector will be equipped with silicon sensors interspersed between tungsten plates of absorber. In this paper we present the design of the charge sensitive preamplifier for testing the prototypes of silicon detectors. The detailed preamplifier diagram, tests of linearity and noise measurements are shown.

Praca finansowana częściowo ze środków SPUB
620/E-77/SPB/DESY/P-03/DZ 377/2003-2005
przyznanych przez Komitet Badań Naukowych

Wstęp

Zadaniem planowanego detektora LumiCal jest przede wszystkim precyzyjny pomiar świetlności liniowego akceleratora TESLA (TeV Energy Superconducting Linear Accelerator) z bardzo wysoką dokładnością. Pomiar świetlności oparty jest na obserwacji rozpraszania elektron-pozyton (rozpraszanie Bhabha) i wymaga zainstalowania dwóch detektorów symetrycznie po oby stronach punktu zderzeń cząstek. Przewidywany detektor LumiCal będzie pozycjo-czułym kalorymetrem próbującym, w którym pomiędzy warstwami absorbenta wolframowego zostaną umieszczone płytkowe sensory krzemowe zintegrowane z elektroniką odczytu. Detektory krzemowe, w formie mozaiki lub pasków umożliwią precyzyjny pomiar kąta φ i θ cząstek powstałych w wyniku zderzeń e^+e^- [1]. We współpracy z Czeską Akademią Nauk w Pradze przygotowywane są prototypy płytkowych sensorów krzemowych o odpowiedniej segmentacji [2]. Prezentowany poniżej przedwzmacniacz został zaprojektowany dla potrzeb testowania prototypów detektorów krzemowych.

