

Bs a CDF II

Corso di Fisica Nucleare e Subnucleare II - Prof. Carlo
Dionisi

Supervisor: Marco Rescigno

Studente: Lorenzo Placidi

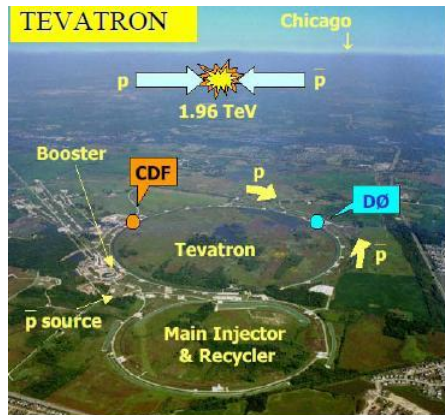
24 Giugno 2009

Sommario

- 1 Produzione di b ai collider
 - Caratteristiche collider Tevatron
 - Produzione $b\bar{b}$
- 2 Trigger
 - Il detector CDF II
 - Trigger
- 3 Ricostruzione dei segnali
 - Selezione Bs
 - Ricostruzione particelle

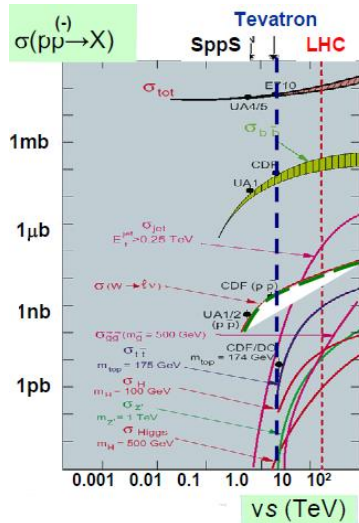
Caratteristiche collider Tevatron

- Energia nel CM nella collisione
 $p\bar{p} \sqrt{s} = 1.96 \text{ TeV}$
- Picco istantaneo di luminosità
 $L = 3.15 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- Luminosità annua
 $2 \text{ fb}^{-1} \text{ year}^{-1}$
- Tempo tra due interazioni di fasci 396 ns

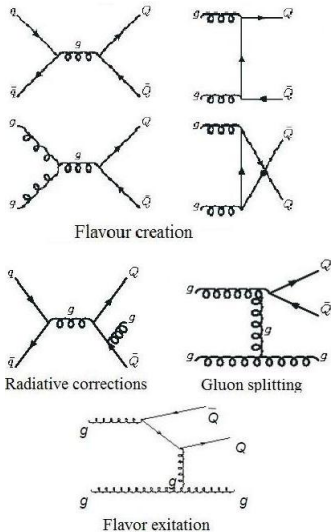


Produzione $b\bar{b}$ I

- La fisica della produzione di b-quark é complicata dalla natura non puntiforme delle particelle dello stato iniziale
- Sezioni d'urto $O(1/1000)$
 σ_{tot}
- La misura della sezione d'urto di produzione di b ad alto impulso trasverso é un'importante verifica del MS