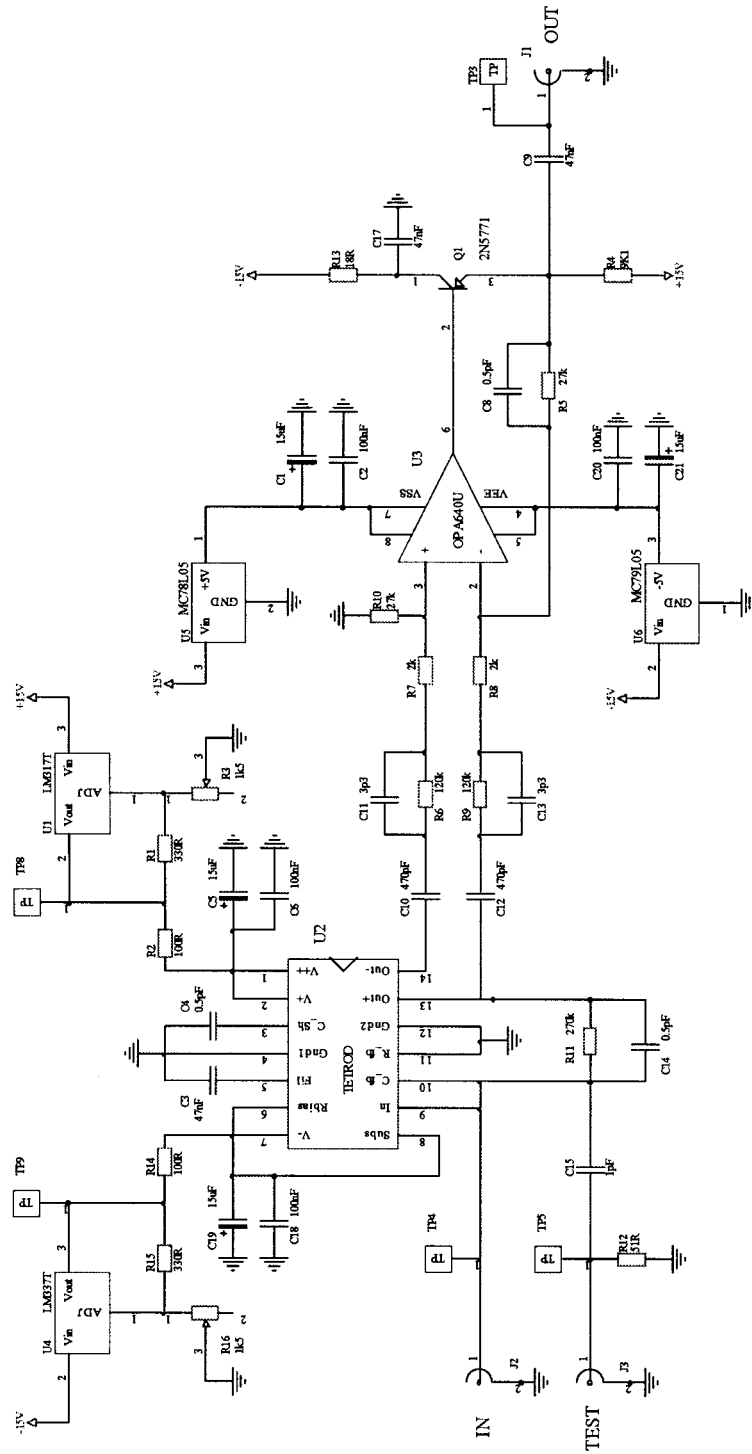
Opis budowy przedwzmacniacza

Sygnal elektryczny wytworzony w detektorze krzemowym przez naładowane cząstki elementarne kaskady elektromagnetycznej ma charakter ładunkowy. Przedwzmacniacz odczytujący sygnał ze spolaryzowanego zaporowo detektora krzemowego musi charakteryzować się dużą rezystancją wejściową, dużym wzmocnieniem i małymi szumami własnymi. Zmiennoprądowe sprzężenie przedwzmacniacza z detektorem jest realizowane za pomocą wysokonapięciowego kondensatora, którego pojemność jest dopasowana do pojemności detektora. W projekcie przewidziano wejście sygnału testowego do kalibracji toru wzmocnienia elektroniki odczytu oraz możliwość przesyłania szybkiego sygnału analogowego z wyjścia przedwzmacniacza za pomocą $50\ \Omega$ kabla koncentrycznego.

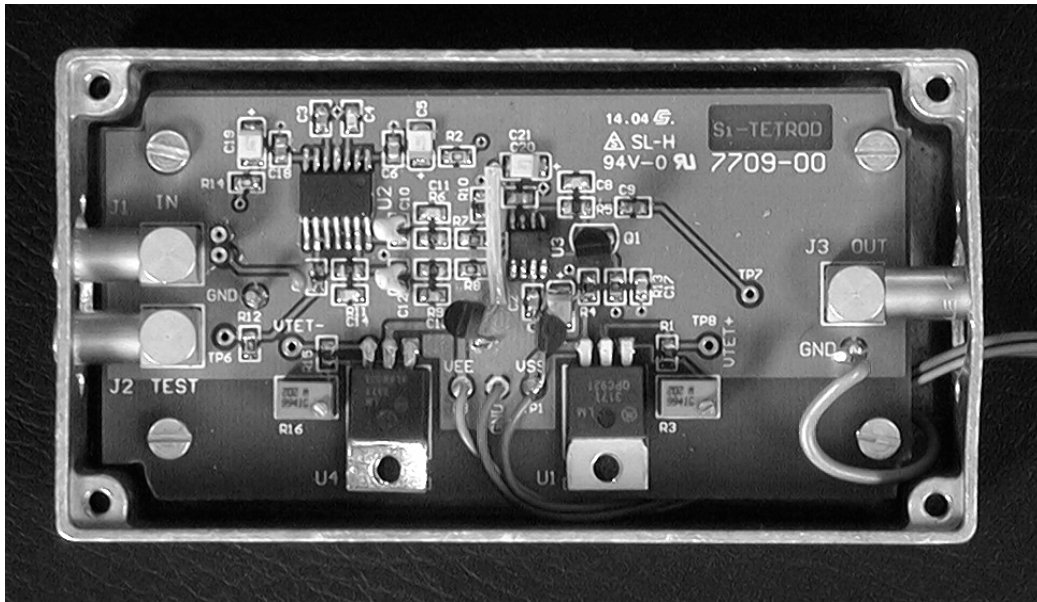
Opisywany przedwzmacniacz został wykonany w oparciu o monolityczny układ scalony „Tetrod” opracowany i wykonany w NC PHEP (Mińsk, Białoruś) na potrzeby elektroniki odczytu kalorymetru elektromagnetycznego eksperymentu CMS.

Zastosowany układ scalony U2 charakteryzuje się: łatwością dopasowania wzmocnienia przez zmianę rezystora R_{FB} , możliwością ustalenia stałej czasowej w zakresie od kilkudziesięciu nanosekund do kilkuset mikrosekund przez dobór odpowiedniego kondensatora C_{FB} , małym poziomem szumów wynoszącym poniżej 1000 e dla sygnałów o czasie trwania 80 ns ($ENC = 860\ e + 30\ e/pF$) oraz różnicowym wyjściem sygnału o maksymalnej amplitudzie 2 V na obciążeniu $50\ \Omega$ [3].

W opisywanym układzie przedwzmacniacza zastosowano dodatkowo szybki wzmacniacz OPA 640 zamieniający sygnał różnicowy z układu „Tetrod” na sygnał niesymetryczny. Dodatkowo, wzmacniacz U3 OPA 640 [4] w połączeniu z tranzystorem Q1 2N5771 wzmacnia sygnał i umożliwia przesyłanie szybkich impulsów kablem koncentrycznym o impedancji $50\ \Omega$. Zasilanie przedwzmacniacza zostało starannie odfiltrowane a zastosowane regulowane stabilizatory napięcia pozwalają dobrać najbardziej korzystny stosunek napięć zasilających stopień wejściowy. Na rysunku 1 przedstawiono schemat ideowy przedwzmacniacza. Przy projektowaniu schematu drukowanego szczególną uwagę położono na właściwe rozdzielenie mas układu, małą indukcyjność ścieżek sygnałowych i zasilających. Układ przedwzmacniacza został zmontowany w technologii montażu powierzchniowego SMD za wyjątkiem części zasilającej i umieszczony w ekranowanej obudowie. Na rysunku 2 przedstawiono zmontowany przedwzmacniacz w obudowie.



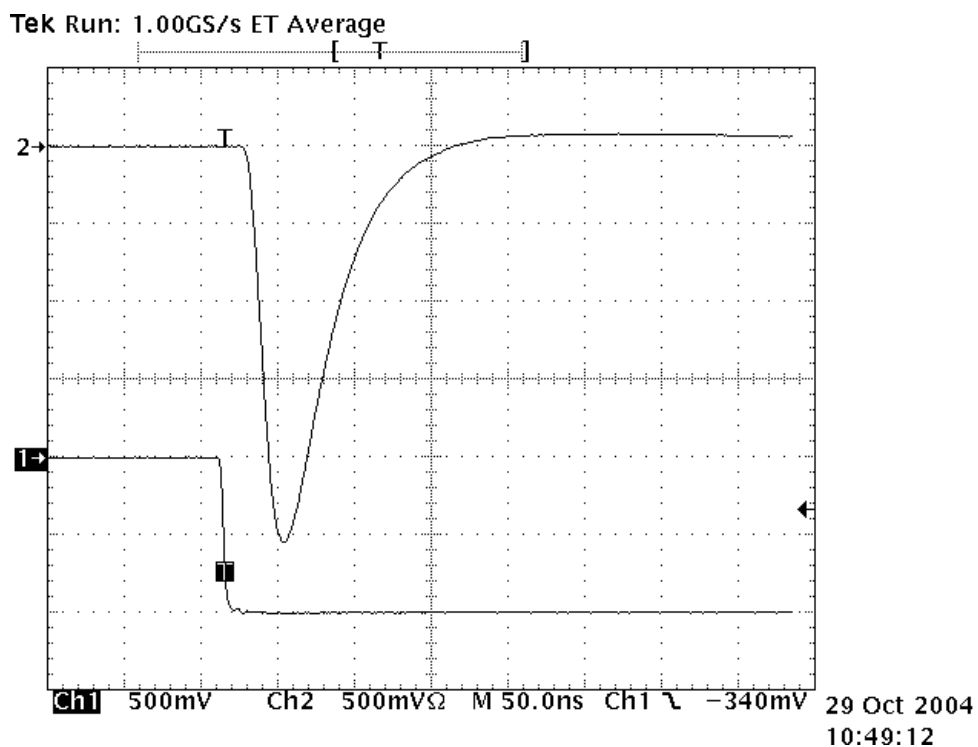
Rys. 1. Schemat ideowy przedwzmacniacza.