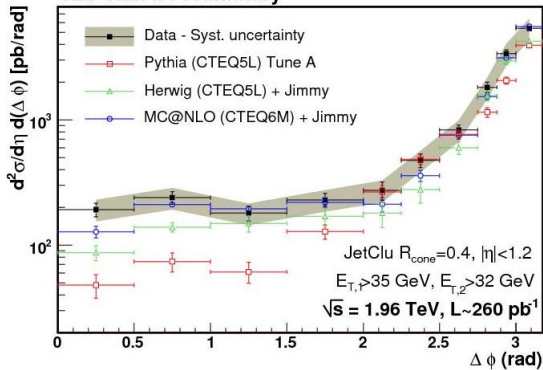


Produzione $b\bar{b}$ II



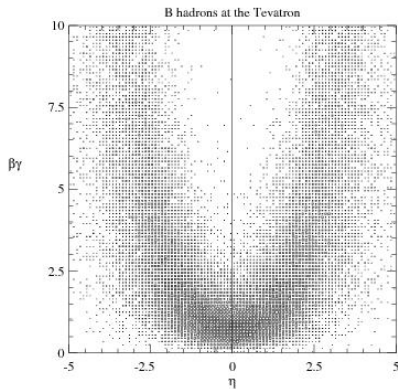
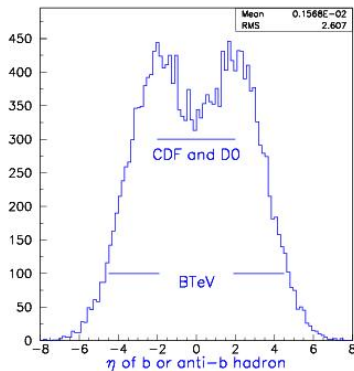
$$\frac{d\sigma(p\bar{p} \rightarrow B/DX)}{dp_T(B/D)} = \frac{d\sigma(q\bar{q}/gg/qg \rightarrow b/cX)}{dP_T(b/c)} \otimes F^{p\bar{p}} \otimes D^{b/c \rightarrow B/D}$$

CDF Run II Preliminary



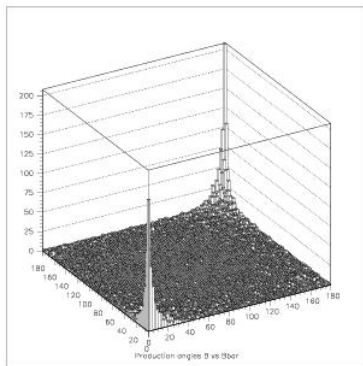
Fisica di base della produzione di b l

Tramite una predizione Monte Carlo PYTHIA, si può osservare la produzione della sezione d'urto dei mesoni B vs η e la produzione della sezione d'urto dei mesoni B nel piano $\beta\gamma$ vs η



Fisica di base della produzione di b II

É interessante osservare la produzione angolare per adroni contenenti un quark b vs la produzione angolare di un adrone contenente un quark \bar{b} (non considerando gli effetti dovuti al detector).

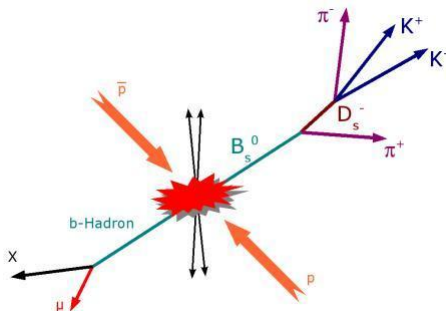


L'adrone b e l'adrone \bar{b} hanno una separazione dell'unità di η . Nel detector BTeV (forward detector) i due B sono prodotti nello stesso braccio. Nei detector CDF o $D\phi$, i due adroni b sono prodotti back to back rispetto all'angolo azimutale φ . L'input necessario per descrivere tal processo é la frazione delle volte in cui i quark b frammentino in ciascun adrone possibile (B^- , \bar{B}^0 , \bar{B}_s , B_c^-) o in un barione b.

La misurazione in generale

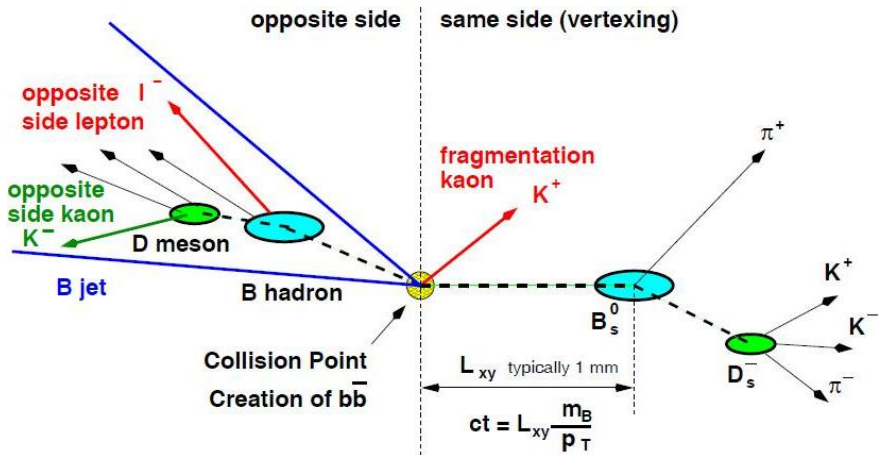
Per misurare le oscillazioni dipendenti dal tempo deve essere noto:

- Sapore nella produzione (efficienza del flavor tag ϵD^2 , $D = 1 - 2p_w$)
- Sapore nel decadimento (mixed e unmixed B_s)
- Tempo di decadimento proprio

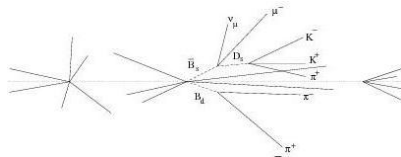
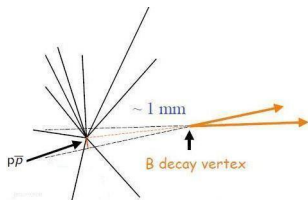


- Modi totalmente adronici:
 $\overline{B}_s^0 \rightarrow D_s^+ \pi^-$
 $\overline{B}_s^0 \rightarrow D_s^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$
- Modi parzialmente adronici:
 $\overline{B}_s^0 \rightarrow D_s^{*+} \pi^- \rightarrow D_s^+ \gamma / \pi^0$
 $\overline{B}_s^0 \rightarrow D_s^+ \rho^- \rightarrow \pi^- \pi^0$
- Modi semileptonici:
 $\overline{B}_s^0 \rightarrow D_s^{+(*)} \ell^- \bar{\nu}_\ell$

Punti centrali della misura



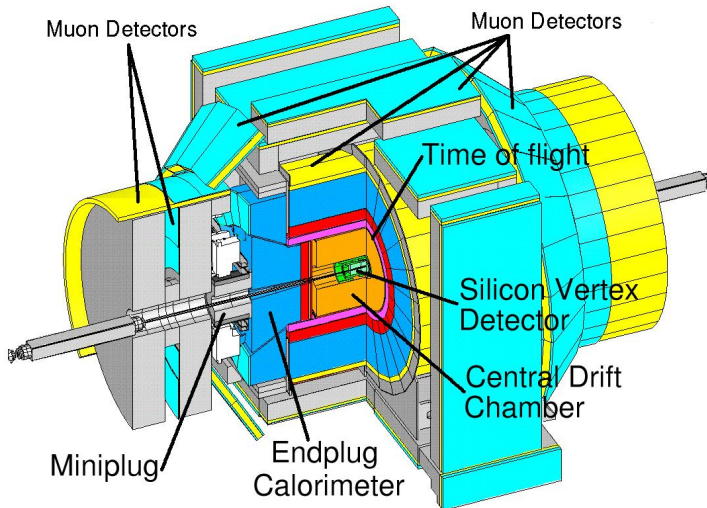
Separazione b dal background



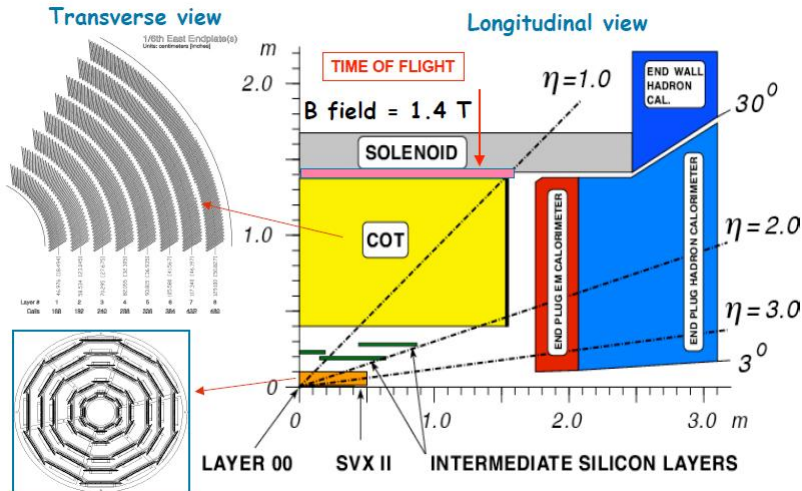
- $\sigma_{tot} \approx \sigma_{BG} \approx 75mb$ $\sigma_{b\bar{b}} \approx 0.1mb$
- $\tau_b = 1.5 ps$, $c\tau_b = 450\mu m$
- nel laboratorio la lunghezza media di decadimento dei mesoni B é dell'ordine del mm
- la presenza di un distinto vertice secondario permette di estrarre il segnale del b dal BG