Rys. 2. Widok przedwzmacniacza w obudowie ekranującej.

Wyniki pomiarów

Dla wartości elementów podanych na schemacie ideowym, maksymalny sygnał wejściowy wynosi 1 pC. Na rysunku 3 przedstawiono kształt i amplitudę sygnału wyjściowego przedwzmacniacza odpowiadającą ładunkowi 1 pC sygnału wejściowego.



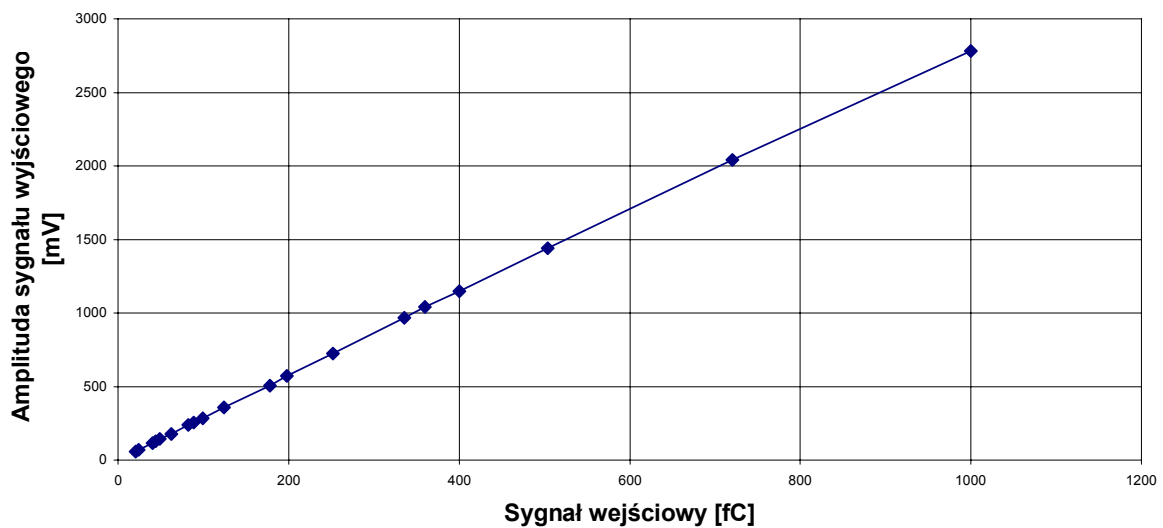
Rys. 3. Odpowiedź przedwzmacniacza (CH 2) na impuls wejściowy o ładunku 1 pC.

Przeprowadzono dwa podstawowe pomiary układu przedwzmacniacza: pomiar liniowości wzmocnienia oraz pomiar ekwiwalentu szumu dla różnych pojemności detektora.

Na rysunku 4 przedstawiono charakterystykę liniowości przedwzmacniacza. Wzmocnienie przedwzmacniacza wynosi $2,78 \text{ mV/fC}$.