- eventi con uno o due leptoni di medio-alto $p_T \Rightarrow$ selezione eventi contenenti $b\bar{b}$ e reiezione del BG
- gli eventi $c\bar{c}$ differiscono dagli eventi $b\bar{b}$ tramite una minore lunghezza di decadimento e un minore parametro di impatto

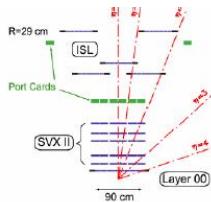
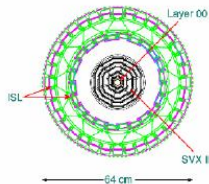
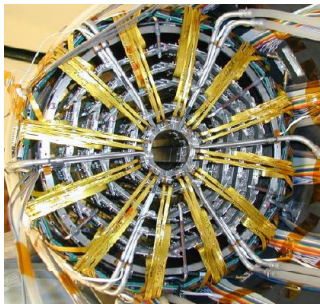
Il detector CDF II



CDF II: il tracker



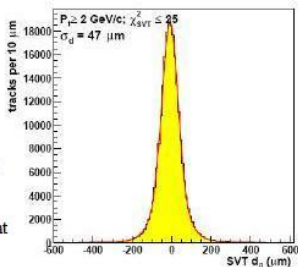
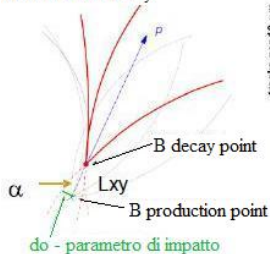
Silicon Vertex di CDF II



- **Layer00**: strato di microstrisce al silicio dure alla radiazione ($r = 1.5\text{cm}$)
- **SVXII**: 5 sensori a microstrisce a doppia faccia fissato in una geometria azimutale a 12 cavità e divisa in 6 barrel longitudinali lungo z ($2.5\text{cm} \leq r \leq 10.6\text{cm}$)
- **ISL**: strato centrale a $r = 23\text{cm}$, due strati forward e backward a $r_f = 20\text{cm}$ $r_b = 29\text{cm}$ dal fascio

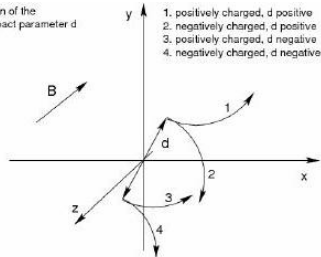
Parametro di impatto

Sketch of a B decay



d_0 invariante relativistico:
 $d_0 = L_{xy} \cdot \sin(\alpha) \approx \gamma c \tau \alpha$

Sign of the impact parameter d



$$T_{\text{traiettoria particella}} = T(p_T, \phi, \eta, d_0, z_0)$$

Il parametro di impatto, nel piano trasverso, é definito come la distanza della traiettoria dal punto di origine nel punto di massimo avvicinamento ad esso.

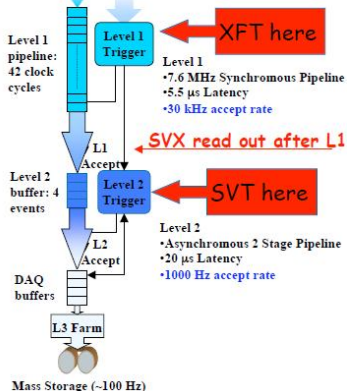
$$\sigma_{d_0} \approx a / (p_T \sqrt{(\sin \theta)}) \oplus b$$