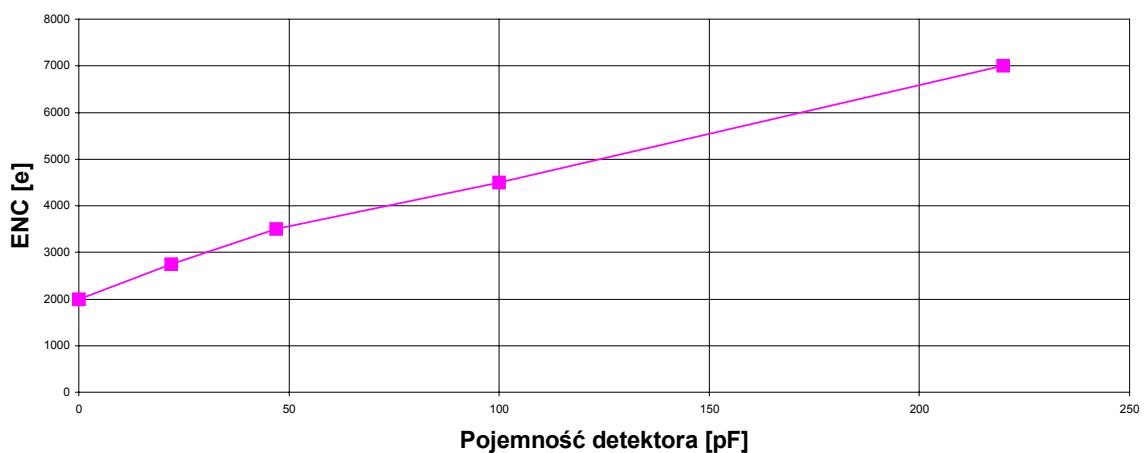
Rysunek 5 przedstawia zależność ekwiwalentu szumów przedwzmacniacza w zależności od pojemności detektora. Wartość szumów całego toru przedwzmacniacza (ENC) dla zerowej pojemności detektora wynosząca 2000 e jest zadowalająca. Jest ona niewiele ponad dwa razy większa od podanych szumów własnych układu „Tetrod”, ale wzmocnienie opisywanego przedwzmacniacza jest dwa razy większe niż układu przedwzmacniacza, w którym były wykonane pomiary szumów obwodu scalonego „Tetrod”.

Charakterystyka liniowości przedwzmacniacza



Rys. 4. Charakterystyka liniowości przedwzmacniacza.

Charakterystyka szumów przedwzmacniacza



Rys. 5. Szумы (ENC) przedwzmacniacza w funkcji pojemności detektora.

Podsumowanie

Wyniki pomiarów przedwzmacniacza potwierdzają osiągnięcie założonych parametrów. W związku z otrzymaniem zamówionych szybkich wzmacniaczy niskoszumnych AD 829 [5] planowane jest wykorzystanie ich zamiast wzmacniacza OPA 640. Taka zmiana powinna zmniejszyć szumy własne przedwzmacniacza oraz zwiększyć zakres amplitudy sygnału wyjściowego umożliwiając uzyskanie dodatkowego wzmocnienia (jeśli będzie potrzebne) w drugim stopniu przedwzmacniacza.

Tak zmodyfikowana wersja przedwzmacniacza o oczekiwanych lepszych parametrach zostanie użyta przy testowaniu detektorów krzemowych kalorymetru LumiCal.

Literatura

1. TESLA Technical Design Report, TESLA Report 2001-23, DESY, March 2001; H. Abramowicz et al., "Instrumentation of the Very Forward Region of a Linear Collider Detector", to appear in IEEE transaction of Nuclear Science, Oct. 2004.
2. W. Wierba, „Two possible Design Options for LumiCal” – referat przedstawiony na roboczym zebraniu współpracy FCAL: Instrumentation of the Forward Region of a Linear Collider, Zeuthen, Germany, 26-28 sierpień 2004.
3. Igor Emeliantchik, NC PHEP, Mińsk, Białoruś – informacja prywatna.
4. Texas Instruments (Burr Brown) (2003).
5. Analog Devices (2004).