$$d_0 = \frac{\hat{z} \cdot (\vec{r} \times \vec{P}_T)}{|\vec{P}_T|}$$

CDF trigger system

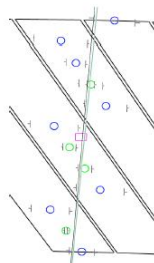
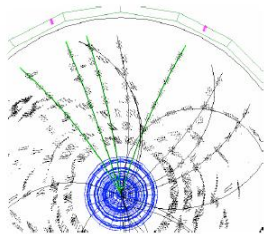
| version | Level-1 | Level-2 | Level-3 |
|---------|--------------------------------|--|---|
| | XFT tracks | SVT tracks | COT+SVX tracks |
| C | $p_T > 2.5 \text{ GeV}/c$ | $p_T > 2.5 \text{ GeV}/c$ | $p_T > 2.5 \text{ GeV}/c$ |
| | opposite charge | opposite charge | opposite charge |
| | $\delta\phi < 135^\circ$ | $2^\circ < \delta\phi < 90^\circ$ | $2^\circ < \delta\phi < 90^\circ$ |
| | $\sum p_T > 6.5 \text{ GeV}/c$ | $\sum p_T > 6.5 \text{ GeV}/c$ | $\sum p_T > 6.5 \text{ GeV}/c$ |
| | | $120 \mu\text{m} < d_0 < 1000 \mu\text{m}$ | $80 \mu\text{m} < d_0 < 1000 \mu\text{m}$ |
| | | $L_{xy} > 200 \mu\text{m}$ | $L_{xy} > 200 \mu\text{m}$ |
| A | $p_T > 2.0 \text{ GeV}/c$ | $p_T > 2.0 \text{ GeV}/c$ | $p_T > 2.0 \text{ GeV}/c$ |
| | opposite charge | opposite charge | opposite charge |
| | $\delta\phi < 135^\circ$ | $2^\circ < \delta\phi < 90^\circ$ | $2^\circ < \delta\phi < 90^\circ$ |
| | $\sum p_T > 5.5 \text{ GeV}/c$ | $\sum p_T > 5.5 \text{ GeV}/c$ | $\sum p_T > 5.5 \text{ GeV}/c$ |
| | | $120 \mu\text{m} < d_0 < 1000 \mu\text{m}$ | $80 \mu\text{m} < d_0 < 1000 \mu\text{m}$ |
| | | $L_{xy} > 200 \mu\text{m}$ | $L_{xy} > 200 \mu\text{m}$ |
| Low | $p_T > 2.0 \text{ GeV}/c$ | $p_T > 2.0 \text{ GeV}/c$ | $p_T > 2.0 \text{ GeV}/c$ |
| | $\delta\phi < 90^\circ$ | $\delta\phi < 90^\circ$ | $\delta\phi < 90^\circ$ |

Raw data, 7.6 MHz Crossing rate



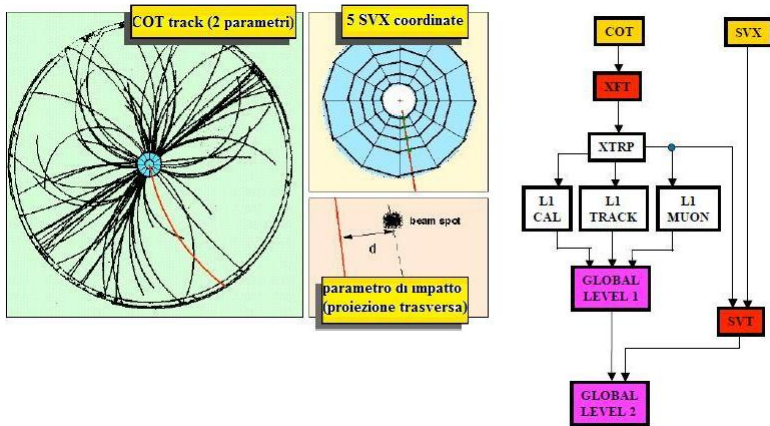
XFT

- XFT utilizza i dati degli hit dai 4 super strati assiali delle drift chamber (posizionati in celle da 12 fili ciascuna)
- Il passaggio di una particella carica sullo strato assiale genera un caratteristico pattern a 12 bit, uno per filo, con un caratteristico timing



- L'identificazione delle tracce é realizzato in due step:
 - 1 Il Finder boards ricerca i segmenti delle tracce in ciascun dei 4 strati assiali delle drift chamber
 - 2 Il Linker boards ricerca che i 4/4 dei segnali, tra i segmenti nei 4 strati, siano coerenti con la traccia esistente nel punto di interazione

SVT



Input: tracce da XFT (ϕ , p_T) L1, segnale dal SVX

Functionalities: hit cluster, pattern recognition, track fitting

Output: ricostruzione delle tracce (d_0 , ϕ , p_T)

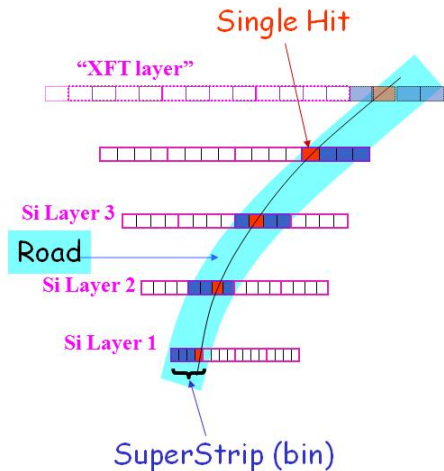
SVT riconoscimento dei pattern

Fast Pattern Recognition:

- riceve la lista delle coordinate degli hit
- compara ciascun hit con tutte le strade candidate nella memoria in parallelo (AM)
- seleziona le strade con almeno un hit in ciascuna super striscia
- comunica la lista delle strade trovate

Il pattern viene riconosciuto non appena viene letto l'ultimo hit dell'evento

- 32000 strade per ciascuna sezione di 30° ,
- copertura $> 95\%$ per $P_t > 2\text{GeV}$



SVT fitting delle tracce

Quando una traccia é confinata in una strada il fit diventa piú semplice e veloce (DSP):

- espansione lineare dei parametri nelle posizioni X_i degli hit

$$P_i = F_i \times X_i + Q_i \quad (P_i = p_T, \phi, d_0, \chi_1, \chi_2, \chi_3)$$

- ad essi si associa il confine delle starde

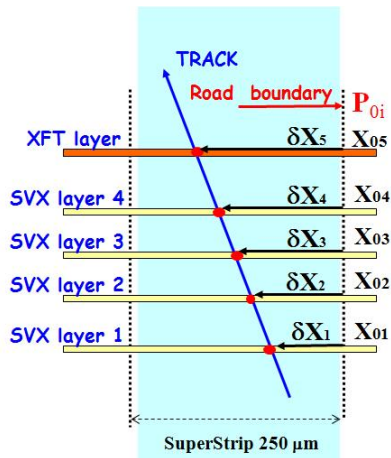
$$P_{0i} + \delta P_i = F_i \times (X_{0i} + \delta X_i) + Q_i$$

$$P_{0i} = F_i \times X_{0i} + Q_i$$

- i coefficienti F_i e P_{0i} sono calcolati a priori usando la geometria del detector e salvati nella RAM

- rimane da risolvere il prodotto scalare

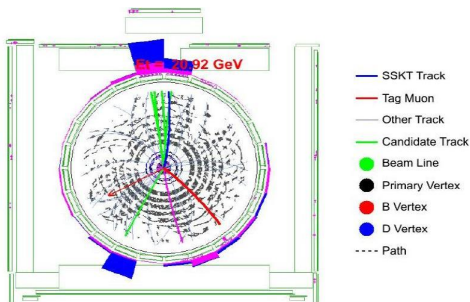
$$\delta P_i = F_i \times \delta X_i$$



Selezione Bs

Serve un'alta risoluzione vicino al primo vertice

SVX permette di andare a vedere se le tracce vengono dal primo vertice o no



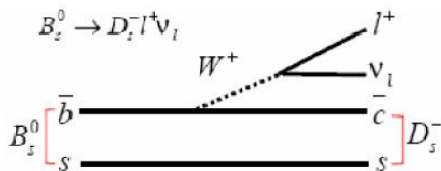
Bisogna separare le tracce che ci interessano

CDF II ha un trigger molto veloce che mi permette di mettere in memoria i decadimenti del Bs: SVT

Ricostruzione Bs: decadimenti semileptonici e adronici

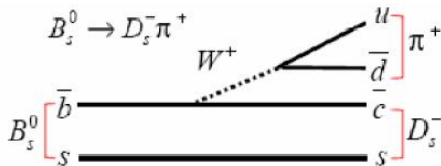
Decadimento semileptonico

- Alta statistica (50000 eventi)
- Parzialmente ricostruiti (manca l'impulso del ν_ℓ)

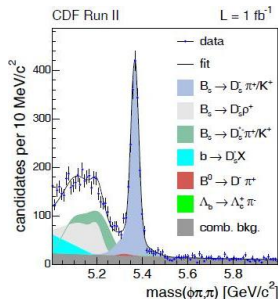
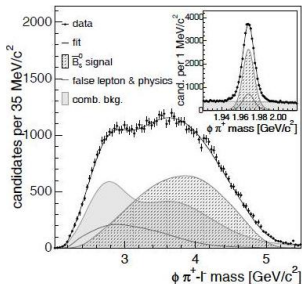


Decadimento adronico

- Bassa statistica (3700 eventi)
- Totalmente ricostruiti



Ricostruzione Bs: modello semileptonico e adronico



Semileptonico $\ell D_s X$

- $ct^* = L_{xy} \frac{m^B}{p_T^B}$, grande BR
- piccolo ct e risoluzione della massa, risultati dalla composizione dei dati

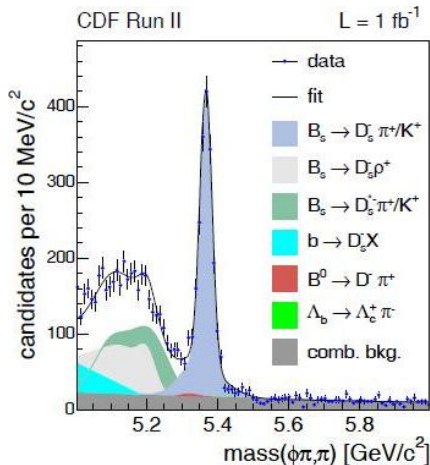
Adronico $D_s \pi (\pi \pi)$

- $ct = L_{xy} \frac{m^B}{p_T^B}$, alto ct e risoluzione della massa
- dati chiari, piccolo BR

Ricostruzione Bs: modello adronico

- $B_s^0 \rightarrow D_s^- [\phi \pi^-] \pi^+$
- $B_s^0 \rightarrow D_s^- [K^{*0} K^-] \pi^+$
- $B_s^0 \rightarrow D_s^- [\pi^- \pi^- \pi^+] \pi^+$
- $B_s^0 \rightarrow D_s^- [\phi \pi^-] \pi^- \pi^+ \pi^+$
- $B_s^0 \rightarrow D_s^- [K^{*0} K^-] \pi^- \pi^+ \pi^+$
- $B_s^0 \rightarrow D_s^- [\pi^- \pi^- \pi^+] \pi^- \pi^+ \pi^+$

| Variable | $B_s^0 \rightarrow D_s^- \pi^+$ modes | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| | $D_s^- \rightarrow \phi \pi^-$ | $D_s^- \rightarrow K^{*0} K^-$ | $D_s^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^+$ |
| $\chi_{xy}^2(B_s^0)$ | < 20 | < 20 | < 20 |
| $\chi_{xy}^2(D_s^-)$ | < 20 | < 20 | < 20 |
| $\chi_{xy}^2(\pi^- \pi^+ \pi^+)$ | N/A | N/A | N/A |
| $L_{xy}/\sigma_{L_{xy}}(B_s^0)$ | > 2.0 | > 2.0 | > 2.0 |
| $L_{xy}/\sigma_{L_{xy}}(D_s^-)$ | > -99 | > -99 | > -99 |
| $ d_0(B_s^0) , \mu\text{m}$ | < 200 | < 200 | < 200 |
| $p_T(B_s^0), \text{GeV}/c$ | > 5.50 | > 5.50 | > 5.50 |



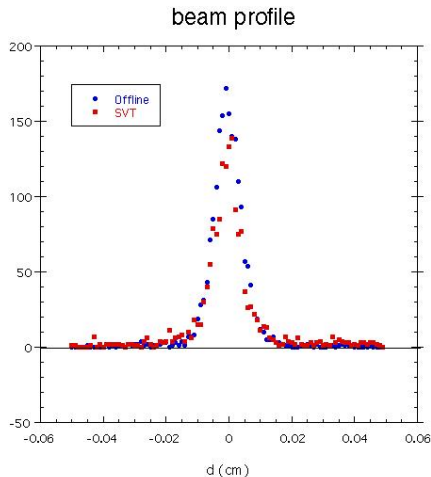
Bibliografia

- Observation of $B_s - \bar{B}_s$ Oscillations, Christoph Paus, Massachusetts Institute of Technology, Settembre 22, 2006
- Observation of $B_s - \bar{B}_s$ Oscillations from a Time-Dependent Measurement of Δm_s , CDF Collaboration, January 3, 2007
- In pursuit of New Physics with B_s Decays, FermiLab-Pub-00/245-T, DESY 00-171, CERN-TH/2000-333, December 2000
- B Physics at the Tevatron: Run II and Beyond, The CDF Collaboration, 6 Feb 2002
- The CDF Silicon Vertex Trigger, The CDF-II Collaboration
- The CDF-II online Silicon Vertex Tracker
- The CDF II eXtremely Fast Tracker Upgrade, October 6, 2007
- CDF: B physics performance and trigger - operational experience, Alberto Annovi, The 11th International Conference on B-Physics at Hadron Machines, September 25, 2006

Appendici

SVT performance

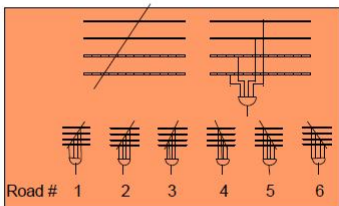
- $\sigma_{d0} = 35\mu\text{m}$ a $p_T = 2\text{GeV}/c$
- $\sigma_\phi = 1\text{mrad}$
- $\sigma_{p_T} = 0.003p_T$ (p_T in GeV/c)
- $\epsilon \approx 97\%$ (per quattro tracce di hit)
- tempo di esecuzione $\approx 10\mu\text{s}/\text{evento}$



Associative Memory

Associative Memory working principle

A set of patterns is stored in the Associative Memory. Each pattern (ROAD) contains the coordinates of hit at each detector layer of a possible track.

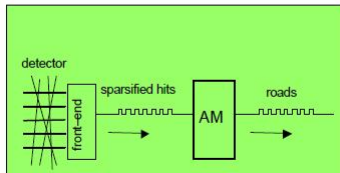


Hit coordinates are read into the AM sequentially.

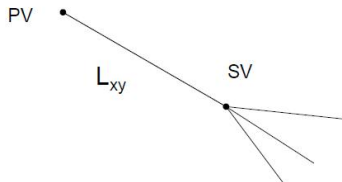
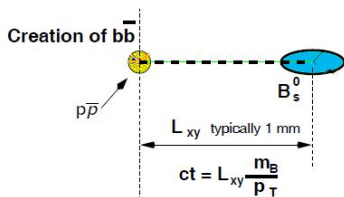
Each coordinate is compared with all the patterns in parallel.

Pattern recognition is complete as soon as the last hit is read.

Roads found by the AM are output sequentially.



Misurazione del tempo di decadimento



Nota la distanza L_{xy} , nel piano trasverso, tra il vertice primario (collisione $p\bar{p}$) e il vertici secondario (decadimento del B), é possibile determinare il tempo di decadimento

$$ct = \frac{L_{xy}}{\beta\gamma} = \frac{EL_{xy}}{p\gamma} = L_{xy} \frac{m}{p_T}$$

Con una risluzione pari a:

$$\sigma_c = \sqrt{(\sigma_{ct}^0)^2 + (ct \times \frac{\sigma_p}{p})^2}$$